

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**FERNANDO JOSÉ GÓMEZ PAREDES**

**COMPLEMENTARIDADE ENTRE O *LEAN MANUFACTURING* E  
O *QUICK RESPONSE MANUFACTURING*: ESTUDOS DE CASOS**

**SÃO CARLOS-SP**

**Fevereiro/2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**FERNANDO JOSÉ GÓMEZ PAREDES**

**COMPLEMENTARIDADE ENTRE O *LEAN MANUFACTURING* E  
O *QUICK RESPONSE MANUFACTURING*: ESTUDOS DE CASOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

*Orientador: Prof. Dr. Moacir Godinho Filho*

**SÃO CARLOS-SP**  
**Fevereiro/2016**

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar  
Processamento Técnico  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G633c Gómez Paredes, Fernando José  
Complementaridade entre o lean manufacturing e o  
quick response manufacturing : estudos de casos /  
Fernando José Gómez Paredes. -- São Carlos : UFSCar,  
2016.  
191 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de  
São Carlos, 2016.

1. Manufatura Enxuta. 2. Quick Response  
Manufacturing. 3. Lead time. 4. Alta variedade. 5.  
Integração MFV MCT. I. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

---

**Folha de Aprovação**

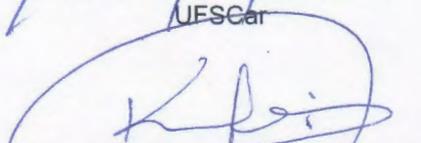
---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Fernando José Gómez Paredes, realizada em 29/01/2016:



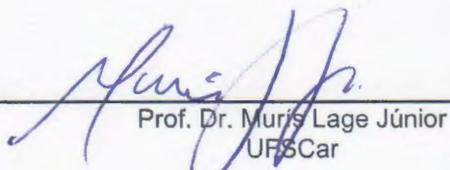
---

Prof. Dr. Moacir Godinho Filho  
UFSCar



---

Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto  
USP



---

Prof. Dr. Muris Lage Júnior  
UFSCar



*Dedicado a los Pirrorros: Pacote y Pungunga.  
Que este trabajo abra vuestras puertas y  
vosotros podáis atravesarlas para un futuro mejor.*



## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer a Deus, pela oportunidade que me deu de aprofundar minha carreira em uma pós-graduação. Sei que depois, será uma responsabilidade para devolver os talentos e pô-los ao Seu serviço. Nele, incluo a intercessão de Nossa Senhora (a Nossa Boa Mãe) para realizar o sonho de estudar no Brasil. Agradeço muito por essa oportunidade.

Agradeço aos meus pais, Ricardo e Silvia, por empolgar-me a estudar e acreditar em mim. Seu apoio tem sido fundamental para desenvolver esta etapa. Acrescento a Ileana e Carlos, que me apoiaram a continuar e dar um exemplo aos seus frutos. Mesmo com uma distância física, agradeço a eles por estar sempre perto de mim.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Moacir Godinho Filho por aceitar-me como orientando, assim como ajudar na minha formação profissional. Aos professores e funcionários do programa, como aos membros da banca avaliadora, Dr. Kleber Esposto e Dr. Murís Lage Jr., pela sua valiosa colaboração nesta pesquisa. Também quero agradecer aos meus colegas e amigos dentro da faculdade, em especial aos membros frequentadores da sala “PLACOP”, pela sua ajuda.

Agradeço ao programa de bolsas FANTEL/FEDISAL, para o incentivo de formação de pesquisadores no exterior. Seu financiamento permite formar e desenvolver estas pesquisas de pós-graduação.

Expresso minha gratidão aos participantes das empresas nesta pesquisa. Entre eles, agradeço em especial aos três orientados para pesquisa; como aos colegas que dispuseram seu tempo para atender-me.

Por último, agradeço a toda minha grande família de Santa Luzia. Desde meus irmãos, presidência, equipes de canto, litúrgicos e oração passando por toda a comunidade. Seu carinho permite que eu possa seguir com meus sonhos.

Agradeço a todo leitor, com a expectativa que a pesquisa contribua.



## RESUMO

A abordagem *Lean Manufacturing* (LM) e as suas técnicas foram amplamente estudadas e analisadas por pesquisadores da área de planejamento da produção pela capacidade de melhoria de produtividade da indústria. Mesmo assim, tal abordagem tem encontrado diversas dificuldades para tratar todos os ambientes produtivos, especialmente àqueles que têm alta variedade de produtos e baixo volume. Portanto, ela vem sendo integrada com outras abordagens para potencializar a sua ação, como o *Quick Response Manufacturing* (QRM). Porém, a integração do LM com o QRM tem sido pouco estudada. Com o objetivo de preencher esta lacuna, esta pesquisa aborda como o QRM complementa o LM em ambientes de alta variedade, a fim de ampliar os efeitos de melhoria das duas abordagens em conjunto. Para isto, a pesquisa adotou o estudo de caso múltiplo com objetivo de determinar o comportamento das duas abordagens dentro do contexto de alta variedade. Foram analisadas duas organizações em que as abordagens fornecessem propostas de melhorias para encontrar elementos complementares entre elas. Os dados foram coletados através de entrevistas, análise documental e observações diretas nos casos. Como resultado encontrou-se que o QRM complementa o LM na inserção da dinâmica de sistemas. Com isso, ferramentas como simulação, tratamento de *lead time*, e análise de utilização são mais fáceis de incorporar nas oportunidades de melhoria. A unificação entre o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e *Manufacturing Critical-Path Time* (MCT) consegue detectar desperdícios utilizando as abordagens em conjunto, potencializando-as para mais aplicações. Para futuras pesquisas, sugere-se focar na utilização do modelo integrado proposto, verificando se as áreas de complementaridade são as mesmas em outros tipos de ambientes e fluxos.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta, *Quick Response Manufacturing*, *lead time*, alta variedade, integração MFV MCT



## **ABSTRACT**

Operations Management Researchers have largely studied and analyzed Lean Manufacturing (LM), by its capacity of productivity improvement in industry. Even so, this approach has found several difficulties to deal with all production types, especially those that have high-variety and low-volume. Therefore, LM has been integrated with other approaches to maximize its action, like Quick Response Manufacturing (QRM). However, few researchers have studied the integration of LM and QRM. In the aim of solving this gap, this research studies how QRM complements LM in high-variety production, in order to extend improvements with the integration of the two approaches. This research used multiple case study method to determine the behavior of the two approaches inside high-variety production. Two companies were analyzed, where the approaches supplied some improvement proposals to find complimentary elements. Data were collected throughout interviews, document analyzes and observation. As main result, QRM inserts concepts of System Dynamics as a compliment of Lean. Thus, tools as simulation, lead-time treatment, and analysis of utilization are the easiest for incorporation in the opportunities of improvement. A tool proposed based in unification of Value Stream Map (VSM) and Manufacturing Critical-Path Time (MCT) detects waste using the approaches, optimizing them. Future research should focus on using the integration proposed, verifying if compliments are successful in other flow and type production.

Keywords: Lean Manufacturing, Quick Response Manufacturing, lead time, high variety, MCT, VSM, integration.



# SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>23</b> |
| <b>1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO</b> .....   | <b>23</b> |
| <b>1.2 QUESTÃO E OBJETIVOS DA PESQUISA</b> .....                                      | <b>24</b> |
| <b>1.3 IMPORTÂNCIA DO TEMA</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>1.4 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....   | <b>26</b> |
| <b>1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....  | <b>29</b> |
| <b>2.1 LEAN MANUFACTURING</b> .....   | <b>29</b> |
| 2.1.1 Princípios <i>Lean</i> .....  | 32        |
| 2.1.2 Práticas <i>Lean</i> .....  | 33        |
| 2.1.3 Modelo de implantação .....   | 36        |
| 2.1.4 Ferramenta de identificação de problemas em <i>Lean</i> .....                   | 39        |
| <b>2.2 QUICK RESPONSE MANUFACTURING</b> .....   | <b>40</b> |
| 2.2.1 Princípios do QRM.....  | 41        |
| 2.2.2 Práticas do QRM .....   | 42        |
| 2.2.3 Modelo de implantação. ....   | 48        |
| 2.2.4 Ferramenta de identificação de problemas no QRM .....                           | 49        |
| <b>CAPÍTULO 3: LEAN E QRM: SEMELHANÇAS, DIFERENÇAS E<br/>COMPLEMENTARIDADES</b> ..... | <b>53</b> |
| <b>3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ARTIGOS</b> .....  | <b>55</b> |
| <b>3.2 RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO</b> .....  | <b>57</b> |
| 3.2.1 Diferenças entre as abordagens <i>Lean</i> e QRM.....                           | 59        |
| 3.2.2 Semelhança entre o <i>Lean</i> e o QRM .....                                    | 62        |
| 3.2.3 Complementaridade do <i>Lean</i> e o QRM .....                                  | 62        |
| <b>3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....   | <b>64</b> |
| 3.3.1 Síntese comparativa das abordagens.....   | 68        |
| <b>3.4 SÍNTESE DA REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                                     | <b>71</b> |
| <b>CAPÍTULO 4: MÉTODO DE PESQUISA: ESTUDO DE CASO</b> .....                           | <b>73</b> |
| <b>4.1 DEFINIÇÃO DA QUESTÃO DE PESQUISA</b> .....                                     | <b>74</b> |
| <b>4.2 SELEÇÃO DOS CASOS</b> .....  | <b>76</b> |
| <b>4.3 FASE 1: O PROJETO LEAN NOS CASOS ESTUDADOS</b> .....                           | <b>77</b> |
| 4.3.1 Instrumentos e protocolo de pesquisa.....                                       | 77        |
| 4.3.2 Coleta de dados.....  | 79        |
| <b>4.4 FASE 2: O PROJETO QRM NOS CASOS ESTUDADOS</b> .....                            | <b>79</b> |
| 4.4.1 Desempenho geral do sistema .....   | 80        |

|                    |  |            |
|--------------------|--|------------|
| 4.4.2              | Refinamento do escopo do projeto e metas .....   | 80         |
| 4.4.3              | Coleta detalhada e análise de dados.....   | 80         |
| 4.4.4              | Propostas de melhoria.....   | 81         |
| <b>4.5</b>         | <b>ANÁLISE DE DADOS.....</b>   | <b>82</b>  |
| <b>CAPÍTULO 5:</b> | <b>O PROJETO DE MELHORIA <i>LEAN</i>.....</b>  | <b>85</b>  |
| <b>5.1</b>         | <b>CASO 1: DIGITAL PRINTING Co.....</b>  | <b>85</b>  |
| 5.1.1              | Apresentação do caso .....   | 85         |
| 5.1.2              | Sistema anterior à implantação do projeto <i>Lean</i> .....                                    | 86         |
| 5.1.3              | O projeto <i>Lean</i> no setor estudado .....  | 88         |
| <b>5.2</b>         | <b>CASO 2: ESTAMPADOCo .....</b>   | <b>98</b>  |
| 5.2.1              | Apresentação do caso .....   | 98         |
| 5.2.2              | Sistema anterior à implantação do projeto <i>Lean</i> .....                                    | 99         |
| 5.2.3              | Propostas de melhoria: Abordagem <i>Lean</i> .....   | 103        |
| <b>CAPÍTULO 6:</b> | <b>O PROJETO DE MELHORIA QRM.....</b>  | <b>113</b> |
| <b>6.1</b>         | <b>CASO 1: DIGITAL PRINTING Co.....</b>  | <b>113</b> |
| 6.1.1              | Desempenho geral do sistema .....  | 114        |
| 6.1.2              | Refinamento do escopo do projeto com metas .....   | 115        |
| 6.1.3              | Coleta detalhada e análise de dados.....   | 115        |
| 6.1.4              | Propostas de melhoria com o projeto QRM.....   | 123        |
| <b>6.2</b>         | <b>CASO 2: ESTAMPADOCo .....</b>   | <b>130</b> |
| 6.2.1              | Desempenho geral do sistema .....  | 131        |
| 6.2.2              | Refinamento do escopo do projeto com metas .....   | 131        |
| 6.2.3              | Coleta detalhada e análise de dados.....   | 132        |
| 6.2.4              | Propostas de melhoria com o projeto QRM.....   | 138        |
| <b>6.3</b>         | <b>ANÁLISES .....</b>  | <b>143</b> |
| <b>CAPÍTULO 7:</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>157</b> |
| <b>APÊNDICE A:</b> | <b>PROTOCOLO DO PROJETO <i>LEAN</i> .....</b>  | <b>167</b> |
| <b>APÊNDICE B:</b> | <b>PROTOCOLO DO PROJETO QRM.....</b>   | <b>171</b> |
| <b>APÊNDICE C:</b> | <b>DETALHE DA COMPARAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA NO PROJETO QRM, DIGITALPRINTINGCO .....</b> | <b>173</b> |
| <b>APÊNDICE D:</b> | <b>DETALHE DA COMPARAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA NO PROJETO QRM, ESTAMPADOCo.....</b>        | <b>179</b> |
| <b>APÊNDICE E:</b> | <b>MODELO DA SIMULAÇÃO DA DIGITALPRINTINGCO .....</b>  | <b>185</b> |
| <b>APÊNDICE F:</b> | <b>MODELO DE SIMULAÇÃO DA ESTAMPADOCo .....</b>  | <b>189</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 2.1. Casa de estrutura <i>Lean</i> .....  | 30  |
| Figura 2.2. Exemplo para um fluxo JIT. ....  | 31  |
| Figura 2.3. Estrutura simplificada da abordagem <i>Lean</i> .....                                    | 36  |
| Figura 2.4. Processo típico da implantação da filosofia <i>Lean</i> .....                            | 38  |
| Figura 2.5. Série de figuras padronizadas usadas no VSM. ....  | 39  |
| Figura 2.6. Círculo vicioso experimentado nos sistemas <i>make-to-order</i> . ....                   | 42  |
| Figura 2.7. Conceitos chave e práticas de QRM. ....  | 45  |
| Figura 2.8. Arranjo celular com exemplificação dos ciclos POLCA. ....                                | 46  |
| Figura 2.9. Relação da utilização de recursos com o <i>lead time</i> .....                           | 47  |
| Figura 2.10. Relação do tempo de setup e tamanho do lote no <i>lead time</i> . ....                  | 48  |
| Figura 2.11. Exemplo de MCT.....   | 51  |
| Figura 3.1. Escolha dos paradigmas no tipo de ambiente. ....   | 61  |
| Figura 3.2. Frequência de artigos por método de pesquisa. ....                                       | 66  |
| Figura 3.3. Publicações ao longo do tempo.....   | 67  |
| Figura 3.4. Área em que as ferramentas têm sido comparadas. ....                                     | 68  |
| Figura 4.1. Estratégia utilizada no estudo de caso para responder à questão de pesquisa. ....        | 75  |
| Figura 4.2. Passos desenvolvidos e ferramentas utilizadas no projeto QRM.....                        | 80  |
| Figura 4.3. Passos seguidos e ferramentas utilizadas nos projetos QRM. ....                          | 82  |
| Figura 5.1. Layout da área de produção da DigitalPrintingCo.....                                     | 87  |
| Figura 5.2. Mapa de Fluxo de Valor atual reacomodado da DigitalPrintingCo.....                       | 91  |
| Figura 5.3. Análise do tempo de ciclo da DigitalPrintingCo. ....                                     | 92  |
| Figura 5.4. Mapa de Fluxo de Valor futuro da DigitalPrintingCo. ....                                 | 96  |
| Figura 5.5. Layout da área de produção da EstampadoCo. ....  | 101 |
| Figura 5.6. Mapa de fluxo de valor atual. ....   | 105 |
| Figura 5.7. Análise dos tempos de ciclo da EstampadoCo. ....   | 106 |
| Figura 5.8. Diagrama de Ishikawa para análise de produção na EstampadoCo.....                        | 107 |
| Figura 5.9. Mapa de fluxo de valor futuro para EstampadoCo. ....                                     | 110 |
| Figura 6.1. Mapa MCT inicial para projeto da DigitalPrintingCo. ....                                 | 114 |
| Figura 6.2. Modelo abstrato da situação inicial do QRM, na DigitalPrintinCo. ....                    | 116 |
| Figura 6.3. Mapa MCT da situação inicial DigitalPrintingCo. ....                                     | 117 |
| Figura 6.4. Utilização das estações na DigitalPrintingCo. ....                                       | 118 |
| Figura 6.5. Diagrama de causa e efeito DigitalPrintingCo, área CRC, Produção e Programação.<br>..... | 120 |
| Figura 6.6. Causa do longo lead time DigitalPrintingCo, área Design Vendas. ....                     | 121 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 6.7. Diagrama causa e efeito da DigitalPrintingCo, área Logística .....                      | 122 |
| Figura 6.8. Resumo de destinos de pedidos na DigitalPrintingCo.....                                 | 123 |
| Figura 6.9. Relação das propostas de melhoria QRM na DigitalPrintingCo.....                         | 126 |
| Figura 6.10. Comparação das propostas de melhoria na DigitalPrintingCo. ....                        | 127 |
| Figura 6.11. Comparação da proposta QRM no mapa MCT para DigitalPrintingCo.....                     | 129 |
| Figura 6.12. Comparação da utilização no projeto QRM da DigitalPrintingCo .....                     | 130 |
| Figura 6.13. Processo de estamparia de camisetas da EstampadoCo.....                                | 133 |
| Figura 6.14. MCT da situação atual da EstampadoCo. ....   | 133 |
| Figura 6.15. Carga de trabalho das estações em EstampadoCo, a través de resultados do MCT.<br>..... | 134 |
| Figura 6.16. Utilização de funcionários da EstampadoCo. ....  | 135 |
| Figura 6.17. Diagrama de Ishikawa I de análise QRM EstampadoCo.....                                 | 137 |
| Figura 6.18. Diagrama de Ishikawa II de análise QRM EstampadoCo.....                                | 137 |
| Figura 6.19. Comparativa das propostas de melhoria da EstampadoCo. ....                             | 141 |
| Figura 6.20. Mapa proposto de identificação de desperdícios. ....                                   | 149 |
| Figura 6.21. Exemplo do VSM+MCT para DigitalPrintingCo. ....  | 151 |
| Figura 6.22. MFV+MCT da situação estudada na EstampadoCo.....                                       | 152 |
| Figura 6.23. Relação do complemento QRM ao <i>Lean</i> . ....                                       | 156 |
| Figura C.1. Análise de Normalidade para situação atual, DigitalPrintingCo.....                      | 174 |
| Figura C.2. Análise de Normalidade da proposta QRM, DigitalPrintingCo.....                          | 174 |
| Figura D.1. Análise ANOVA das melhorias da EstampadoCo.....   | 180 |
| Figura D.2. Análise de resíduos para valor observado, propostas EstampadoCo. ....                   | 181 |
| Figura E.1. Modelo de simulação da DigitalPrintingCo para projeto QRM.....                          | 185 |
| Figura F.1. Modelo de simulação da EstampadoCo para projeto QRM .....                               | 189 |

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 2.1. 14 Princípios da abordagem <i>Lean</i> .....                                      | 33  |
| Quadro 2.2. Exemplos de propostas de melhoria gerados com QRM.....                            | 49  |
| Quadro 3.1. Fases do estudo da revisão de literatura.....                                     | 53  |
| Quadro 3.2. Descrição dos detalhes da pesquisa.....   | 55  |
| Quadro 3.3. Quantidade de resultados com a estratégia de pesquisa.....                        | 55  |
| Quadro 3.4. Ferramentas, práticas ou elementos identificados.....                             | 56  |
| Quadro 3.5. Estudos excluídos na fase 5.....  | 57  |
| Quadro 3.6. Classificação dos artigos selecionados.....                                       | 58  |
| Quadro 3.7. Análise das publicações selecionadas.....   | 64  |
| Quadro 3.8. Síntese das diferenças encontradas entre <i>Lean</i> e QRM.....                   | 69  |
| Quadro 3.9. Síntese das semelhanças encontradas de <i>Lean</i> e QRM.....                     | 70  |
| Quadro 3.10. Síntese dos complementos entre as abordagens.....                                | 71  |
| Quadro 4.1. Passos a seguir no estudo de casos.....   | 74  |
| Quadro 4.2. Tópicos de interesse nos instrumentos de coleta.....                              | 78  |
| Quadro 4.3. Detalhe das entrevistas nos projetos QRM.....                                     | 81  |
| Quadro 4.4. Dificuldades esperadas no desenvolvimento do projeto QRM.....                     | 82  |
| Quadro 5.1. Resumo dos problemas e propostas do projeto <i>Lean</i> na DigitalPrintingCo..... | 98  |
| Quadro 5.2. Resumo dos problemas e propostas do projeto <i>Lean</i> na EstampadoCo.....       | 111 |
| Quadro 6.1. Propostas de melhoria com QRM na DigitalPrintingCo.....                           | 126 |
| Quadro 6.2. Propostas de melhoria com QRM na EstampadoCo.....                                 | 139 |
| Quadro 6.3. Análise das complementaridades das abordagens.....                                | 146 |
| Quadro 6.4. Análise de comparação dos resultados por variável observada.....                  | 147 |
| Quadro 6.5. Passos da ferramenta de identificação de problemas.....                           | 150 |
| Quadro 6.6. Comparação das ferramentas de identificação.....                                  | 153 |
| Quadro C.1. Análise geral entre abordagens (apenas DigitalPrintingCo).....                    | 175 |
| Quadro C.2. Áreas dos problemas identificados e propostas de melhoria, DigitalPrintingCo..... | 176 |
| Quadro C.3. Resumo dos problemas e propostas de melhoria na DigitalPrintingCo.....            | 177 |
| Quadro D.1. Análise geral entre abordagens (apenas EstampadoCo).....                          | 182 |
| Quadro D.2. Análise das mudanças com sistema anterior e as abordagens na EstampadoCo.....     | 182 |
| Quadro D.3. Áreas dos problemas identificados e propostas de melhoria, DigitalPrintingCo..... | 183 |
| Quadro D.4. Resumo de problemas e propostas de melhoria da EstampadoCo.....                   | 184 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 6.1. Estimaco dos efeitos da melhoria na DigitalPrintingCo. ....          | 127 |
| Tabela 6.2. Resultados do teste t para propostas QRM na DigitalPrintingCo. ....   | 128 |
| Tabela 6.3. Estimativa das propostas de melhoria em EstampadoCo. ....             | 140 |
| Tabela 6.4. Resultados do teste Kurskal-Wallis nas propostas da EstampadoCo. .... | 142 |
| Tabela 6.5. Comparaces mltiplas das propostas de melhoria da EstampadoCo. ....  | 142 |
| Tabela C.1. Resultados da simulaco para projeto QRM na DigitalPrintingCo. ....   | 173 |
| Tabela C.2. Resultado da comparaco das propostas QRM na DigitalPrintingCo. ....  | 173 |
| Tabela D.1. Resultados da rplica da simulaco, caso EstampadoCo. ....            | 179 |
| Tabela D.2. Resumo dos valores das rplicas da simulaco, caso EstampadoCo. ....  | 180 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ATO: *Assemble to order*
- CODP: *Customer Order Decoupling Point*
- CONWIP: *Constant Work-in-Process*
- DSSPL: *Double Speed Single Production Line*
- EPFL: *École Polytechnique Fédérale de Lausanne*
- ERP: *Enterprise Resource Planning*
- ETO: *Engineer-to-order*
- FTMS: *Focused Target Market Sub segment*
- HL: *High Level*
- IEEM: *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*
- IJPE: *International Journal of Production Economics*
- IMECS: *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*
- JIT: *Just in time*
- KW: *Kurskal-Wallis*
- MCT: *Manufacturing Critical-Path Time*
- MFV: *Mapeamento de Fluxo de Valor*
- MIT: *Massachusetts Institute of Technology*
- MLT: *Manufacturing Lead Time*
- MRP: *Material Requirement Planning*
- MTO: *Make-to-order*
- NTNU: *Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet*
- PCP: *Planejamento e Controle da Produção*
- POLCA: *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*
- QRM: *Quick Response Manufacturing*
- QROC: *Quick Response Office Cells*
- QRSC: *Quick Response Supply Chain*
- RMT: *Rapid Modelling Techniques*
- SAC: *Serviço de Atendimento ao Cliente*
- TBC: *Time Based Competition*
- TPM: *Total Productive Management, (Manutenção Produtiva Total)*
- TPS: *Sistema Toyota de Produção*
- TQM: *Total Quality Management*
- UFSCar: *Universidade Federal de São Carlos*
- UKM: *Universiti Kebangsaan Malaysia*

UKY: *University of Kentucky*

UNSW: *University of New South Wales*

VSM: *Value Stream Map*

WHU: *Otto Beisheim School of Management*

WIP: *Work-in-process*

# CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

Com fenômenos como a globalização e a utilização da tecnologia, os mercados exigem uma resposta cada vez mais rápida. Frente a essa situação, diversas abordagens de manufatura têm surgido buscando reduzir o *lead time* com os clientes, para atingir essa resposta, como apontam Gunasekaran e Ngai (2012). Entre essas abordagens, muitas empresas têm considerado o *Lean Manufacturing*, desde que Womack e Jones (1990) divulgaram o Sistema Toyota de Produção criado por Ohno (1978), como uma estratégia de melhoria. Para Stone (2012), e Jasti e Kodali (2015), o *Lean* se estabeleceu como uma das melhores práticas de gestão pelo seu incremento de produtividade. Outra abordagem de destaque é o *Quick Response Manufacturing* (QRM). Para Suri (1998), o principal fundamento do QRM é focar na redução do *lead time*. Na visão de Suri (2010a, 2010b), o QRM permite potencializar os programas *Lean*, especialmente na existência de alta variedade de produtos e baixo volume. Para Godinho Filho e Saes (2012), essa abordagem ainda precisa de estudos empíricos para detalhar o seu impacto e a sua forma de aplicação.

A integração do *Lean* com o QRM não tem sido bem definida na literatura. Os resultados apresentam uma utilização parcial entre elas. Para Joing (2004), as duas abordagens permitem uma coexistência entre elas, dependendo das características da família de produtos. Mas esse autor ainda não aborda a integração de conceitos das duas abordagens. Ainda mais, ele considera a evolução dos conceitos do QRM considerada por Suri (2014), especialmente a ferramenta de identificação de oportunidades: o mapa *Manufacturing Critical-Path Time* (MCT). A segunda integração é a utilização do *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization* (POLCA), o controle de produção do QRM, para integrar o *Lean* com sistemas ERP, no estudo de Powell *et al.* (2013). Desde que as duas abordagens tratem uma base semelhante na redução de *lead time*, fica a dúvida se existe uma oportunidade de complementar o *Lean* com o QRM com seus princípios e ferramentas. Para Siong e Eng (2014), as abordagens apresentam certas diferenças e algumas semelhanças entre elas, nas pequenas empresas; mas não aprofundam entre a relação de existência entre as abordagens, nem seu efeito combinado.

Na literatura, o *Lean* apresenta algumas lacunas na sua aplicação de princípios e ferramentas. Na visão de Saurin *et al.* (2010), os conceitos, e especialmente algumas ferramentas, do *Lean* encontram barreiras na alta variedade. Os autores revelam uma necessidade de uma abstração maior dos princípios, dificultados pelas ferramentas. Para Jasti e Kodali (2014), a inter-relação dos desperdícios é pouco considerada nas implantações. Isso leva

a reduzi-los em forma isolada e não permite identificar o efeito correlacionado entre eles. Para os autores, existe uma necessidade de desenvolver uma série de princípios para encontrar todos os desperdícios com a sua inter-relação. Para Jasti e Kodali (2015), algumas empresas tem implantado *Lean* por partes por não envolver todos os setores da organização no projeto. Segundo eles, essa divisão existe pelo conhecimento da abordagem e da associação das ferramentas nos diferentes ambientes. No QRM, alguns problemas do *Lean* seriam solucionados com o seu princípio de focar unicamente o *lead time*. Segundo Suri (2010b), a inter-relação de desperdícios é conciliada desde que seja utilizada uma métrica igual para todos. Para esse autor, a consideração dos desperdícios em um indicador só minimiza as barreiras existentes entre as funções da organização. No entanto, esse autor não estabelece uma relação em como os princípios dessa abordagem potencializariam aos princípios e outras práticas bem mais usadas no *Lean*.

Porém, aplicações da abordagem QRM apresentam a utilização de ferramentas criadas no *Lean*. Na publicação de Saes e Godinho Filho (2011), a aplicação de QRM apresenta o SMED (*Single Minute Exchange of Die*) e o TPM (*Total Quality Management*) para gerar propostas na redução do *lead time*. O estudo de Lima *et al.* (2013) apresentam como a aplicação do QRM utiliza passos semelhantes aos de *Lean*, em conjunto com ferramentas criadas nessa abordagem. Com esse fato, *Lean* e QRM compartilhariam semelhanças; mas não esclarece como as duas podem trabalhar em conjunto; desde que a segunda abordagem aplica elementos da primeira.

As duas abordagens apresentam tanto semelhanças como diferenças entre elas. Ainda não está esclarecido como as duas se complementam para dar melhores resultados na aplicação conjunta das abordagens que em forma separada e isolada. A literatura não define se a potencialização entre as abordagens depende de algum fator ou contexto em que as duas são aplicadas. É preciso analisar como elas se ajudam em detectar problemas. Desde que as duas são estratégias de melhoria, é preciso identificar se o *Lean* e o QRM chegam às mesmas propostas de melhoria ou se elas permitem amplificar novas oportunidades. Tentando esclarecer essa lacuna, esta pesquisa trata sobre a complementaridade entre o *Lean* e o QRM, especificamente em forma empírica.

## 1.2 QUESTÃO E OBJETIVOS DA PESQUISA

Tendo em vista a reflexão do tópico anterior, o objetivo geral desta pesquisa é explorar a complementaridade do QRM com o *Lean*. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- a) Determinar os elementos semelhantes, diferentes e as complementares entre *Lean* e QRM;
- b) Definir a diferença e semelhança entre os desperdícios enxergados por ambas as abordagens;
- c) Especificar como as duas abordagens se potencializam nas propostas de melhoria;
- d) Propor elementos de complementaridade entre *Lean* e QRM a partir das diferenças.

Para atingir o objetivo (a) foi realizada uma revisão de literatura, a fim de obter as bases dos outros dois objetivos. Os objetivos (b) e (c) foram abordados com estudo de caso múltiplo. A partir deles, as questões que nortearam esta pesquisa são:

- a) Quais são as principais semelhanças e diferenças entre os princípios e práticas do *Lean* com o QRM?
- b) Como cada abordagem trabalha para identificar os problemas/desperdícios na prática?
- c) Quais são os desperdícios enxergados na prática por cada abordagem?
- d) Como amplificar os efeitos positivos do *Lean* com o QRM?
- e) Quais ferramentas do QRM complementariam o *Lean*?

### 1.3 IMPORTÂNCIA DO TEMA

Muitas empresas têm implantado a abordagem *Lean Manufacturing* ou têm o interesse de implantar esse tipo de projeto. Para Stone (2012) e para Bhamu e Sangwan (2014), a expansão do *Lean* é evidente entre as práticas. No entanto, essa expansão depende muito do sucesso de implantação dessa abordagem para garantir os resultados desejados. Segundo esses autores, os efeitos dessa abordagem têm sido diferentes, em diversos contextos. Eles também reportam dificuldades com a implantação, com causas associadas ao conhecimento e relação das ferramentas nas soluções.

Na pesquisa de Saurin *et al.* (2010), o *Lean* apresenta dificuldades na abstração dos seus princípios, causada pela aplicabilidade de suas ferramentas como soluções de melhorias. Nesses resultados, a barreira mais frequente de implantação é a falta de adequação de práticas. A complementaridade procurada nesta pesquisa colaboraria com diminuir as barreiras de implantação do *Lean*, em ambientes de alta variedade, fornecendo como o QRM ajudaria a potencializar esses princípios que ainda não são abstraídos.

A escolha da abordagem QRM é devido ao fato dela ser uma abordagem desenhada para trabalhar o aproveitamento da estratégia de alta variedade na produção (SURI, 2010a). Neste sentido, uma oportunidade seria revisar os elementos que seriam integrados a partir do QRM, como complemento para aplicar os princípios *Lean*. Entende-se que existe uma

diferença entre *Lean* e QRM, mas sabe-se que não são abordagens completamente opostas (SAES; GODINHO FILHO, 2008). Segundo Garza-Reyes *et al.* (2015), o QRM não é muito conhecido ainda porque tem poucas publicações de sua aplicação. Isso revela que sua integração com o *Lean* ainda não estaria tão verificada; mas que também precisaria um refinamento da prática dessa teoria para ser mais aplicada e, portanto, divulgada.

O *Lean* tem utilizado conceitos e ferramentas de outras abordagens para potencializar seus benefícios. Um exemplo é a integração da Teoria de Restrições com o *Lean*, segundo Nave (2002) e Pacheco (2014). Para esses autores, o conceito de gargalo permite identificar recursos que requerem maior atenção no fluxo, potencializando os seus resultados em conjunto para produção em linha. Stump e Badurdeen (2009) explicam que o *Lean* se utiliza com outras abordagens para potencializar seus resultados na Customização em Massa. Nesses autores, quando o *Lean* apresenta fraquezas, outras abordagens, como *Agile Manufacturing* e QRM, têm suportado melhores resultados. Slomp *et al.* (2009) apresentam como o *Lean* é aplicado em um ambiente *Make-to-Order* (MTO), mas já tem considerado o sistema *Constant Work-In-Progress* (CONWIP) para controlar o fluxo de produção. Esse sistema também sido integrado no estudo de Bokhorst e Slomp (2010) para aplicar princípios *Lean*. Furlan *et al.* (2011) mostram que a prática integrada entre *Lean* e *Total Quality Management* (TQM) maximiza o rendimento operacional. Com isso a integração das abordagens apresenta um melhor panorama que a simples escolha entre uma abordagem e outra.

A exigência das empresas estará em conseguir sobreviver no mercado. Sem a implantação dessas abordagens de melhoria, as firmas estariam em desvantagem. Como aponta Netland (2015), os princípios do *Lean* serão base na indústria 4.0. Porém, será preciso saber adaptá-los e saber integrá-los com a crescente exigência de menores tempos de resposta. Para esse problema, a integração das abordagens estudada nesta pesquisa, daria uma luz para aprofundar no tema.

## 1.4 MÉTODO DE PESQUISA

Para integrar as abordagens e comparar seus princípios e práticas, a concepção metodológica escolhida foi o Programa de Pesquisa de Lakatos. Nessa concepção, Lakatos (1970, p. 182) define a cientificidade do método no excesso de aplicabilidade de uma teoria e a verificação empírica desses casos que demonstram tal excesso. A concepção foca em mapear elementos que possam complementar práticas estabelecidas na ciência para descobrir ou rejeitar outros elementos (CHALMERS; FIKER, 1993).

Para Chalmers e Fiker (1993), no Programa de Lakatos se define um núcleo irreduzível para uma teoria praticada. Esse núcleo está protegido por um cinturão protetor, no que se visualiza o limite da aplicabilidade da teoria. Elementos da teoria que permitem o

crescimento do núcleo são conhecidos como Heurísticas Positivas; e os que o reduzem, Heurística Negativa. Nesta pesquisa, entende-se a abordagem *Lean* como um núcleo irreduzível, pela sugestão das práticas e a demonstração da abordagem como melhoria no desempenho das empresas. Porém, o *Lean* é questionado como um paradigma porque não consegue resolver todas as práticas gerenciais. Ele tem propostas de modificação em diversos conceitos e ferramentas, embasados em resultados empíricos (SAURIN et al., 2010). Busca-se encontrar elementos do QRM que aportem à Heurística Positiva do núcleo *Lean* considerado.

Na identificação da complementaridade da pesquisa, faz-se importante reconhecer o contexto que limitaria as aplicações de princípios entre uma e outra abordagem. O grau de entendimento do QRM e *Lean* pela gerência poderia apresentar um viés conhecido em falhas de aplicação da Manufatura Enxuta. No entanto, a prática vivenciada entre as abordagens conseguiria desvendar como é feita a integração entre elas. Nesse contexto, será preciso que operadores e gerentes forneçam informação dos elementos complementares. Na pesquisa, optou-se pela abordagem qualitativa, pelas características apresentadas na ênfase do indivíduo estudado (MARTINS, 2012). Em estudos parecidos de integração de *Lean* com *Total Quality Management* (TQM), a abordagem qualitativa é sugerida para pesquisas futuras (FURLAN et al., 2011).

No campo de pesquisa de administração de operações, Barratt *et al.* (2011) recomendam o estudo qualitativo quando se busca o esclarecimento de algumas práticas gerenciais. Em palavras desses autores, o estudo de caso dependerá do enquadramento teórico que exista para suportar a questão de pesquisa. Neste estudo, inicia-se com uma revisão de literatura para basear as variáveis do estudo de caso.

A pesquisa começa com a revisão de literatura para definir quais seriam os elementos já considerados como semelhantes e diferentes nas publicações. A revisão segue a base do método de revisão proposto em Tranfield (2003). A partir das publicações, definiram-se os conceitos que permitiriam identificar diferenças e semelhanças empíricas das abordagens. O detalhe do método da revisão de literatura é tomado no capítulo três.

Para o desenvolvimento da pesquisa de campo, foi escolhido o método de estudo de caso. Para Benbasat *et al.* (1987), o estudo de caso é uma estratégia viável de pesquisa, pelos seguintes pontos fortes : (i) fenômeno pode ser estudado no seu contexto natural para entender sua prática; (ii) permite responder uma explicação profunda de um fenômeno complexo, além da questão porque; (iii) ajuda a explorar quando as variáveis são desconhecidas ou fenômeno não está compreendido. Nesta pesquisa, o contexto permite determinar a complementaridade de *Lean* com QRM; é preciso entender a possível relação entre as duas abordagens; e ainda não é esclarecido como essa complementaridade afeta o desenvolvimento de melhorias nas abordagens.

O estudo de caso foi exploratório com objetivo de refinar a teoria (VOSS et al., 2002). A importância da comparação dos princípios das duas abordagens, explicará os limites nas propostas das filosofias. A pesquisa buscará um equilíbrio entre a explicação da literatura e a explicação prática, dado que a integração pode ser considerada uma prática emergente; e segundo Ketokivi e Choi (2014), os estudos de caso precisam desse equilíbrio na geração de propostas. O detalhe do método seguido para a condução do estudo de caso múltiplo é detalhado no quarto capítulo.

Foram escolhidos dois casos para apresentar a comparação das abordagens. Neles são estudados os dois projetos para determinar as diferenças que existem entre a identificação de problemas e propostas de melhoria. A unidade de análise são os departamentos de produção em que foram aplicadas as abordagens, em conjunto com as pessoas relacionadas que participaram nesses projetos de melhoria.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em seis capítulos, sendo eles:

- Capítulo 1: aborda a contextualização da integração entre as abordagens *Lean* e QRM, assim como apresenta os objetivos e as questões de pesquisa.
- Capítulo 2: descreve os conceitos básicos de *Lean* e QRM, seus princípios, práticas, ferramentas e sugestões de implantação, como uma conceituação geral das abordagens.
- Capítulo 3: expõe a revisão de literatura. Esta tenta responder quais pesquisas determinaram semelhanças e diferenças entre as abordagens, além de classificar os artigos segundo o método de pesquisa usado, o resultado da comparação entre abordagens, o escopo da comparação realizada, e o elemento/princípio/prática comparado.
- Capítulo 4: explicam-se o método de pesquisa e as fases concebidas entre as abordagens. Nele, são explicados: as questões de pesquisa, a seleção dos casos, os detalhes da coleta de dados em cada fase, e análise de dados cruzada entre os projetos.
- Capítulo 5: retrata o resultado do estudo de caso, fase da abordagem *Lean*. Em cada caso são descritos um sistema anterior a qualquer das abordagens e o desenvolvimento da abordagem *Lean* em cada caso
- Capítulo 6: apresenta o desenvolvimento da fase QRM em cada caso. Nele, são descritas as melhorias encontradas com o projeto QRM. Também são descritas as propostas encontradas para complementar a abordagem *Lean*, em base aos resultados obtidos, nas duas abordagens.

## CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 LEAN MANUFACTURING

O Sistema Toyota de Produção (STP) foi desenvolvido pelos japoneses como uma estratégia de produção para incrementar a produtividade, segundo Ohno (1978). Eles praticaram seu sistema para uma redução de custos na produção e manter lucros na Toyota. O sistema teve um sucesso tão grande que foi interesse de pesquisadores norte-americanos Womack e Jones, com o objetivo de entender a nova estratégia. Com os resultados da pesquisa, esses acadêmicos definiram o TPS como *Lean Manufacturing*. O termo *Lean* foi utilizado para definir uma Manufatura Enxuta; ou uma Manufatura livre de desperdícios (WOMACK et al., 1990). O TPS passou a ser reconhecido pelo seu sistema de produção Justo a Tempo (*Just-in-time, JIT*) e pelo seu controle de produção *kanban* (GHINATO, 1996).

Com a expansão do uso do sistema *Lean*, pesquisadores fizeram referência como *Lean Production*, e como *Lean Thinking*; pela sua aplicabilidade não exclusiva em produção e manufatura (STONE, 2012). Nesta pesquisa, apenas será utilizado o termo *Lean* para evitar confusões. Na definição de Ohno (1978), o TPS foca na redução dos desperdícios com o objetivo de redução de custos e que consiga incrementos na produtividade. No caso de *Lean*, uma definição aceita é escrita por Liker (1996) como “uma filosofia que quando implantada, reduza o tempo desde o pedido até a entrega por meio da eliminação das fontes de desperdício, no fluxo de produção”. Hines e Taylor (2000) definem sete desperdícios considerados na produção:

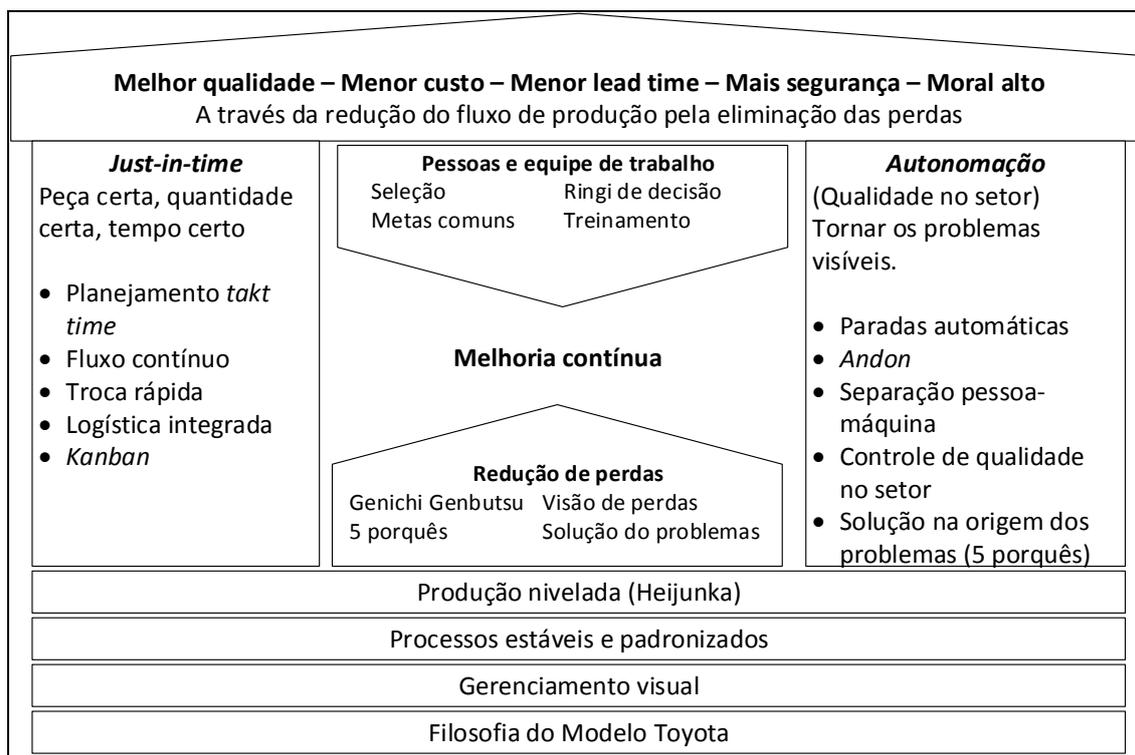
- a) Superprodução: por grandes áreas de depósito, custos elevados de transporte e falhas no planejamento;
- b) Transporte: lotes grandes, produção antecipada e layout inadequado;
- c) Estoques: alta flutuação da demanda, produto obsoleto, aceitar superprodução;
- d) Espera: demora por materiais e/ou informações, layout inadequado, imprevistos;
- e) Produzir com defeitos: explicado desde processos inadequados de fabricação, falta de treinamento, matéria-prima defeituosa;
- f) Processamentos inadequados: executar com ferramentas, sistemas ou procedimentos não apropriados;
- g) Excesso de movimentos: movimento excessivo de operadores ou informação.

Um oitavo desperdício considerado é a perda da criatividade e envolvimento dos funcionários (LIKER, 2005). Nele, são refletidos os esforços de melhoria contínua dos operadores, além de que engloba o trabalho necessário como a motivação e entrosamento

necessário para a execução da filosofia. As consequências são menos perceptíveis e considera-se como potencial para desenvolver mais desperdício dos outros sete.

Segundo Ohno (1978), o sistema tem dois pilares: *Just-in-time* como sistema de produção e o *Jidoka*, automação com toque humano. JIT define um fluxo de produção no qual as peças alcançam a linha de montagem no momento preciso e somente na quantidade necessária. *Jidoka*, em definição de produção, corresponde a uma habilidade de deter o processo para evitar defeitos nos produtos. Os dois pilares são estruturas facilmente visíveis, que tem sido característica para identificar a utilização do *Lean*. Liker (2005) reforça o conceito de estrutura e apresenta a casa *Lean*, na Figura 2.1. Nesse conceito, existe uma base da filosofia do modelo com gerenciamento visual, processos estáveis e padronizados como uma produção nivelada. Dentro da casa, os pilares e as bases permitem essa perseguição constante pela redução de perdas. A filosofia vivida pelas pessoas permite a melhoria contínua (*kaizen*). Os resultados da estrutura inteira aparecem no telhado, que só serão obtidos caso a estrutura esteja bem cimentada.

Figura 2.1. Casa de estrutura *Lean*.



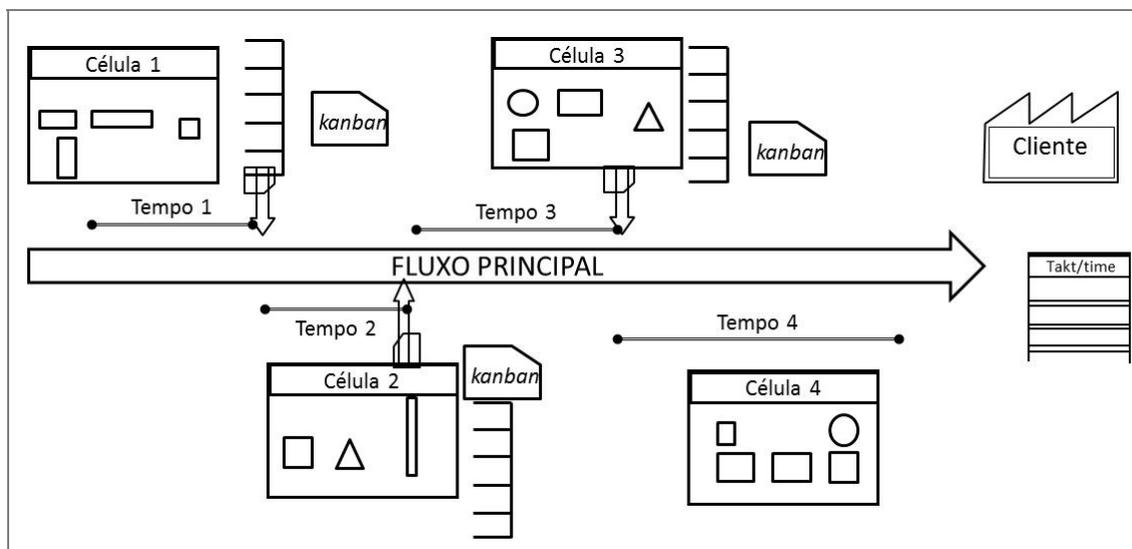
Fonte: Liker (2005)

O pilar do sistema de produção *Just-in-time* caracteriza mudanças nos sistemas tradicionais. O planejamento do processo está baseado no *takt time*, definido como tempo de

ritmo da demanda. Esse ritmo define a velocidade do fluxo de produção, tentando aplicar um fluxo contínuo. A alimentação do fluxo contínuo é com um sistema puxado que sincroniza o fornecimento de materiais e peças. O sistema puxado utiliza o *kanban*, um cartão que autoriza a produção e controla a alimentação de partes no fluxo. Uma segunda função do *kanban* é o planejamento autónomo do fluxo de produção. A extensão do fluxo envolve os fornecedores, os quais precisam de uma integração no fluxo para atender uma produção puxada. Com a exigência da sincronização, é preciso padronizar os tempos em que as células fornecem suas partes no fluxo de produção. A padronização pode ser alcançada com uma produção nivelada, conhecida como *Heijunka*. A semelhança das cargas de trabalho permitiria a sincronização no fluxo.

A variedade de produtos dentro do fluxo principal é tratada com a criação de células. Dentro da célula, existe uma família de produtos que permite uma alimentação sincronizada (Figura 2.2), fornecendo diversas peças e incrementando as opções do produto. A sincronização entre as células é realizada com *kanban*. Uma troca rápida de ferramenta (SMED) permitiria sincronizar os tempos no fluxo principal como o fluxo intracelular. A segunda parte no SMED é reduzir o tempo de setup entre a variedade produzida, para manter o nível de flexibilidade exigido na demanda de produção.

Figura 2.2. Exemplo para um fluxo JIT.



Fonte: Adaptado de Ohno (1978) e Slack *et al* (2013).

O segundo pilar de autonomação, conhecido como *Jidoka*, é a base de práticas para reduzir os desperdícios e incrementar a qualidade. Uma das relações com o JIT é minimizar erros na sincronização do fluxo, só que não é única relação. As paradas automáticas evitam a continuação da produção com defeitos. Essa parada é ativada e identificada com *andon*, um painel que mostra o lugar na linha onde ocorreu a falha identificada. Com a qualidade de evitar os erros, aparece a técnica *poka-yoke*. O erro deve ser verificado e solucionado, para não repeti-

lo. A forma de solucionar os erros deve ser com uma solução na origem dos problemas, no que seria aplicada a técnica dos 5 porquês. Em sua visão, *Jidoka* precisa de uma comunicação simples que é obtida com mecanismos visuais. A gestão visual permite um rápido entendimento do funcionário para reduzir os desperdícios.

### **2.1.1 Princípios *Lean***

Com o intuito de desenvolver o pensamento enxuto, Womack e Jones (1990) propuseram cinco princípios. Neles, permite-se desenvolver a aplicação de *Lean* como um fundamento aplicado na indústria, sendo eles:

- a) Definir o valor de cada produto, segundo o cliente.
- b) Identificar a cadeia de valor para cada produto, como sequências, passos e procedimentos.
- c) Criar um fluxo que acrescente valor sem interrupções ou sem desperdícios.
- d) Deixar que o cliente puxasse (ou solicite) valor ao produtor.
- e) Procurar a perfeição de agregar valor de forma contínua.

Com o objetivo de aprofundar as principais ideias da filosofia enxuta, para que não fosse considerada apenas como estratégias de manufatura e aumentar sua aplicabilidade em outras indústrias, Liker (2005) desenvolveu outra série de princípios. Os princípios buscam detalhar ainda mais os primeiros cinco citados acima. O Quadro 2.1 apresenta os 14 princípios e as suas 4 grandes áreas de classificação.

Quadro 2.1. 14 Princípios da abordagem *Lean*.

| Área                                     | Princípio   |
|--|---|
| Propósito: Longo prazo                   | 1. Fundamentar as decisões gerenciais numa filosofia de longo prazo, mesmo que seja contrária a metas financeiras de curto prazo.   |
| Processo correto                         | 2. Criar um fluxo contínuo para desvendar problemas.<br>3. Utilizar sistemas puxados para evitar o excesso e a falta de produção.<br>4. Nivelar a carga de trabalho, para que permaneça nivelada (sem sobressaltos) ( <i>heijunka</i> ).<br>5. Criar uma cultura de resolução de problemas, a fim de obter qualidade correta na primeira vez.<br>6. O trabalho padronizado é base da melhoria contínua e capacitação dos funcionários.<br>7. Usar controles visuais para evidenciar problemas ocultos.<br>8. Trabalhar só com tecnologia confiável e cuidadosamente testada que ajude os funcionários e o processo. |
| Pessoas e Organização                    | 9. Crie líderes que entendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e ensinem os outros.<br>10. Desenvolva pessoas e grupos excepcionais que sigam a filosofia da empresa.<br>11. Comprometa-se com a rede de parceiros e fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.  |
| Resolver problemas com melhoria contínua | 12. Ir e ver por si mesmo para entender completamente a situação.<br>13. Tome decisões lentamente por consenso, considerando minuciosamente todas as opções; implante rapidamente.<br>14. Torne-se uma organização de aprendizagem mediante a reflexão e melhoria contínua.   |

Fonte: Adaptação de Liker (2005).

### 2.1.2 Práticas *Lean*

No relato de Spear e Bowen (1999), a padronização de tarefas é a base para enxergar desperdícios. Com o tempo padronizado das tarefas, qualquer variação de tempo fora do padrão indica que existe um problema. O sistema *Lean* define vários níveis para resolver o problema, segundo o desvio do tempo standardizado. O primeiro nível, o próprio funcionário poderia resolvê-lo; se for maior, o líder precisaria participar. Com níveis maiores, a solução do problema exige maiores níveis de mando e precisariam até projetos para resolvê-los.

Na estrutura organizacional, *Lean* precisa da transformação para trabalho em equipe. Segundo Liker (2005), a liderança do modelo Toyota está baseada no desenvolvimento e uma profunda compreensão do trabalho. O líder precisa exercer o poder de baixo para cima. Os funcionários base devem estar motivados para criar aportes na organização. No modelo, são precisos líderes em equipes de 5 a 9 pessoas. O objetivo de um tamanho da equipe é conseguir a maior comunicação possível entre as pessoas para resolver os problemas em conjunto. O líder pratica o *Genchi genbutsu*, interpretado como perceber pessoalmente o que aconteceu para

entendê-lo. Nessa prática, é importante deslocar-se ao lugar de trabalho, onde acontecem os processos.

Com a sugestão de pequenos grupos, são observadas células de trabalho como parte da organização base. Cada funcionário é capaz de operar diferentes máquinas, segundo descrito por Ohno (1978). Existe uma visão de cliente para cada processo, em que seus requerimentos são atendidos. Cada etapa posterior do processo é considerada como um cliente. Os resultados produzidos em cada funcionário dependem desses requerimentos do cliente, especialmente naqueles que o valor é agregado.

O resultado característico da Toyota é a melhora contínua (denominado *kaizen*). (SPEAR; BOWEN, 1999). O caminho para melhorar depende das propostas que os funcionários realizam. Esses funcionários conhecem bem o seu trabalho e sabem de pequenas melhorias que devem ser implantadas. O apoio em pequenos grupos ajuda a criar que essas propostas sejam desenvolvidas no grupo. Com as propostas e o poder de exercê-las, existe uma melhora contínua no grupo. A soma de pequenas melhorias em cada grupo consegue uma melhora contínua com toda a empresa.

O sistema de informação na organização deve ser o mais simples possível. Pela descrição de Liker (2005), a comunicação simples e visual ajuda a não desperdiçar tempo na análise de informação. Os relatórios A3 são sugeridos para condensar a informação e focar simplesmente em aquilo que é importante. Esses relatórios informam os projetos de solução de problemas, quando o nível da solução precisa envolver uma autoridade maior que o líder. Geralmente esses relatórios contêm os diagramas de causa e efeito, assim como um ciclo de solução de problemas.

A gestão visual faz parte do sistema de informação. No fluxo de produção, a prioridade de produção numa célula é visualizada nos tabuleiros de *kanban*, quando ele é visto como sistema (STOCKTON; LINDLEY, 1995). A quantidade de cartões fica visualmente alta para priorizar a produção na célula e ativá-la. O segundo reconhecido é *andon*, que é um painel de reconhecimento de paradas na linha de produção (OHNO, 1978). A função desse quadro é indicar o lugar da linha onde o erro foi percebido.

Bhashin e Burcher (2006) apresentam uma lista de práticas que as empresas precisam seguir, como sugestões originais da abordagem de *Lean*. Essas sugestões são:

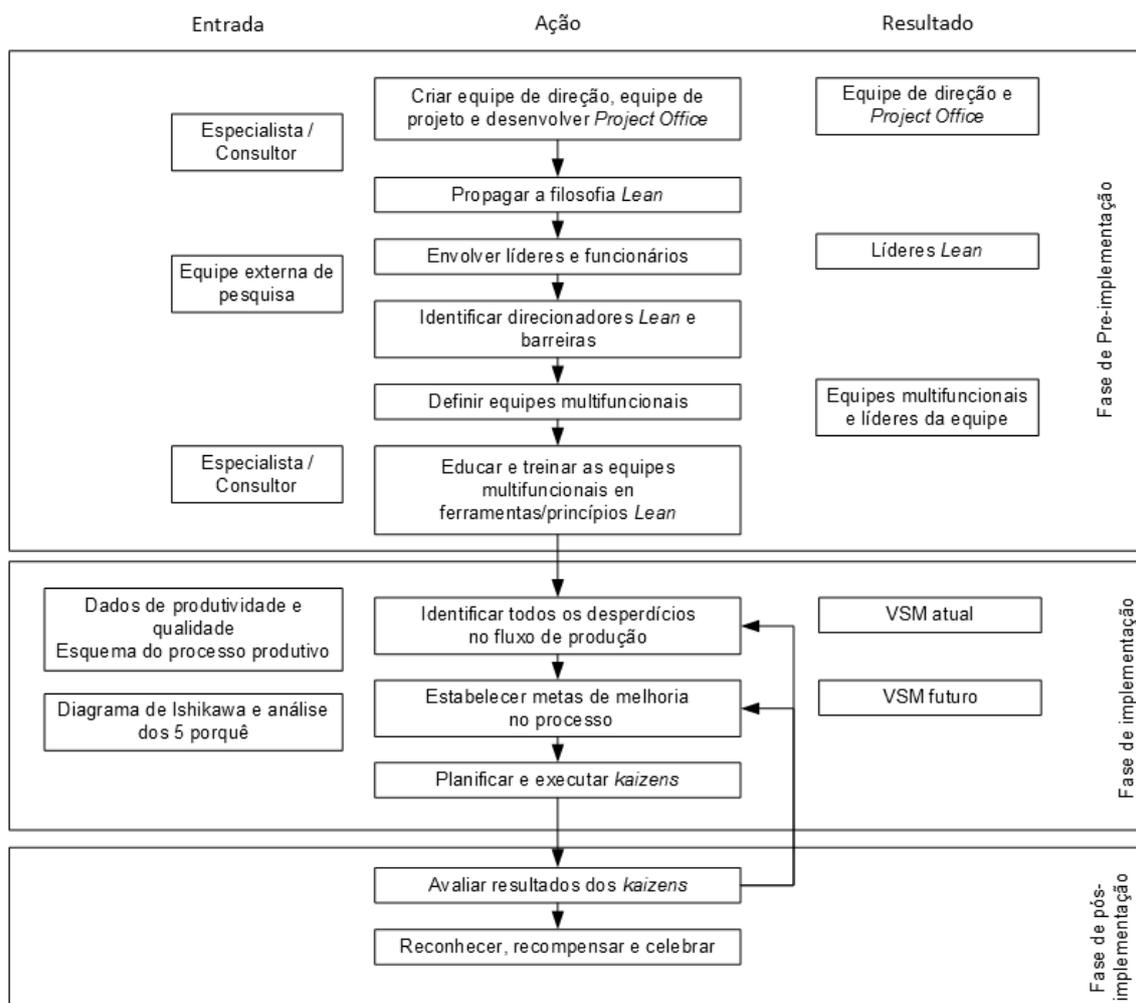
- a) Melhoria contínua (*kaizen*): perseguir continuamente as melhorias;
- b) Manufatura celular: um grupo pequeno e próximo a todos os recursos necessários para fazer um produto (ou grupo relacionado de produtos), para reduzir transportes, demoras e tempo de processo;
- c) *Kanban* (Cartão visível): Controle do inventário em processo com cartões visíveis;
- d) Fluxo de uma peça: Precisa ser um produto só, através das etapas de operação em etapas de desenho, tomada de ordens e produção sem interrupções;

- e) Mapeamento de processo: um mapeamento detalhado da sequência de realização do processo;
- f) Trocas rápidas de ferramentas, em menos de dez minutos (SMED): Na redução do *lead time* (tomado como tempo de atravessamento), melhorar o fluxo é preciso, eliminando as demoras nos tempos de mudança nos equipamentos;
- g) Evolução importante (*kaikaku*): é preciso fazer uma evolução radical de atividades para eliminar o desperdício;
- h) Desenvolvimento do fornecedor: a empresa precisa desenvolver ativamente relações com o fornecedor e trabalhar de maneira próxima para obter benefício mútuo;
- i) Redução da quantidade de fornecedores: manter menos fornecedores com o objetivo de comprometer-se com os poucos fornecedores.
- j) 5 S e gestão visual: redução da desordem e ineficiência de um lugar de produção típico e no ambiente de escritório.
- k) Manutenção Produtiva Total (TPM): incrementar a confiança, consistência e capacidade das máquinas através de regimes de manutenção.
- l) Valor e os sete desperdícios: o conceito de valor não deve ser ignorado e é essencialmente a capacidade de dar o produto ao cliente, no momento justo e a um preço apropriado, definido em cada caso por cada cliente. A definição dos desperdícios foi definida como: superprodução (em relação à demanda), demoras, transportes, processamento inapropriado, estoques, movimentos desnecessários e defeitos.

Essas práticas estão inter-relacionadas, segundo a função em que potencializa sua melhoria, como é apresentado na Figura 2.3. Segundo Monden (2011), o valor definido é um aumento de lucro com crescimento lento. Esse valor é possível com o aumento da receita; e com a redução de custos. A redução é um efeito do resultado do JIT na redução de desperdícios de inventários e na redução de mão-de-obra. Para Ghinato (1996), a estratégia de marketing em expandir mercados com produtos variados e diferenciados é base do aumento da receita, para o modelo original de Mondem em 1981. Para esse autor, o controle de qualidade é base principal do Sistema Toyota de Produção e seria ainda mais fundamental que as atividades de melhoria em pequenos grupos. Na visão de Liker (2004), a administração funcional é mais detalhada com as técnicas *Nemawashi* e *Genichi Genbutsu* como algumas ferramentas. Os autores coincidem em visualizar que existe a redução de *lead time* e que o JIT é um resultado dessa sincronização.



No modelo de Bhamu e Sangwan (2014), apresentado na Figura 2.4, três etapas são descritas para implantar o *Lean*: a) pré-implantação ou treinamento em *Lean*; b) implantação ou aplicação do *Lean*; c) pós-implantação ou seguimento ao programa *Lean*. A primeira fase é marcada pela preparação dos funcionários e equipes de implantação. Consultores externos são recomendados para conhecer os princípios e conceitos *Lean*. Os resultados dessa fase são líderes treinados que comandarão as fases seguintes. É preciso identificar o apoio da alta gerência nos primeiros passos para que o projeto não fracasse. A segunda fase consiste em analisar os desperdícios que existe na organização, partindo que as ferramentas, conceitos e princípios já são dominados. É neste passo que o VSM é utilizado para identificar a situação atual. As análises de 5 porquês, em conjunto com os diagramas de Ishikawa, ajudam a encontrar causas dos desperdícios. O VSM futuro reflete as metas para reduzir esses desperdícios identificados e são propostas melhorias. Os *kaizens* são os eventos para executar essas propostas de melhorias. A terceira fase implica em avaliar os resultados desses eventos. No entanto, considera o *kaizen* que exista a melhoria contínua; e podem ser analisados outros desperdícios, novas metas em forma contínua. Depois de cada *kaizen*, é recomendado recompensar à equipe e celebrar os resultados para motivar essa melhoria contínua. A fase de pós-implantação não implica finalizar com a filosofia; apenas é mantê-la perpetuamente.

Figura 2.4. Processo típico da implantação da filosofia *Lean*.

Fonte: Adaptado de Bhamu e Sangwan (2014)

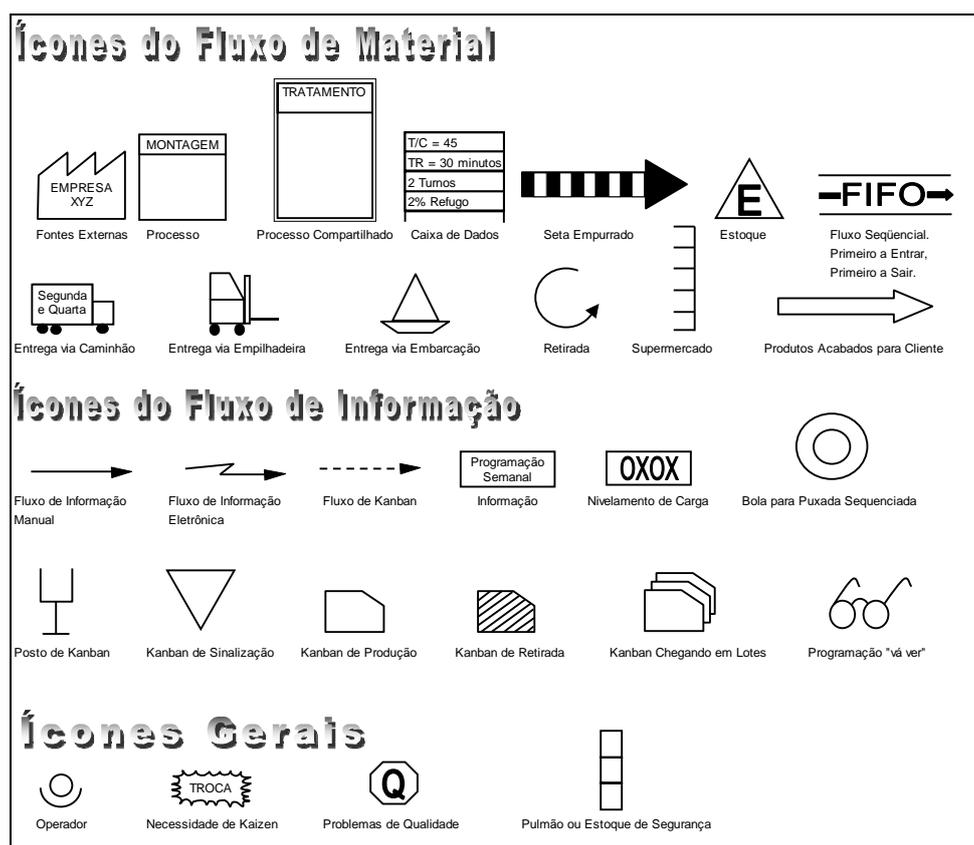
Segundo Guneskaran e Lyu (1997) citado por Gupta e Jain (2013), o começo da implantação do *Lean* é com o treinamento da metodologia 5'S. Esse treinamento propõe cinco passos que descrevem um processo de limpeza e disciplina de limpeza. O objetivo é visualizar uma área de trabalho ordenada para reduzir os desperdícios. Acredita-se que o começo da metodologia é para enxergar facilmente como seria a redução de desperdícios em situações mais complexas.

Cabe observar, o processo de implantação também seria representado como um caminho dependente e fatores específicos podem determinar diferenças de uma implantação padronizada com uma utilizada nos casos empíricos (DEFLOREN; SCHERRER-RATHJE, 2012). Os passos do método apresentado na Figura 2.4 seriam considerados como os mais prováveis a serem encontrados nos projetos de implantação *Lean* estudados.

### 2.1.4 Ferramenta de identificação de problemas em *Lean*

Com o desenvolvimento da filosofia *Lean*, foi criado um mapa padronizado com o objetivo de encontrar os desperdícios e determinar o valor agregado do cliente. Este mapa é considerado como a ferramenta de identificação de problemas chamada “Mapa de Fluxo de Valor” (MFV, *Value Stream Mapping VSM*), segundo Rother e Shook (2003). O VSM tem como objetivo visualizar o fluxo de produção para facilitar a identificação dos desperdícios e suas causas. O mapa consegue unificar o fluxo de informação com o fluxo de materiais para descrever a família de produtos, considerando desde a entrada com fornecedores até a entrega com o cliente (ROTHER; SHOOK, 2003). O VSM não precisa cálculos completamente exatos, desde que representem o fluxo e o valor agregado. Como vantagem, os autores estabelecem uma série de figuras padronizadas (Figura 2.5) para representar elementos de processos produtivos, com o objetivo de manter uma comunicação simples do processo.

Figura 2.5. Série de figuras padronizadas usadas no VSM.



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003), tomado de Thompson (s/d)

O uso do VSM é considerado como uma ferramenta fundamental para enxergar desperdícios no *Lean*. Singh *et al.* (2010) apresentam que o VSM é um mapa que ajuda no incremento da produtividade e na redução de *lead time*, mesmo considerando ambientes de alta

variedade. Nesses ambientes, o uso do VSM colabora positivamente na taxa do processo, minimização dos estoques e redução do *lead time* (JASTI; SHARMA, 2014), a partir de uma aplicação de . Para aplicá-lo, os autores Rother e Shook (2003) propõem os seguintes passos:

- a) Seleção da família de produtos;
- b) Preparação do mapa de estado atual, considerando os processos envolvidos;
- c) Análise do estado atual e identificação dos desperdícios;
- d) Proposta de um mapa futuro, a partir da aplicação dos princípios *Lean*;
- e) Análise das propostas *Lean*.

Na estrutura, é sugerido começar com o cliente e o *takt time* para determinar o ritmo da demanda. A seguir, considera a informação entre planejamento e a política com o fornecedor. Logo após, os passos do fluxo devem ser estabelecidos, em conjunto com o tipo de planejamento de cada processo. Depois dos processos, estabelece-se o tipo de controle do fluxo de produção. Estima-se o tempo médio de ciclo e o tempo de setup para cada operação. Com esses tempos, calcula-se o estoque em processo, caso exista. A última parte é calcular o *lead time* considerando a rota mais longa para processos simultâneos e separando o tempo que agrega valor dos que não agregam. Com o mapa completo, espera-se encontrar oportunidades de melhorias através da visualização dos desperdícios.

No caso de alta variedade de produtos, Rother e Shook (2003) sugere a estimativa do *takt time* em outro tipo de medida de carga de trabalho, como pontos por exemplo. O uso de pontos é exemplificado por Stefanelli (2010). Nessa pesquisa, os pontos permitem encontrar uma carga de trabalho em horas segundo as características físicas do produto e o processo a ativar.

## **2.2 QUICK RESPONSE MANUFACTURING**

O *Quick Response Manufacturing* (QRM) é uma estratégia que abrange toda a empresa para a redução do *lead time* pela organização. O QRM procura a redução do tempo de resposta ao cliente em todos os aspectos das operações, interna e externamente (SURI, 2010b). Segundo a origem da estratégia, é uma resposta dentro do ambiente de manufatura a partir do *Time Based Competition* (TBC), no qual é ressaltada a importância do *lead time* como métrica e critério principal de gestão da produção (SURI, 1998). Um segundo fundamento é baseado na teoria de filas para explicar os efeitos do tempo dentro da produção (SURI, 1996).

### 2.2.1 Princípios do QRM

Na definição do QRM, Suri (1998) apresenta 10 princípios que resumem a visão global da abordagem. Esses princípios descrevem a solução proposta pelo QRM frente a um problema típico definido em manufaturas de alta variedade de produtos com baixo volume. Os princípios são:

- 1) Com o foco de minimizar o *lead time*, encontre novas maneiras para desenvolver o trabalho;
- 2) Tente operar a 80% ou 70% de capacidade em recursos críticos;
- 3) Mensure a redução do *lead time* e tome-o como o indicador principal;
- 4) Medir e recompensar as reduções de *lead time* e não as entregas no tempo devido;
- 5) Usar o MRP para planejar e coordenar materiais. Reestruture a produção em células focadas em produtos e complemente com controles que combinem as estratégias de puxar e empurrar;
- 6) Motivar os fornecedores a responder em lotes pequenos, preços baixos, alta qualidade e prazos curtos, com o QRM;
- 7) Suporte ao cliente com QRM e negocie uma programação que fomente lotes pequenos com preços razoáveis;
- 8) Retire os limites da organização funcional e crie células de rápida resposta, multifuncionais, treinamento diversificado e com famílias de produtos. Fortaleça-as para que tomem decisões necessárias;
- 9) A verdadeira razão para implantar o QRM é para criar uma empresa enxuta e importante com maior segurança no futuro;
- 10) Trocar a filosofia com foco no tempo é o maior obstáculo. Faça treinamentos, e foque em reduzir *lead time*. A tecnologia pode auxiliar em etapas posteriores.

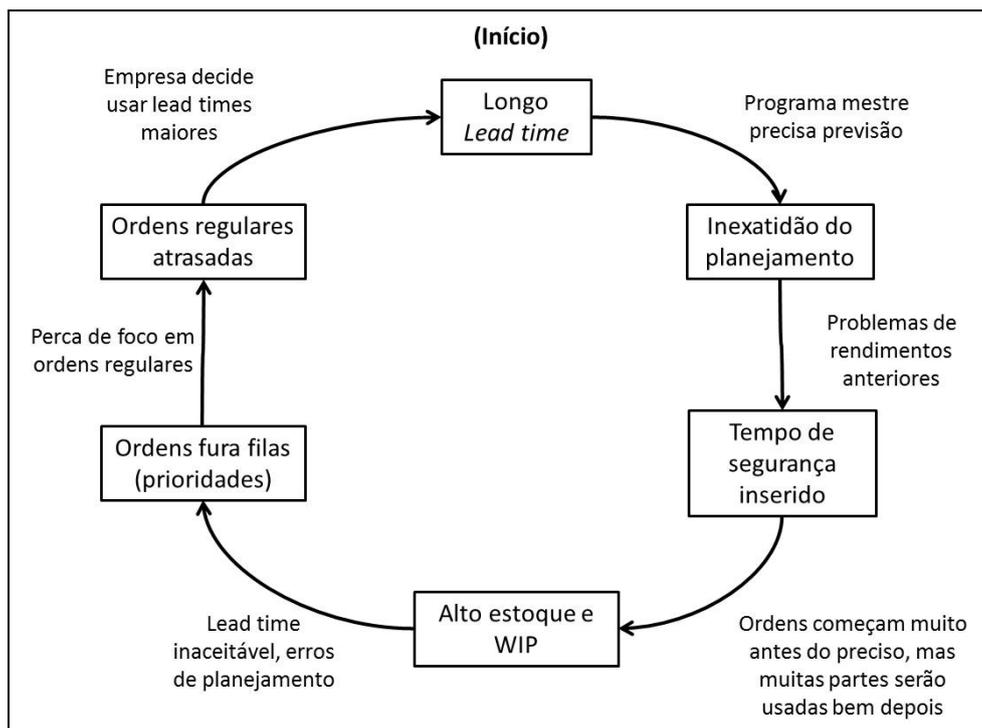
Com os princípios e o desenvolvimento da prática, foram definidos quatro conceitos chave que compõem o QRM (SURI, 2010b).

- a) O poder do tempo: o foco principal é o *lead time*, pela sua influência em custos e qualidade, assim como o jeito de administrar o processo;
- b) Estrutura da organização: considera o ponto chave na criação da célula QRM, diferenciada para maior flexibilidade e envolvimento da equipe que outros conceitos já utilizados;
- c) Entender a Dinâmica de sistemas: descreve como a interação de máquinas, produtos e funcionários impactam o *lead time*. O resultado é considerar a interação para planejamento de capacidade, utilização de recursos, tamanhos de lotes e outras decisões sistêmicas;

- d) Aplicação em toda a empresa: não só na manufatura ou no chão de fábrica, precisa envolver o fluxo completo considerando planejamento, compras, cadeia de suprimentos, operações de escritório e desenvolvimento de outros produtos, entre outros.

Suri (2010b, p. 40) propõe na Figura 2.6, os efeitos que sofrem os sistemas *Make-to-order* em relação à sensibilidade no tempo. Pela alta variedade, o programa mestre cria uma previsão inexata. Para minimizar essa inexatidão, tempo de segurança é inserido a fim de cobrir problemas anteriores relacionados com o rendimento. Com essa adição de tempo, muitas peças começam a gerar estoques e WIP, já que iniciam o processo muito antes do preciso. O efeito do estoque cria *lead time* inaceitável; mas cria uma política de ordens com prioridades. As ordens regulares ficam atrasadas; o que leva a empresa um planejamento com maior *lead time*. Como existe uma sensibilidade no tempo no mercado, o círculo torna-se uma espiral, incrementando o prazo estimado de entrega e perdendo clientes.

Figura 2.6. Círculo vicioso experimentado nos sistemas *make-to-order*.



Fonte: Adaptado de Suri (2010b, p. 40)

### 2.2.2 Práticas do QRM

A partir dos princípios definidos no QRM, é possível identificar algumas práticas e ferramentas sugeridas para aplicação os princípios. Algumas delas, são apresentadas por Saes e

Godinho Filho (2008) como práticas relativas ao QRM. Suri (2010b) define algumas ferramentas consideradas como nativas com a abordagem. Entre elas, estão:

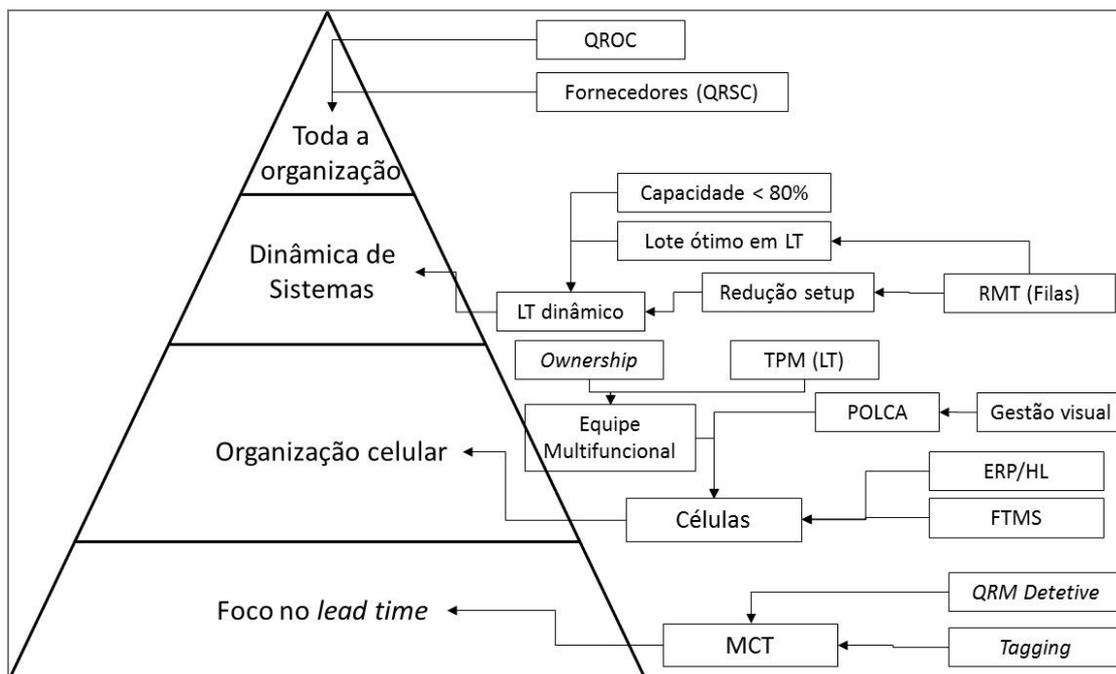
- a) A utilização do mapa MCT como principal instrumento de mensuração do *lead time* e identificação dos desperdícios do sistema;
- b) Uso de grupos de células de trabalho como tecnologia de grupo. As células devem ficar definidas em parte pelo Sub segmento do mercado objetivo focado (*Focused Target Market Segment*, FTMS) definido que existiria uma redução da variabilidade entre a visão do cliente;
- c) A utilização da dinâmica de sistemas. O sistema baseado no tempo precisa encontrar os efeitos criados a partir de mudanças, porém esses efeitos podem ser confusamente enxergáveis numa lógica simples sem ter todos os cálculos adequados. A partir dessa dinâmica, estabelece que seja preciso compreender a variabilidade do sistema, que muitas vezes pode ser refletida a través de cálculos fundamentados na teoria de filas;
- d) Uso da melhoria contínua desde que esteja completamente focada na redução de *lead time*;
- e) Redução do tempo de *setup* (tempo de preparação) como uma técnica para reduzir o *lead time* em forma genérica para qualquer operação;
- f) Cálculo de um lote ótimo com o objetivo de minimizar o *lead time*. É definido que existe um mínimo do lote em que será possível minimizar o *lead time*, mesmo que não implique uma redução a lotes unitários;
- g) Gráficos de capacidade, com o objetivo de entender que a alta utilização é inimiga da minimização do *lead time*. O segundo princípio permite controlar a alta utilização para evitar possibilidades em que o *lead times* seja infinito;
- h) Manutenção Produtiva Total (TPM) sempre que foque a redução de *lead time*. Exige na prática um tempo para planejar a manutenção das máquinas, a forma de evitar incrementos inesperados de *lead time*;
- i) Gerenciamento Visual focado na redução de *lead time*. O grupo na célula de trabalho pode usar na medida em que ajude a determinar reduções de *lead time*, assim como o número QRM, que seria uma forma de enxergar as melhorias de minimizar esse tempo de atravessamento;
- j) Sistema de controle POLCA (*Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*). O sistema POLCA é definido como o controle híbrido de produção empurrada com puxada e consiste em um cartão que permite comunicar capacidade de produção entre células de trabalho. Existe uma combinação entre os sistemas de informação (definidos originalmente como MRP) e o controle autônomo entre as células;

- k) *Tagging QRM*. Para o controle do tempo nos processos, é proposta uma etiquetagem que define seguir todos os passos de um FTMS, ou amostra de produtos;
- l) *QRM detetive*. É definido como um conceito de pesquisa com o objetivo de encontrar as causas principais do longo *lead time*.

Embora não sejam únicas as práticas, a Figura 2.7 apresenta a relação entre os quatro conceitos-chave e as práticas definidas no QRM, de acordo com Suri (2010b). O primeiro conceito relaciona o foco na redução no *lead time* e a importância de identificá-lo com o MCT. *QRM detetive* e *Tagging* ajudam a definir a estrutura do *lead time* apresentada no MCT. A organização celular está planteada como uma estratégia básica para reduzir o *lead time*. O FTMS seria preciso para agrupar os produtos em células. A célula precisaria seu próprio planejamento, só que todas em conjunto utilizariam o ERP em alto nível (HL) para consolidação. Os funcionários seriam agrupados em equipes e treinados em forma multifuncional para trabalhar na organização celular, considerando o empoderamento para uma redução de *lead time*.

No QRM, a manutenção toma conta da equipe para reduzir os efeitos de quebras e paradas no *lead time*; devido à familiaridade das pessoas com os equipamentos. Com o agrupamento celular, o *lead time* teria efeitos dinâmicos, como adverte o terceiro conceito-chave. A redução de setup é recomendada para reduzir o *lead time*, especialmente com células. O tamanho do lote seria calculado com o objetivo de minimizar o *lead time*; o fluxo de peça unitária não é um requerimento nem o pedido económico do lote. O princípio de operar a capacidade menos de 80%, evita um longo *lead time*. Com o sistema dinâmico, técnicas de modelado rápido (RMT, *Rapid Modelling Techniques*) são necessárias para calcular os efeitos de decisões no sistema. O *lead time* precisa ser aplicado na organização inteira, desvendando o quarto conceito-chave. As QROC (*Quick Response Office Cells*) permitem os agrupamentos celulares em escritórios. O conceito de QRSC (*Quick Response Supply Chain*) estabelece em avaliar os fornecedores em base a redução de *lead time*; como o desenvolvimento do mesmo foco na cadeia.

Figura 2.7. Conceitos chave e práticas de QRM.

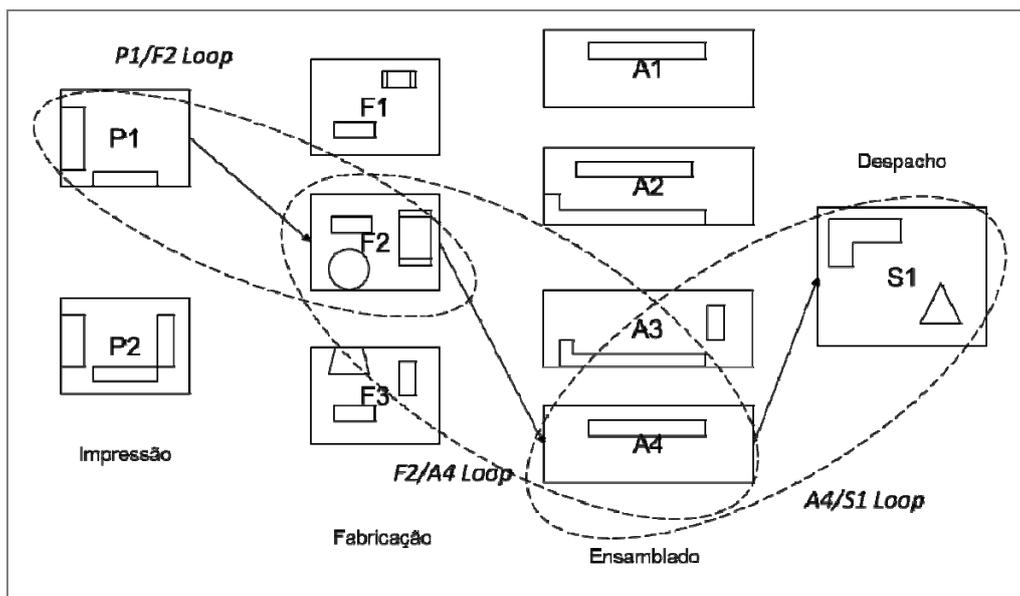


Fonte: Adaptado de Suri (2010b)

A organização celular proposta no QRM precisa a criação de células para reduzir a variabilidade entre o tipo de peças chegadas e reduzir a variabilidade no tempo de serviço da peça (SURI, 1998). A técnica FTMS ajuda na seleção de uma família de produtos, mas também pode ser determinada como uma família de processos. A Figura 2.8 apresenta uma configuração que agrupa grandes funções, mas que evita uma distribuição estritamente por processos. A estratégia proposta é aproveitar uma combinação da produção puxada com a empurrada.

Suri e Krishnamurthy (2003) descrevem o controle de produção com os cartões POLCA (*Paired-Cell Overlapping of Cards of Authorization*). Os cartões POLCA consideram ciclos entre um par de células. Com a Figura 2.8, o pedido considerado tem o fluxo de P1 F2 A4 S1. O cartão POLCA F2/A4 permite controlar o fluxo existente da saída da célula F2 e a entrada A4. O fluxo puxado existe com o controle entre células, limitando o estoque em processo. O fluxo empurrado é gerado com o ERP usando em um alto nível, com a visão de todo o pedido.

Figura 2.8. Arranjo celular com exemplificação dos ciclos POLCA.

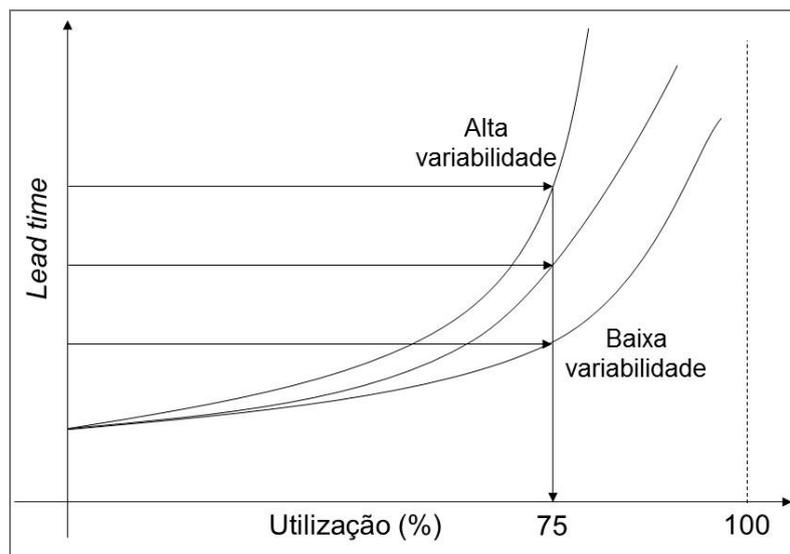


Fonte: Adaptado de Suri e Krishnamurthy (2003).

Para um desenho de um sistema que utilize POLCA, Riezebos (2010) propõe um desenho de controle com uma alta variedade de processos. Segundo Silva e Godinho Filho (2012), variantes do modelo POLCA podem ser escolhidos segundo as especificações e melhorias do fluxo. Luan *et al.* (2013) propõem um algoritmo de cálculo para uso do cartão POLCA, considerando os efeitos não lineares que existem nos sistemas dinâmicos.

Na análise da dinâmica de sistemas, Suri (1998) considera alguns conceitos importantes para o fluxo de produção (Figura 2.9). Uma alta utilização de recursos contribui a um longo *lead time*. A restrição de operar recursos com 70% a 80% de utilização é com objetivo de evitar um valor do *lead time* extremadamente longo. A variabilidade incrementa a magnitude da relação de utilização com o *lead time*. Uma redução da variabilidade permite uma redução do *lead time*, sem modificar a utilização necessariamente. Entre maior variedade estratégica seja precisa manter, maior capacidade deverá ser planejada para não comprometer o *lead time*.

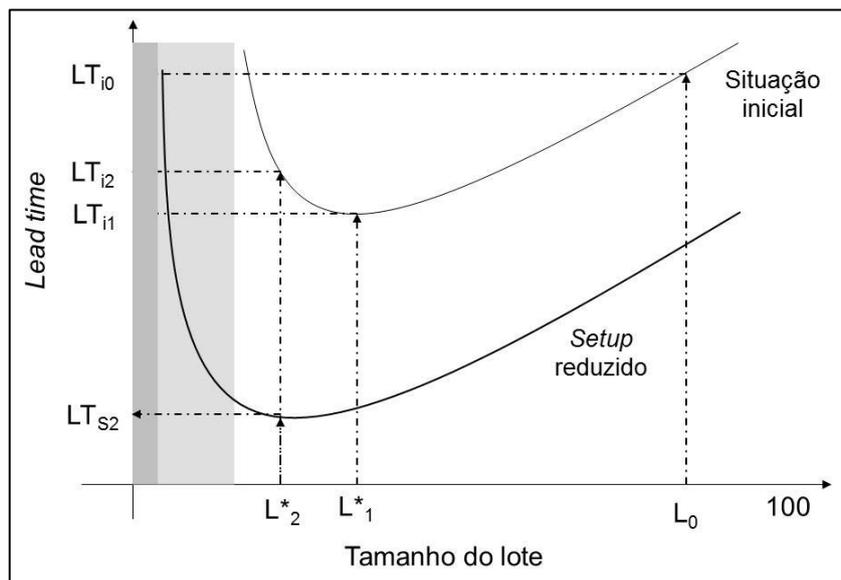
Figura 2.9. Relação da utilização de recursos com o *lead time*.



Fonte: Adaptado de Suri (1998).

Um segundo conceito importante é a relação da redução de setup e o tamanho do lote com o *lead time* (Figura 2.10). Segundo Suri (1998), a organização parte de um lote calculado ( $L_0$ ) com o objetivo de minimizar custos, com um *lead time* ( $LT_{i0}$ ). Existe um lote ótimo ( $L^*_1$ ) que permite minimizar o *lead time* ( $LT_{i1}$ ). No entanto, um lote menor ( $L^*_2$ ) que o ótimo sem uma redução de setup, incrementaria o *lead time* obtido ( $LT_{i2}$ ). Para o caso de um fluxo unitário, o tempo de setup (área cinza na Figura 2.10) seria predominante e incrementaria o *lead time*. A redução do tempo de setup consegue deslocar a função e minimizar esse tempo de fluxo. Um segundo tamanho do lote ( $L^*_2$ ) deve ser calculado para um mínimo *lead time* ( $LT_{s2}$ ). Deve existir uma combinação da redução com o tamanho do lote para conseguir o menor *lead time* possível.

Figura 2.10. Relação do tempo de setup e tamanho do lote no *lead time*.



Fonte: Adaptado de Suri (1998).

Para uma análise das decisões no QRM, Suri (1996) utiliza conceitos de teoria de filas para encontrar o rendimento do sistema. Esse autor recomenda o uso de técnicas de modelagem rápida (RMT) na estimação dos efeitos das decisões tomadas. Mesmo que não sejam cálculos exatos, as estimativas permitem direcionar os esforços de melhoria.

### 2.2.3 Modelo de implantação.

De acordo com Suri (1998), para implantar o QRM dentro da empresa é preciso seguir os seguintes 15 passos:

- 1) Consiga o comprometimento da alta gerência;
- 2) Defina uma equipe de implantação e um campeão (um líder);
- 3) Encontre uma família de produtos potenciais e estabeleça objetivos macros;
- 4) Junte o time de planejamento para um trabalho piloto em equipe;
- 5) Faça investimentos na consolidação da equipe;
- 6) Obtenha medidas estimadas e gerais do desempenho atual do sistema;
- 7) Refine o escopo e estabeleça metas precisas;
- 8) Realize uma coleta detalhada de dados e uma análise;
- 9) Encontre soluções com *brainstorming*;
- 10) Apresente as recomendações das soluções encontradas;
- 11) Estabeleça a equipe de implantação;
- 12) Forneça treinamento para o time da implantação;
- 13) Implante as recomendações;

- 14) Apresente e revise o progresso da implantação, assim como recompense o avance;
- 15) Repita os passos para os próximos projetos em QRM.

A aplicação do QRM no Brasil tem sido discutida em forma empírica por meio de propostas de melhoria. No Quadro 2.2, são apresentados alguns exemplos de artigos encontrados.

Quadro 2.2. Exemplos de propostas de melhoria gerados com QRM.

| <b>Pesquisa</b>                    | <b>Publicação</b> | <b>Característica</b>   | <b>Contribuição</b>  |
|------------------------------------|-------------------|---|--|
| Lage Junior <i>et al.</i> (2009)   | Congresso         | Produção de equipamentos e montagens de grande porte (fabricação de esferas de gás) | Produção inserida em resposta de projetos do cliente.                                  |
| Lima e Bacheга (2010)              | Congresso         | Processo de orçamentos em fábrica   | Uso do MCT para <i>lead time</i> com análise de dinâmica de sistemas.                  |
| Godinho Filho e Singh (2010)       | Congresso         | Produção de tornos verticais CNC em setor ferramenta-máquina.                       | Redução de <i>lead time</i> na montagem. Identificação de desperdícios de comunicação. |
| Andrade <i>et al.</i> (2011)       | Congresso         | Vasos de pressão, produção para setor industrial.                                   | Redução de <i>Lead time</i> e utilização de POLCA.                                     |
| Godinho Filho <i>et al.</i> (2011) | Congresso         | Produção de direções hidráulicas, setor automobilístico.                            | Redução <i>lead time</i> entre o tempo de montagem.                                    |
| Saes e Godinho Filho (2011)        | Artigo            | Produção de lápis   | Caso de aplicação de redução <i>lead time</i> .  |
| Fernandes <i>et al.</i> (2012)     | Artigo            | Produção de calçados  | Implementação de GEST/ProdCal como um controle mais flexível.                          |
| Godinho Filho <i>et al.</i> (2013) | Congresso         | Empresa de setor calçadista   | Redução <i>lead time</i> com poucos investimentos                                      |
| Lima <i>et al.</i> (2013)          | Artigo            | Escritório de orçamentos de uma fábrica   | Redução considerável com a técnica do QRM, sabendo que não é manufatura.               |
| Silva Chinet (2014)                | Dissertação       | Família de vasos de pressão.  | Redução de <i>lead time</i> , com <i>time slicing</i> , proposta de POLCA.             |

Fonte: Elaboração do autor.

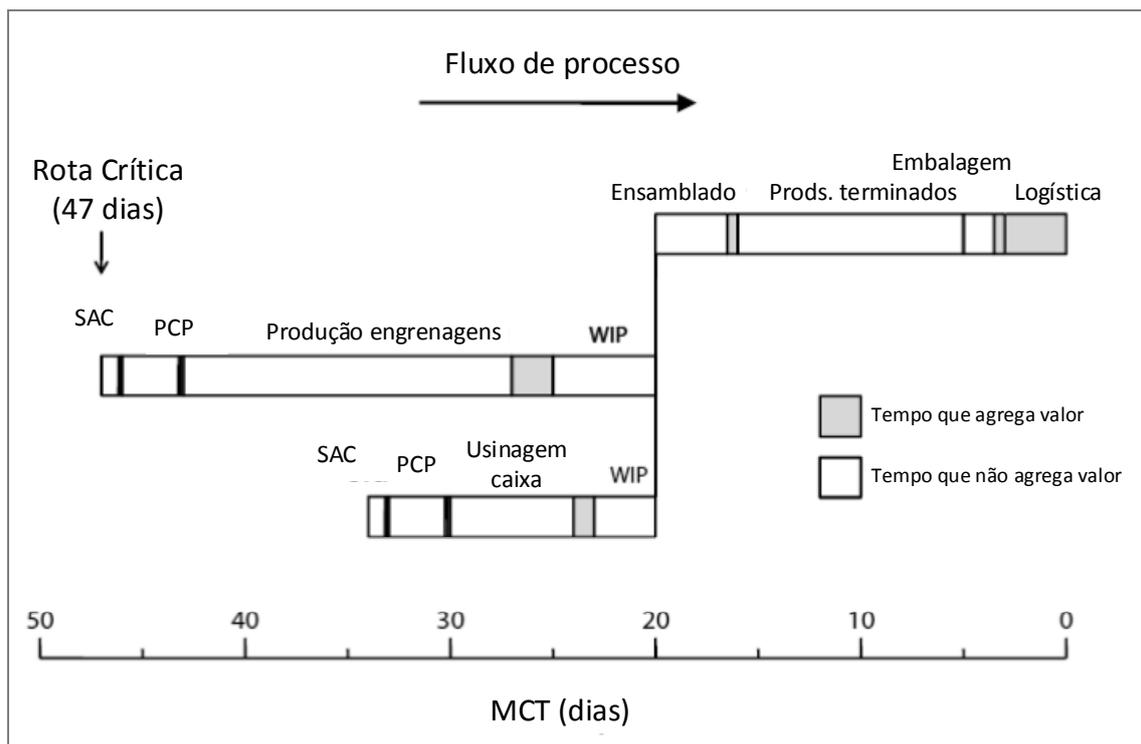
#### 2.2.4 Ferramenta de identificação de problemas no QRM

Segundo Suri (1998), o *Manufacturing Critical-Path Time* (MCT) é definido como o tempo de atravessamento ao longo da rota crítica. Ele é uma medida típica do tempo mensurado desde a chegada de uma ordem, passando pela rota crítica, até que a primeira parte da ordem é entregue ao cliente (ERICKSEN *et al.*, 2007). Uma das vantagens do MCT é que ele fornece uma medida única dos desperdícios de todo o sistema, em um indicador só;

facilitando a avaliação de ocorrências de melhorias (SURI, 2010b). A definição completa do MCT é extensível em toda a empresa e na cadeia de suprimentos; no entanto, o MCT também pode ser uma medida local de uma seção da empresa. De acordo com o último autor citado, a abrangência do indicador dependerá dos objetivos e da importância do tempo de resposta entre departamentos, assim como a implantação do QRM em uma empresa, na qual pode existir uma maior prioridade e preocupação com os efeitos. Pode-se começar com uma seção piloto para ampliar o alcance da cadeia de valor e até entidades como fornecedores e clientes. O MCT é usado porque representa uma mensuração do tempo de fila e quantifica o desperdício total produzido no fluxo do processo. A partir da métrica, é possível avaliar melhorias, uma vez que possui uma medida unificada de todo o desperdício do sistema em um número só.

Na Figura 2.11, apresenta-se um exemplo de um diagrama MCT, no que se identifica a proporção de tempo que cada atividade utiliza no processo. Em cada fatia de tempo, atividades que agregam valor ou não agregam valor são identificadas pelas cores usadas. A vantagem do mapa é relacionar diversos caminhos que podem afetar diretamente o novo caminho crítico para focar diversos esforços e novas áreas para implantação de melhorias. Para o processo dessa figura, é considerada uma produção de transmissões (SURI, 2010b). A transmissão é ensamblada a partir de duas partes: a engrenagem e a caixa. A área de serviço ao cliente (SAC) toma o pedido da transmissão. Com o pedido, a produção das partes é planejada (PCP), segundo as especificações da transmissão. As engrenagens são produzidas e as caixas usinadas, como partes da transmissão. Cada parte aguarda completar o pedido como estoque em processo (WIP) para o seguinte processo. A caixa e as engrenagens são ensambladas. A transmissão segue um acabamento. Elas são embaladas e depois entregues ao cliente. A rota crítica é o tempo descrito na produção de engrenagens por ser o maior tempo desde o atendimento ao cliente até a sua entrega. O MCT mostra que apenas um 5% do tempo agrega valor, considerado como *touch-time*.

Figura 2.11. Exemplo de MCT.



Fonte: Adaptado de Suri (2010b, 2014)

No MCT, o relevante é representar o *Manufacturing Lead Time* (MLT). Este MLT é o tempo total desde que o cliente coloca o pedido até que o produto (ou serviço) é entregue (ERICKSEN et al., 2007). O MLT está composto por:

- Queue Time*: Tempo de fila para que o produto ingresse ao processo;
- Setup Time*: Tempo de preparação da estação de trabalho;
- Run Time*: Tempo de execução da operação;
- Wait Time*: Tempo que o produto espera pela transferência a outra estação de trabalho;
- Move Time*: Tempo necessário para o transporte do produto em processo ou produto terminado.



### CAPÍTULO 3: *LEAN* E QRM: SEMELHANÇAS, DIFERENÇAS E COMPLEMENTARIDADES

A presente pesquisa realizou uma revisão da literatura que compara as abordagens *Lean* e QRM, visando responder as questões de pesquisa proposta. De acordo com Tranfield *et al.* (2003), os passos utilizados nesta revisão aparecem descritos no Quadro 3.1.

Quadro 3.1. Fases do estudo da revisão de literatura.

| <b>Etapa do estudo</b>            | <b>Fase do estudo</b>  |
|-----------------------------------|--|
| Etapa 1: Planejamento da pesquisa | Fase 0: Identificação de uma necessidade para a revisão<br>Fase 1: Preparação de uma proposta de revisão<br>Fase 2: Desenvolvimento de um protocolo de revisão   |
| Etapa 2: Condução da revisão      | Fase 3: Identificação de busca<br>Fase 4: Seleção dos estudos<br>Fase 5: Refinamento da seleção pela relevância dos aportes com o tema estudado.<br>Fase 6: Extração dos dados e monitoramento do progresso<br>Fase 7: Síntese dos dados |
| Etapa 3: Relatório e disseminação | Fase 8: O relatório e as recomendações<br>Fase 9: Coleta de evidências na prática  |

Fonte: Adaptado de Tranfield *et al.* (2003)

Para encontrar as publicações, dentro da fase 3, foi utilizado um conjunto de termos que descrevessem a pesquisa, descritos no Quadro 3.2. Procurou-se o texto literal “*Quick Response Manufacturing*” como primeiro termo e “*Lean*” como segundo. Segundo a revisão de literatura de Stone (2012), *Lean Manufacturing*, *Lean Production* e *Lean Thinking* são utilizados como sinônimos, fazendo referência ao mesmo sistema. Com esses dois grupos de termos, a pesquisa identificou quais bases de dados teriam maior quantidade de publicações (Quadro 3.3) e classificar a ordem de busca entre essas bases. No entanto, pela alta quantidade de artigos não relacionados com o tema, definiram-se outros dois grupos a fim de filtrar o conteúdo a ser analisado.

O terceiro grupo de termo *Integration* (Integração) foi destacado para filtrar estudos que fossem unicamente de uma abordagem. Com as publicações obtidas na *Scopus*, encontrou-se um domínio do tratamento da cadeia de suprimentos, usando os três grupos de termos. Uma diferença de resultados foi encontrada entre as bases de dados, com a mesma estratégia de pesquisa. Decidiu-se por fazer uma lista e encontrar uma quantidade de resultados

aceitável usando diferentes alternativas na base, como detalha a Quadro 3.3. O quarto grupo de termos foi usado apenas na base de dados *Scopus*. O termo *lead time* filtrou 38 de 86 resultados obtidos. Os resultados excluídos foram verificados pelo título e coincidia com critérios de cadeia de suprimento. Com os resultados, foi conferido o *Google Scholar* com os quatro termos para identificar outros estudos. Pelo comportamento do motor de busca, os artigos eram selecionados se possuísem uma referência acadêmica.

Com os resultados da terceira fase, 127 artigos foram selecionados entre as 4 bases de dados utilizadas. Definiu-se uma pesquisa de termos em inglês no título, resumo e palavras-chave. A busca não incluiu filtro de tempo (Quadro 3.2). Sete critérios de exclusão foram definidos em base aos conceitos visualizados nas etapas iniciais da pesquisa. Desses artigos, 38 estavam replicados e 59 foram desconsiderados por não abordar o tema de interesse, restando apenas 28 artigos para uma classificação na quinta fase. Seguem alguns exemplos dos 59 artigos que foram desconsiderados:

- a) *Lean* como definição de substâncias químicas. Um exemplo é o artigo de Brockman *et al.* (2014).
- b) Desenvolvimento de métodos de otimização. (BOGATAJ; BOGATAJ, 2004; DERELI *et al.*, 2012; MEHRSAI *et al.*, 2013)
- c) Abordagem exclusiva da cadeia de suprimento (STRATTON; WARBURTON, 2003; TREVILLE, DE *et al.*, 2004; STEVENSON; SPRING, 2009; HILL *et al.*, 2012)
- d) Críticas de conceitos e publicações. (COLLINS, 1998; COE, 2011; SABEL; SIMON, 2011) Descrição o uso de apenas uma abordagem. (PAPADOPOULOU; OZBAYRAK, 2005; LIU; CHIANG, 2009; RIEZEBOS *et al.*, 2009; CENTOBELLI *et al.*, 2013)
- e) Quando QRM fosse como *Agile Manufacturing*. (QUINTANA; ROLANDO, 1998; WADHWA *et al.*, 2007)
- f) Outras abordagens diferentes de *Lean* e QRM. (VONDEREMBSE *et al.*, 2006)

Quadro 3.2. Descrição dos detalhes da pesquisa.

| <b>Tipo</b>          | <b>Pesquisa</b>   |
|----------------------|---|
| Palavra-chave        | Grupo 1: <i>Quick Response Manufacturing</i><br>Grupo 2: <i>Lean</i><br>Grupo 3: <i>Integration</i><br>Grupo 4: <i>Lead time</i>  |
| Operadores booleanos | AND entre grupos  |
| Bases de dados       | Scopus, Web of Science, Engineering Village, Science Direct.  |
| Critério de exclusão | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Artigos que na menção de <i>Lean</i> definissem compostos químicos ou substâncias.</li> <li>2. Publicações apenas com desenvolvimentos de métodos de otimização.</li> <li>3. Abordagens exclusivas de cadeias de suprimentos</li> <li>4. Críticas de publicações de pesquisas desenvolvidas.</li> <li>5. Fosse descrita apenas uma abordagem, não comparando as duas abordagens.</li> <li>6. <i>Quick Response Manufacturing</i> fosse definido como Ágil e confundido com o conceito de Manufatura Ágil, pelos seus conceitos definidos, especialmente em cadeias de suprimento.</li> <li>7. Fossem descritas abordagens alheias entre <i>Lean</i> e QRM.</li> </ol> |
| Língua               | Buscas em inglês  |
| Publicações          | Qualquer publicação   |
| Definição do tempo   | Sem um filtro.  |

Fonte: Elaboração do autor.

Quadro 3.3. Quantidade de resultados com a estratégia de pesquisa.

| <b>Scopus</b>  | <b>Science Direct</b>                                    | <b>Engineering Village</b>                              | <b>Web of Science</b>                         |
|--|--|---|---|
| Grupo 1 e 2<br>Todos os campos<br>481 resultados                     | Grupos 1 e 2<br>Todos os campos<br>2,221 resultados      | Grupos 1 e 2.<br>Todos os campos.<br>20 resultados      | Grupos 1 e 2<br>Tópicos<br>10 resultados      |
| Grupos 1, 2, 3 e 4.<br>Todos os campos<br>86 resultados.             | Grupos 1, 2 e 3<br>Todos os campos<br>74 resultados.     | Grupos 1, 2 e 3<br>Todos os campos<br>4 resultados      | Grupos 1, 2 e 3<br>Tópicos<br>0 resultados    |
| Grupos 1, 2, 3 e 4,<br>com grupo 1 entre<br>aspas.<br>38 resultados. | Grupos 1, 2, 3 e 4.<br>Todos os campos<br>37 resultados. | Grupo 1, 2, 3 e 4.<br>Todos os campos.<br>2 resultados. | Grupo 1, 2, 3 e 4.<br>Tópicos<br>0 resultados |

Fonte: Elaboração do autor.

### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ARTIGOS

As categorias a serem usadas na classificação dos artigos foram definidas como:

(i) abordagem e método de pesquisa; (ii) resultado da comparação das abordagens; (iii) escopo e abrangência da comparação realizada; e (iv) as ferramentas utilizadas das abordagens. Com a classificação cruzada das quatro categorias é possível determinar a diferenças, semelhanças e formas de complementaridade já discutida na literatura sobre o *Lean* e o QRM.

As abordagens consideradas para categorizar as publicações foram Abordagem Qualitativa (Q) e Abordagem Quantitativa (N). Em relação os métodos de pesquisa, os seguintes

foram utilizados: Apresentação de conceitos (AC); Revisão de literatura (RL); Estudo de caso (EC); Pesquisa de levantamento (S); pesquisa-ação (PA); Modelado/Simulação (MS); e Experimento (EX).

Em relação ao resultado do estudo: a) se o estudo encontrou uma similaridade entre os princípios e as práticas de *Lean* e QRM (S); b) quando a publicação apresentou diferenças entre as abordagens (D); c) quando os autores declaram que as abordagens, ou quaisquer dos seus elementos que podem ser utilizados como complementos (C).

Ao que se refere ao escopo e abrangência da comparação, a classificação foi a seguinte: se o caso estudado comparou as abordagens de modo geral ou seus princípios, classificou-se como global (G). Se o estudo apenas utilizou alguns princípios, práticas ou ferramentas associadas na abordagem, ele classificou-se como uma comparação parcial (P).

Em relação ao elemento, princípio ou prática destacado na comparação, caso seja parcial, o elemento do Quadro 3.4 mais ressaltado será mencionado. As ferramentas do *Lean* foram elencadas a partir de Saurin *et al.* (2010) e as do QRM, a partir do estudo de Godinho Filho e Saes (2012).

Quadro 3.4. Ferramentas, práticas ou elementos identificados.

| Área  | Ferramenta  | Código |
|---|---|--------|
| Decisões da cadeia de suprimento usadas: fornecedores | <i>Collaborative Planning Forecasting and Replenishment</i> (CPFR)          | CF5    |
|   | Fornecedores certificados   | CF13   |
|   | Proximidade com fornecedores ( <i>Dual sourcing</i> )                       | CF24   |
| Estrutura organizacional                              | Células de manufatura   | CF3    |
|   | <i>Cross-trained workers</i>  | CF6    |
|   | <i>Empowerment</i>  | CF9    |
|   | Equipes multifuncionais ( <i>Multi-skilled cross-trained teams</i> )        | CF34   |
|   | <i>Ownership</i> (delegação de autoridade)                                  | CF20   |
| Recompensar reduções do <i>lead time</i>              | CF29  |        |
| Foco da estratégia de produção                        | <i>Response time spiral</i> (Espiral do tempo de resposta)                  | CF12   |
| Gestão da qualidade usada                             | Autonomia ( <i>Jidoka</i> )   | CF1    |
|   | QRM <i>detective</i>  | CF27   |
|   | <i>Quality Function Deployment</i> (QFD)                                    | CF25   |
|   | <i>Single-Minute Exchange of Die</i> (SMED)                                 | CF30   |
| Histórico de implantação do sistema                   | Engenharia simultânea   | CF10   |
| Indicadores utilizados para rendimento                | Gerenciamento visual  | CF15   |
|   | <i>Manufacturing Critical-Path Time</i> (MCT) mapping                       | CF17   |
|   | <i>System dynamics</i> (SD)   | CF31   |
|   | <i>Tagging</i> (controle de passos de um processo por meio de uma etiqueta) | CF33   |

Quadro 3.4. (cont.) Ferramentas, práticas ou elementos identificados.

| Área   | Ferramenta   | Código |
|--|--|--------|
| Planejamento e controle de estoque                     | <i>Kanban</i> (cartão aplicado)  | CF35   |
|  | <i>Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization</i> (POLCA) system                                  | CF23   |
| Programação da produção                                | <i>Just-in-time</i> (JIT)  | CF16   |
|  | Sistema de puxar e empurrar  | CF22   |
| Tecnologia de informação usada no controle do processo | Desenho e Manufatura assistida por computador (CAD/CAM)  | CF2    |
|  | Desenho por análise (D/A)  | CF7    |
|  | <i>Enterprise Resource Planning</i> (ERP)  | CF11   |
|  | Ferramenta de modelagem rápida (RTM)   | CF32   |
|  | <i>High-level MRP</i> (HL/MRP)   | CF19   |
|  | Intercâmbio eletrônico de dados (EDI)  | CF8    |
|  | <i>Material Requirement Planning</i> (MRP)   | CF18   |
|  | <i>Quick Response Office Cell</i> (Q-ROC)  | CF4    |
| Tipo de fluxo de processo                              | <i>Focused Target Market Sub segment</i> (FTMS, segmento de mercado a ser focado)                                | CF14   |
|  | Padronização do processo   | CF21   |
|  | Regra “máxima peça de fluxo só” uma mesma atividade não deve passar mais que uma vez pelo mesmo setor ou pessoa. | CF26   |

Fonte: Adaptado de Saurin *et al.* (2010) e Godinho Filho e Saes (2012)

### 3.2 RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO

A partir dos artigos encontrados nas bases de dados, na fase 5, 28 artigos foram classificados. Pelas abordagens descritas no estudo, excluíram-se oito publicações (Quadro 3.5), restando 20 artigos para classificação. Nesta fase, o filtro foi aplicado com uma leitura integral do artigo.

Quadro 3.5. Estudos excluídos na fase 5.

| Publicação                    | Critério exclusão   |
|-------------------------------|---|
| Herrigel (2004)               | Só existe uma crítica nas organizações em adotar <i>Lean</i> em um futuro, como tendência.  |
| Stevenson e Spring (2007)     | Demonstra o ponto de desacoplamento dos produtos. Porém, confunde QRM com <i>Agile</i> em cadeias de suprimento.                                      |
| Bernardes e Hanna (2009)      | Define os conceitos de responsividade, mas sem tratar as abordagens.  |
| Aronsson <i>et al.</i> (2011) | Propõe combinar <i>Lean</i> e <i>Agile</i> em cadeias de suprimentos de saúde, sem incluir QRM.   |
| Thurer e Godinho Filho (2012) | Utiliza outra abordagem das estudadas.  |
| Cevikcan e Durmusoglu (2014)  | Cria um modelo matemático para liberação das ordens, complementando o VSM. Não utiliza o QRM na comparação.   |
| Mehrsai <i>et al.</i> (2013)  | Integra os conceitos <i>Lean</i> e <i>Agile</i> , sem utilizar QRM. Porém, utiliza uma análise de teoria de filas como a dinâmica de sistemas do QRM. |
| Godinho Filho e Saes (2012)   | Apresenta apenas a abordagem QRM. Nesse artigo foram referenciados outros estudos das comparações com o <i>Lean</i> .                                 |

Fonte: Elaboração do autor.

Com 20 artigos filtrados, extraiu-se a informação de cada publicação. Neste passo sete, os dois artigos do *Google Scholar* foram avaliados, por serem encontrados nas referências dos estudos selecionados. O Quadro 3.6 apresenta uma ordem cronológica das 22 pesquisas analisadas.

Quadro 3.6. Classificação dos artigos selecionados.

| <b>Publicação</b>                      | <b>Método</b> | <b>Comparativa</b> | <b>Escopo</b> | <b>Ferramenta</b>        |
|--|---------------|--------------------|---------------|--------------------------|
| Suri (1998)                            | Q-AC          | D                  | G             |                          |
| Corbett e Campbell-Hunt (2002)         | Q-EC          | D                  | G             |                          |
| Yauch e Steudel (2002)                 | Q-EC          | S                  | P             | CF3                      |
| Joing (2004)                           | Q-EC          | C                  | G             |                          |
| Wong <i>et al.</i> (2005)              | Q-EC          | D                  | P             | CF5                      |
| Suri (2005)                            | Q-AC          | D                  | P             | CF23 -<br>CF35           |
| Wagner (2006)                          | N-SU          | S                  | P             | CF24 –<br>CF13           |
| Saes e Godinho Filho (2008)            | Q-AC          | D                  | G             |                          |
| Stump e Badurdeen (2009)               | Q-EC          | C                  | G             |                          |
| Cheikhrouhou <i>et al.</i> (2009)      | N-MS          | C                  | P             | CF23 -<br>CF35 -<br>CF18 |
| Godinho Filho e Uzsoy (2009)           | N-MS          | D                  | P             | CF31 -                   |
| Suri (2010a)                           | Q-AC          | D                  | G             |                          |
| Godinho Filho e Uzsoy (2010)           | N-SI          | S                  | P             | CF26                     |
| Nambiar (2010)                         | Q-AC          | D                  | G             |                          |
| Borgianni <i>et al.</i> (2010)         | Q-EC          | D                  | P             |                          |
| Hameri (2011)                          | Q-PA          | S                  | P             | CF3                      |
| Powell e Strandhagen (2012)            | Q-AC          | D                  | G             |                          |
| Gunasekaran e Ngai (2012)              | Q-AC          | D                  | G             |                          |
| Powell; Alfnes <i>et al.</i> (2013)    | Q-PA          | C                  | P             | CF11 –<br>CF23           |
| Powell; Riezebos; <i>et al.</i> (2013) | Q-EC          | C                  | P             | CF11 –<br>CF23 -<br>CF35 |
| Manzouri e Ab Rahman (2013)            | Q-RL          | C                  | P             |                          |
| Avanzi <i>et al.</i> (2013)            | Q-EC          | C                  | P             |                          |

Fonte: Elaboração do autor.

As seções seguintes apresentam os resultados da fase 6 da revisão de literatura. A primeira seção descreve as publicações com diferenças entre as abordagens. A segunda parte mostra os resultados de semelhança. A última seção relata os estudos classificados como complementares. Dentro de cada seção, os artigos são apresentados cronologicamente.

### 3.2.1 Diferenças entre as abordagens *Lean* e QRM

Suri (1998) apresenta o QRM como uma alternativa ao *Lean Manufacturing*. A maior diferença existente está no enfoque das abordagens e no efeito que elas teriam. No QRM, o foco na redução de *lead time* seria completamente diferente do *Lean*. O autor apresenta uma comparação entre as duas abordagens nos seguintes aspectos:

- a) Foco de melhoria: enquanto o *Lean* foca na eliminação de todos os desperdícios de forma sistemática, o QRM concentra seus esforços na redução do *lead time*.
- b) Fluxo do processo: Para o *Lean*, seu princípio é desenhar linhas de produção sem retornos ou interrupções no fluxo principal, o QRM considera o conceito de um fluxo entre células de produção.
- c) Tamanho dos lotes: O *Lean* prega a utilização de fluxo de peças unitárias, mas o QRM entende que apesar de ideal, isso nem sempre é possível. No QRM, deve-se trabalhar com tamanho de lote ótimo que minimize o *lead time*, calculado por meio da teoria de filas. Essa consideração no cálculo não é tão conhecida no *Lean*.
- d) Padronização de tempos e tarefas. Entre os tempos de processo, o *Lean* utiliza o *takt time* para encontrar o ritmo e nivelar a produção com técnica *Heijunka*; assim como um detalhamento para obter os tempos padrões. O QRM utiliza uma flexibilidade organizacional com células de agrupamento de produtos para padronizar entre eles; assim como utilizar técnicas com base na dinâmica de sistemas.
- e) Fluxo com fornecedores. Para o *Lean*, os fornecedores reabastecem com *Pull signals* e horizontes de planejamento flexível. No QRM, os fornecedores apoiam a redução de *lead time*, modificando suas operações e integrando-as com os próprios clientes.
- f) Tipo de fluxo na produção em alta variedade: com o princípio da produção puxada no *Lean*, pode haver uma necessidade da manutenção de muitos estoques no caso de alta variedade de produtos. A proposta do QRM é utilizar uma combinação estratégica entre o sistema empurrado com planejamentos e o sistema puxado.
- g) Tipo de produtos: O *Lean* é mais adequado a combinações e opções predefinidas numa linha de produtos base; o QRM é mais efetivo com produtos *Engineer-to-Order*.
- h) Característica do mercado: O *Lean* precisa de uma demanda relativamente estável com produtos similares. Já o QRM lida com demanda imprevisível e com mercados de produtos customizados e/ou sensíveis ao tempo de resposta.

O estudo de caso de Corbett e Campbell-Hunt (2002) corrobora as diferenças apontadas por Suri (1998). Os dois autores enfatizam na diferença nos tipos de mercado que tratam as abordagens. O estudo considera as pequenas empresas da Nova Zelândia com alta

flexibilidade. Para os autores, o QRM é mais apropriado devido às características dessas empresas.

O estudo de caso de Wong *et al.* (2005) detalha as diferenças das práticas da cadeia de suprimento. As empresas que aplicaram *Lean* não conseguiram responder em mudanças sazonais da demanda de brinquedos. Devido a essas características, o QRM é mais apropriado para o tratamento de produtos inovadores e o tratamento dos picos da demanda sazonal. Borgianni *et al.* (2010), no seu estudo de caso, apoia o tratamento de mudanças de demanda de sapatos de moda pelas características de picos sazonais; no entanto, o *Lean* não fornece tanta ênfase nesse tratamento. Pelo autor, esse foco de redução de *lead time* é mais exigido nesses mercados flutuantes, do que em entregas pontuais.

Suri (2005) refina a diferença do conceito do tipo do sistema de controle de produção. Segundo o autor, o *kanban* é um reabastecimento de estoque, associado com o produto. POLCA é um sinal de capacidade entre as células de trabalho. No texto define como funciona a fase híbrida da estratégia de controle do QRM: a mistura entre produção puxada e empurrada.

Com uma revisão bibliográfica, Saes e Godinho Filho (2008) apresentam uma comparação exploratória entre as duas abordagens. Pelos autores, a aplicação prática das duas abordagens depende das características do segmento de mercado. O *Lean* trabalha em um mercado estável, com qualidade padrão e baixos custos. O QRM procura agilidade e responsividade, em um mercado com alta variedade. Eles corroboram a diferença dos focos de melhoria, o tipo de fluxo, o tipo de sistema de produção e a decisão com os tamanhos dos lotes expostos em Suri (1998). Estes autores definem ferramentas exclusivas da identificação das oportunidades de melhoria: O *Lean* considera o Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM); no entanto, o QRM identifica com o MCT. Além disso, esses autores mostram conceitos que aparecem nas duas abordagens com diferença de foco e objetivo. Estes conceitos são:

- a) Melhoria Contínua: o *Lean* aplica uma forma simultânea para melhorar todos os aspectos produtivos. O QRM decide as prioridades das ações de melhoria, baseando-se no impacto do *lead time*.
- b) Tecnologia de grupo com manufatura celular: Mesmo que as duas utilizem o agrupamento em células, no *Lean*, o agrupamento é definido no *takt-time* como auxiliar na obtenção do fluxo. No QRM, a célula simplifica o fluxo de materiais, assim como é visto um conceito fundamental para usar outros conceitos da redução do *lead time*.
- c) Gestão de Recursos Humanos: Para o *Lean*, a gestão foca na identificação de todos os desperdícios a partir do trabalho em equipe. No QRM, os funcionários são proprietários do processo para uma criação das bases da redução do *lead time*.

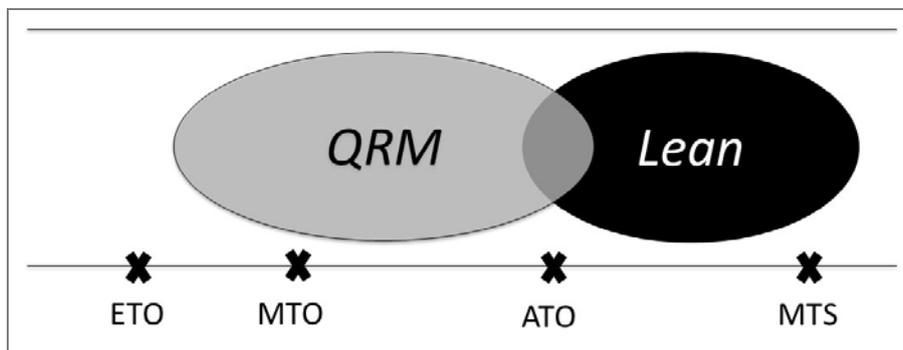
- d) Gerenciamento Visual: O QRM foca no indicador do número QRM, que mede a redução de *lead time* atingida. Já o *Lean* foca em vários indicadores, como rotatividade de estoques, tamanhos dos lotes, pontualidade das entregas e outras.

Godinho Filho e Uzsoy (2009) evidenciam os efeitos do tamanho do lote no *lead time*. Por meio de uma simulação, os autores confirmam a diferença exposta por Suri (1998), em que o fluxo de peça unitária não implica minimizar o *lead time*.

Suri (2010a) aponta para outra importante diferença entre o QRM e *Lean*: o tratamento de variedade. Para o autor, o *Lean* trata a redução da variedade, porque ela é considerada como causa de desperdícios. O QRM diferencia a variedade disfuncional, considerada como desperdício, da estratégica. A variedade estratégica é definida pela alta variedade de produtos que precisam atender, assim como demandas instáveis. Essa variabilidade é considerada como vantagem estratégica da organização. Na proposta conceitual de Nambiar (2010), o autor suporta as diferenças encontradas entre *Lean* e QRM, em relação com a variedade estratégica. Também esse autor destaca que o QRM trata mais responsividade que o *Lean*, nesse contexto.

Powell e Strandhagen (2012) também corroboram as diferenças descritas entre *Lean* e QRM. Os autores propõem que a posição do ponto de desacoplamento do pedido do cliente (CODP) seja o fator de decisão para escolher entre os três paradigmas ou integrá-los (Figura 3.1). Para eles, o QRM trata os produtos customizados de ambiente MTO e *Lean* trata os ambientes MTS. Para ambientes de ATO, as duas abordagens têm elementos comuns. Gunasekaran e Ngai (2012) corroboram conceitualmente essa diferença entre as abordagens com o tipo de produtos que cada uma trata.

Figura 3.1. Escolha dos paradigmas no tipo de ambiente.



Fonte: Adaptado de Powell e Strandhagen (2012)

### 3.2.2 Semelhança entre o *Lean* e o QRM

Com um estudo de caso múltiplo, Yauch e Steudel (2002) analisam os fatores que influenciam a criação de células de manufatura. Os autores expõem que a formação de células precisa do suporte organizacional nas duas abordagens. No caso com *Lean* implementado, os autores encontram que a falha da célula foi a falta de confiança nos funcionários. Para o caso baseado no QRM, a equipe não conseguia a redução dos tempos de *setup*, durante o estudo. As falhas são descritas como independentes da abordagem usada e própria da forma de gestão organizacional, dentro da manufatura celular. Hameri (2011) confirma que a utilização de células no fluxo de produção alcança uma redução de *lead time*. Na análise cruzada de três pesquisas-ações, o autor utiliza a técnica de análise de fluxo de produção (PFA) para formalizar o agrupamento celular.

Por meio de uma *survey*, Wagner (2006) estuda as relações do desenvolvimento de fornecedores como suporte às estratégias. Segundo esse autor, uma melhoria no relacionamento do fornecedor impacta os dois tipos de estratégia opostas: liderança por custos e liderança por diferenciação. Sem importar a escolha entre *Lean* e QRM, o autor apresenta que existem melhorias com o enriquecimento das relações com os fornecedores.

Saes e Godinho Filho (2008) apresentam também que a manutenção preventiva e redução dos tempos de *setup* são conceitos com igual foco e objetivo nas abordagens. A manutenção definida entre Suri (1998) e Ohno (1978) tem o objetivo de reduzir o *lead time*, especialmente mais aplicada entre as células de trabalho ou com configurações de um homem com várias máquinas. Com uma simulação, Godinho Filho e Uzsoy (2010) demonstram a relação entre *lead time* e a redução de *setup*. A semelhança exposta das abordagens é que a redução de *setup* fornece a oportunidade necessária para a posterior redução do tamanho do lote, considerada por ambas as abordagens, *Lean* e QRM.

### 3.2.3 Complementaridade do *Lean* e o QRM

Com um estudo longitudinal, Joing (2004) estuda um caso em que nem o QRM nem o *Lean* se encaixam perfeitamente como abordagens isoladas. O estudo foca cinco áreas: escolha de métricas; reorganização da fábrica; selecionar tamanho do lote; implantação de uma estratégia de controle da produção; e decisão sobre um método de apresentação do material. As propostas de melhoria têm ideias combinadas a partir das duas abordagens. O caso tem duas características próprias do QRM: alta variedade de produtos, baixo volume; e duas *Lean*: baixa variabilidade de demanda, baixo grau de customização. Pelo autor, o mix de produtos pode ser reduzido para tratar uma maior parte com enfoque *Lean*. Caso não seja possível, QRM entraria como alternativa ao enfoque do *Lean*. Podem ser separadas as famílias de produtos para tratar

umas com *Lean* e outras com QRM. As abordagens coexistiriam dentro do mesmo chão. Stump e Badurdeen (2009) detalha essa integração e demonstra que a aplicabilidade dos princípios *Lean* depende da posição do ponto de desacoplamento do produto (CODP). Com uma simulação dentro do estudo de caso, estes autores propõem que em companhias com uma configuração celular com altas variações de roteamentos, a integração do QRM com *Lean* proporcionaria uma melhoria no seu rendimento. Suri (2010a, 2010b) confirma que QRM impulsionaria mais ainda os projetos de *Lean* para notar seus efeitos quando existe alta variedade do produto.

O método de controle de produção *Double Speed Single Production Line* (DSSPL) é apresentado como uma combinação do JIT e o MRP, no modo de Cheikhrouhou *et al.* (2009). A ferramenta proposta mistura a análise de filas dentro da produção puxada para resposta do MRP. Os resultados do DSSPL dependeram do produto modelado com o sistema puxado (baseado em *Lean*) para liberar as estações do produto puxado. Na análise, o impacto da sobrecarga das estações vem dos conceitos QRM, assim como a produção puxada é baseada no *Lean*. Com essa integração entre sistemas, Powell *et al.* (2013) desenvolvem um método de implantação de ERP em ambiente *Lean*. Esse sistema ERP já considera a utilização de controles puxados na produção. Segundo o estudo, POLCA é um dos complementos para ferramentas *Lean* para controlar a mistura de uma produção puxada com a produção empurrada do ERP. Powell, Riezebos, *et al.* (2013), com um estudo de caso múltiplo, complementa que o POLCA é um bom complemento para integrar *Lean* nos ERP, especialmente na pequena empresa. Nesse estudo, POLCA resolveu o problema da integração da produção puxada em *Lean* com o controle realizado no sistema ERP. Dos quatro casos estudados, dois deles tinham adotado *kanban*, para controle de produção; e os outros dois, POLCA.

Alguns autores vêm preconizando que é necessário ao *Lean* uma complementação relativa à forma de tratar alta variedade de produtos dentro da cadeia de suprimentos. Para um alto mix de produtos, é preciso ter uma estratégia de como introduzi-los rapidamente no mercado. Esse conceito de resposta rápida com alta variedade é considerado por Campbell (2010) como o princípio de “flexibilizar os músculos”. Apesar de estar sendo discutido como parte do *Lean*, isso não é tão desenvolvido. Manzouri e Ab Rahman (2013) colocam que o QRM pode auxiliar, já que enxerga o *lead time* em toda a organização, tanto internamente na manufatura, até externamente com os fornecedores. A redução do *lead time* em toda a cadeia de suprimento e mantendo a alta variedade na cadeia de suprimentos, complementam a estratégia de *Lean* com QRM.

Avanzi *et al.* (2013) apresentam estratégias para aproveitar oportunidades das duas abordagens na cadeia de suprimentos. Nesse conjunto, a redução de *lead time* e uma alta flexibilidade são opções factíveis para uma vantagem competitiva. Esses autores propõem que

as estratégias *Lean* sejam focadas na parte de cadeia para uma redução de custos, e que seja utilizado o QRM na seção que precise uma maior flexibilidade.

### 3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os 22 artigos selecionados, o Quadro 3.7 apresenta a origem dos autores e as instituições envolvidas. Posteriormente, o método de pesquisa, o país de origem, classificação das variáveis e ano de publicação são analisados.

Quadro 3.7. Análise das publicações selecionadas.

| <b>Autor (es)</b>                 | <b>Método de pesquisa</b> | <b>Fonte</b>                         | <b>Publicação</b>       | <b>País</b>   | <b>Instituição</b>                  |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Suri (1998)                       | Q-AC                      | Productivity Press                   | Livro                   | USA           | QRM Center                          |
| Corbett e Campbell-Hunt (2002)    | Q-EC                      | JOM                                  | Artigo Internacional    | Nova Zelândia | Univ. Wellington                    |
| Yauch e Steudel (2002)            | Q-EC                      | JOM                                  | Artigo Internacional    | USA           | Oklahoma State University           |
| Joing (2004)                      | Q-EC                      | MIT Program                          | Dissertação de mestrado | USA           | MIT                                 |
| Wong <i>et al.</i> (2005)         | Q-EC                      | SCM IR                               | Artigo Internacional    | Dinamarca     | Aalborg University                  |
| Suri (2005)                       | Q-AC                      | Gear Technology                      | Revista                 | USA           | QRM Center                          |
| Wagner (2006)                     | N-SU                      | JBR                                  | Artigo internacional    | Alemanha      | WHU                                 |
| Saes e Godinho Filho (2008)       | Q-AC                      | XX SIMPEP                            | Simpósio                | Brasil        | UFSCar                              |
| Stump e Badurdeen (2009)          | Q-EC                      | J Intell Manuf                       | Artigo Internacional    | USA           | UKY                                 |
| Cheikhrouhou <i>et al.</i> (2009) | N-MS                      | Computers and Industrial Engineering | Artigo Internacional    | Suíça         | EPFL                                |
| Godinho Filho e Uzsoy (2009)      | N-MS                      | Produção                             | Artigo Internacional    | Brasil / USA  | UFSCar / NCSU                       |
| Suri (2010a)                      | Q-AC                      | Industrial Engineer                  | Revista                 | USA           | QRM Center                          |
| Godinho Filho e Uzsoy (2010)      | N-SI                      | Produção                             | Artigo Internacional    | Brasil / USA  | UFSCar / NCSU                       |
| Nambiar (2010)                    | Q-AC                      | IMECS 2010                           | Congresso Internacional | USA           | CSU Fresno                          |
| Borgianni <i>et al.</i> (2010)    | Q-EC                      | JEM1460                              | Congresso continental   | Itália        | Università a degli Studi di Firenze |
| Hameri (2011)                     | Q-PA                      | IJPE                                 | Artigo internacional    | Suíça         | University of Lousanne              |
| Godinho Filho e Saes, (2012)      | Q-RL                      | Int J Adv Manuf Technol              | Artigo internacional    | Brasil        | UFSCar                              |
| Powell e Strandhagen (2012)       | Q-AC                      | IEEM 2012                            | Congresso continental   | Noruega       | NTNU                                |

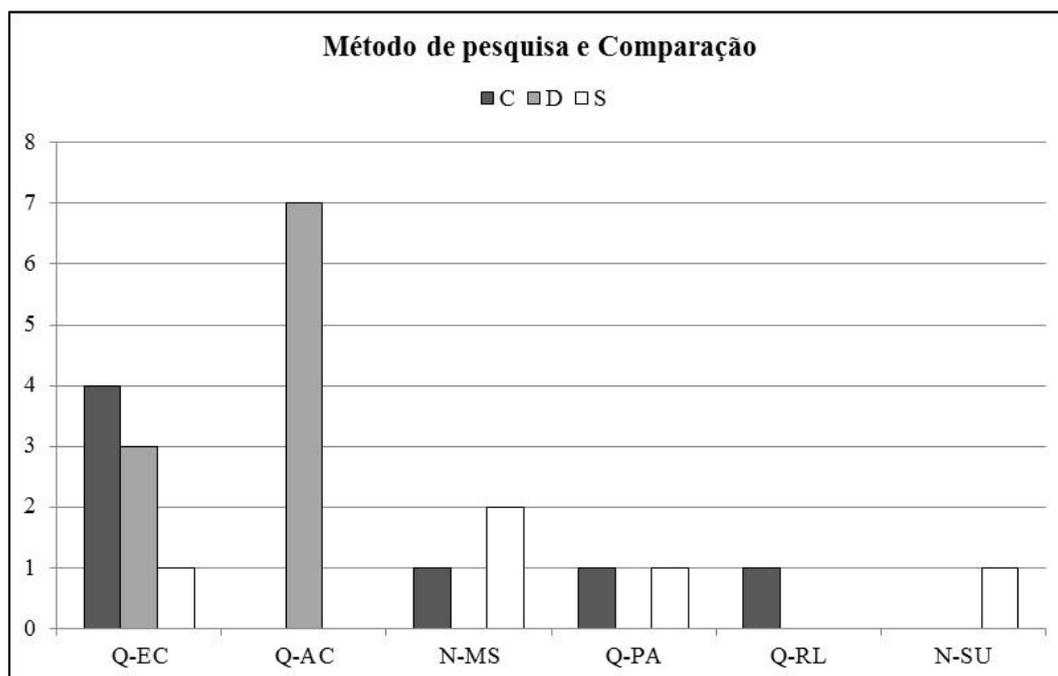
Quadro 3.7. (cont.) Análise das publicações selecionadas.

| <b>Autor (es)</b>                      | <b>Método de pesquisa</b> | <b>Fonte</b>                 | <b>Publicação</b>    | <b>País</b>       | <b>Instituição</b>                                  |
|--|---------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------|---|
| Gunasekaran e Ngai (2012)              | Q-AC                      | IJPE                         | Artigo internacional | USA / China       | University of Massachusetts / Hong Kong Polytechnic |
| Powell; Alfnes <i>et al.</i> (2013)    | Q-PA                      | Computers in Industry        | Artigo internacional | Noruega           | NTNU  |
| Powell; Riezebos; <i>et al.</i> (2013) | Q-EC                      | IJPR                         | Artigo internacional | Noruega / Holanda | NTNU / Groningen                                    |
| Manzouri e Ab Rahman (2013)            | Q-RL                      | Int. J. Logist. Syst. Manag. | Artigo internacional | Malaysia          | UKM   |
| Avanzi <i>et al.</i> (2013)            | Q-EC                      | Eur. J. Financ.              | Artigo internacional | Austrália         | UNSW Sydney   |

Fonte: Elaboração do autor

A discussão do tema apresenta um domínio de estudos qualitativos. Entre estudos de casos e apresentação de conceitos, existem 15 publicações consideradas (Figura 3.2). Em abordagens quantitativas, a simulação é a mais utilizada. Pelo domínio de estudos qualitativos, acredita-se que ainda não existe uma prática popularizada na integração das abordagens. A análise conjunta do método de pesquisa e os resultados da comparação fornece um *insight* interessante: as diferenças estão mais concentradas na apresentação de conceitos (Q-AC). Os estudos que mostram a complementaridade utilizam outros métodos de pesquisa, como por exemplo, estudos empíricos. Isso estaria explicado em que as naturezas das abordagens e suas ferramentas são diferentes conceitualmente; porém, a prática empírica sugere em utilizá-las em forma complementar. Para a semelhança, os estudos representam comparações parciais. Neles, os resultados desvendam elementos comuns entre as abordagens, como a estrutura celular, redução de setup e o relacionamento com os fornecedores.

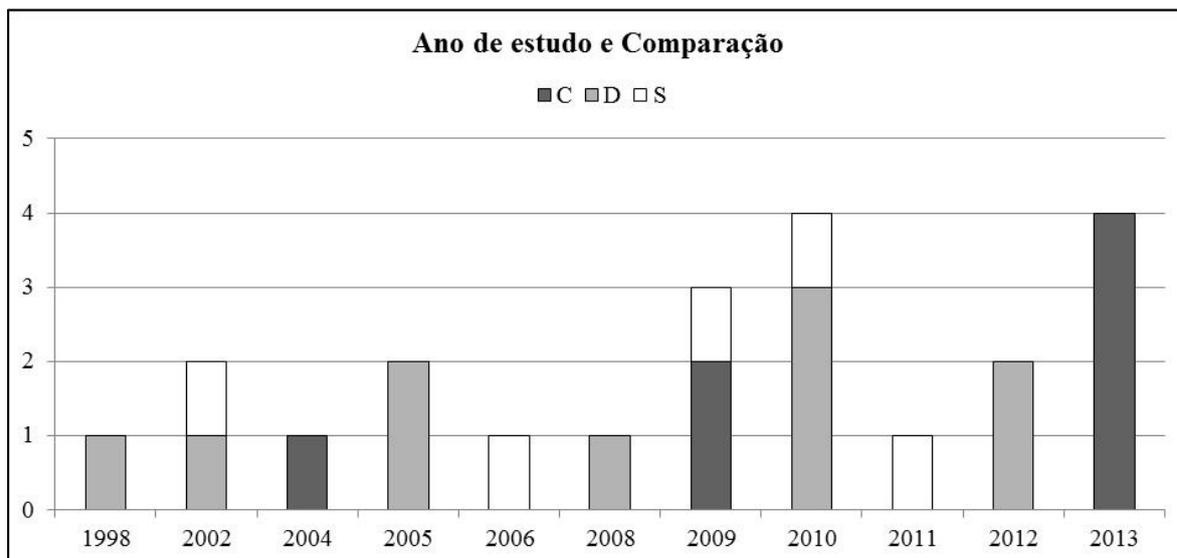
Figura 3.2. Frequência de artigos por método de pesquisa.



Fonte: Elaboração do autor

Com uma análise temporal, a Figura 3.3 mostra uma pesquisa constante desde que a abordagem QRM foi publicada, por Suri (1998). Entre anos 2014 e 2015, não foram encontrados artigos que tratem sobre a comparação estudada. O incremento do número de publicações nos últimos anos sugere que o tema é relevante, especialmente a concentração dos resultados da complementaridade na comparação das abordagens. A pesquisa estaria apontando na área para utilizar ambas as abordagens em conjunto. A ausência de artigos entre os anos 2014 e 2015 acredita-se que é devido ao tempo preciso para publicação de resultados e o tempo de desenvolvimento de outras pesquisas.

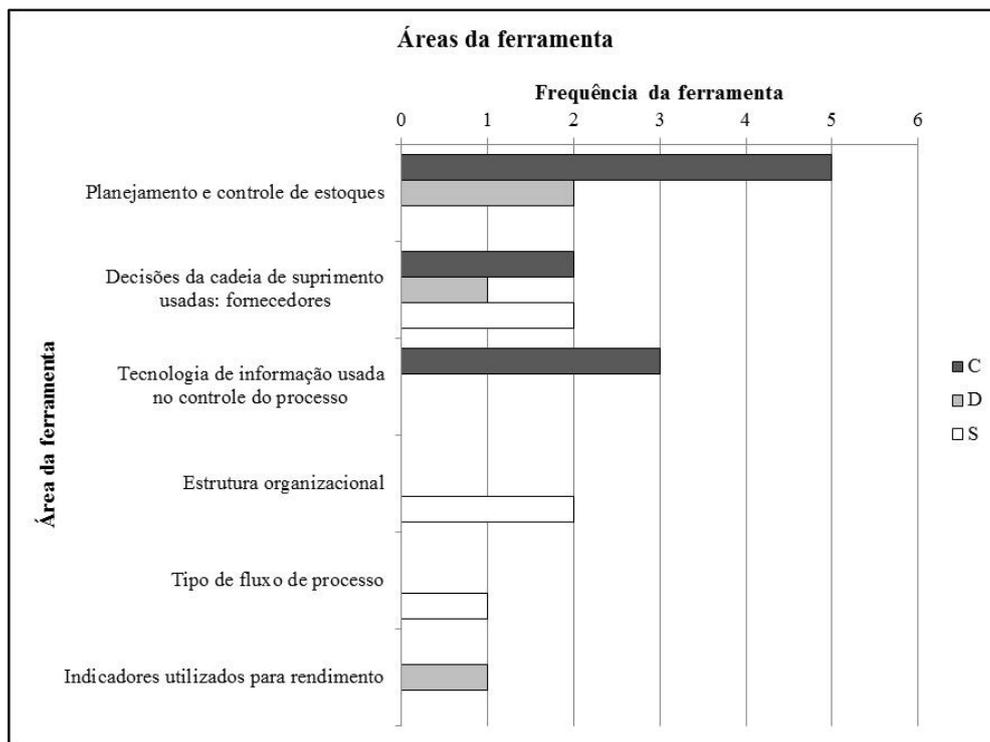
Figura 3.3. Publicações ao longo do tempo.



Fonte: Elaboração do autor.

A partir da classificação das ferramentas encontradas, o maior foco na comparação tem sido no Planejamento e controle de estoques, segundo a Figura 3.4. Nessa área, a discussão encontra diferenças nas abordagens, mas também adverte de utilizá-las de forma complementar. A Tecnologia de Informação apresenta o mesmo comportamento que a primeira área analisada. A área de estrutura organizacional mostra um equilíbrio entre semelhanças e diferenças. Com os fornecedores, a partir das semelhanças existentes nas abordagens, é possível a complementaridade. Para os indicadores, os autores evidenciam suas diferenças. Nas outras áreas, o foco da comparação tem sido menor e ainda não apresenta uma sugestão de prática.

Figura 3.4. Área em que as ferramentas têm sido comparadas.



Fonte: Elaboração do autor.

### 3.3.1 Síntese comparativa das abordagens

A partir da revisão de literatura, pode-se fazer uma série de reflexões. As abordagens têm sido consideradas diferentes, com comparações focadas mais no sistema de produção. Entre elas, o sistema de controle de produção é o elemento mais visível e considerado nos casos. A discussão entre *kanban* e *POLCA* tem concentrado as comparações, quando as duas abordagens são analisadas na literatura. A diferença entre essas ferramentas tem centralizado as conclusões que existem como diferenças entre as abordagens. A razão reportada das diferenças é explicada com os tipos de produtos que cada filosofia trata. O fluxo de produção para *Lean* é desenhado segundo o fluxo de montagem parecido com um linear. No entanto, *QRM* atende um fluxo variável para essa alta variedade de produtos e considera um fluxo cruzado entre as células. As diferenças dos fluxos determinam as ferramentas desenvolvidas em cada abordagem. Existem outras diferenças sempre derivadas do enfoque de cada abordagem, como gestão de recursos humanos. Essas diferenças são apresentadas no Quadro 3.8.

Quadro 3.8. Síntese das diferenças encontradas entre *Lean* e QRM.

| <b>Critério</b>                                | <b>Abordagem <i>Lean</i></b>  | <b>Abordagem QRM</b>  | <b>Referências</b>   |
|--|---|---|--|
| Foco da estratégia                             | Agregação de valor  | Redução do <i>lead time</i>   | Suri (1998)  |
| Tamanho dos lotes                              | Lotes pequenos, preferível com fluxo de uma peça só.                                    | Lote ótimo calculado para minimizar o <i>lead time</i>  | Suri (1998); Godinho Filho e Uzsoy (2009)  |
| Sistema de planejamento e controle da produção | Sistema de planejamento e controle da produção puxado                                   | Sistema híbrido de empurrar (no alto nível) com puxar (com POLCA)   | Suri (2005)  |
| Planejamento e controle de estoque             | Minimizar o estoque a zero como detecção de problemas<br>Controlado por <i>kanban</i>   | Determinar estoque estratégico entre células para minimizar tempos de fila.<br>Controlado por MRP em alto nível e POLCA | Suri (1998)  |
| Fluxo de processo                              | Definido com o <i>takt time</i> (tempo de ritmo de saída)<br>Preferível uma peça única. | Definido com o menor tempo de atravessamento, considerando as redes de fila como abordagem de cálculo.                  | Suri (1998)  |
| Produtos e serviços                            | Com produtos padronizados e com uma demanda relativamente estável.                      | Com variedade de produto e que a demanda possa ser variável.  | Suri (1998); Corbett e Campbell-Hunt (2002); Wong <i>et al.</i> (2005); Saes e Godinho Filho (2008); Borgianni <i>et al.</i> (2010); |
| Indicadores em gerenciamento visual            | Rotatividade de estoques, tamanhos dos lotes, pontualidade.                             | Número QRM (redução de <i>lead time</i> alcançada)  | Saes e Godinho Filho (2008)  |
| Organização da melhoria                        | <i>Kaizen</i> (como melhoria contínua) com <i>kaikaku</i> (algumas melhorias radicais)  | Melhorias contínuas focadas na redução do <i>lead time</i> .  | Saes e Godinho Filho (2008)  |
| Foco das células                               | Agrupamento definido com o <i>takt time</i> como auxiliar do fluxo.                     | Simplificação do fluxo para redução de <i>lead time</i> .   | Saes e Godinho Filho (2008)  |
| Gestão de recursos humanos                     | Identificação de desperdícios com um trabalho de equipe.                                | Funcionários proprietários do processo para redução de <i>lead time</i> .   | Saes e Godinho Filho (2008)  |
| Tratamento da variedade                        | Eliminação da variedade, para reduzir causas de variabilidade.                          | Diferenciação da variedade para reduzir a variabilidade disfuncional e aproveitar variedade estratégica.                | Suri (1998); Suri (2010a);   |
| Ambientes de produção                          | MTS / ATO   | ATO / MTO   | Suri (1998); Powell e Strandhagen (2012); Gunasekaran e Ngai (2012)  |

Fonte: Elaboração do autor.

Mesmo que o foco da discussão esteja nas diferenças, a literatura também aponta elementos similares. As semelhanças estão na recomendação de agrupamentos celulares na produção, estabelecer programas de manutenção preventiva, desenvolver relações com o fornecedor e redução de setup. As semelhanças entre as abordagens são apresentadas no Quadro 3.9. Elas são encontradas devido à afinidade das duas em abordar a redução de *lead*

*time*. Na similaridade dos enfoques, *Lean* e QRM procuram melhorias nos processos e as duas consideram esses conceitos e ferramentas para atingi-las.

Quadro 3.9. Síntese das semelhanças encontradas de *Lean* e QRM.

| <b>Critério</b>             | <b>Abordagem <i>Lean</i></b>   | <b>Abordagem QRM</b> | <b>Referências</b>  |
|-----------------------------|--|----------------------|---|
| Agrupamento celular         | Suporte organizacional<br>Análise de fluxo                                     |                      | Yauch e Steudel (2002);<br>Hameri (2011);                 |
| Relação com os fornecedores | Desenvolver as relações para encontrar melhorias na cadeia.                    |                      | Wagner (2006);  |
| Manutenção preventiva       | Reduzir o <i>lead time</i> , eliminando perdas de tempo por quebras e paradas. |                      | Saes e Godinho Filho (2008); Godinho Filho e Uzsoy (2010) |
| Redução de setup            | A partir do conhecimento adquirido das pessoas com as células.                 |                      |   |

Fonte: Elaboração do autor.

Com base nos estudos empíricos encontrados e apresentação de conceitos, encontraram-se propostas de complementaridade entre as abordagens. A primeira proposta é utilizar diferentes abordagens para diferentes grupos de produtos dentro de um mesmo sistema de produção. O *Lean* seria utilizado com grupos identificados de baixa variedade e alto volume; e o QRM seria usado com os produtos de alta variedade e baixo volume. A partir de essa classificação, as áreas das decisões estratégicas das operações nessa família dependeriam de cada abordagem. Naquelas classificadas como *Lean*, utilizariam ferramentas como MFV, fluxos de peça única, sistemas de controle *kanban*, definição de fluxos com *takt time*, entre outras ferramentas. Para aquelas classificadas como QRM, seu fundamento estaria na redução do MCT, organização celular e análise dinâmica de sistemas, por exemplo.

A segunda proposta é moldar o tipo de cadeia de suprimento segundo a escolha das operações. Para os grupos que precisem de resposta rápida, eles precisariam ter um desenho da rede de fornecimento segundo as considerações do QRM. Nesses grupos, seria tomada a visão global de *lead time* que existe no QRM para atender essa resposta rápida. Para famílias com redes que priorizem redução de custos, os conceitos *Lean* seriam utilizados.

A terceira proposta é criar uma integração das ferramentas do controle da produção. Na proposta, os conceitos dos desperdícios e o princípio de produção puxada são aportes do *Lean*. A esses conceitos, seria preciso incorporar a produção empurrada agregada, controlado desde um sistema ERP. Nessa combinação, seria preciso utilizar o POLCA, a fim de integrar a programação puxada do *Lean* com a programação empurrada do controle do ERP. Na proposta, a organização consegue oferecer um mix de produtos maior pela combinação das programações. Os detalhes dos pontos de combinação das abordagens são apresentados no Quadro 3.10.

Quadro 3.10. Síntese dos complementos entre as abordagens.

| <b>Critério</b>                 | <b>Abordagem <i>Lean</i></b>   | <b>Abordagem QRM</b>  | <b>Referências</b>   |
|---------------------------------|--|---|--|
| Estratégias de produção.        | Utilizar <i>Lean</i> com grupos de produto que apresentem baixa variedade e alto volume. Desenhar as operações para o fluxo de essa abordagem. Considerar a redução de desperdícios como principal melhoria. | Utilizar QRM com grupos de produto que tenham alta variedade e baixo volume. Desenhar uma operação que permita uma resposta em base à redução de <i>lead time</i> . | Joing (2004); Stump e Badurdeen (2009); Suri (2010a, 2010b)  |
| Cadeia de suprimentos           | Desenhar a rede de suprimento em base aos conceitos <i>Lean</i> , para aproveitar a redução de desperdícios sistemática e uma redução de custos, em especial com famílias de demanda estável.                | Utilizar a estratégia QRM para visualizar e reduzir o <i>lead time</i> em toda a organização. Utilizar especialmente com demanda instável e/ou sazonal.             | Campbell (2010); Manzouri e Ab Rahman (2013); Avanzi <i>et al.</i> (2013)                              |
| Sistema de controle de produção | Utilizar o conceito dos oito desperdícios e o princípio de produção puxada. Utilizar estrutura celular. Caso de células com fluxo linear seria utilizado <i>kanban</i> .                                     | Integrar o POLCA para controle de alta variedade de produtos, entre as estruturas celulares. Controlar a macro alimentação da empresa em alto nível com ERP.        | Cheikhrouhou <i>et al.</i> (2009); Powell <i>et al.</i> (2013); Powell, Riezebos, <i>et al.</i> (2013) |

Fonte: Elaboração do autor.

### 3.4 SÍNTESE DA REVISÃO DE LITERATURA

As diferenças encontradas na literatura para as abordagens partem da raiz do principal foco de cada estratégia: para *Lean*, encontra-se uma agregação de valor com o cliente; para QRM, uma redução do *lead time*. Partindo da diferença entre o foco de cada abordagem, os elementos da estratégia de produção com divergência são: o tipo de produção utilizado; os planejamentos e controles de estoques; a decisão dos tamanhos de lotes; o *layout* utilizado; o tipo de ambientes produtivos e o tratamento da variabilidade nos ambientes produtivos. A maior explicação das diferenças entre os focos deve-se ao mercado objetivo que cada abordagem tem: QRM claramente declara um ambiente de alta variedade com baixo volume, mas *Lean* encontra uma maior efetividade em baixa variedade com alto volume. Partindo do anterior, as medidas de desempenho, os indicadores e a identificação de oportunidades de melhoria, e a organização da melhoria obedecem segundo essas diferenças entre as abordagens. Esta discussão tem sido mais abordada para definir a diferença entre as abordagens. A maior parte dos estudos estabelecem essas diferenças por meio de apresentações conceituais das abordagens.

Mesmo com diferenças entre as abordagens, existem elementos semelhantes entre *Lean* e QRM. As duas consideram que a redução de setup e a manutenção preventiva são

chave para melhorias. Na produção, o agrupamento celular precisa de um suporte organizacional, assim como uma análise de fluxo. As duas filosofias coincidem em desenvolver as relações dos fornecedores para melhorias na cadeia produtiva.

A partir das diferenças e semelhanças, a literatura apresenta oportunidades de complementaridade entre as duas abordagens. As estratégias de planejamento consideram utilizar as duas abordagens segundo a variedade de produtos e o nível de estabilidade da demanda. Para baixa variedade e demanda estável, seria aplicado o *Lean*; e para alta variedade e demanda com sazonalidade, seria o QRM. A segunda oportunidade detectada é no controle de produção. O sistema POLCA pode ser combinado com a produção puxada pura quando alta variedade exige um fluxo entre células e controle de produção empurrada. Na estratégia da cadeia de suprimentos, considera-se a integração dos conceitos dependendo das características encontradas no ambiente das cadeias. Para casos de redução de custos, os princípios *Lean* seriam mais aplicáveis; e caso com alta variedade, pode ser aplicado o QRM. Essa complementaridade entre as abordagens tem sido mais discutida nos últimos anos, abrindo o caminho para novos estudos refinarem mais a possível integração. A proposição tem surgido de estudos de caso que identificam essa oportunidade de complementar as duas.

Com as complementaridades identificadas, a literatura ainda não esclarece como são exploradas outras oportunidades na prática. O domínio das diferenças é muito mais evidente na literatura, mesmo que existam apresentação conceitual e poucos casos empíricos. Porém, futuras pesquisas poderiam ser realizadas para explorar e apresentar como os princípios *Lean* e QRM podem ser complementares na prática. Também verificar quais ferramentas desenhadas no QRM teriam uma alta compatibilidade com *Lean*, devido aos pontos semelhantes entre as filosofias.

## **CAPÍTULO 4: MÉTODO DE PESQUISA: ESTUDO DE CASO**

O método escolhido nesta pesquisa é o estudo de caso múltiplo, por ser recomendado para o refinamento de teorias (YIN, 2005; EISENHARDT et al., 2007; RAVENSWOOD, 2011). O estudo de caso é recomendado por Yin (2005) para um fenômeno dentro do seu contexto que não tenha limites claramente estabelecidos.

Os passos a serem seguidos no estudo de caso são definidos no Quadro 4.1, conforme Eisenhardt (1989, p. 533). Baseada na comparativa de duas abordagens, o passo 1 de definição da questão de pesquisa foi examinada em duas fases: uma pela abordagem *Lean* e outra pela abordagem QRM. Na seção 4.1, a divisão dessas duas abordagens em duas fases é descrita. A seção 4.2, descreve o passo 2, o processo e os critérios da seleção dos casos. Pela diferença entre as abordagens e os projetos, cada fase tem seu próprio protocolo instrumentos de coleta de dados, considerando a seção 4.3 para coleta do projeto *Lean* e a seção 4.4 para o projeto QRM. Os resultados das pesquisas de campo na fase 1 são descritos nas seções 5.1 (caso 1) e 5.2 (caso 2). Esses resultados para a fase 2 aparecem nas seções 6.1 (caso 1) e 6.2 (caso 2). A análise de dados, na seção 6.3, reúne as duas fases para encontrar as diferenças entre os problemas identificados e as propostas de melhoria. Depois da análise, criaram-se as propostas de complementaridade entre ambas as abordagens (passo 6) e descreveu-se como a literatura suporta essas proposições (passo 7). Os passos 6 e 7 aparecem na seção 6.3, depois da análise de dados.

Quadro 4.1. Passos a seguir no estudo de caso múltiplo.

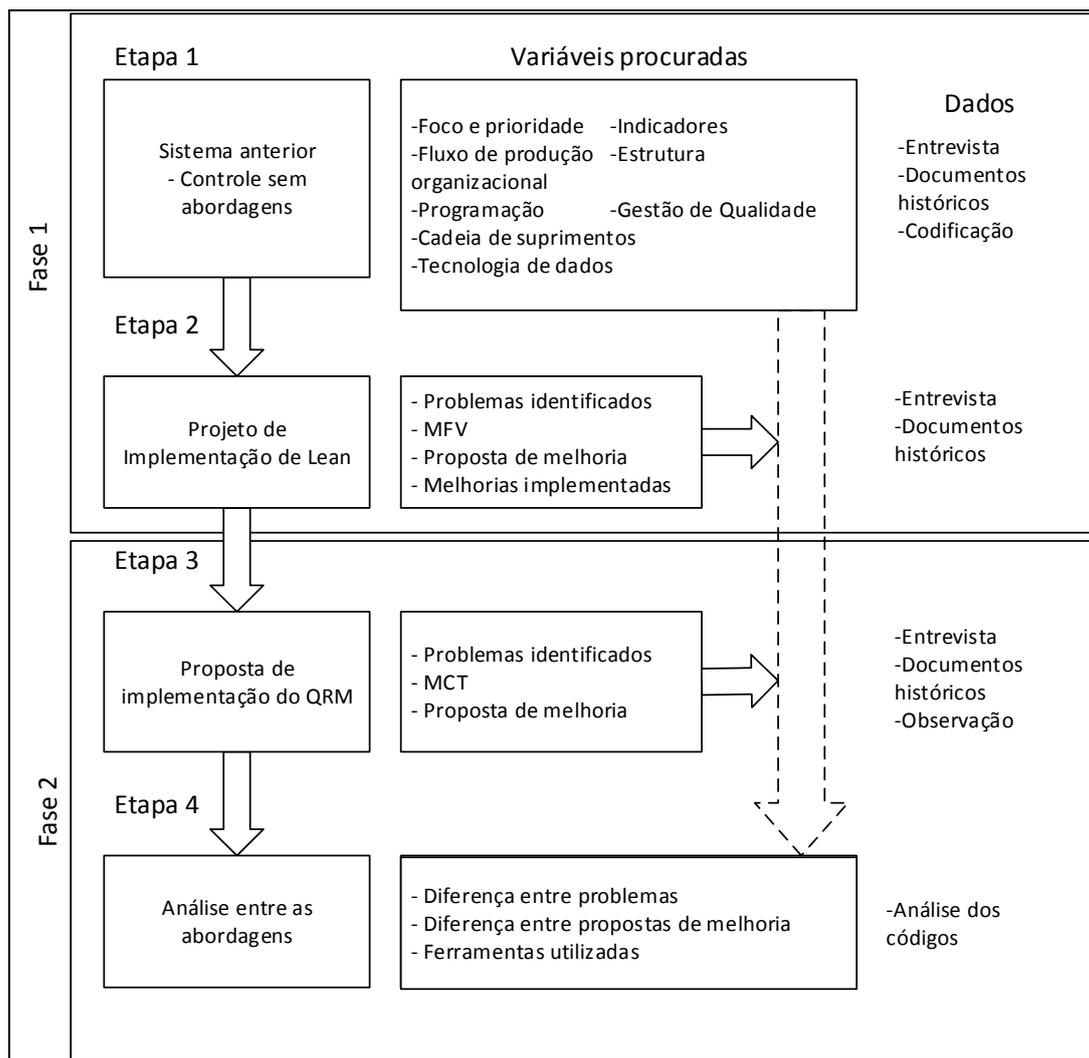
| Passos  | Elemento do passo  | Seção     |
|---|--|-----------|
| 1. Definir questão de pesquisa  | Como o QRM complementa o <i>Lean</i> ?   | 4.1       |
| 2. Selecionar os casos  | Critérios da revisão da literatura   | 4.2       |
|   | Critérios relativos ao contexto selecionado  |           |
| 3. Desenvolvimento de instrumentos de coleta de dados e protocolo de pesquisa | Coleta da primeira fase: dados históricos do projeto <i>Lean</i> .                                     | 4.3       |
|   | Coleta da segunda fase, dados do projeto QRM:  | 4.4       |
| 4. Pesquisa de campo  | Dados coletados com entrevista e documentos históricos.  | 5.1 e 5.2 |
|   | Dados coletados com entrevista e observações in loco.  | 6.1 e 6.2 |
| 5. Análise de dados   | Quais são os problemas identificados?  | 6.3       |
|   | Quais são as propostas de melhoria?  |           |
| 6. Formulação de proposições  | Quais elementos foram observados no estudo de caso que não foram encontrados na revisão de literatura? |           |
| 7. Comparação com a Literatura  | Quais elementos são suportados com as proposições?   |           |
| 8. Conclusão  | Resposta da questão de pesquisa.   | 7         |

Fonte: Adaptado de Eisenhardt (1989, p. 533)

#### 4.1 DEFINIÇÃO DA QUESTÃO DE PESQUISA.

Para responder às questões das diferenças, semelhanças e complementaridade das abordagens, o estudo de caso foi dividido em duas fases. A primeira fase avalia o sistema de produção e as propostas de melhoria com o *Lean*. A segunda fase contempla o desenvolvimento das propostas de melhoria do projeto QRM e a análise entre as duas abordagens – *Lean* e QRM. Da fase 1, considera-se a etapa 1 como a caracterização do sistema antes da implantação do *Lean*. A etapa 2 apresenta os resultados do projeto de implantação do *Lean*, mediante os problemas identificados, propostas realizadas e ferramentas utilizadas. A etapa 3 compreende as propostas de melhoria realizadas na abordagem QRM. Na etapa 4, analisaram-se as mudanças devidas aos dois projetos. A Figura 4.1 apresenta o esquema de algumas variáveis de pesquisa e a análise esperada.

Figura 4.1. Estratégia utilizada no estudo de caso múltiplo para responder à questão de pesquisa.



Fonte: Elaboração do autor.

Dentro da pesquisa, o objetivo nesta seção é identificar o sistema anterior e determinar como as implantações dos projetos *Lean* conseguiram estabelecer as melhorias. Busca-se o refinamento do modelo teórico existente com as complementaridades que existem entre as abordagens. As questões de pesquisa que norteiam a primeira fase da pesquisa são:

- Quais melhorias foram propostas com a implantação do *Lean* em ambos os casos?
- Quais dificuldades foram encontradas na proposta para implantação das melhorias propostas com *Lean*?

Nos estudos de caso, Voss *et al.* (2002) recomendam uma definição de variáveis esperadas que ajudariam a detalhar a questão de pesquisa. As variáveis escolhidas para caracterizar o sistema anterior à implantação de *Lean* são as seguintes:

- Foco da estratégia de produção;

- Indicadores utilizados para rendimento;
- Tipo de fluxo de processo;
- Tecnologia de informação usada no controle do processo;
- Projeto organizacional (ênfase maior na estrutura);
- Planejamento e controle de inventários;
- Programação da produção;
- Capacidade da produção;
- Gestão da qualidade usada;
- Decisões da cadeia de suprimento realizadas: fornecedores;
- Histórico de implantação do sistema.

Para responder a questão (a) e (b), devido à relação com *Lean*, escolheram-se as variáveis que estivessem relacionadas com o projeto e com a forma conhecida de implantação. As variáveis são as seguintes:

- Detalhes do projeto de Implantação do *Lean*;
- Processo de identificação de desperdícios:
  - Seleção de família;
  - Preparação do Mapa de Fluxo de Valor atual (ou inicial);
  - Preparação das propostas;
  - Análise dos resultados do projeto *Lean*.
- Mudanças do sistema anterior, relacionadas à implantação *Lean*.

## 4.2 SELEÇÃO DOS CASOS

A seleção dos casos de estudo foi baseada em três critérios. O primeiro critério é que o processo da empresa seja identificado como *Make-to-Order* (MTO), podendo ser preferencialmente *Engineer-to-Order* (ETO). A identificação do MTO é segundo a definição em Willner *et al.* (2014): um produto altamente sofisticado, com lotes pequenos ou tamanhos de pedidos variáveis e um alto grau de customização. A base do critério é que com o alto grau de customização, as práticas *Lean* têm dificuldades para serem aplicadas, como Stump e Badurdeen (2009) o apontam. De acordo com Porter *et al.* (1999), esse alto envolvimento do cliente é considerado quando a manufatura só pode começar sob comando do cliente, definindo *Make-to-Order* (MTO). O alto grau de customização é definido a partir que só podem ser consideradas componentes, mas que os pedidos definem o tipo de produto, segundo o descrito por Samadhi e Hoang (1995). Todos esses autores apontam que essa condição de MTO garante

uma alta variedade de produtos, a condição estudada nesta pesquisa. O segundo critério é que o processo produtivo em estudo já tivesse projeto de implementação de *Lean Manufacturing* em andamento ou finalizado dentro da empresa. O terceiro elemento foi o interesse das empresas em conhecer a abordagem *Quick Response Manufacturing*. O processo de seleção dos casos foi contatar empresas que já tivessem interesse na abordagem QRM. Depois, escolheram-se aquelas que tivessem alta variedade de produtos e que tivessem um projeto de melhoria aplicado nesse processo. Nessas condições, foram encontradas duas empresas para participar do estudo. A unidade de análise da pesquisa é o departamento de produção das empresas em conjunto com especialistas envolvidos nos projetos de melhoria.

Para o caso 1, intitulada como DigitalPrintingCo, a empresa tinha contatado a instituição do pesquisador para continuar com outras melhorias do projeto *Lean*. No entanto, a alta variedade de produtos mostrou que a empresa precisaria de mais complementos não considerados no diagnóstico realizado anteriormente. A empresa testaria a abordagem QRM como uma proposta paralela pelo processo de alta variedade. Essa empresa apresentou interesse em desenvolver o projeto de QRM.

Para o caso 2, designada EstampadoCo, a gerência da empresa solicitou um estudo sobre gerências de produção, com o objetivo de revisar processos em alta variedade. Como já tinham iniciado o projeto *Lean*, já contavam com propostas de melhoria em andamento. No entanto, a gerência teve interesse muito grande no projeto de QRM pela alta variedade do produto considerada no processo.

### **4.3 FASE 1: O PROJETO *LEAN* NOS CASOS ESTUDADOS**

#### **4.3.1 Instrumentos e protocolo de pesquisa**

O objetivo geral do protocolo de pesquisa é descrever o sistema anterior e as etapas do projeto *Lean*. O protocolo utilizado nesta fase 1 da pesquisa aparece no Apêndice A. Ele considera que a implantação já aconteceu e que seria uma pesquisa retrospectiva.

O Quadro 4.2 apresenta os tópicos de interesse com as fontes planejadas para obter a informação, em cada caso. Com o sistema de produção anterior, utilizou-se o esquema dos tópicos nos Quadros 3.8, 3.9 e 3.10. Os esquemas gráficos do roteiro foram adaptados de Slack *et al.* (2013), especificando o conceito de Projeto Organizacional de Galbraith *et al.* (2002) pela abrangência da estrutura organizacional. Na análise da abordagem *Lean*, a definição do projeto e seu *status* foram apresentados com a Figura 2.4 (BHAMU; SANGWAN, 2014). Utilizou-se ajuda gráfica baseada na definição da casa *Lean* (Figura 2.1), para suportar os outros elementos que estivessem considerados no projeto.



### **4.3.2 Coleta de dados**

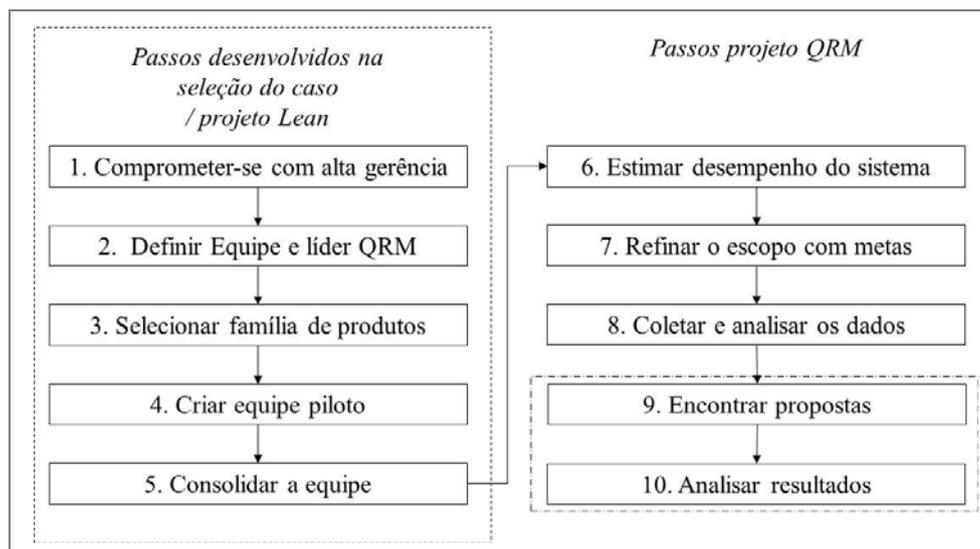
Na coleta de dados, foram utilizadas várias etapas para desenvolver os tópicos do Protocolo. A primeira fase foi uma caracterização do caso em estudo, realizada desde as entrevistas iniciais com os contatos. Nela, foram solicitados documentos como o manual da organização e dados públicos (website e folhetos informativos) da empresa. As entrevistas foram realizadas entre o primeiro e o segundo trimestre de 2014. Mesmo os documentos sendo anteriores à pesquisa, eles foram liberados apenas no final de 2014 para triangular a análise dos dados. Alguns relatórios não foram desenvolvidos pelas empresas porque não existia um registro preciso da produção.

Durante as entrevistas presenciais, para o caso 1 não foi autorizado meios eletrônicos para gravar os discursos. Para facilitar os pontos de interesse, os roteiros continham as figuras das abordagens entre implantação, propostas e estado atual, apresentadas no Capítulo 2. Muitos dos documentos eram mostrados durante as entrevistas. Nas entrevistas não presenciais, uma videoconferência foi utilizada com o entrevistado. Para o caso 2, essa ligação remota permitia uma visita virtual na planta da empresa. Nesse caso, as entrevistas podiam ser desenvolvidas com uma etapa de observação direta; só que não foi possível registrar em vídeos essas visitas. Os roteiros de entrevista eram enviados eletronicamente para as pessoas que seriam entrevistadas. Antes da entrevista verificava-se se o contato tinha acesso a todos os documentos para, assim, iniciá-la. Com os resultados, era enviado um relatório para conferir termos e detalhes que poderiam ter sido esquecidos durante a transcrição das entrevistas.

## **4.4 FASE 2: O PROJETO QRM NOS CASOS ESTUDADOS**

As propostas com a abordagem QRM são consideradas uma parte do estudo de caso. No desenvolvimento das propostas de melhoria, decidiu-se manter o modelo de implantação desenhado por Suri (1998) e apresentado na Seção 2.2.3. Como mostrado na Figura 4.2, os primeiros cinco passos desse modelo consideraram-se como já atingidos, desde que as empresas tenham decidido participar da pesquisa. Do sexto ao décimo passo foram feitos para desenvolver o projeto de melhoria com a abordagem QRM. Os passos 9 e 10 serão apresentados na mesma seção.

Figura 4.2. Passos desenvolvidos e ferramentas utilizadas no projeto QRM.



Fonte: Elaboração do autor

#### 4.4.1 Desempenho geral do sistema

Para obter o desempenho geral do sistema, foram realizadas uma entrevista e um acompanhamento para determinar o mapa MCT dentro do sistema. Verificou-se o fluxo do processo em forma documental. Os tempos estimados no primeiro mapa foram considerados como parte do aprendizado dos participantes do projeto, a fim de explicar a importância do *lead time* dentro da abordagem.

#### 4.4.2 Refinamento do escopo do projeto e metas

Nesta etapa foi pesquisada a importância da redução do *lead time* e a sensibilidade do tempo no mercado. À medida que o MCT era calculado, este passo foi desenvolvido ao longo das conversas. Como parte da mentalidade da abordagem, o objetivo fixado foi reduzir o *lead time* para obter propostas de melhoria. O contato com os participantes manteve-se por e-mail.

#### 4.4.3 Coleta detalhada e análise de dados

Para a coleta de dados, estabeleceu-se um contato para observação do processo. Uma série de entrevistas foi realizada para estabelecer as causas do longo *lead time* (Quadro 4.3). Como complemento das entrevistas, solicitaram-se os documentos disponíveis do fluxograma do processo e registro de base de dados para estimar os tempos entre processos.

Realizou-se uma análise estatística para descrever o comportamento dos dados coletados. Para refinar os tempos de processamento, utilizou-se o *tagging*, como técnica para etiquetar as ordens e definir os tempos. Na análise de tempo, recalculou-se o MCT atual para

modificar a base do trabalho e encontrar os pontos de melhoria. Além disso, realizou-se uma análise da dinâmica de sistemas, referente ao estudo de demoras e filas, para identificar a utilização das estações de trabalho e seus recursos.

Quadro 4.3. Detalhe das entrevistas nos projetos QRM.

| <b>Empresa</b>    | <b>Cargos</b>        | <b>Quantidade entrevistas</b> | <b>Duração das entrevistas (total)</b> | <b>Forma da entrevista.</b> |
|-------------------|----------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|
| DigitalPrintingCo | Gerência             | 12                            | 600 min                                | Presencial e virtual        |
|                   | Gerência e operários | 2                             | 260 min                                | Observação e visita guiada  |
| EstampadoCo       | Gerência             | 7                             | 360 min                                | Presencial e virtual        |
|                   | Operários            | 3                             | 135 min                                | Virtual                     |
|                   | Gerência e operários | 3                             | 270 min                                | Observação e visita guiada  |

Fonte: Elaboração do autor.

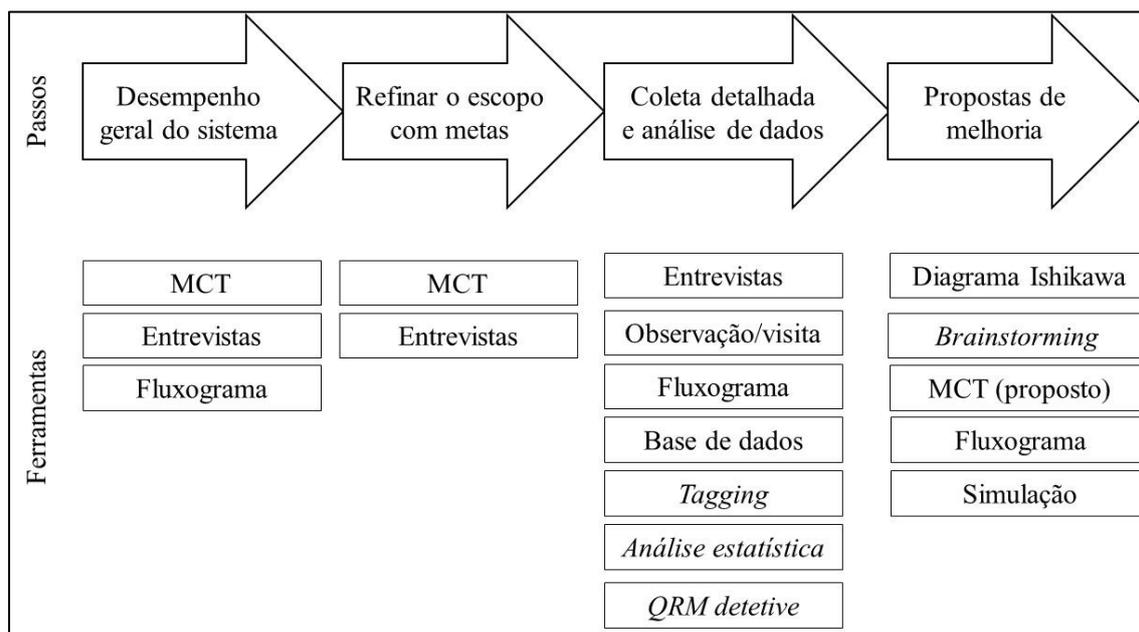
#### 4.4.4 Propostas de melhoria

Com os problemas identificados na coleta de dados, elaboraram-se diagramas de Ishikawa para identificar a causa raiz do longo *lead time*. Com os diagramas, realizou-se uma sessão de *Brainstorming* para determinar possíveis soluções e como elas afetariam o sistema.

Com as propostas detalhadas, estruturou-se o MCT proposto, a partir do conhecimento das mudanças e possíveis propostas. Para calcular o seu efeito, tentou-se utilizar o software MPX, mas os resultados da análise estatística advertiram sobre alguns comportamentos dos tempos mostrando a necessidade de serem analisados em maior detalhe. Para a análise de capacidade, optou-se pela simulação de eventos discretos para encontrar os detalhes do MCT. O software utilizado nessa simulação foi o Simio LLC, versão 7.11, com licença acadêmica. Com o Diagrama de Ishikawa, verificou-se a adequação dos modelos com as propostas. O novo *lead time* foi comparado com o valor atual para estabelecer a significância da redução.

Na Figura 4.3, apresentam-se os passos seguidos com as ferramentas utilizadas. Cada projeto teve seu próprio ritmo, por causa da documentação encontrada e/ou da disponibilidade dos contatos em cada empresa. As dificuldades consideradas no projeto de QRM são apresentadas no Quadro 4.4.

Figura 4.3. Passos seguidos e ferramentas utilizadas nos projetos QRM.



Fonte: Elaboração do autor.

Quadro 4.4. Dificuldades esperadas no desenvolvimento do projeto QRM.

| Tópico de interesse  | Fonte   | Dificuldades  |
|--|---|---|
| 1. QRM (SURI, 1998, 2010b)<br>a. Desempenho geral do sistema;<br>b. Refinamento do escopo com metas;<br>c. Coleta e análise de dados;<br>d. Propostas de melhoria. | Entrevistas e desenvolvimento do projeto de melhoria.<br>Documentação do projeto apresentado.<br>Visitas e observações. | Acesso às informações para desenvolver o projeto de QRM.<br>Desconhecimento dos funcionários sobre o QRM.<br>Coleta de dados durante as visitas por causa do uso necessário de EPIs.<br>Problemas durante a ligação remota. |

Fonte: Elaboração do autor.

## 4.5 ANÁLISE DE DADOS

Para a análise de dados, utilizaram-se os elementos da técnica de análise qualitativa, apresentados em Huberman e Miles (1994). Esses elementos são:

- Codificação dos textos segundo os conceitos dos elementos de cada abordagem;
- Sinônimos de termos definidos nos códigos;
- Uso de quadros comparativos entre as variáveis;
- Estabelecimento de relações finais.

Os dados coletados nas diferentes fases da pesquisa foram contrastados entre o sistema anterior e as duas abordagens em estudo. O aporte de cada abordagem foi separado para determinar como cada projeto modificou o estado da variável do sistema anterior. A análise permitiu comparar as mudanças realizadas em cada abordagem e como elas estão relacionadas com o contexto de empresa, a partir da codificação das entrevistas, documentos e observações realizadas nas duas etapas de pesquisa.

Em cada caso, os problemas foram numerados como “X-Pn”, para identificá-los segundo o contexto usado. As propostas de melhoria foram numeradas como “X-Mn”. Nos dois códigos utilizados, *X* corresponde ao caso referido e *n* é numeração correlativa encontrada. Os tópicos de interesse que descrevem as variáveis foram conservados segundo o que cada problema e proposta abordavam. Para contrastar, utilizou-se um painel classificado por variável, a fim de determinar se existiu problema e/ou melhoria por cada abordagem. Nessa fase, contrastaram-se os resultados com a literatura encontrada e definiu-se se existia um resultado ainda não discutido ou explicado.

No final, os resultados do projeto foram reagrupados conforme os escopos das questões específicas de pesquisa: identificação de desperdícios, problemas detectados e propostas de melhoria. Nesses quadros, verificou-se que a abordagem *Lean* poderia servir de situação inicial para o projeto QRM. A partir desses agrupamentos, foram delineadas as propostas de complementaridade das duas abordagens.



## **CAPÍTULO 5: O PROJETO DE MELHORIA *LEAN***

### **5.1 CASO 1: Digital Printing Co**

#### **5.1.1 Apresentação do caso**

A Digital Printing Co é uma grande empresa de manufatura. Ela atinge diversos mercados e milhares de produtos. Para a pesquisa, a empresa solicitou o sigilo e apenas será identificada como Digital Printing Co. A área em estudo compreende o processo de impressão digital. Essa área foi criada para atender um mercado especializado de impressão de adesivos refletivos. No começo, destinava-se para sinais de tráfego; mas surgiram oportunidades de negócio de impressões personalizadas. Esse mercado personalizado obteve um aumento de demanda.

O processo de impressão digital se inicia com o contato direto do cliente com a empresa. A área de design prepara o material em forma digital para construir as imagens e definir as cores exigidas pelo cliente mediante um processo interativo. Para este processamento de imagens, o tempo de tratamento depende da diferença entre a imagem fornecida pelo cliente e pelo tamanho de impressão desejado. Dentro desse tempo é considerado um levantamento de imagens, já seja desde um desenho a mão ou um arquivo de alta resolução. Nesse processo, acontecem várias aprovações do cliente até que uma arte final é aprovada para impressão. Durante o contato, é calculada a cotação do pedido dependendo das quantidades de produtos ou da quantidade das cores na arte. A informação do pedido é transferida à Central de Relacionamento do Cliente, setor que administra os pedidos e faz a interface entre os departamentos de venda e os de planejamento e produção. O processamento da informação depende da quantidade de produtos, das especificações obtidas para cada produto e do histórico do cliente com a empresa.

Na produção, a arte é adaptada com o formato específico das impressoras. A programação é realizada segundo a ordem de chegada de cada linha de produto na fila. Na produção, é feita a impressão, a revisão de qualidade, a laminação e o corte, segundo as medidas definidas pelo cliente, e o empacotamento. Dentro da impressão, o tempo depende do tamanho da área, o número de camadas de tinta que precise um produto e do número de cópias desse produto. Na laminação, a velocidade de passo é ajustada segundo a quantidade de tinta, assim como seu tempo depende da dimensão do desenho. O tempo em corte tem maior variação se existe um padrão pré-definido no tamanho ou da posição colocada no substrato da impressão.

Depois de terminar o pedido, este é faturado e transportado na Central de faturamento até o endereço marcado para o pedido, obedecendo a janelas de despacho.

### 5.1.2 Sistema anterior à implantação do projeto *Lean*

A empresa tem um sistema de planejamento e controle da produção unificado pelo seu ERP, com o intuito de ter a máxima padronização nessas atividades. O objetivo é manter um padrão de alta qualidade nos seus produtos, especialmente com o valor agregado dos adesivos presentes como componentes de seus produtos. A sua produção prioriza altos volumes, que permitia uma produção em série e grandes lotes. A flexibilidade depende dos tipos de mercado em desenvolvimento com os seus clientes em empresa. Essa flexibilidade era definida a partir de sistema *Business-to-Business* (B2B). Nesse cenário, a empresa mantém uma política de redução de custos para atingir preços aceitáveis no mercado. A maior parte da estratégia é focada em maximizar a produtividade em qualquer produto que fizer a empresa. O controle do fluxo de produção era realizado com a quantidade de pedidos entregados no prazo estipulado pelo cliente.

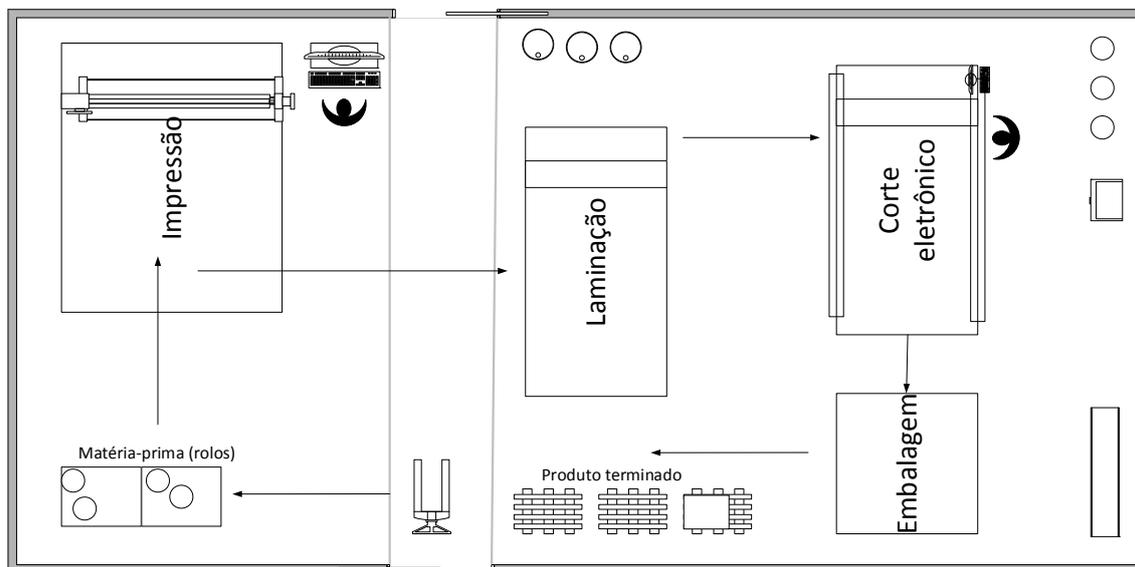
O mercado inicial da DigitalPrintingCo eram os sinais de tráfego reflexivas. A demanda tinha certa estabilidade, desde que existem padrões dos sinais em forma internacional. Com a entrada da impressão digital, alguns sinais foram oferecidos com algumas customizações nos desenhos. O mercado passou atender sinais personalizados por pedidos. Sabendo que é a negociação é B2B, os clientes começaram com leilões para estabelecer os contratos desses pedidos. Com essa ação, as entregas no prazo passaram como as maiores restrições para manter a demanda dos clientes. Em caso de incumprimento, o cliente não pode chamar a empresa para novos pedidos. Com o crescimento de pedidos, foram tratados mais produtos, desde que fossem refletivos, mesmo não sendo sinais de tráfego.

O fluxo de produção definiu-se como uma produção empurrada. A alta variedade de produtos em arte (*design*) pela customização precisava que os outros processos iniciassem sem sinais de demanda. Pela condição de clientes com prazos estritos, começaram a colocar prioridades nos pedidos. O objetivo dessa priorização era evitar os incumprimentos em clientes que não permitiam a tolerância de entregas atrasadas. Os outros pedidos podiam ser atendidos assim que a primeira categoria fosse terminada. A priorização acontecia em qualquer etapa do processo, inclusive no tratamento de desenhos.

O fluxo nos materiais era considerado linear, mas sua verificação da informação podia gerar reprocessamento de alguns itens dos pedidos. A Figura 5.1 apresenta o arranjo físico dessa área de produção e o fluxo dos materiais no processo. Muitos transportes entre

áreas são realizados manualmente. O corredor central permite a alimentação de matéria-prima e o despacho do produto terminado. Pelo tamanho de alguns produtos, eles são armazenados em grandes rolos para economizar espaço. Em caso de produtos em espera, eles são guardados em rolos, perto do corte eletrônico.

Figura 5.1. Layout da área de produção da DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

A estrutura da empresa foi comentada nas entrevistas como uma divisão organizacional, porque existem centrais que comandam linhas de produção completamente separadas, como define Mintzberg (1980). O processo da impressão digital pertence à divisão de serigrafia da empresa, mas pelos tipos de produtos, foi separado e reconhecido como uma subdivisão da serigrafia. Considerando só o processo da impressão Digital, encontrou-se uma organização funcional. No processo, a comunicação dos funcionários dependia do sistema ERP, mas era complementada com e-mails pelos detalhes que não podiam ser armazenados no sistema.

O sistema de inventários da matéria-prima utiliza um sistema de revisão contínua. O limite mínimo é estabelecido pelo consumo médio atualizado, a partir dos dados da impressora. Esse estoque considerava o tempo de transporte entre a central e a planta de impressão. Esse estoque considerava o tempo de transporte entre a central e a planta de impressão. O substrato de impressão também é compartilhado com outros processos de serigrafia, pelo que sua demanda era agregada para um transporte por grandes lotes. No caso dos materiais específicos da impressão digital, como a tinta da impressora, mantinham um nível de estoque com revisão contínua separado. Nesse nível era uma gestão visual por cores para determinar quando colocar os pedidos com esses fornecedores. Esses estoques eram parcialmente calculados com o sistema ERP, ainda que não controlado somente pelo sistema.

Em relação à gestão de qualidade, a DigitalPrintingCo trabalha com Seis Sigma desde o início dos anos 2000. Ela conta com vários gerentes da produção formados e capacitados como *black belts*. Os projetos de melhoria são padronizados como projetos de Seis Sigma. A empresa já tinha implantado algumas normas ISO, a fim de padronizar a produção entre as plantas e construir um sistema robusto de gestão da qualidade. Entre eles, já tinham implantado o controle estatístico de processos na verificação da tonalidade de impressão, especificamente com os sinais de tráfego padronizadas. As certificações de qualidade já eram implantadas na área de serigrafia para outros produtos não reflexivos.

O transporte das matérias-primas era consolidado com outros produtos da empresa. Quando elas chegavam à planta, existia a estação de *slitter* para classificar o processo e lugar de destino dos produtos. Os fornecedores já tinham relações com a empresa, desde que eram selecionados em um processo com múltiplos critérios (esses critérios foram considerados confidenciais). A classificação dependia dos pedidos realizados por cada área. Para o despacho de produtos, a planta consolidava os pedidos para realizar o faturamento na central regional, segundo janelas de tempo. Para a entrega ao cliente, o pedido era consolidado em transporte da empresa, segundo o destino.

Pelos projetos de melhoria já desenvolvidos com Seis Sigma, a produção estabelecia um controle dos dados de cada projeto em um sistema. Com esse sistema, relacionavam-se os dados obtidos do ERP para determinar os detalhes de cada projeto. Existia uma análise dos prazos de entrega com sinais padronizados, mas não conseguia estabelecer relação com os pedidos personalizados. Incrementou-se a dificuldade de estabelecer as informações comunicadas nos e-mails, devido a que esses dados não eram vinculados nos sistemas. A partir das informações enviadas, a impressão considerava a prioridade dos pedidos. Na área de design, a informação era tratada segundo o cliente estabelecesse a comunicação para seus pedidos. Os vendedores redigiam um relatório com todas as especificações do cliente e preenchiam os campos dentro da base de dados, caso a informação fosse armazenada no sistema.

### **5.1.3 O projeto *Lean* no setor estudado**

A abordagem *Lean Manufacturing* começou no início dos anos 2000, não como uma filosofia corporativa, mas com atividades pontuais de alguns gestores, em suas áreas de comando. A visão *Lean* foi gradativamente sendo ampliada, com a filial brasileira sempre entre as subsidiárias mais envolvidas com o tema. A partir de 2006, surge na empresa um sistema corporativo de gestão da manufatura baseado em *Lean*. No Brasil, depois de diversas ações pontuais, surge uma proposta de implantação de *Lean* de forma mais robusta em células de

produção específicas. Essa proposta foi chamada de Trabalho Padrão, e tinha diversas etapas de implantação, como: 5's, Balanceamento de Operações, Setup e Padronização propriamente ditas. Surgiram alguns projetos pilotos em diversas unidades fabris, expandindo-se em outras unidades. Continuou-se a usar a metodologia DMAIC, herdada da sua cultura *Six Sigma*, para acompanhamento desses projetos *Lean* de Melhoria de Processos.

Em cada área de produção escolhida para implantação de *Lean*, os passos das certificações trabalho padrão eram: (i) implantação de 5's para organizar a área de trabalho e início da identificação de desperdícios; (ii) estabelecimento de programas de manutenção; (iii) balanceamento de carga nas operações; (iv) um *kaizen* de produtividade, onde se estudavam melhorias e redução de tempo de setup; e (v) a padronização do trabalho como base para identificação e solução de problemas como redução de desperdícios. Para fortalecer a implantação nas áreas de produção, foi criada uma gerência de *Lean Manufacturing* que pudesse fomentar novos projetos, manter um padrão de implantação e cuidar do acompanhamento de todos os projetos nas plantas, ligados aos objetivos maiores da empresa. Essa gerência de *Lean* passou a se preocupar na criação de uma mentalidade de identificar e solucionar problemas. Uma hierarquia para solução de problemas foi desenvolvida em cada área. O operador poderia resolver se a solução do problema estivesse ao seu alcance e não ultrapassasse seu tempo estabelecido. Se fosse um tempo maior, um operador-facilitador (inspirado no *team leader* da Toyota) atuaria para resolver o problema, já com análises técnicas para as quais fora treinado (uso de Diagramas de Ishikawa, 5W1H, técnica de 5 por quês). Se ainda assim o problema não fosse resolvido, seria reportado ao nível hierárquico superior e surgiria um projeto de melhoria, com uso das técnicas Seis Sigma.

A implantação de técnicas *Lean* (considerado como Trabalho Padrão) começou a acontecer na área da impressão digital, com a implantação da técnica 5's e uma análise do problema das tintas na impressão. Esse problema produzia diferenças no tempo de secagem e entupimento das agulhas do impressor. Nesse projeto, foi utilizado um Mapa de Fluxo de Valor para identificar os desperdícios,

#### **5.1.3.1 Seleção da família de produtos**

Apenas 5% dos produtos não necessitam um tratamento de imagens, por já existirem padrões estabelecidos (exemplo: imagens do Detran – MG). Os 95% restantes precisam de um tratamento ou especificação do cliente para definir o produto. Escolheu-se essa família de 95% com necessidade de tratamento de imagem específico. Esses pedidos tem um prazo limite de entrega com o cliente. Dentro de essa família, não foi possível encontrar um agrupamento menor. Os processos seriam os mesmos dentro desses 95%, o que não permitia

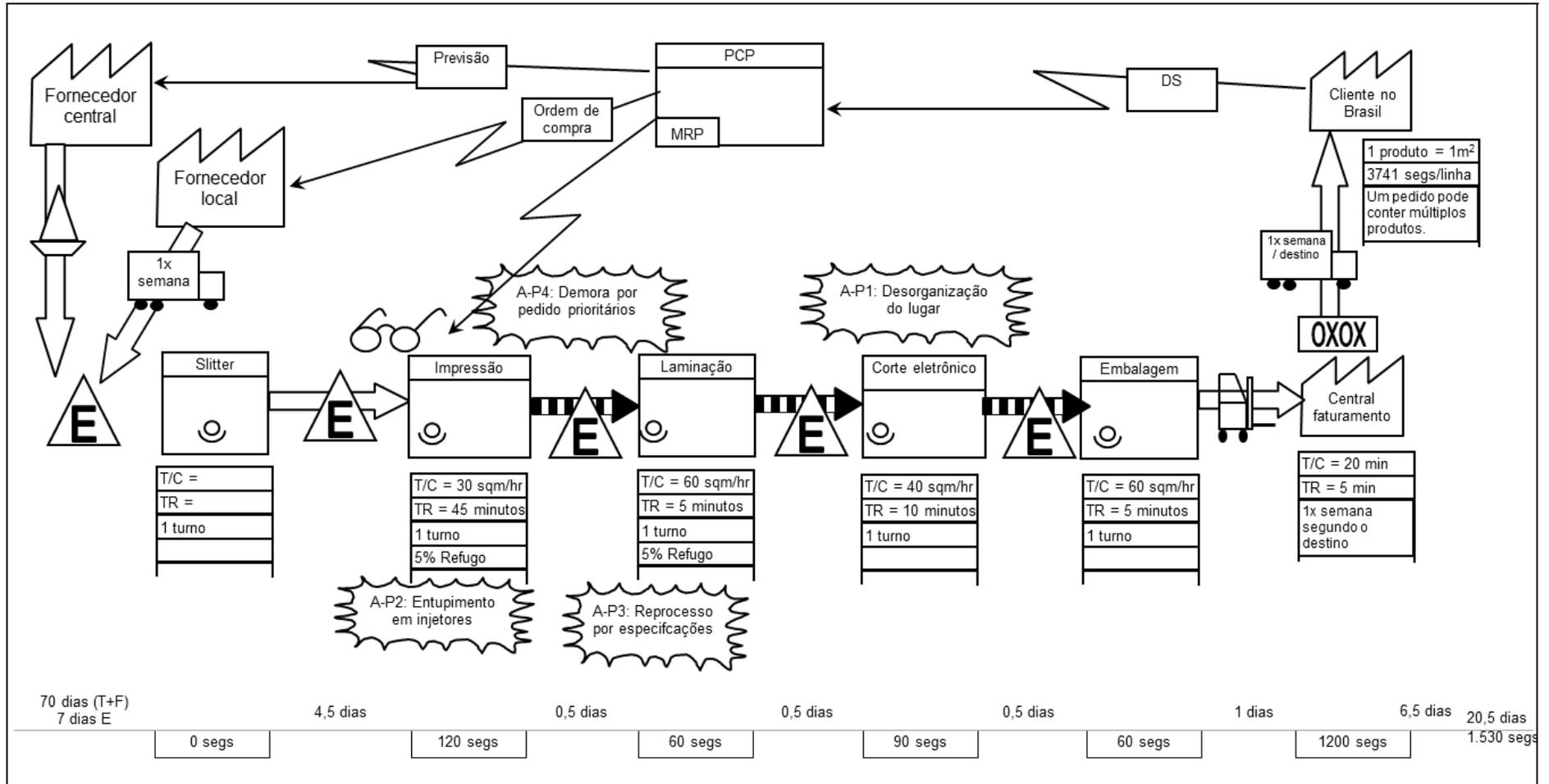
separá-los. Também, foi tentado um reagrupamento com as características dos pedidos priorizados; porém, não se encontrou uma variável para esse agrupamento.

### 5.1.3.2 *Preparação do Mapa de Fluxo de Valor atual*

No mapa disponibilizado, foram encontrados alguns tempos médios calculados a partir da taxa de produção de um pedido médio. O fluxo de produção analisado inclui a cadeia de suprimentos completa, desde o fornecedor do substrato (considerado como interno e internacional), e os fornecedores locais, como tintas e matérias-primas não essenciais. Os tempos de processamento, como a disponibilidade, foram estimados a partir da base de dados e os registros dos produtos. Os estoques em processo apenas foram conferidos para o primeiro levantamento. No primeiro momento, a taxa de *takt time* não foi estimada pela quantidade variada de produtos que tinha um pedido. A análise ficou centrada em descobrir o *lead time* entre os processos. As médias do *lead time* da cadeia de suprimento, tanto tempo de fornecedores como entrega de clientes, foi calculada a partir do histórico de faturamentos e despachos de matérias-primas.

A Figura 5.2 apresenta o mapa do projeto com a linha de *lead time*. A partir de dados disponibilizados, calculou-se um pedido médio com uma impressão de um metro quadrado. O substrato de impressão é considerado como o item de maior valor agregado. Ele é importado da matriz da empresa nos Estados Unidos e depende do planejamento dos envios dessa matriz. Por essa dependência e pela agregação com outros processos, o *lead time* da entrega do substrato como matéria-prima foi desconsiderada, descontando os 70 dias. Do processo do controle de estoque, não se considerou um tempo que agregasse valor, devido a sua representação o tempo médio em inventário. Desde o processo de impressão até o corte eletrônico, o tempo foi considerado em espera de sete dias com um fluxo sequencial. O despacho e a entrega são programados em dia e horários definidos por janelas de despacho, para as diferentes regiões do país. Para o despacho, na Central de Faturamento, seriam 20 minutos por pedido. O *takt time* estimou-se em 3.741 segundos por cada produto de pedido (chamado de linha de pedido). O *lead time* obtido foi de 20,5 dias para um pedido, com apenas 1.470 segundos de agregação de valor (0,25% do tempo total). Esse valor de *lead time* foi validado com a média dos pedidos que existiam no registro das entregas. Na central de faturamento, foi considerada uma nivelção de atendimento pelos horários estabelecidos pelo destino do pedido.

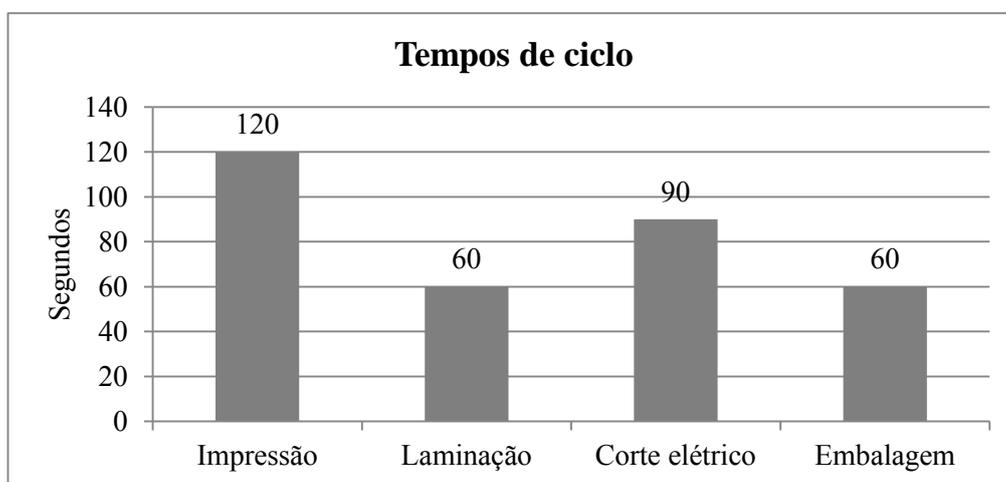
Figura 5.2. Mapa de Fluxo de Valor atual reacomodado da DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor

O processo estudado iniciava o terceiro passo das certificações de trabalho padrão dentro da empresa: o balanceamento das cargas de trabalho. Porém, os tempos de ciclo não apresentavam um desbalanceamento, como é apreciável na Figura 5.3. Pelo valor do *takt time* de 3.741 segundos (não aparece na figura por ser muito alto), encontrou-se uma sobre capacidade do processo, com fundamento nos tempos médios de um pedido. O maior tempo de ciclo estaria na impressão, nos processos internos da produção. O tempo na central de faturamento não entrou nesta análise porque pertence à matriz.

Figura 5.3. Análise do tempo de ciclo da DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

Com a análise desenvolvida no projeto *Lean*, os problemas encontrados foram incluídos no VSM atual (Figura 5.2) para documentar as fases prévias ao *kaizen* de produtividade (passo 4 das certificações). Esses problemas identificados foram:

- a) Desorganização da área de trabalho, desde impressora até embalagem (A-P1);
- b) Demoras e defeitos de impressão pelo entupimento de injetores (A-P2);
- c) Reprocesso de produtos por especificações incoerentes (A-P3);
- d) Demoras e espera pelo atendimento de pedidos prioritários (A-P4).

O primeiro problema de desorganização da área de trabalho (A-P1) considerou o espaço reservado para o processo de impressão digital. Como o processo das certificações começa com a gestão visual, o problema foi considerado como a falta de implantação do *Lean* na área. As outras áreas de serigrafia já tinham implantado esse primeiro passo e a impressão digital seria a última dessa área. Como era a última, a área não cumpria o requisito geral da empresa sobre a gestão visual e demarcação do *layout*. Pelo incumprimento, a área ainda não

saberia identificar outros problemas e o desperdício foi associado como não percepção de todos os outros problemas. No processo de separar as matérias-primas, algumas demoras eram percebidas, mas não foram consideradas como impactantes no processo.

Em relação à impressora, encontrou-se um problema de entupimento de injetores (A-P2). O efeito era detectado com defeitos em impressos e que eram reprocessados imediatamente para evitar reconfigurar os jatos com outras cores. Esses reprocessamentos geravam demoras no resto dos pedidos. Na linha de tempo, o problema era considerado como variabilidade do *setup* na impressora. As falhas e os entupimentos eram considerados aleatórios, mas podia impactar em atrasos maiores de um dia. A análise deste problema aconteceu durante o segundo passo do projeto: o estabelecimento dos programas de manutenção.

Encontrou-se também um retrabalho de pedidos devido à incoerência de especificações no pedido (A-P3). A cortadora digital ingressa as dimensões de corte estabelecidas na impressora. Essas dimensões são verificadas desde o ingresso das imagens digitais e nos primeiros impressos. O problema foi que em vários produtos as dimensões não coincidiam com a informação contida no sistema ERP. Alguns desses detalhes eram conferidos nos e-mails, mas alguns eram solicitados novamente com arte, criando demoras. Em vários casos, esse problema criava um reprocessamento de vários produtos para o mesmo pedido. Porém, o pedido não conseguia ser terminado e não era comum começar com outro pedido, com a exceção que ele tivesse prioridade na fila. Outros problemas foram identificados na qualidade da imagem digital. A imagem ingressada na impressora não tinha a qualidade suficiente para o tamanho desejado da impressão. Esses produtos perdiam qualidade. O efeito mais sentido era com pedidos de muitos produtos em quantidades unitárias. Nesses pedidos, o atraso era muito evidente. O A-P3 foi considerado como a causa principal dos estoques em processo, quando eles existiam.

Pela programação dos clientes com prazos de entrega estritos, encontraram-se demoras pelo atendimento prioritário de pedidos (A-P4), em pedidos comuns. Segundo as entrevistas, alguns pedidos comuns apresentaram atrasos da data de entrega porque aguardaram fila enquanto outros pedidos prioritários eram produzidos. A impressão era o lugar onde mais frequentemente existia a espera, ainda que entre os outros processos não se costumasse ver produtos em fila. Como a programação era definida pelo PCP, o funcionário da impressão precisava conferir se existia alguma informação sobre a prioridade do produto. Em vários pedidos, essa prioridade era comunicada pelo e-mail com as outras especificações fora do sistema ERP. Como também a demanda de pedidos com alta prioridade não era estável, um pedido comum podia ganhar preferência pelos atrasos identificados.

### 5.1.3.3 Proposta de melhoria com projeto Lean

A partir dos problemas identificados no VSM atual, existiram propostas de melhoria. Essas propostas dependeram do status do passo da implantação do *Lean*, definida por toda a empresa. As propostas consideradas foram:

- a) Implantação do programa 5s (A-M1) pela desorganização da área de trabalho (A-P1);
- b) Manutenção dos jatos da impressora (A-M2), pelo entupimento dos injetores (A-P2);
- c) Modificação do sistema ERP (A-M3), para reduzir os retrabalhos por especificações (A-P3);
- d) Atendimento sequencial nos processos posteriores à impressão (A-M4), para diminuir demoras devido ao atendimento prioritário (A-P4);
- e) Criação do supermercado nas matérias-primas (A-M5), para um fluxo de produção de pedido unitário.

Como parte do primeiro passo, a implantação do programa de 5s (A-M1) foi proposta como uma melhoria geral na área de produção. A redução de desperdícios esperada foi com a desorganização da área (A-P1). A empresa projetou a padronização da área de serigrafia, em conjunto com a gestão visual dos indicadores. Os indicadores não ficaram definidos nessa projeção, porque seriam retomados no quinto passo da implantação do *Lean*: a padronização de tarefas. A proposta teria maior trabalho na demarcação das áreas. Estimou-se que a redução seria de 20 minutos no tempo de setup para um pedido médio, mesmo que o efeito no lead time seria garantir os valores estimados das futuras propostas.

Como parte do segundo passo, a empresa propôs o estabelecimento do programa de manutenção dos jatos da impressora (A-M2). Nesse programa, seria estabelecido um cronograma dos funcionários para uma limpeza específica dos injetores. A limpeza seria estabelecida também como parte da A-M1, mas precisou de uma análise com a composição da tinta. Pelas características da impressão, a proposta A-M2 contemplou provas de outras tintas, como a instalação de um sistema de filtrado. O primeiro resultado esperado foi reduzir da frequência da limpeza dos jatos. Em conjunto com a limpeza, o objetivo maior era minimizar as demoras de produtos devido ao entupimento (A-P3).

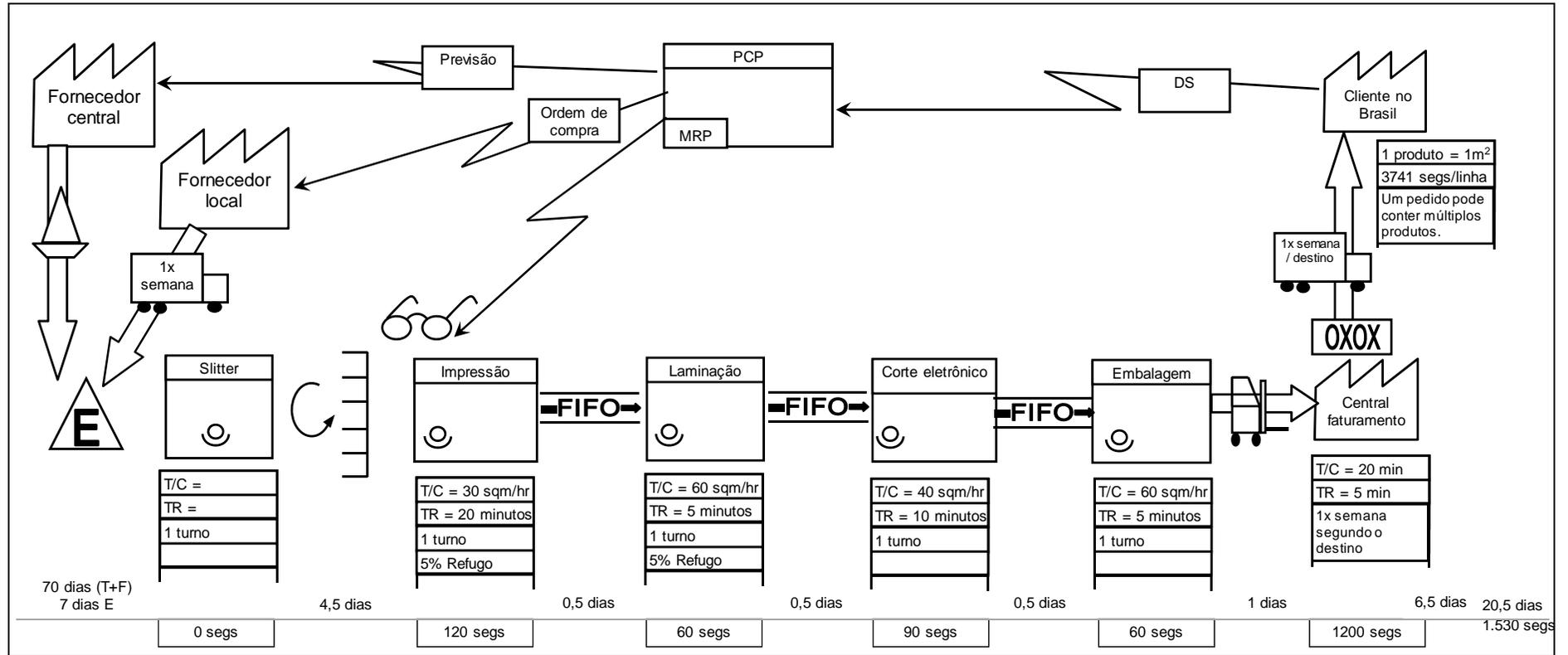
Para reduzir os reprocessamentos por informações (A-P3), propôs-se uma modificação da informação coletada no sistema ERP (A-M3). A maior dificuldade prevista foi o desenvolvimento de um módulo especial da impressão digital, porque as necessidades de informação eram dependentes de muitas características pouco comuns na área de serigrafia. Para mudar o sistema seria preciso estabelecer uma padronização dos campos a coletar. Esperava-se da proposta, a redução de retrabalhos por especificações; mas não foi possível estimar o efeito da proposta porque os dados do reprocessamento não estavam coletados.

Em relação às demoras por atendimento prioritário (A-P4), os funcionários analisaram a possibilidade de criar um fluxo contínuo com atendimento sequencial e por ordem de chegada depois da impressão (A-M4). A proposta cortaria interrupções dos pedidos, quando eles já tivessem sido impressos, em pelo menos um dos seus produtos. Isso permitiria definir e controlar no sistema facilmente se um pedido seria declarado atrasado. A dificuldade encontrada foi na estimação do novo *lead time*, porque a redução seria apenas para aqueles pedidos não considerados prioritários. No entanto, os gerentes sabiam que a proposta permitiria um fluxo de um pedido só como um ideal. No primeiro momento, seria também retirar o atendimento por prioridades, mas acharam que sempre seria uma situação que o mercado exigiria da produção.

Como o processo de *slitter* separa as matérias-primas, a proposta foi criar um supermercado de materiais (A-M5). Nele, seria estabelecido um *kanban* para o reabastecimento dos materiais com os fornecedores. O controle desse estoque permitiria evitar desabastecimentos dos substratos de impressão. O maior objetivo seria colocar os pedidos em fluxo unitário. A proposta estaria compartilhada com toda a área de serigrafia, pelo que o processo de *slitter* afetaria a impressão digital; no entanto, o efeito seria mínimo porque não era considerado como uma parte impactante nesse processo.

Com as propostas de melhoria, a Figura 5.4 foi levantada para estimar os efeitos das possíveis melhorias. Para o projeto de melhoria *Lean*, estimou-se que uma redução de 20 minutos seria possível no setup da impressão. O *lead time* médio estimou-se em 20,5 dias. A empresa ficou consciente de que os efeitos não poderiam ser mensurados em um pedido médio e precisaria uma análise um pouco mais detalhada para encontrar esses efeitos.

Figura 5.4. Mapa de Fluxo de Valor futuro da DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

#### 5.1.3.4 Análise do projeto *Lean*

A DigitalPrintingCo planejava desenvolver o terceiro passo da implantação do *Lean*: certificação por balanceamento de cargas e nivelamento. A proposta da implantação do programa 5s (A-M1) considerava-se em etapa de finalização. Depois de terminar o estabelecimento da primeira fase de disciplina da A-M1, desenvolveu-se o passo sobre a manutenção dos equipamentos. Nesse segundo passo, foi realizada a manutenção dos jatos de impressão (A-M2) e foi estabelecido um programa geral em todas as máquinas da produção. Os programas continuaram em andamento como parte das melhorias da área. A criação do supermercado (A-M5) foi desenvolvida durante a manutenção dos jatos (A-M2). Essa proposta obteve um maior controle nos substratos da serigrafia em geral, mesmo que mudanças radicais não foram percebidas na impressão digital.

No projeto, o atendimento sequencial posterior à impressão (A-M4) ficou em andamento. Essa proposta não foi verificada na implantação, porque alguns pedidos prioritários interromperam o fluxo. Como a empresa participou em leilões com prazos estritos, mantiveram a programação com atendimento prioritário. Os funcionários consideraram que a redução das interrupções do processo melhorou parte do fluxo unitário de pedidos, mas que também precisariam os outros não desenvolvidos do projeto *Lean*.

A modificação do sistema ERP para coleta de dados (A-M3) não foi implantada. Ela não conseguiu encontrar uma padronização da informação entre os produtos que pudesse tratar a alta variedade. Além dessa padronização, a modificação ao sistema precisaria um investimento com a programação do módulo da impressão digital. O sistema já contava com a A-M5 para o controle de estoque, mas não tinha um controle por retrabalho. O prazo dos pedidos começou a ser analisado, mas também encontrou uma alta variabilidade do *lead time* dos produtos. Nessa proposta, surgiram várias dúvidas de como tratar a alta variedade e minimizar essa variabilidade nos tempos.

A DigitalPrintingCo descobriu que desperdícios com a movimentação e alguns transportes não foram estudados no sistema; pelo que não conseguiram propor melhorias para essa área. Mesmo com alta variedade, as estimações das melhorias precisariam ser representativas para um pedido médio, mas que a variabilidade poderia criar outra percepção quando os pedidos não fossem médios. O mercado passou a ter maior de clientes com prazos restritos, e as entregas no prazo tornaram-se cada vez mais importantes. Segundo a análise dos tempos de ciclo, existiria um excesso de capacidade; mas encontraram que não existia um desnivelamento pronunciado das cargas de trabalho. Com entregas atrasadas e esse excesso de capacidade, os funcionários solicitaram um segundo projeto de melhoria com objetivo de

encontrar os desperdícios que não tinham identificado. Nesse momento, a empresa interessou no projeto QRM antes de começar a terceira certificação de balanceamento de cargas. O estado final do projeto *Lean* está resumido no Quadro 5.1

Quadro 5.1. Resumo dos problemas e propostas do projeto *Lean* na DigitalPrintingCo.

| <b>Problema</b>   | <b>Proposta de Melhoria</b>                            | <b>Estado da proposta ao final do projeto</b> |
|---|--|---|
| A-P1: Desorganização da área de trabalho.                   | A-M1: Implantação do programa 5s                       | Implantado                                    |
| A-P2: Entupimento de injetores.                             | A-M2: Manutenção dos jatos da impressora.              | Implantado                                    |
| A-P3: Retrabalho de produtos por especificações incoerentes | A-M3: Modificação do sistema ERP para coleta de dados. | Não implantado                                |
| A-P4: Demoras por atendimento de pedidos prioritários       | A-M4: Atendimento sequencial                           | Andamento                                     |
|   | A-M5: Criação do supermercado nas matérias-primas      | Implantado                                    |

Fonte: Elaboração do autor.

## 5.2 CASO 2: EstampadoCo

### 5.2.1 Apresentação do caso

EstampadoCo foi fundada em 2012 por capital salvadorenho, para atuar em dois setores da economia local: telecomunicações e estamparia de camisetas. Pelas características do estudo, foi escolhida a seção de estamparia porque o setor de telecomunicações é uma atividade secundária. A empresa possui seis funcionários e dois auxiliares (dependendo dos pedidos). O faturamento anual não ultrapassa os US\$ 100.000. Ela apresenta uma estrutura tradicional de pequena empresa, na qual existe uma gerência para controlar as atividades da empresa. Pelo seu organograma, existe uma organização funcional ou uma estrutura simples, na definição de Mintzberg (1980); no entanto, um funcionário pode desempenhar mais de uma função.

O processo inicia com a colocação de pedido do cliente. Um funcionário nas vendas processa a informação do pedido. Ele revisa o estoque de camisetas para decidir se existirá uma compra ao fornecedor sobre as camisetas faltantes. Ele também comunica as especificações ao designer. A imagem de arte é desenvolvida pelo designer em constante contato com o cliente. Ainda que a imagem já exista, a maior parte de trabalhos precisa de um requisito de resolução mínima para impressão, o que implica um desenvolvimento artístico maior. Outros pedidos precisam desenvolver a imagem a partir de rascunhos. Dependendo da complexidade do arquivo, das especificações e da figura a levantar, o tempo pode variar entre

uma a 72 horas de processamento. Segundo as especificações do cliente, escolhem-se os tecidos e tamanhos de camiseta; assim como as tintas que dependem do tipo de uso estimado pelo cliente. O processo finaliza com a impressão de imagens que são transferidas para o revelado. O tempo da impressão depende da área da figura a estampar, como do número de camadas de tinta que serão aplicadas no tecido.

As tintas são preparadas pelas tonalidades desejadas na arte final e pelo tecido. Essa preparação depende se a tinta tem uma tonalidade padrão e se não precisará uma tinta especial. A utilização de tinta preparada depende se existe alguma cor dominante que permita minimizar a quantidade de camadas de tintas, ou se não existe garantia que a combinação de tintas mantenha uma cor determinada na produção. A mistura de tonalidades precisa um tempo de teste segundo essa variável de cores definida no arquivo da arte. Desde a informação do pedido na área de vendas, as matrizes precisam de uma limpeza, recuperação, emulsão e secagem para produção. O tempo da limpeza depende da área entintada do pedido anterior dessa matriz, e da quantidade de camadas do pedido a produzir. Para o registro, as imagens são reveladas nas matrizes, e elas são ajustadas nas molduras. O ajuste depende muito dos detalhes da imagem, além do estado das molduras. Em caso da produção com pequenos lotes (considerados até de 12 camisetas), o ajuste é menor para tentar o registro com o tecido; mas precisa de maior ajuste com pedidos de maior volume. Com as matrizes e as camisetas, os funcionários da produção estampam a imagem na camiseta com um carrossel de estamparia. O tempo na produção depende dos funcionários disponíveis para o carrossel, a área de entintado da camada e da fixação desejada em algumas cores base. Se pedido tem uma tinta especial, o tempo será um pouco maior ao de tintas padrões. Depois da última camada de tinta, a camiseta é secada num forno e embalada numa sacola plástica. O pedido é consolidado para seu despacho. A entrega direta ao cliente é realizada, caso não exista uma solicitação do cliente em passar pelo pedido.

### **5.2.2 Sistema anterior à implantação do projeto *Lean*.**

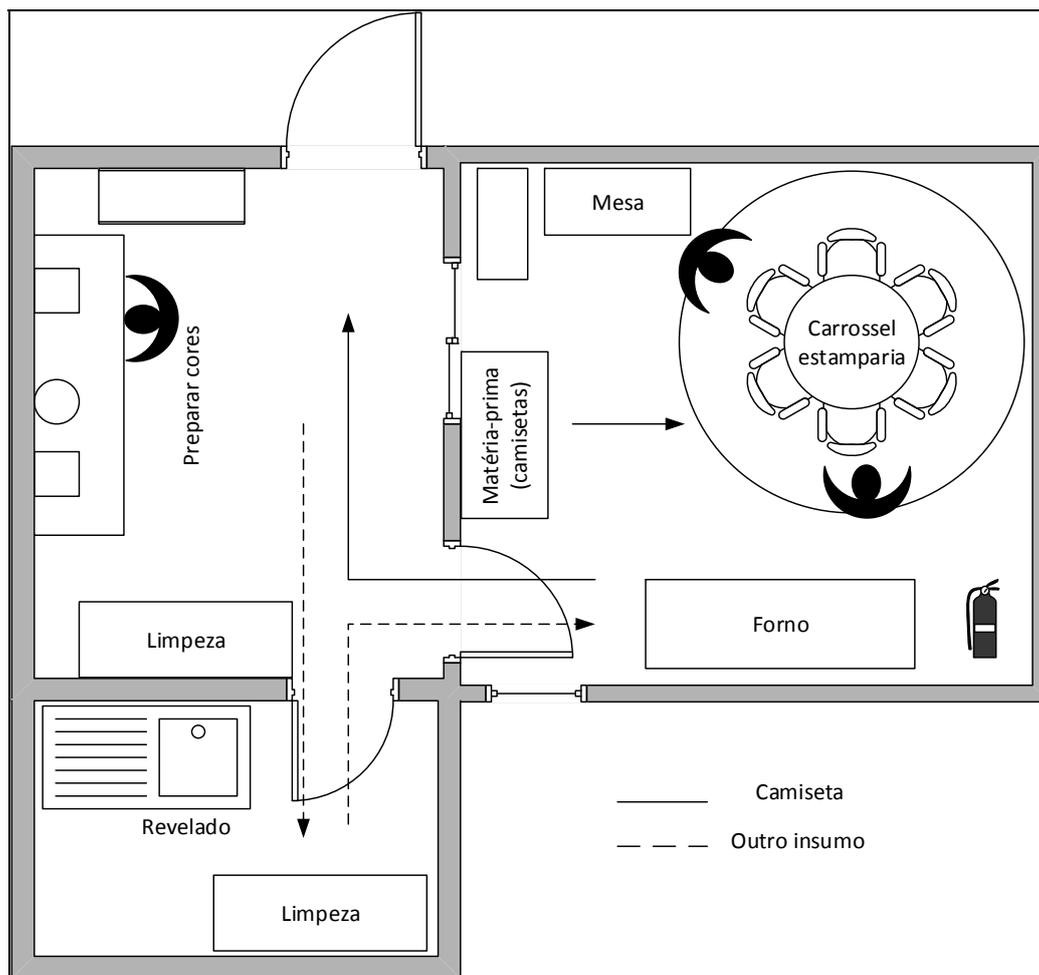
O sistema de produção prévio às abordagens mantinha um foco baseado na redução de custos. O seu principal indicador é o custo unitário de cada camiseta; mas considerava também o lucro obtido no pedido. Não eram considerados outros indicadores porque seu principal indicador tem sido o custo dos pedidos, para concorrer no mercado. No começo da empresa, o carrossel de estamparia foi adquirido para tratar um volume com mais de 200 camisetas em logotipos semelhantes. No entanto, pelo tamanho da empresa, ela não conseguia competir com outros concorrentes no mercado devido à economia de escala dos seus concorrentes. EstampadoCo passou a oferecer volumes pequenos de camisetas com mercados

promocionais ou eventos determinados, a forma de atrair clientes com pedidos emergentes que precisassem de pouco tempo de resposta para os pedidos. Nesses clientes, muitos deles precisaram de um levantamento das especificações dos arquivos digitais das imagens, mesmo porque eles não tinham desenvolvido artes digitais das suas medianas empresas.

A característica dos clientes é semelhante à de um produto perecível, por serem camisetas que geralmente têm artes de eventos com datas fixas ou promoções temporais. Para assegurar as vendas, a empresa oferecia descontos para os clientes para maiores volumes de camisetas; mesmo que comprassem várias artes com produção em baixos volumes. Essas ofertas tinham a função de aproveitar economias de escala de camisetas com os fornecedores.

O arranjo físico na produção foi determinado em um lugar adaptado para o espaço do equipamento, como apresenta a Figura 5.5. O tipo de fluxo pensado foi linear (representado pelas setas contínuas), devido ao volume de camisetas obtidas no início da empresa. Apenas um forno e um carrossel de estamparia de seis braços (máquina de estampa de telas com vários braços para produzir várias camisetas simultaneamente) foram encontrados dentro das instalações da empresa; o que convertia em um processo com fluxo linear. A preparação dos pedidos pensou-se a partir de ordens em lotes grandes, para minimizar os tempos demorados na preparação das tintas. O carrossel de estamparia era preparado para um alto volume de camisetas, para aproveitar os próprios braços e incrementar a produtividade da máquina. Nessa preparação, o fluxo de insumos foi desenhado com base a poucos setups. A empresa assumiu que não precisaria setups simultâneos durante lotes de produção, porque o volume de camisetas no pedido seria um tempo muito maior que a preparação de materiais.

Figura 5.5. Layout da área de produção da EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor

Na área de desenvolvimento de produto, encontrou-se que as vendas e as verificações da arte com o cliente eram realizadas por apenas um funcionário. Como o levantamento digital pode implicar desde a criação de um desenho digital a partir de um desenho impresso ou manual, até uma revisão dos arquivos gerados e separações de cores, o tempo é completamente variável e não existe um valor constante. Este processo é o mais complexo e variado; e só era realizado por uma pessoa. A prioridade de atendimento de tarefas, entre pedidos existentes e orçamentos, é definida pela gerência; tanto em arte quanto produção. Foi observado um atendimento prioritário aos clientes, sem considerar alguma especificação do pedido na produção.

A programação é completamente centralizada na gerência, porém é possível mudanças desde que com aviso à gerência. Existem informações, como por exemplo, fornecidas pela arte que não coincidem com os detalhes de vendas. Com essas informações em dúvida, eram gerados grandes processos de retrabalho e atrasos nas entregas ao cliente. Neste tipo de situações, a empresa tem recebido reclamações dos clientes por entregas fora da data

marcada. O processo de inspeção é realizado na embalagem, de forma aleatória. O objetivo da sequência de produção era minimizar a quantidade de preparações por pedido, buscando o mínimo de custos (segundo os operadores); uma ideia era que uma produção podia esperar parada uma confirmação de dados com o cliente, mesmo que exista uma fila de pedidos de entrega.

Com relação à capacidade de trabalho, os operadores consideram que existe um gargalo na produção. Uma questão bem notável é que em muitos pedidos foram pagas horas extras para cumprir o prazo de entrega ao cliente. Alguns turnos foram duplicados com o objetivo de cumprir o prazo do cliente; só que foi percebida que a decisão de fazer mais horas não era planejada com antecedência. Constatou-se que a empresa tinha interesse em minimizar tempo de operação, sem considerar a preparação, a partir de estudos de tempo já realizados.

Dentro da empresa, considerou-se que os auxiliares fossem dedicados exclusivamente para embalagem e processo de produção, explicado em evitar falhas de qualidade. Os auxiliares também comentaram que vários pedidos precisavam de uma melhoria pela falta de registro nas cores da camiseta; mas não tinham autorização para ajustar a máquina e eles tinham que esperar a que o funcionário encarregado fosse liberado da função das tintas para continuar a processo. Não foi encontrado um documento de procedimentos para ajuste de máquinas.

A estratégia utilizada na cadeia de suprimentos foi de minimização de custos, tanto com fornecedores quanto com clientes. Na entrega ao cliente, não existe transporte dedicado da empresa; o supervisor ou o gerente assumem essa responsabilidade. Os pedidos são agrupados em dois ou três clientes se os destinos de localização forem considerados semelhantes. Um pedido pronto e prometido na data e hora de entrega pode esperar a produção de até outros dois pedidos no dia para ser despachado.

Na compra de matéria-prima, a política desenvolvida foi aquisição com o mínimo custo possível. No começo da empresa, o inventário de camisetas foi calculado com pedido de lote econômico, em base a demanda dos primeiros clientes. Um problema reconhecido foi que as camisetas perderam elasticidade pelo tempo mantido no armazém; uma característica da manipulação da estampa. Entre elas, foi considerado um estoque de camisetas brancas; mas a empresa reconheceu que algumas artes eram muito mais fáceis trabalha-las com outras cores de base e adicionar tintas especiais no processo. Dois fornecedores tinham uma forte relação com a empresa; mas são escolhidos segundo o tipo de tecido. Na maior parte de compras, o fornecedor com maior volume era uma empresa grande que domina a cadeia e que possui o menor preço; porém, as entregas de matéria-prima podiam ser consolidadas em função da proximidade de outros pedidos. O fornecedor fazia todas as entregas.

A informação do processo era manipulada só com planilhas de cálculo para uma programação centralizada. Nesse sentido, não existia um sistema de controle de produção, mesmo porque nunca foi considerada a partir de grandes volumes. Como os indicadores utilizados são apenas em custos, a informação foi declarada confidencial para os funcionários e concebiam um conceito de produtividade para um número maior de camisetas produzidas no tempo. Com o caso de arte, já eram utilizados alguns programas de tratamentos de imagens.

Não foi encontrado um programa de melhoria implantado dentro do processo. A manutenção do equipamento foi declarada como parte dos projetos a realizar da EstampadoCo, mas só foram alguns deles que realmente foram declarados como projetos. O projeto mais próximo era uma mudança de local para incrementar o espaço disponível das máquinas.

### **5.2.3 Propostas de melhoria: Abordagem *Lean***

A empresa teve interesse de implantar o programa *Lean* no final no primeiro semestre de 2013, como parte da sua estratégia para reduzir os custos. No entanto, existiu um temor porque também foi considerada uma estratégia exclusiva de empresas de grande porte. O assistente da gerência impulsionou parte desse projeto visto que a instituição de formação apoiaria muito com o treinamento aos funcionários. O processo de formação do assistente foi no segundo semestre de 2013. Ele desenvolveu um projeto de propostas baseadas em *Lean*, só que apenas foi desenvolvida a identificação dos desperdícios durante esse semestre de formação. A segunda fase de propostas foi desenvolvida até começar com o projeto de QRM dentro da empresa. O período analisado no mapa de valor atual foi do primeiro semestre do ano 2013. A variedade de volume de camisetas pedidas foi considerada para encontrar um valor médio dos pedidos.

#### **5.2.3.1 Seleção de família de produtos**

O primeiro passo identificado do projeto foi o agrupamento de famílias de produtos. A característica do processo não conseguiu estabelecer grupos diferentes porque não existia uma diferença entre os processos realizados ou a sequência desenvolvida no processo. Nesse caso, foi estabelecida toda a produção de camisetas como uma família para encontrar uma melhoria.

Com todas as camisetas como famílias, estabeleceram-se os passos a tratar com o diagrama. O desenho considerou-se como o desenvolvimento das imagens na resolução de impressão, assim como qualquer tratamento digital delas. A preparação de cores representa os processos de mistura de tintas e preparação de tonalidades. Limpeza considera os tratamentos

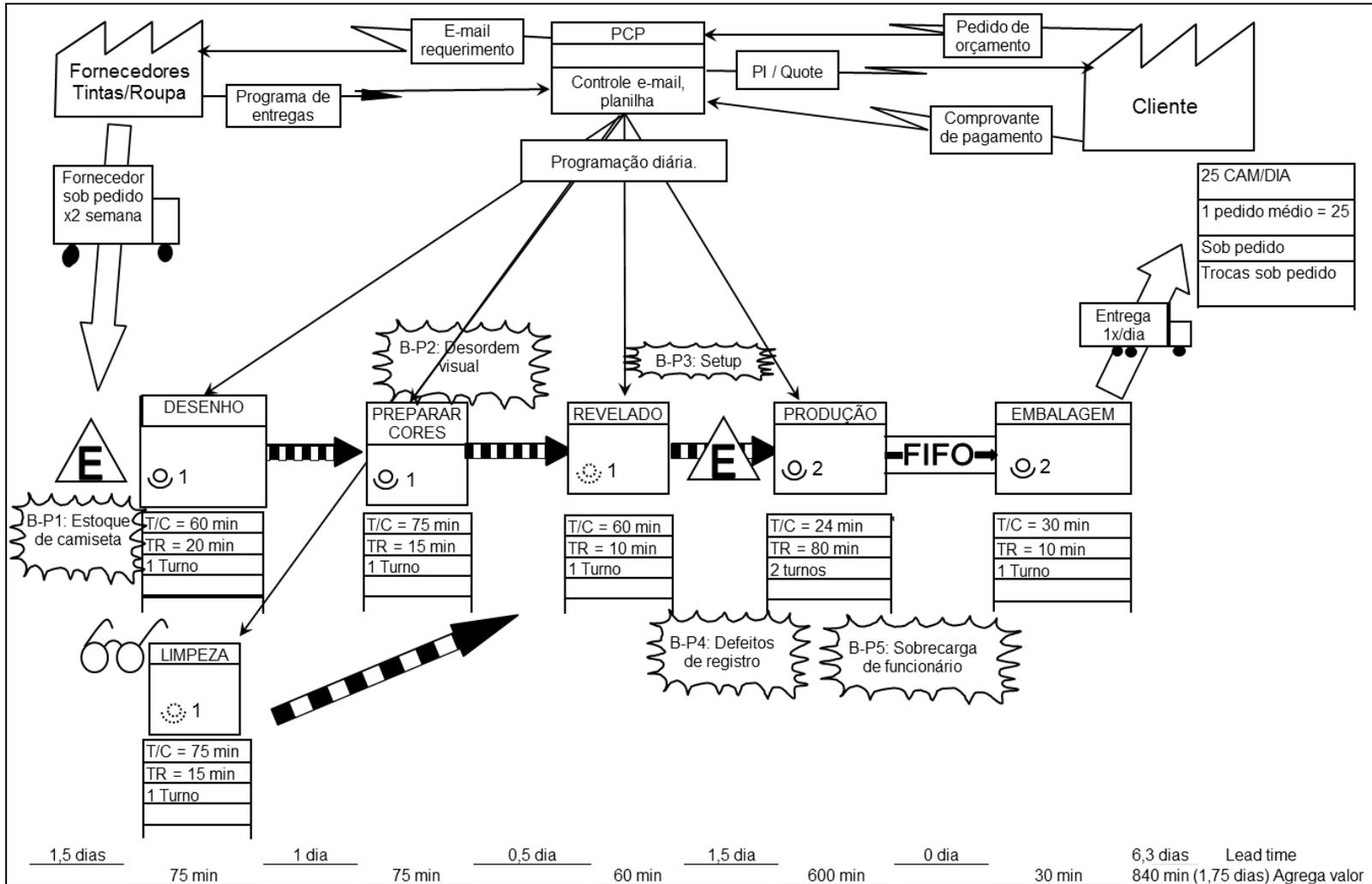
das matrizes de estamperia para limpeza, recuperação, emulsão e secagem. Revelado contempla o revelado da tela de nylon e a fixação delas nas molduras. Produção agrupa o processo de estampado no carrossel e colocar a camiseta no forno, sabendo que o tempo no forno é menor que o de estampado. A embalagem fecha o processo para consolidar o pedido.

#### **5.2.3.2 Preparação do Mapa de Fluxo de Valor atual**

Os tempos dos processos tratados para o mapa de valor atual foram considerados a partir de amostras aleatórias do segundo trimestre. Os tempos nos estoques em processo foram calculados a partir das demoras obtidas nessa amostra. As estimações foram verificadas com as taxas de produção históricas que os funcionários tinham. Para o VSM atual, estimou-se com um pedido médio de 25 camisetas, para representar toda a variabilidade de volumes nos pedidos.

A Figura 5.6 apresenta o detalhe do Mapa de fluxo de valor da situação mapeada no processo. O valor de *lead time* foi contabilizado de 6,3 dias para o pedido completo, sendo 27% de tempo de agregação de valor. O cálculo de *lead time* foi refinado nesta pesquisa; porque os líderes do projeto não conseguiram estabelecer um cálculo do processo pela alta variedade de tempos considerados nos pedidos de camisetas. Verificou-se que existiu essa dificuldade durante o projeto *Lean* e manteve-se para o mapa da situação futura.

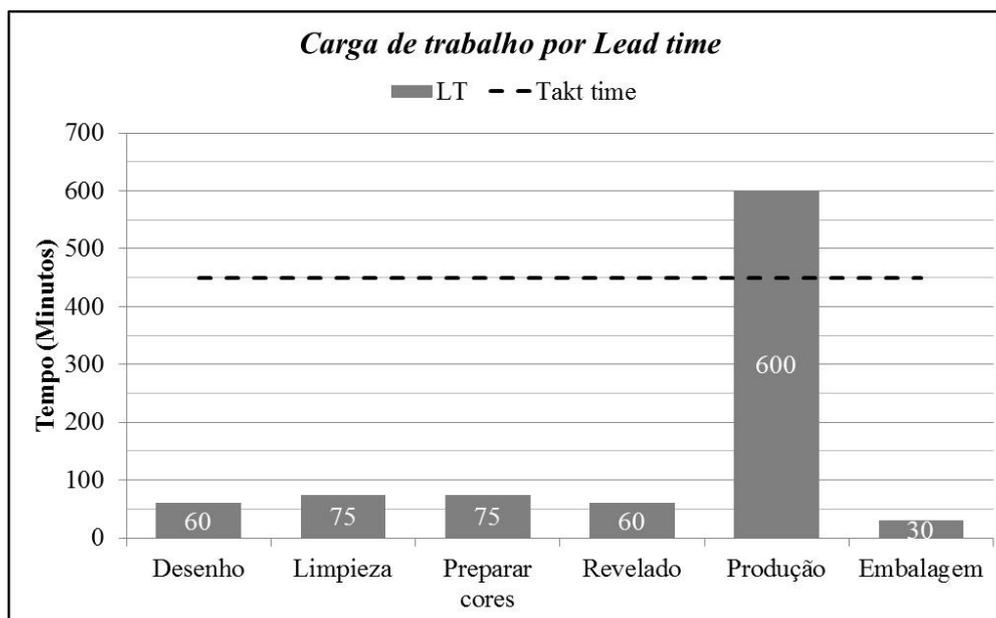
Figura 5.6. Mapa de fluxo de valor atual.



Fonte: Elaboração do autor com funcionários de EstampadoCo.

A carga de trabalho das estações analisou-se com os tempos de ciclo. Para um pedido médio, o tempo de processamento do pedido completo foi de 600 min. Considerou-se que o processo de estamparia (da produção) ultrapassa o *takt time*; no entanto, os outros processos não chegam a 25% do tempo. Pelo resultado da Figura 5.7, verificou-se que a carga de trabalho seria semelhante; mas que na produção existiria essa demora maior pelo pedido inteiro. Encontrou-se também que a maior fila era no processo da produção, pelo que se justificou uma maior atenção.

Figura 5.7. Análise dos tempos de ciclo da EstampadoCo.

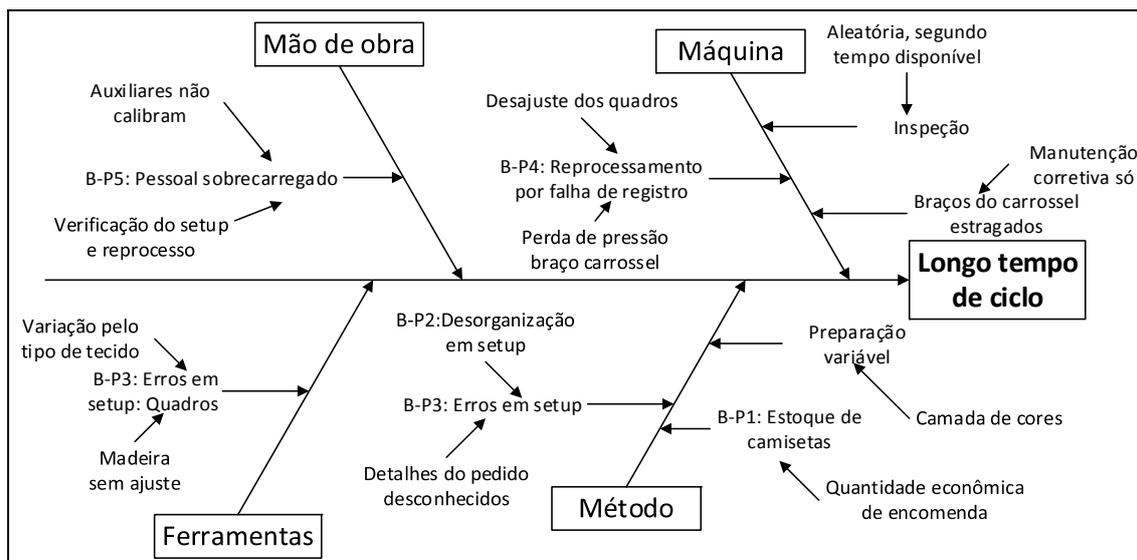


Fonte: Elaboração do autor com funcionários da EstampadoCo.

A Figura 5.8 apresenta o diagrama de Ishikawa que foi desenvolvido na análise de causa raiz do longo tempo de ciclo da produção. Algumas causas de problemas foram replicadas no diagrama pela forma em que foi desenvolvida a identificação de causas raízes. Os problemas encontrados entre o Mapa de Fluxo de Valor atual e essa análise de causa raiz, complementado com os tempos de ciclo, foram os seguintes:

- a) Estoque de camisetas (B-P1);
- b) Uma desordem visual na área de preparação de tintas (B-P2);
- c) Um alto tempo de setup (B-P3);
- d) Defeitos de registro na produção de estampado (B-P4);
- e) Sobrecarga do funcionário da produção (B-P5).

Figura 5.8. Diagrama de Ishikawa para análise de produção na EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor e funcionários da EstampadoCo.

Os problemas encontrados tiveram forte relação com os conceitos de desperdício. O estoque de camisetas (B-P1) foi identificado como problema. Esse problema foi identificado no começo do projeto *Lean*, com as definições de desperdício. O pedido de quantidade econômica de encomenda determinou-se como a causa desse estoque. As camisetas consideraram-se como o estoque de maior valor, já que as tintas e demais insumos não representavam um alto custo como as camisetas.

A desordem na preparação de tintas (B-P2), considerou-se como desperdício. Internamente nesse processo, relacionou-se o excesso de movimento como principal efeito. Na área de trabalho, encontrou-se que essa desorganização poderia estar influenciando a preparação das matrizes no carrossel. Esse efeito também implicaria um processamento inadequado na produção.

O tempo de preparação na área de produção (B-P3), considerando a estamparia, seria um dos maiores desperdícios. O conceito relacionado estaria em ferramentas inadequadas. As molduras de madeira não permitiam manter a tensão; assim como existiam quadros já desajustados para tecidos finos. Mesmo quando os quadros fossem preparados na etapa anterior, só na produção era possível perceber o desajuste no tempo da estamparia. Entre o ajuste nos quadros e as tintas como um produto só, os funcionários encontraram uma possível desconexão dos detalhes do pedido; mas eles não a consideraram como causa principal.

O quarto problema identificou-se como o reprocessamento por falhas de registro (B-P4). A qualidade da camiseta precisava muitas vezes em uma fase de reprocessamento por deslocamentos na posição das cores. Nesse problema, analisou-se a perda de pressão dos braços do carrossel de estamparia. Pelos funcionários, encontraram-se os braços

do carrossel estragados e com variabilidade no ajuste. Historicamente, a empresa só possuía relatórios de manutenções corretivas. Com o desajuste dos braços e o problema dos quadros, determinou-se como causas raízes no problema B-P4, sem conhecer qual seria mais impactante para o alto tempo de setup.

Derivado da análise por erros no setup (B-P3) e das falhas por registro (B-P4), encontrou-se que o pessoal de produção estaria sobrecarregado (B-P5). A empresa considerou o desperdício como a perda do envolvimento dos funcionários. Nesse caso, o setup do registro na estamperia e o controle dos braços com pressão só era destinado ao encarregado de produção. O mesmo operário era encarregado de resolver os problemas B-P3 e B-P4; mas os auxiliares não tinham o treinamento para ajudar nessa função. O sobre carregamento contribuiria para um alto tempo de setup na estamperia.

As outras causas mostradas na Figura 5.8, não foram consideradas como desperdícios ou problemas que tivessem impacto. Essas causas só foram propostas e identificadas, mas não tiveram propostas de melhoria. Entre elas estão: a variação de preparação nos tempos pela quantidade de camada de cores; tratamento de pedidos por prioridades, porque a demora não acontecia em todos os pedidos; uma inspeção aleatória, porque se considerava necessária mais nos pedidos de alto volume.

### **5.2.3.3 Proposta de melhoria com projeto Lean**

A partir dos cinco problemas identificados no projeto, a equipe de implantação propôs algumas melhorias no sistema. Essas propostas de melhoria foram:

- a) Compra de camisetas por pedido de cliente (B-M1), pela redução do estoque (B-P1);
- b) Implantação do método de 5's (B-M2) para organizar a preparação de tintas (B-P2);
- c) Aquisição de quadros (moldura e matriz) metálicos de estamperia (B-M3), para combater o alto tempo de setup (B-P3) e falhas de registro (B-P4);
- d) A manutenção e calibração do carrossel de estamperia (B-M4), para diminuir o tempo de setup (B-P3) e falhas de registro (B-P4);
- e) Controle de refugo e perdas (B-M5), para a falha de registro (B-P4);
- f) Padronização de procedimentos (B-M6) para evitar a sobrecarga do funcionário (B-P5).

A compra de camisetas passou a ser realizada segundo o pedido (B-M1) sem manter o estoque. A política tentou zerar os inventários, como uma redução direta de desperdícios. Essa forma de compra era realizada apenas para tecidos especiais, mas a empresa a adotou como medida geral. Essa medida foi implantada antes de fechar o projeto *Lean* e considerou-se que a proposta teria um estoque de zero, prévio ao desenvolvimento.

Com a implantação de *Lean*, a segunda proposta foi implantar o programa 5's (B-M2) na área de Preparação de tintas. O objetivo do programa era uma reorganização dessa área. A B-M2 considerou-se como uma área de teste piloto com a gestão visual para desenvolver o programa em todas as áreas. Como estimativa, calculou-se que essa área teria o tempo de preparação de 15 min para 5 min. Também, imaginou-se que a B-M2 animaria a desenvolver o programa nas outras áreas.

A aquisição de Quadros de metal (B-M3) considerou-se muito para reduzir o tempo de setup e para reduzir falhas do registro. A vantagem deles é que a tensão pode ser muito mais ajustável que com quadros de madeira. A tensão desses quadros é mantida em longas corridas de produção. Isso que reduziria a necessidade de vários ajustes e falhas de registro. Nesta proposta, estimou-se uma redução de 30 minutos de setup, deixando o novo tempo em 50 minutos, na produção. Neles, precisou um orçamento de compra que não foi divulgado.

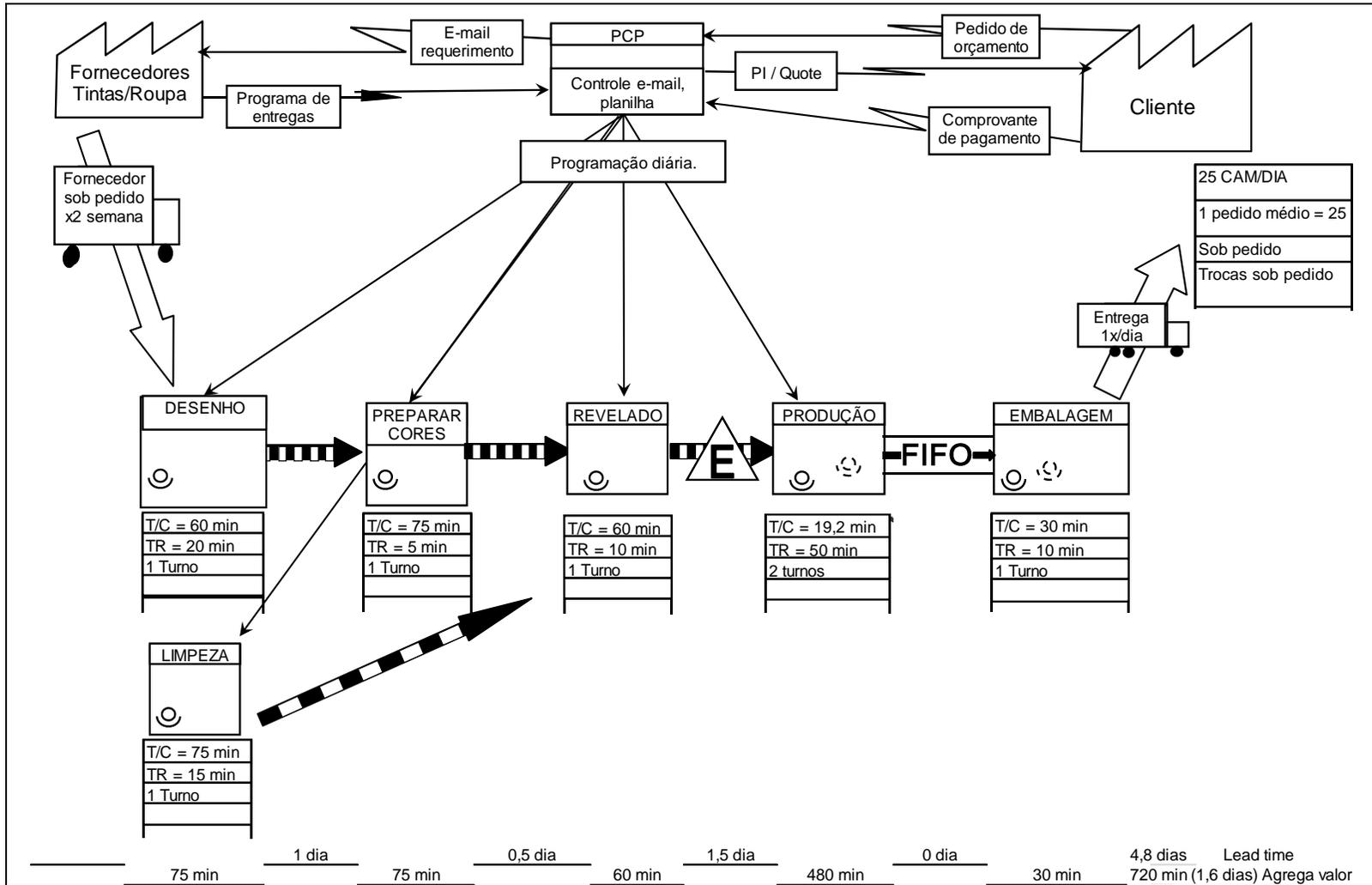
Na proposta de manutenção e calibração de carrossel de estamparia (B-M4), contou-se a um fornecedor principal do equipamento. A calibração permitiria regular a pressão uniformemente na camiseta e evitar os problemas B-P4 e B-P5. Com o pedido médio, estimou-se uma redução de tempo equivalente a duas camisetas processadas, deixando o novo valor do tempo de ciclo em 480 minutos na produção. Na proposta, não foi possível saber se os três braços estragados de seis do carrossel, conseguiriam ser consertados ou apenas seriam calibrados dois ou três braços em operação.

Pelas falhas do registro (B-P4), a equipe propôs um controle de refugo e perdas (B-M5). O controle não seria considerado como uma melhoria ou solução ao problema, mas quantificaria o impacto dessas falhas. Porém, outras propostas surgiriam depois de implantar o controle, como estabelecer um máximo de camisetas defeituosas para rejeitar um pedido. Segundo entrevistas, alguns pedidos tiveram maior gasto com perdas que custos do pedido com qualidade.

A partir dos conceitos *Lean* foi proposto uma padronização de procedimentos (B-M6). Com ela seria possível criar um treinamento com os auxiliares e que pudessem fazer alguns ajustes precisos. O objetivo principal foi evitar a sobrecarga de trabalho identificada. Nessa padronização seriam fixados alguns tempos de setup que poderiam ser reduzidos e estimados com exatidão.

Com as propostas de melhoria baseadas em *Lean*, obteve-se o mapa de valor futuro da Figura 5.9. O *lead time* passaria de 6,3 dias a 4,8 dias (uma redução de 24%). O tempo de agregação de valor passou a 720 minutos, 33% do tempo total. As propostas B-M5 e B-M6 não tiveram estimação de redução do tempo e consideraram-se como propostas para assegurar os valores obtidos.

Figura 5.9. Mapa de fluxo de valor futuro para EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor com funcionários da EstampadoCo.

### 5.2.3.4 Análise do projeto Lean

A partir das melhorias propostas, começou o projeto de implantação das propostas realizadas. A compra de camisetas segundo pedidos (B-M1) implantou-se com os fornecedores. Não se pôde verificar a redução do estoque devido ao tempo do projeto. O programa de 5' s na área de Preparação de Cores (B-M2) foi verificado até o quarto passo de cinco, faltando só a etapa de disciplina. Também, não se evidenciou a redução de setup nessa área. O controle de refugo e perda (B-M5) iniciou em vários pedidos, mas não tinha sido estabelecido por completo para registrar causas de falha de registro. A empresa considerou desenvolvê-lo em um trimestre para pensar em novas propostas.

As outras propostas só atingiram um nível de proposta e não se implantaram. A padronização de procedimentos (B-M6) iniciou com os auxiliares de produção; mas a gerência priorizou o estabelecimento do controle do refugo e perda. As propostas de manutenção de carrossel (B-M4) e aquisição de quadros de metal (B-M3) precisou de um orçamento para avaliar os benefícios da implantação.

O suporte do *Lean* para a empresa acabou no final do semestre de 2014. Durante o final do desenvolvimento desse projeto, a gerência se interessou pela abordagem QRM. A gerência decidiu encerrar o projeto *Lean* para não confundir a participação dos dois projetos. No momento de encerrar o projeto *Lean*, as propostas não implantadas ficaram como tarefas a desenvolver, especialmente se elas forem retomadas no projeto QRM. No Quadro 5.2, apresenta-se o resumo dos problemas identificados, as propostas de melhoria e o estado das propostas ao encerramento do projeto.

Quadro 5.2. Resumo dos problemas e propostas do projeto *Lean* na EstampadoCo.

| <b>Problema</b>  | <b>Proposta de Melhoria</b>  | <b>Estado da proposta ao final do projeto</b> |
|--|--|---|
| B-P1: Estoque de camisetas.                                | B-M1: Compra de camisetas por pedido de cliente.   | Implantado                                    |
| B-P2: Uma desordem visual na área de preparação de tintas. | B-M2: Implantação do método de 5's.  | Implantado                                    |
| B-P3: Um alto tempo de setup.                              | B-M3: Aquisição de quadros metálicos de estamperia.  | Só orçamento                                  |
| B-P4: Defeitos de registro na produção de estampado.       | B-M4: A manutenção e calibração do carrossel de estamperia.<br>B-M5: Controle do refugo e perda. | Só orçamento<br>Em andamento                  |
| B-P5: Sobrecarga do funcionário da produção.               | B-M6: Padronização de procedimentos.   | Planejado, não implantado.                    |

Fonte: Elaboração do autor.



## CAPÍTULO 6: O PROJETO DE MELHORIA QRM

Este capítulo apresenta os projetos de melhoria obtidos com a abordagem QRM, considerada como a terceira fase de pesquisa. Durante essa fase foi solicitada a documentação dos projetos de melhoria *Lean* que ajudassem com o projeto QRM. Cada empresa liberou parcialmente sua documentação. Pelos dados obtidos nesses projetos, realizaram-se mais entrevistas para encontrar mais elementos do estado da implantação *Lean* que apareceram dentro dos projetos QRM.

### 6.1 CASO 1: Digital Printing Co

O desenvolvimento do projeto QRM ocorreu entre março e outubro de 2014, segundo as datas da empresa. Ele começou com o treinamento de alguns funcionários em março de 2014. O projeto começou um mês depois e foi desenvolvido simultaneamente ao treinamento desses funcionários. Durante o projeto, foram realizadas reuniões semanais com algumas reuniões liberadas entre semanas. Neste caso, existiram duas visitas presenciais para identificar e confirmar alguns dados de projetos. No entanto, existiu um seguimento de algumas entrevistas posteriores até outubro de 2015, por uma refinação de algumas situações a esclarecer.

O roteiro de entrevista foi baseado na espiral de tempo *make-to-order*, conforme a Figura 2.6 e pela construção de mapa MCT, na Figura 2.11. Para essas entrevistas, o encarregado da cadeia de suprimentos da área e o coordenador de projetos de melhoria contínua participaram diretamente e envolveram aos outros funcionários da área de impressão digital. Por política da empresa, as entrevistas diretas aos operadores precisavam ser encaminhadas com os dois funcionários citados. Para incrementar a participação, foram preparados alguns *slides* que deram oportunidade de um maior envolvimento dos operadores.

Nas propostas de melhoria, os principais resultados discutidos pelo grupo foram enviados por e-mail. Ocorreu uma segunda entrevista para esclarecer detalhes dos conceitos e palavras técnicas utilizadas nesses relatórios. Elaboraram-se esquemas e desenhos para representar o detalhe dos relatórios e eram retornados com os dois funcionários para validar a informação. Em muitos casos, os desenhos eram concluídos em tempo de uma semana, em média, por parte dos dois entrevistados direto.

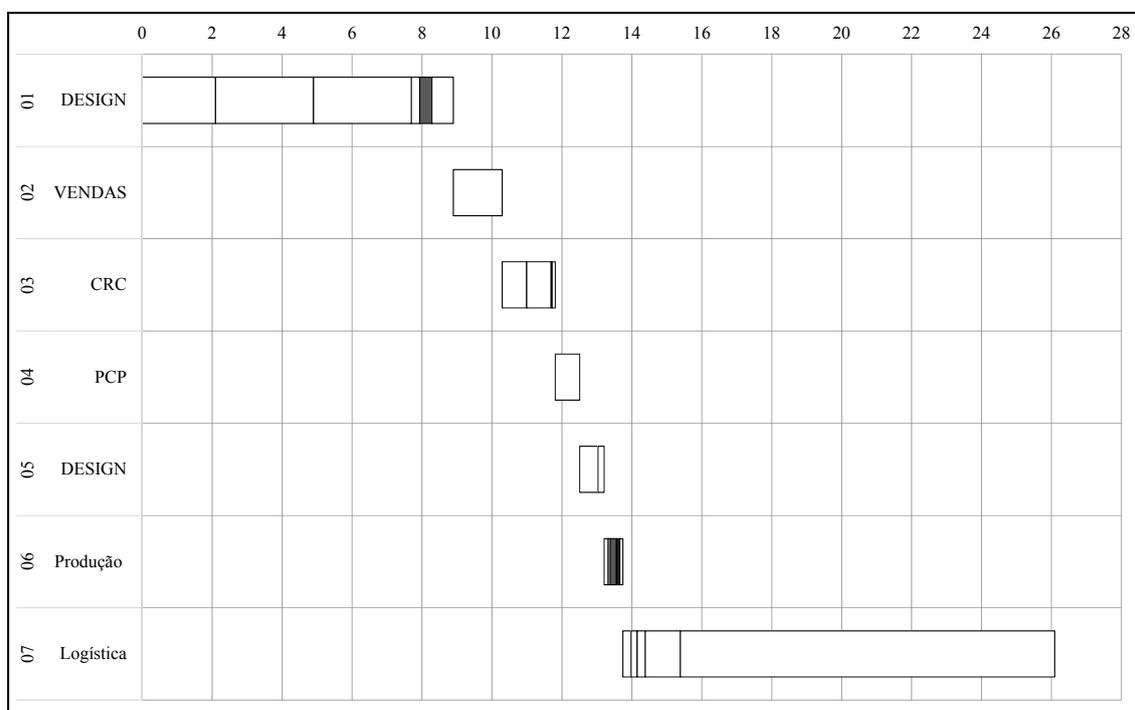
Com base aos dados coletados, alguns documentos foram acessíveis para validação das entrevistas e observações realizadas. Em alguns casos, alguns deles só foram visíveis *in situ* e não foi permitido o acesso direto. Entre os documentos analisados estão:

Manual de políticas e procedimentos (só dos processos estudados); Políticas da cadeia de suprimento do processo serigrafia; Relatórios dos tempos entre processos (gerados a partir de uma base de dados); e Relatório de acompanhamento do projeto na empresa.

### 6.1.1 Desempenho geral do sistema

Baseado nos dados coletados, O *lead time* encontrado foi de 26 dias aproximados (ver Figura 6.1), considerando que existe um tempo prazo de entrega padrão de 18 dias. Na percepção inicial dos funcionários, encontraram que o *lead time* inicial do primeiro mapa MCT era muito maior que o prazo de entrega padrão; e essa diferença explicaria alguns atrasos evidentes em vários pedidos. As atividades foram resumidas pelos tempos obtidos, em suas grandes áreas como Planejamento (PCP) e Produção (MNF). Como é apreciado na figura, o tempo que agrega valor é menor ao percentual de 5%, como adverte Liker (2005) nos projetos *Lean*. Por essa condição, os funcionários consideraram que o mapa era representativo. A estrutura do *lead time* do mapa MCT redirecionou o projeto para encontrar melhoras entre Design (processo de criação da arte) e a Logística do produto, desde o processo na Central de Faturamento.

Figura 6.1. Mapa MCT inicial para projeto da DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

### 6.1.2 Refinamento do escopo do projeto com metas

Pelo resultado desse mapa MCT inicial, a gerência estabeleceu como objetivo principal a redução do *lead time* para diminuir os atrasos dos pedidos. Nessa redução, os objetivos secundários para o projeto foram:

- a) Propor melhorias de redução de *lead time*, usando QRM;
- b) Definir outros controles necessários para manter essa redução de *lead time*.

Dentro da empresa, definiu-se esse projeto segundo os formatos padrões com passos DMAIC, pela documentação exigida nos projetos de melhoria. Esse projeto foi desassociado dos passos de melhoria contínua dos projetos *Lean* e não estaria sendo certificado nos passos de melhoria *Lean*, como a empresa determina nesses projetos. Com essa consideração, a empresa permitiu a realização desta pesquisa. Essa autorização permitiu uma maior atenção dos funcionários dentro do projeto. A meta proposta da redução de *lead time* foi de uma redução de 26 para 12 dias. Esse tempo foi estimado, pois atingiria uma minimização dos atrasos dos pedidos.

### 6.1.3 Coleta detalhada e análise de dados

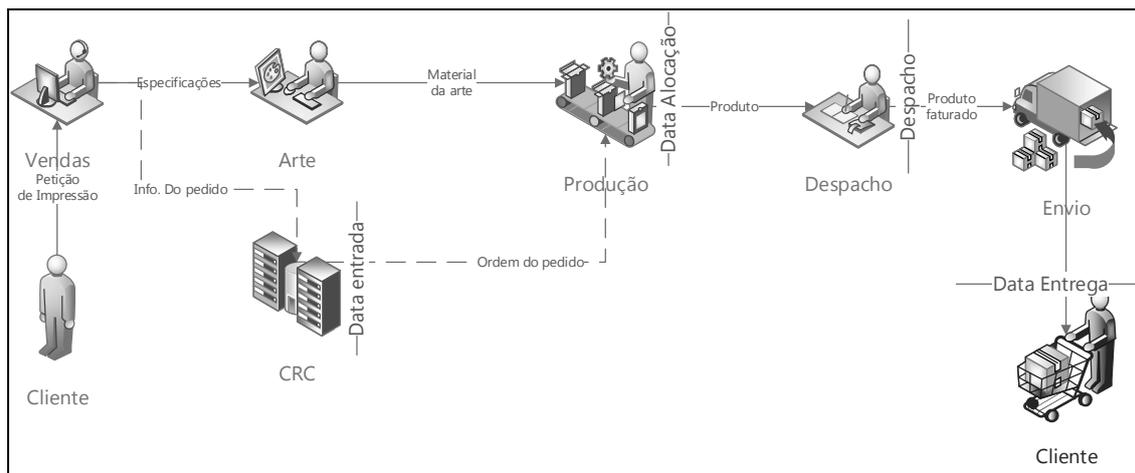
A partir da meta fixada do projeto em obter o *lead time* de 12 dias, o projeto passou à etapa de coleta detalhada e análise de dados. Os objetivos da coleta de dados foram: (i) determinar a estrutura do *lead time* para identificar oportunidades de melhoria; (ii) definir as causas do *lead time* que não agrega valor; e (iii) detalhar a variedade que existe dentro do processo. Esses objetivos foram atingidos com as entrevistas, uma análise aos documentos e um retorno de refinamento desses resultados. Apresenta-se o refinamento do mapa MCT, a análise de causa e o detalhe de pontos de variedade considerados no projeto.

#### 6.1.3.1 Refinamento do MCT

A estrutura do mapa MCT foi refinada a partir dos dados obtidos no relatório de tempos obtido da base de dados da empresa. Pela dependência da sequência e pela variância dos dados, optou-se por uma estimação de parâmetros por simulação. Esse processo de simulação foi desenvolvido com os passos recomendados por Banks (1998). Dentro dessa estimação, estabeleceu-se um modelo (ver Figura 6.2 e Apêndice E para mais detalhes da

figura) com os dados disponíveis no relatório. Para os dados não marcados na figura, realizou-se um *tagging* para obter tempos que permitissem a validação dos resultados de simulação. O modelo foi apresentado aos funcionários para uma verificação da lógica do processo. O *lead time* dos pedidos foi considerado como o valor de validação para os resultados do modelo. Considerou-se um tempo de corrida de seis meses na simulação, semelhante ao período compreendido no relatório da base de dados.

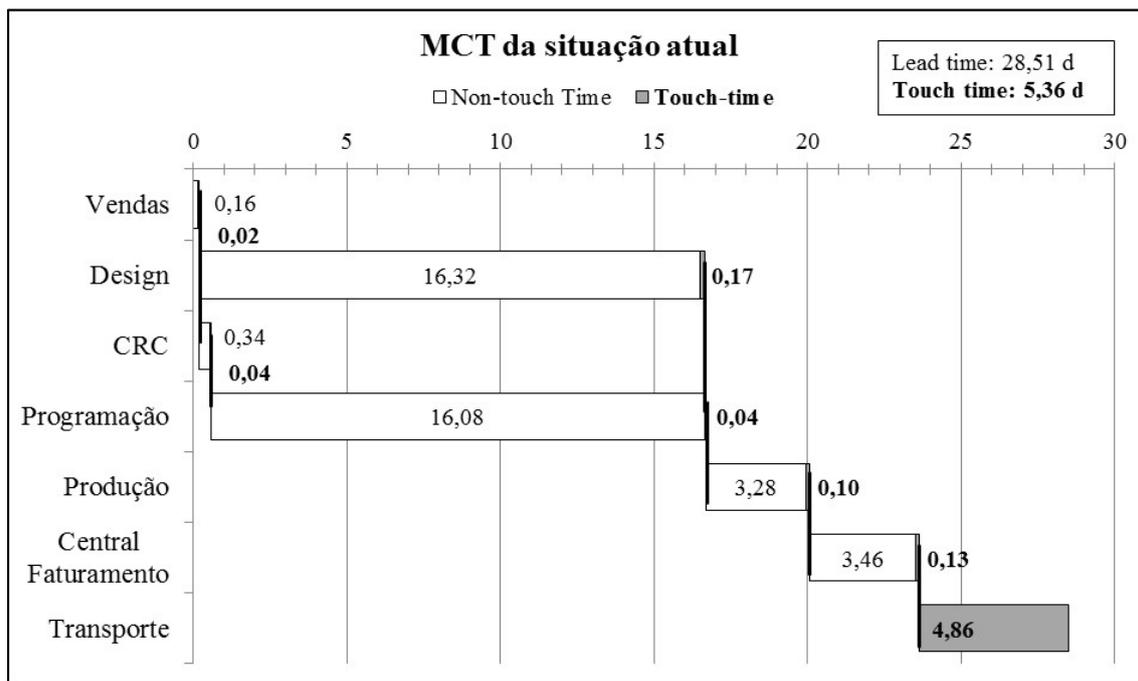
Figura 6.2. Modelo abstrato da situação inicial do QRM, na DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

Com o resultado na simulação, o *lead time* calculado foi de 28,51 dias. Esse resultado modificou o valor referência de 26 dias, tempo estimado na percepção inicial dos funcionários. O tempo de agregação de valor médio foi de 5,36 dias, considerando 18,54% do tempo total de esforço (28,91 dias se não existirem atividades paralelas). Pela estrutura apresentada na Figura 6.3, o processo de Design tem o maior tempo de demora na agregação de valor, com 16,32 dias e equivalente ao 56,43% do tempo de esforço. A programação apresenta um valor de espera de 16,08 dias pela dependência em Design e não tem espera pela dependência no CRC. Com esses resultados, o mapa MCT desvenda que a maior fila estaria na área de Design e seria detectável na espera da Programação. Mesmo mantendo os dois processos focados no início do projeto, modificou-se que os impactos esperados em Design seriam maiores que em Transporte. Como não mudaram os dois processos, manteve-se o escopo original do processo.

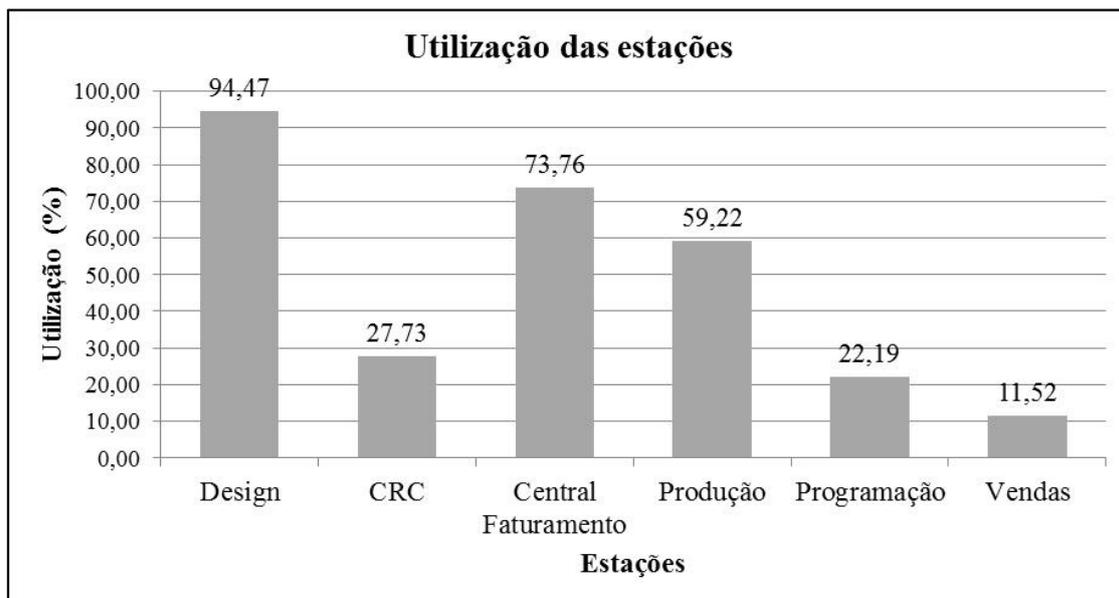
Figura 6.3. Mapa MCT da situação inicial DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

Considerando a frequência de pedidos, estimou-se a utilização das estações de trabalho, apresentadas na Figura 6.4. O tempo de espera encontrado na estação de Design foi explicada pela alta utilização da estação (94,47%) ao ultrapassar o limite desejado de 80%, segundo os princípios do QRM. As seguintes estações estariam com efeito entre a Central de Faturamento (processo de despacho) e a Produção. Para o caso de Transporte, sua utilização não foi calculada porque não existe um limite na quantidade de pedidos a enviar, para esse tipo de produtos.

Figura 6.4. Utilização das estações na DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

#### 6.1.3.2 Problemas identificados utilizando o mapeamento do MCT.

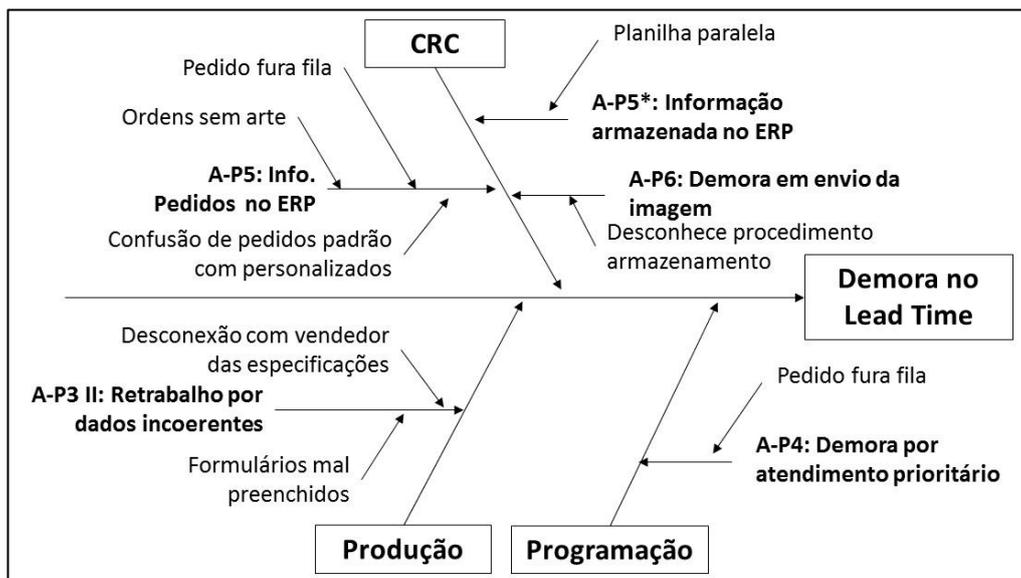
Entre as entrevistas realizadas, documentos analisados e apresentações de conceitos, pesquisaram-se as causas raízes para os tempos de não agregação de valor. Nesse processo, utilizou-se o QRM *detective*, focando no efeito da redução de *lead time*. Os operadores e funcionários se reuniam para identificar causas de demora e incrementos no *lead time*. Nas reuniões, analisavam muito o fluxograma detalhado e a experiência dos operadores. Os gerentes reportaram os seguimentos o projeto para cada reunião. Na pesquisa, apenas foi fornecido o relatório final como documento. Porém, pelas entrevistas com os funcionários durante esse ciclo e as entrevistas posteriores, permitiu identificar e confirmar as causas raízes. As causas identificadas foram:

- a) Informação armazenada dos pedidos no ERP (A-P5);
- b) Demora em envio das imagens de Design para Impressão (A-P6);
- c) Alta utilização na área de Design (A-P7);
- d) Procedimento aleatório para processo de venda (A-P8);
- e) Informação de especificação coletada nos pedidos (A-P9);
- f) Retrabalho das imagens em Design (A-P10);
- g) Despacho de pedidos completados por janelas de tempo (A-P11).

Com a primeira análise realizada para o projeto *Lean*, os funcionários retomaram o problema do retrabalho na produção por dados incoerentes (A-P3). Esse retrabalho foi analisado nos efeitos gerados em áreas de Vendas e Design. Esse retrabalho (A-P3 II) encontrou uma desconexão das especificações emitidas no vendedor com a arte realizada em Design. Esse retrabalho já considerou os problemas identificados em reprocesso na impressão para ajustar os arquivos digitais. Dentro da desconexão, encontraram-se formulários incompletos pela personalização dos produtos na especificação da venda. Essa demora ativava um processo adicional não contemplado para cada produto que apresentasse. A frequência de reprocesso na produção era muito baixa, porque era devolvido para Design que permitia conferir os dados com os vendedores.

Partindo do problema A-P3 II, constatou-se que os dados armazenados nos pedidos no ERP eram muito padronizados e inflexíveis para os produtos (A-P5). Devido ao padrão dos módulos para interligar as informações, muitos dados específicos sobre o produto não eram armazenados nesse sistema. Como exemplo, quando um pedido solicitasse uma dimensão específica, o sistema ERP permitia cadastrar somente dimensões padrões nos produtos; assim explicava-se esse padrão na solicitude do sistema com o consumo de substrato. Com essa informação do pedido, não eram identificados os pedidos de produtos padrão com aqueles personalizados. Como no sistema não tinha armazenamento dessa prioridade, os produtos mais urgentes não eram identificados. Essa causa também era parte da demora por atendimento prioritário (A-P4). A comunicação dos detalhes criava planilhas paralelas para serem enviadas no meio do desenvolvimento. Pelo envio por várias fontes, entre e-mail, planilhas e sistema ERP, uma incoerência entre elas deteria o processo. Uma segunda característica era que um pedido podia ser ativado no ERP, mesmo não tendo o arquivo digital de imagem. Pelo tamanho de arquivo de imagem, ele era comunicado em outra rede paralela ao sistema ERP, como forma de não sobrecarregar o sistema. Pelas possíveis mudanças no pedido por causa do tratamento da imagem, a informação do sistema ERP, sem atualização, gerava conflitos de processamento. Programação tinha como base os pedidos no sistema para indicar a ordem dos pedidos, mesmo que depois detalhasse mais em forma individual e determinasse prioridades. Na Figura 6.5, apresenta-se a relação existente de problemas relativos ao A-P3 II.

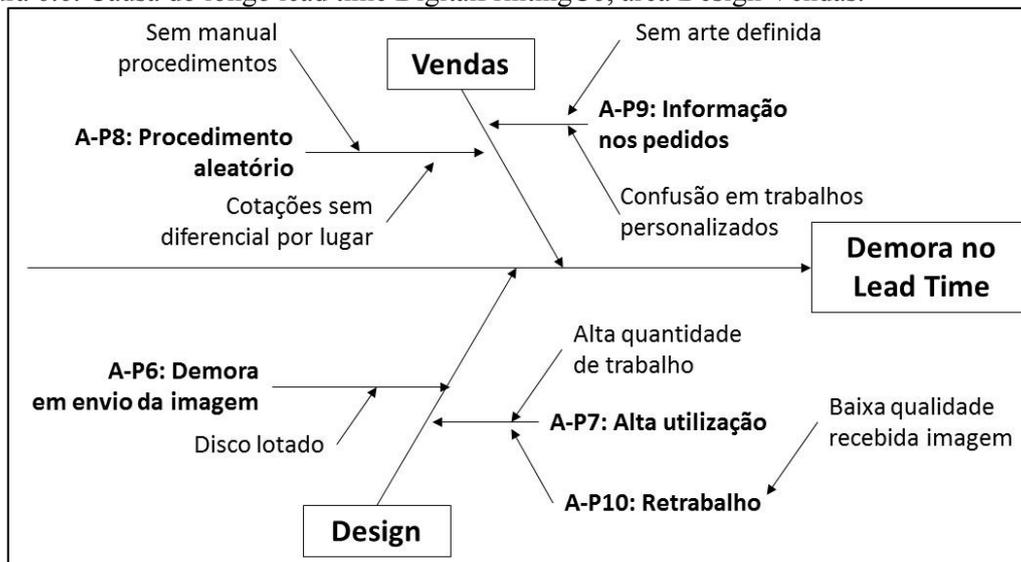
Figura 6.5. Diagrama de causa e efeito DigitalPrintingCo, área CRC, Produção e Programação.



Fonte: Elaboração do autor.

Sabendo dos dois sistemas paralelos, um para imagens digitais e outro para controle de pedidos, encontrou-se uma demora no envio dos arquivos de Design (A-P6). No primeiro momento de análise, identificou-se que Design desconhecia todo o processo de armazenamento no sistema paralelo (ver Figura 6.5). Pela situação, CRC era a encarregada de definir esse procedimento. Porém, também Design mostrou que o armazenamento era limitado. Frequentemente, o disco estava lotado e sem manutenção para enviar o último arquivo editado com a imagem, mostrado na Figura 6.6. Esse processo de manutenção também pertencia ao CRC pela liberação dos pedidos. Esse conflito de informação e demora, identificava-se na Impressão, logo que um pedido já estivesse programado e não pudesse ser executado.

Figura 6.6. Causa do longo lead time DigitalPrintingCo, área Design Vendas.



Fonte: Elaboração do autor.

A partir do resultado da Figura 6.4, encontrou-se que a alta utilização na estação de Design (A-P7) geraria um alto *lead time* que explicaria essa demora, sabendo o efeito infinito da fila. A primeira causa foi apontada o grande o número de pedidos, apresentado na Figura 6.6. Na atribuição de funções, Design precisava um maior contato com os clientes para o tratamento das imagens. Parte desse trabalho era o tratamento de imagens para estabelecer o orçamento, para clientes comuns da empresa. Porém, em caso de entrega de pedidos ganhos em leilões, esse tratamento fazia parte do prazo de entrega e não podia permitir muita demora.

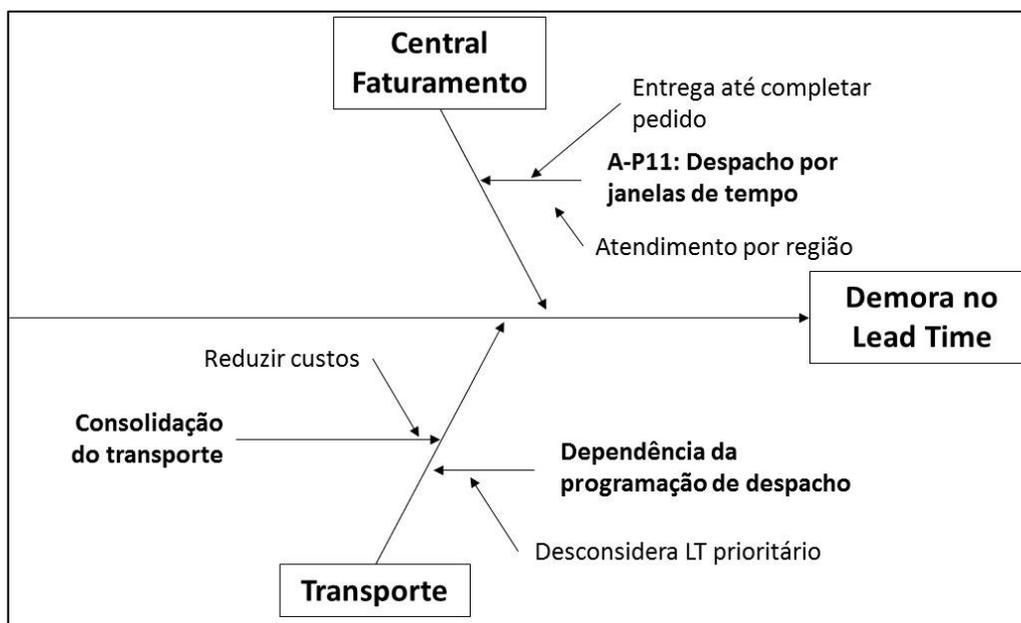
No caso de vendas, encontrou-se que o procedimento de especificações dos pedidos era aleatório (A-P8). Dependendo de cada vendedor, o procedimento com o cliente era diferente e tinha especificações diferentes. Esse procedimento não definiu um manual para que fosse um fluxo padronizado. No efeito da demora, a informação não continha os mesmos detalhes que Design precisava para conferir os arquivos. A outra causa encontrada foi que as cotações de produtos não possuíam diferencial de prazo de entrega por local de entrega. Oferecia-se um prazo de 18 dias como o padrão, mesmo que se tratasse uma cidade distante sem calcular o tempo de transporte. Esse prazo constante não era considerado na data prometida de entrega. Além da cotação, esse tempo não considerava o possível tratamento da imagem para o orçamento, o que poderia atrasar o pedido sem considerar essa informação adequada.

Outro problema encontrado em vendas foi a diferente qualidade de informação nos pedidos (A-P9). Em muitos produtos, a arte não estava definida para especificar os detalhes no pedido. O arquivo permitia muitas mudanças no processo de vendas, que fazia um orçamento diferente ao proposto. Vendas terminava o processo, mas ainda ficava sem verificar o que Design enviava como resultado final da arte para Produção. Os trabalhos personalizados apresentavam essa confusão e eram os mais propensos a reprocesso.

Desde um maior detalhe da utilização de Design (A-P7), encontrou-se que o retrabalho devido às incoerências (A-P10) era uma causa para as demoras. A qualidade da imagem dependia completamente do cliente, mas no contato em vendas não era comunicado alguma preferência de arquivos digitais. Em Design, o efeito era que de um tratamento simples de arquivos, poderia ser criada uma imagem a partir de desenhos manuais. Esse levantamento não era previsível porque dependia também das autorizações e do contato do cliente. As esperas entre o contato e a aprovação do cliente para verificar as mudanças na imagem criavam um processo que deixava muitos produtos na fila do processamento. Ainda que o pedido tivesse prioridade alta, a espera também ocorria na comunicação dessas prioridades pela gerência.

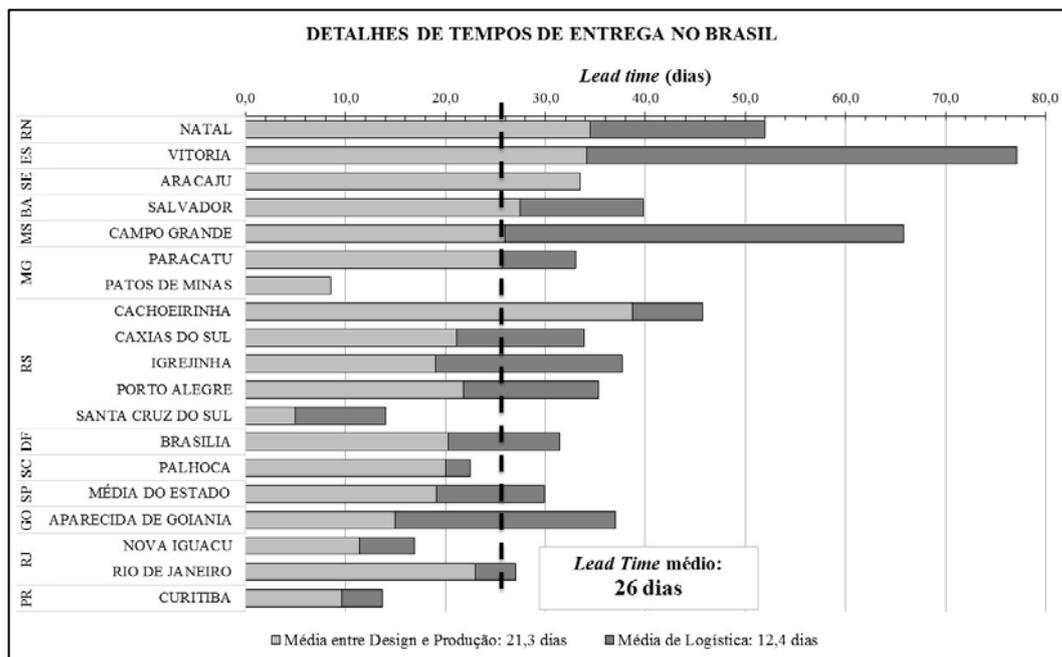
Na área de Logística, encontraram-se alguns problemas, conforme na Figura 6.7. Entretanto, foi considerado que todos mantinham uma causa principal: o despacho por janelas de tempo (A-P11). O atendimento por região na Central de Faturamento estabelecia uma data e uma hora fixa dependendo da cidade de entrega. No entanto, a Figura 6.8 mostra a variabilidade dos tempos que existiam para entregas dependendo das cidades, por exemplo, a diferença entre Curitiba – PR e Vitória – ES; assim como a contribuição do tempo de logística comparado com o tempo na produção. A média de 12,4 dias no tempo em logística explica parte do atraso previsto nos pedidos. É de esclarecer que os 8,34 dias contabilizados no MCT (Figura 6.3) consideram todos os pedidos; assim como que o estado de São Paulo concentra o 40% de todas as entregas. Esse atraso estaria sendo gerado pela política de atendimento.

Figura 6.7. Diagrama causa e efeito da DigitalPrintingCo, área Logística



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 6.8. Resumo de destinos de pedidos na DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

#### 6.1.4 Propostas de melhoria com o projeto QRM

Os resultados das reuniões de melhoria entre os funcionários e os gerentes permitiram criar as sugestões de melhoria. A ordem apresentada das propostas segue a lógica em que os problemas foram enumerados, considerando que algumas foram propostas simultaneamente. Seguindo a abordagem QRM, as propostas foram as seguintes:

- Reconfiguração em CRC com unificação de planilhas (A-M6);
- Acesso do Sales Flash para criar mapa PDF como armazenamento dos pedidos (A-M7);
- Célula entre arte e produção (A-M8);
- Criar procedimento e tabelas de valores padrões segundo características (A-M9);
- Cartilha de procedimento novo por especificações do pedido (A-M10);
- Faturamento dedicado com entrega por SEDEX (A-M11).

A reconfiguração em CRC do sistema de informação (A-M6) busca uma unificação das planilhas de informação. Nessa integração, nova informação seria armazenada no ERP; porém, seria preciso modificar o sistema. Na solução foi considerado que existisse um módulo de tratamento de informação específico para Impressão Digital. Nesse módulo, seriam anexadas as planilhas para que não dependam de comunicação com e-mail. A mudança no

módulo seria a incorporação de dimensões e camadas de cores, prioridades de linhas e especificações da imagem a tratar, segundo o desenho da cartilha (o detalhe da A-M10). O módulo resumiria a informação e a enviaria para o ERP, minimizando essa desconexão. Nesse módulo seria controlada a programação, além de ligar os arquivos de imagens nos pedidos. A solução precisaria um investimento no desenvolvimento do módulo e a mudança dos servidores. O efeito previsto estaria sendo minimizado na fila esperada em arte.

Como o grande problema visto no envio das imagens de Design (A-P6), a proposta foi um acesso ao *Sales Flash* em Design para criar o mapa PDF com o armazenamento dos pedidos (A-M7). Esse *Sales Flash* é o sistema de controle das vendas no CRC, com que são identificados os pedidos. O mapa PDF é o detalhe das especificações da imagem fora do arquivo da imagem. Com o acesso, Design tinha a opção de visualizar o detalhe declarado pelo vendedor e reduzir a incoerência de informação. Pela reconfiguração proposta (A-M6), esse acesso seria vital para operar o módulo e minimizaria o risco de erros nos dados. A maior mudança em Design é identificar os arquivos de imagens pelo número de pedido, facilitando na produção a procura de informação de cada arquivo. O efeito foi previsto na espera de arte e na quantidade de rejeições na produção.

Desde os retrabalhos em Design (A-P10), a célula de dedicação exclusiva para detalhes entre arte e produção (A-M8) foi proposta como melhoria. Além de revisar os retrabalhos, foi pensada para minimizar a carga de trabalho identificada (A-P6). A célula permite que o funcionário da impressão mantenha uma comunicação direta com Design e considere parte da sua função a edição dos detalhes das imagens. Caso do funcionário de Design ele compartilharia algumas tarefas da preparação de impressão. Com isso, a célula estaria responsável dos retrabalhos, sendo que não seria uma função exclusiva em Design. Nesse sentido, a maior causa de retrabalho já seria minimizada. A proposta tenderia a reduzir esse tempo de retrabalho na fila de Design, com a consequência que Produção teria um incremento na carga de trabalho.

Para uma resposta mais rápida ao cliente, os funcionários propuseram a criação de um procedimento e tabelas de valores padrões de *lead time* segundo as características do pedido (A-M9). A tabela conteria a média dos tempos que seria preciso incrementar para a especificação do pedido, com base na estrutura de quanto é modificado o MCT atual. Nessa tabela eliminaria a taxa fixa de entrega e daria o tempo segundo o destino, assim como preços unitários segundo o volume do produto. O procedimento considera que agora o vendedor tenha a tabela e a célula de arte-produção (A-M8) declare essas características pela cartilha. O desenvolvimento da melhoria precisaria o treinamento dos vendedores e da nova célula para implantá-la. A P8) seria reduzida e seu efeito estaria na redução da informação fornecida para o cliente.

Pelas falhas encontradas na informação dos pedidos (A-P9), propôs-se uma cartilha de especificações do pedido (A-M10). Nessa cartilha, seria considerado o formato do arquivo que o cliente mandou, para estimar o tempo de processamento dessa imagem; as dimensões específicas de várias capas na imagem; camadas de cores; materiais a especificar (caso existam variantes) entre outros dados. A cartilha seria ingressada no módulo do CRC (A-M6) para tratar os dados dentro dos sistemas. Tanto Vendas como Design preencheriam a mesma planilha para unificar os dados dos pedidos. Dentro de produção, o seguimento do pedido seria controlado a partir dos dados da cartilha, incluindo a existência de prioridades. A melhoria estaria na redução do *lead time* em todo o processo, especialmente nos retrabalhos em Design (A-P10).

Para o problema do despacho de pedidos e transporte (A-P11), a proposta de melhoria foi o faturamento dedicado com entrega por SEDEX (A-M11). A mudança da política estaria no atendimento sequencial para criar um fluxo liberado nas ordens. A melhoria considera que o transporte seja terceirizado no sistema de correios de entrega imediata. O tipo de produto é leve e o volume no pedido não atinge uma restrição no envio. Com a proposta, estima-se que as esperas por consolidação e a variabilidade do tempo sejam reduzidas, a fim de reduzir o *lead time*. Essa redução daria um tempo de 3,6 dias, segundo a média de destinos utilizados.

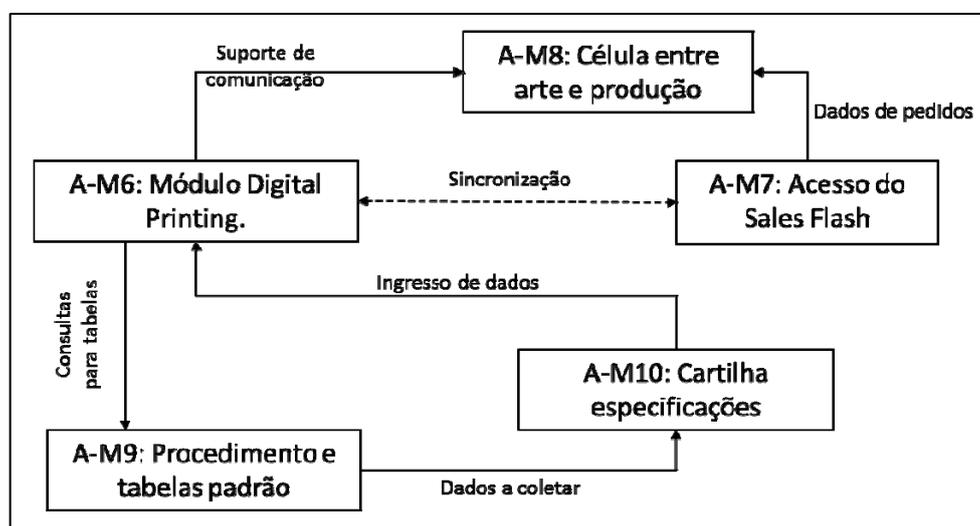
No Quadro 6.1 são apresentados os problemas e as propostas de melhoria realizadas. A DigitalPrintingCo criou um plano de ação para revisar como seriam implantadas. Nesse plano, as estimativas de cada proposta foram realizadas com a simulação para determinar o mapa MCT. Durante a análise do plano de ação, os funcionários encontraram que as propostas A-M6 a A-M10 estariam relacionadas para serem implantadas, como apresenta a Figura 6.9. Com base a essa relação, decidiu-se em avaliar todas as melhorias em conjunto. No caso da avaliação do *lead time*, essa proposta foi referenciada mais como a célula entre arte e produção (A-M8) por decisão dos funcionários e por ser a mais representativa forma de mudança. Como as propostas foram consideradas como o plano de ação, na avaliação das melhorias juntaram-se todos os efeitos das propostas como uma proposta de melhoria.

Quadro 6.1. Propostas de melhoria com QRM na DigitalPrintingCo.

| Problema   | Proposta  |
|--|---|
| A-P5: Informação armazenada dos pedidos no ERP               | A-M6: Reconfiguração em CRC com unificação de planilhas.                        |
| A-P6: Demora em envio das imagens de Design para Impressão   | A-M7: Acesso do Sales Flash para criar mapa PDF como armazenamento dos pedidos. |
| A-P7: Alta utilização na área de Design                      | A-M8: Célula entre arte e produção  |
| A-P8: Procedimento aleatório para processo de venda          | A-M9: Criar procedimento e tabelas de valores padrões segundo características.  |
| A-P9: Informação de especificação coletada nos pedidos       | A-M10: Cartilha de procedimento novo por especificações do pedido.              |
| A-P10: Retrabalho das imagens em Design;                     | A-M8: Célula entre arte e produção  |
| A-P11: Despacho de pedidos completados por janelas de tempo. | A-M11: Faturamento dedicado com entrega por SEDEX.                              |

Fonte: Elaboração do autor com funcionários da EstampadoCo.

Figura 6.9. Relação das propostas de melhoria QRM na DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor com funcionários da EstampadoCo.

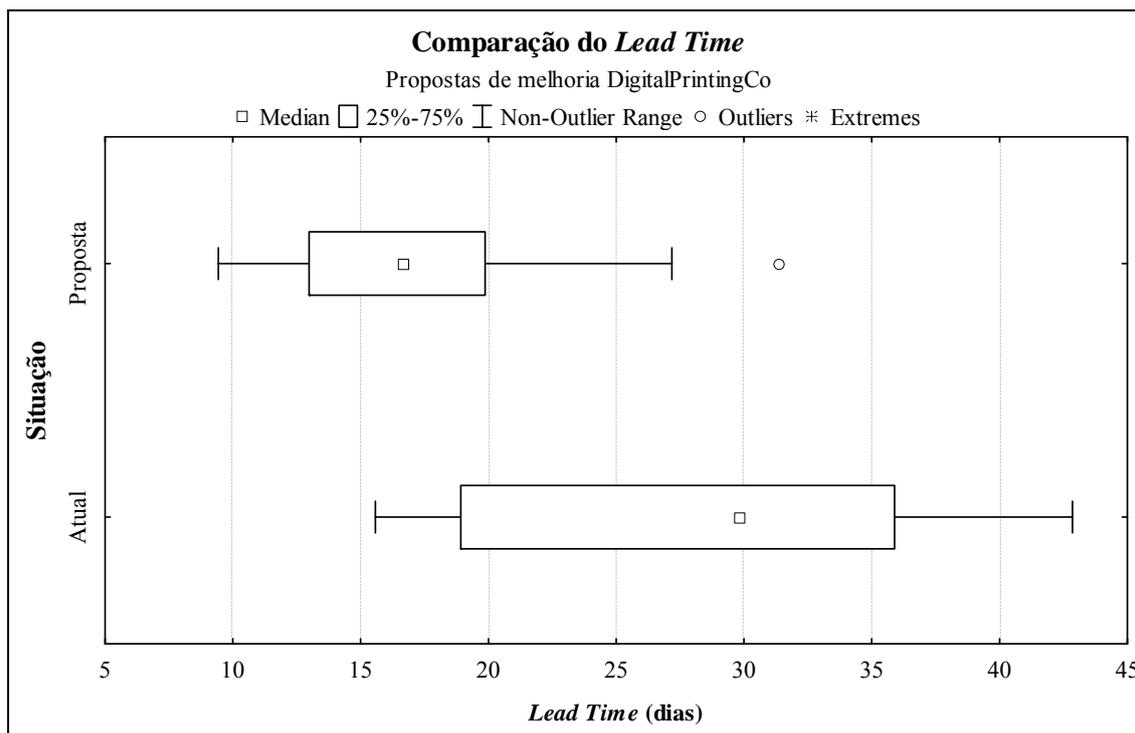
A estimativa de *lead time* na simulação precisou de 20 réplicas com corridas de sete meses, correspondentes na produção entre meses de setembro de 2013 a março de 2014. Como apresentam o resumo dos resultados da simulação na Tabela 6.1, o conjunto de propostas reduziria o *lead time* da situação atual, a redução de *lead time* é claramente apreciável na Figura 6.10.

Tabela 6.1. Estimação dos efeitos da melhoria na DigitalPrintingCo.

| Proposta                          | LT médio | LT Desv. Padrão | LT Mediana | Redução LT médio |
|-----------------------------------|----------|-----------------|------------|------------------|
| Situação atual no projeto QRM     | 28,795   | 9,132           | 29,833     | -                |
| Propostas em conjunto da melhoria | 17,294   | 5,528           | 16,680     | 39,94%           |

Fonte: Elaboração do autor

Figura 6.10. Comparação das propostas de melhoria na DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor

Os dados foram testados para determinar a diferença significativa. A situação atual apresentou um padrão de dados da distribuição normal, pelo valor  $p$  de 0,0693 do teste de Saphiro-Wilk para normalidade (considerando um 95% de significância). Os resultados da proposta mostraram um claro padrão normal, com valor  $p$  de 0,1997 no mesmo teste. A partir do teste  $t$  de independência aplicado *lead time*, na Tabela 6.2, a situação proposta tem uma diferença significativa com a situação atual. Isso confirma que as propostas reduzem o *lead time* significativamente.

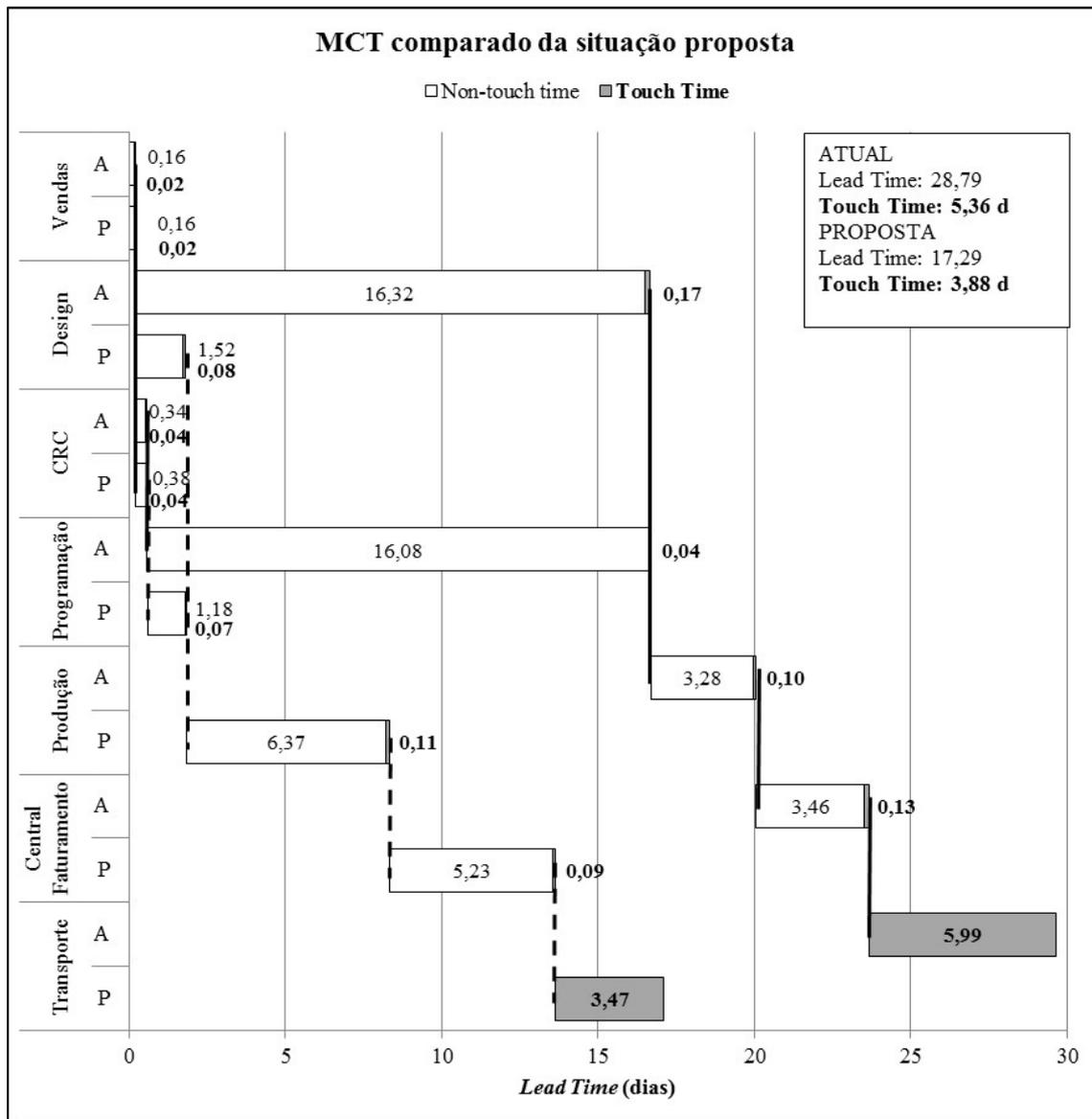
Tabela 6.2. Resultados do teste  $t$  para propostas QRM na DigitalPrintingCo.

| Média Atual | Média Proposta | $t$ -value | $df$ | p valor  | Desvio padrão da Atual | Desvio Padrão da Proposta. |
|-------------|----------------|------------|------|----------|------------------------|----------------------------|
| 28,79510    | 17,29369       | 4,818406   | 38   | 0,000023 | 9,131977               | 5,528107                   |

Fonte: Elaboração do autor

A comparação dos resultados do mapa MCT, na Figura 6.11 (A: Situação atual; P: Situação Proposta), identifica que a maior redução foi no tempo de espera de Design. Porém, o tempo de espera na produção incrementa como compensação do trabalho realizado na célula. Essa diferença estaria explicada no fluxo que liberaria Design como estação e passaria diretamente ao resto da cadeia. O efeito da proposta A-M11 reduz o total de 9,59 dias, considerando Central de Faturamento e Transporte, a 8,78 dias. A proposta não teria uma redução significativa como o conjunto. O tempo de agregação de valor estimado é de 3,88 dias, com 22,67% do *lead time* proposto (17,29 dias).

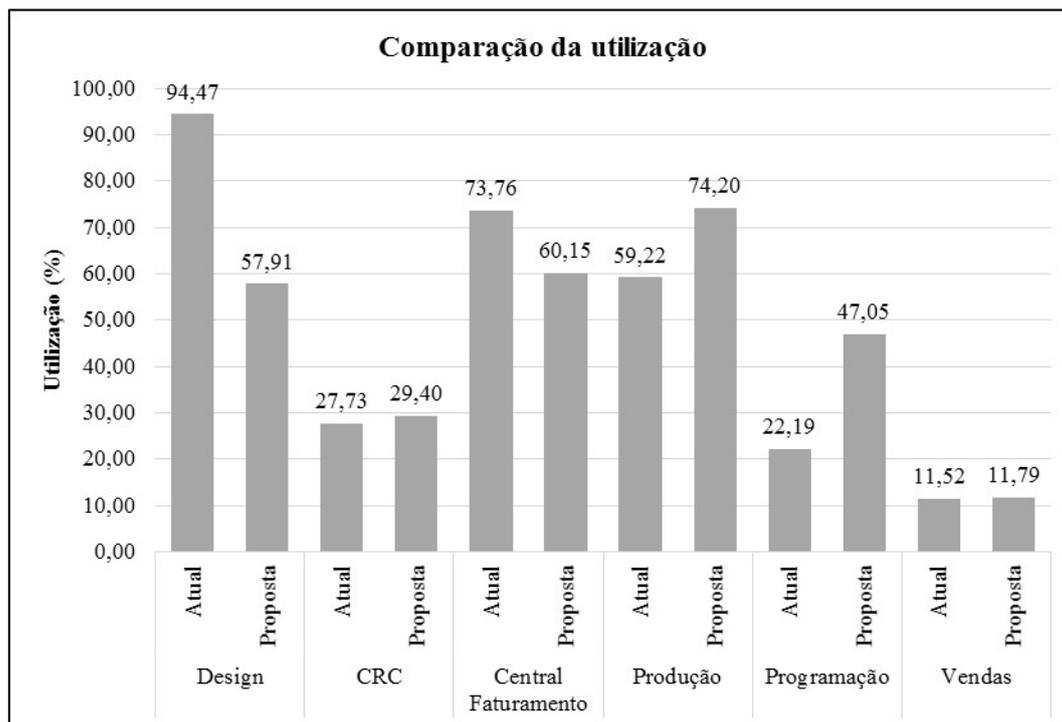
Figura 6.11. Comparação da proposta QRM no mapa MCT para DigitalPrintingCo



Fonte: Elaboração do autor

A comparação na utilização das estações, Figura 6.12, identifica que na proposta não haverá estação com utilização maior ao 80%. Em Design, a proposta reduz consideravelmente a utilização. Já em Produção, existe um incremento como carga nova de trabalho. A redução na Central de Faturamento está ligada com a proposta A-M11, porque teria esse atendimento sequencial. A Programação tem o maior incremento com a proposta, mas não teria ainda efeitos notáveis na diferença do *lead time*.

Figura 6.12. Comparação da utilização no projeto QRM da DigitalPrintingCo



Fonte: Elaboração do autor

Na avaliação de custos, a proposta A-M8 não teria um investimento adicional do orçamento dos projetos de melhoria. Para a A-M11, o incremento não superou uma faixa de 2%, pelo que a empresa considerou como aceitável. A empresa avaliou que o plano de ação não teria maiores impedimentos na execução. Os resultados desse plano de ação não foram coletados.

## 6.2 CASO 2: EstampadoCo

O projeto para propostas de melhoria de QRM foi desenvolvido entre março e setembro de 2014. Desde dezembro de 2013, os conceitos da abordagem e os princípios foram apresentados para desenvolver a proposta de melhoria. Durante o desenvolvimento do projeto, foram realizadas reuniões a cada quinze dias com alguns intercâmbios de e-mail de maior frequência. Durante as entrevistas, o supervisor permitia a visita virtual de um computador dentro das instalações para atender qualquer dúvida que surgisse com os outros participantes.

O roteiro de entrevista utilizado foi baseado na espiral de tempo *make-to-order*, apresentada por Suri (2010b) na Figura 2.6, com a participação do supervisor e dois funcionários. A imagem era apresentada durante a entrevista e eram tomadas notas segundo

como os funcionários encontravam que descrevia a empresa. O segundo roteiro fundamentou-se nos dez princípios do QRM, apresentados pelo mesmo autor. Os roteiros gráficos permitiram uma maior participação dos funcionários para entenderem o conceito e aportar suas ideias.

Na aplicação das propostas de melhoria, partindo da abordagem QRM, foram realizadas entrevistas semiestruturadas utilizando os problemas dos dez princípios QRM (seção 2.2.1). Os funcionários decidiram em dividir em duas ou mais seções da entrevista sem serem gravadas, tomando notas durante a sessão. Eles se dispuseram a entregar rascunhos com desenhos explicativos aos entrevistadores para comunicar claramente as suas ideias. O relatório desses rascunhos foi transcrito em textos e era disponibilizado em três dias de trabalho para confirmar o texto com os entrevistados. A ordem de entrevista foi segundo a disposição dos funcionários, ocorrendo duas simultâneas: o gerente, o supervisor e um funcionário, segundo funcionário, terceiro funcionário e operador da arte.

Conforme as entrevistas eram executadas, os documentos consultados na triangulação de dados foram:

- a) Manual de políticas e procedimentos (para representar o processo e algumas diretrizes);
- b) Manual de políticas de recepção e entrega (com o fornecedor);
- c) Manual da Organização (com a estrutura organizacional da empresa).

### **6.2.1 Desempenho geral do sistema**

Tentou verificar-se uma estrutura do *lead time* utilizadas definir o problema, mas a empresa não tinha medidas baseadas no tempo como indicadores, apenas financeiras. Como não existia um mapa MCT, estimou-se o primeiro mapa que mostrou um tempo de entrega médio de 12 dias, o que não corresponderia com a realidade da empresa, conferida a partir das entrevistas. O primeiro mapa considerou-se como uma prática para que os funcionários entendessem a técnica e não como um verdadeiro valor de rendimento do sistema.

### **6.2.2 Refinamento do escopo do projeto com metas**

Com esse primeiro MCT, a gerência confirmou o objetivo principal como redução de *lead time* no fluxo geral do produto de estamparia, do projeto QRM. Nas primeiras expectativas do projeto, definiram-se os objetivos secundários do projeto:

- a) Encontrar melhorias baseadas na redução de *lead time*;
- b) Analisar a capacidade utilizada nas estações e seus recursos, para reduzir o *lead time*.

Para este caso, apresentou-se a literatura sobre o questionário de Maturidade QRM, desenvolvido por Ten Hoonte (2012). A gerência, com consulta aos funcionários, encontrou uma posição mais clara para definir as áreas do projeto segundo esse questionário. As áreas são: visão da empresa, organização estrutural, dinâmica de produção, organização e visão interna, cadeia de suprimento e visão externa, e desenvolvimento de produtos / engenharia.

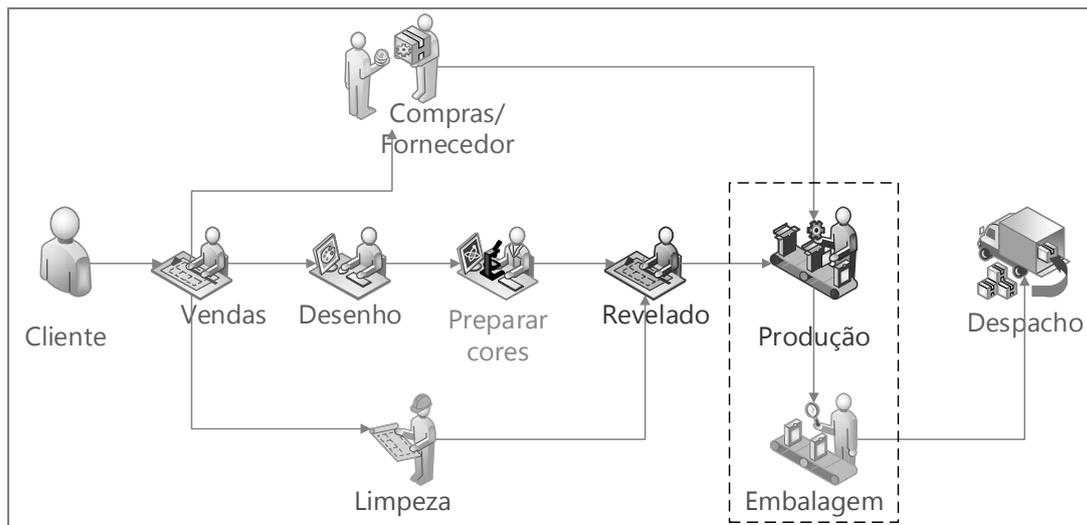
### **6.2.3 Coleta detalhada e análise de dados**

Os dois grandes objetivos na coleta de dados foram: (i) refinar e acurar o valor do MCT para identificar os desperdícios; e (ii) determinar as causas de longo *lead time* que não agregassem valor. As duas atividades foram desenvolvidas com as entrevistas e análise documental. Apresenta-se a análise de capacidade com os dados estimados no refinamento MCT. Logo, aparece a análise de causas de demora.

#### **6.2.3.1 Refinamento do MCT**

Para um refinamento do MCT, obtiveram-se dados preliminares com a técnica *tagging*, focando no tempo das atividades e as demoras entre elas. Pela alta variância dos tempos, optou-se por utilizar uma simulação de eventos discretos, seguindo os passos básicos descritos em Banks (1998). O objetivo dessa simulação foi estimar os tempos de demora entre os processos, calcular a utilização das estações de trabalho e dos operários. Os dados de entrada da simulação foram obtidos a partir dos valores de tempo do *tagging* e com um relatório de produção de pedidos ingressados e despachados. Para o modelado, utilizou-se uma apresentação com software, a fim de refinar o comportamento do modelo. Isso revisou o fluxo do processo descrito e considerou o modelo revisado da Figura 6.13 (Ver Apêndice F para maior detalhe desse modelo). Na revisão, a produção e a embalagem podiam ser tratadas como uma estação conjunta.

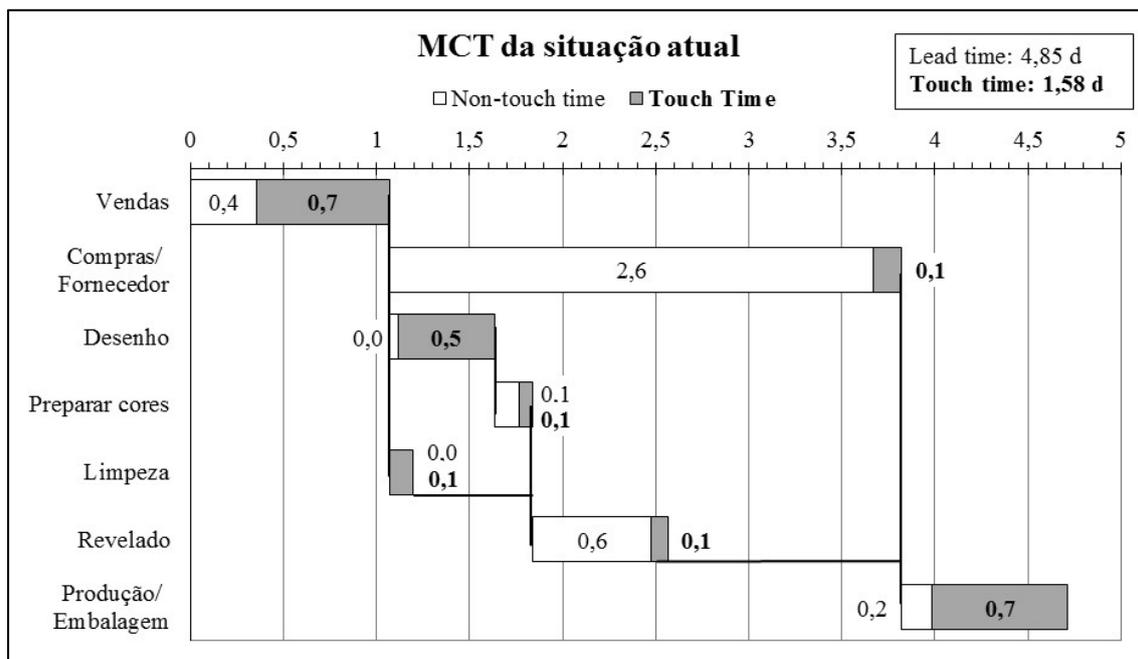
Figura 6.13. Processo de estamparia de camisetas da EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor e funcionários da EstampadoCo.

A Figura 6.14 apresenta o mapa MCT e os valores estimados de *lead time*, obtidos na simulação para cada processo. O valor médio do MCT foi de 4,85 dias. A rota crítica está identificada entre Vendas, Compras e Fornecedor e Produção / Embalagem. Nessa rota crítica, essas três operações aportam valor em 1,58 dias (32,8% do valor de MCT). O tempo total de esforço entre todas as operações é de 6,32 dias, com 2,39 dias de agregação de valor (37,8% do tempo de esforço). O menor tempo de um pedido foi 1,16 dias e o tempo máximo de pedido foi de 12,38 dias.

Figura 6.14. MCT da situação atual da EstampadoCo.

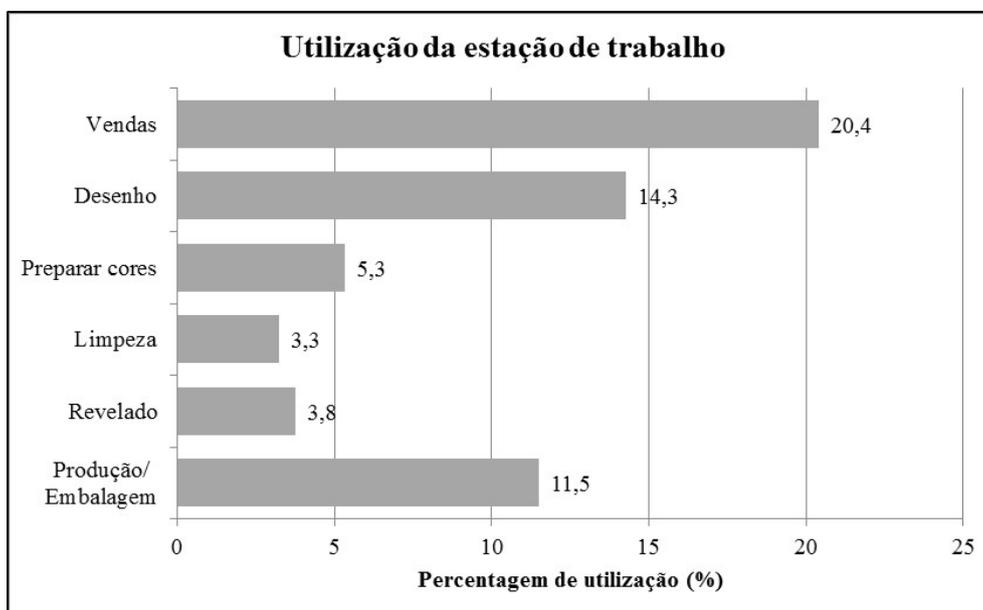


Fonte: Elaborado pelo autor e funcionários da EstampadoCo.

A validação da simulação foi realizada para o tempo máximo e mínimo de um pedido no sistema, considerando a medida como *lead time*. A validação dos resultados foi estimada com o pedido de menor tempo encontrado no histórico, de 1,5 dias, e com o pedido de maior tempo encontrado, com 11 dias. Foram apresentadas 30 réplicas, determinando um erro de estimativa do intervalo de confiança de 0.069 dias respeito ao mínimo, considerando aceitável para os valores de médias obtidos no MCT.

Com os resultados da simulação, estimou-se a carga de trabalho nas estações. A Figura 6.15 apresenta a utilização de cada estação. A estação Compras / Fornecedor considerou-se como estação externa. A função de Vendas obteve a maior utilização de carga de trabalho, pelo que o processo de orçamento passou a ser analisado a partir da visão da carga. A função de Desenho também ficou com mais trabalho que a estação de Produção/Embalagem, o que não coincidiria com a carga de trabalho estimada com os tempos de ciclo, na Figura 5.7 do projeto *Lean*. Entre as estações, observa-se que não existe uma sobrecarga de trabalho, já que todas as estações operavam com um máximo de 21%. Explica-se que os estapadores (operário de produção encarregado e seus auxiliares) realizam o trabalho nas estações de Limpeza, Revelado e Produção/Embalagem. No caso do desenhador, analisou-se o seu tempo de dedicação, considerado de tempo parcial para a função.

Figura 6.15. Carga de trabalho das estações em EstampadoCo, a través de resultados do MCT.

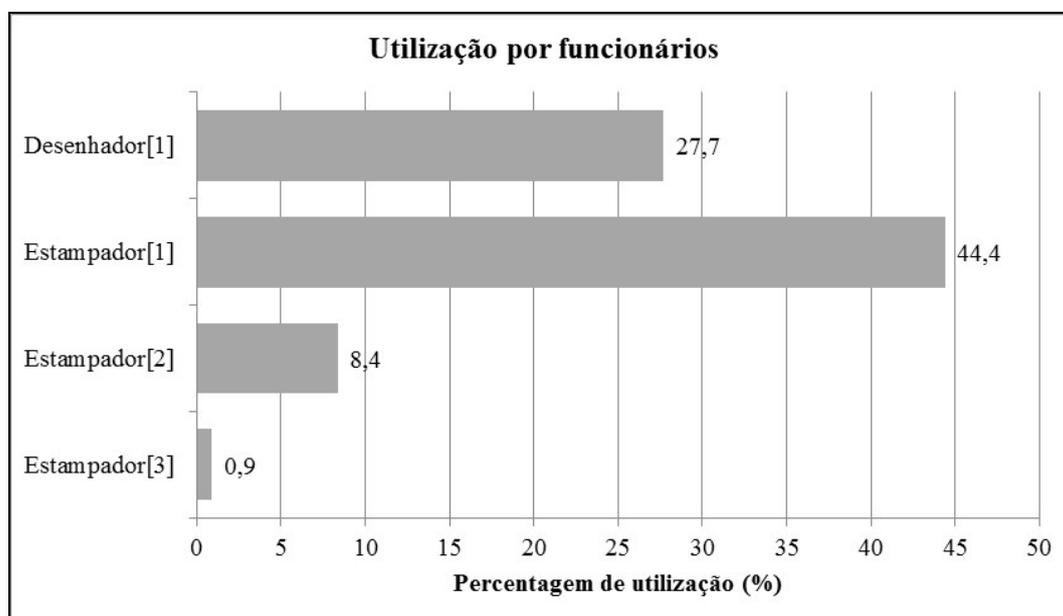


Fonte: Elaboração do autor.

Com a carga de trabalho das estações, analisaram-se as cargas dos funcionários modelados na Figura 6.16. Para o desenhador, a utilização foi duplicada respeito à estação de

trabalho. Para o caso da produção, o modelo priorizava as tarefas para o estampador [1], utilizando os auxiliares (estampador [2] e [3]) quando fossem necessários. A utilização deles não ultrapassava o valor de 70%, pelo que seria considerável que o lead time não incrementaria descontroladamente pela utilização. Com esses resultados, não se explicaria as horas extras que o estampador [1] tinha nos relatórios. Com o simulador rodando, encontrou-se que em momentos de alta carga de pedidos, a estação de produção não conseguia despachar todos os pedidos e criava grandes demoras. A saturação em produção explicava o tempo máximo de 12,38 dias. Essa estação era percebida como o gargalo por essas demoras, quando elas existiam para os pedidos; mesmo que essa carga não fosse constante. Essa percepção de alta utilização encontrou-se parecido com a Figura 5.7 com a taxa de produção estimada no projeto *Lean*, com a diferença que essa carga não seria constante, como foi revisada nesse projeto.

Figura 6.16. Utilização de funcionários da EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor

### 6.2.3.2 Problemas identificados utilizando o mapeamento do MCT.

A partir dos dados coletados com a entrevista e os documentos da empresa, utilizaram-se diagramas de Ishikawa para apresentar as causas da demora no *lead time*. Para esses diagramas, utilizou-se a visão do QRM *detetive*, para questionar a causa raiz. Os funcionários se apoiaram nas gráficas do mapa MCT e suas cargas de trabalho para a análise de causa principal. Os problemas do projeto *Lean* foram retomados para serem analisados. Os problemas identificados a fim de reduzir o *lead time*, foram:

- a) Demoras por provas de impressão com imagem distorcida (B-P6);

- b) Incoerências nas especificações do cliente com os pedidos (B-P7);
- c) Atrasos por autorizações de mudanças pela gerência (B-P8);
- d) Alta demora em entrega pelos fornecedores de camisetas (B-P9).

No processo de desenho, encontrou-se a demora de validar as provas de impressão com o cliente (B-P6). Com a prova de impressão, o cliente autoriza o estampado das camisetas, logo de verificar se as imagens e as cores estão segundo o pedido. As provas tinham imagens distorcidas que precisavam refazer provas para serem avaliadas pelo cliente. Algumas cores não eram exatamente iguais na produção e na tinta de estamperia, pelo que precisava ser reformada em tais provas. A principal causa determinou-se em que uma impressora doméstica utilizada não atendia os requerimentos necessários para essas provas. Os efeitos considerados no *lead time* foram: (i) reprocessamento de cada prova ou da arte digital com a prova; (ii) rejeições da prova pelo cliente, incrementando viagens entre arte e o cliente; e (iii) repetição de moldes pela variabilidade das imagens, especialmente em pedidos de emergência.

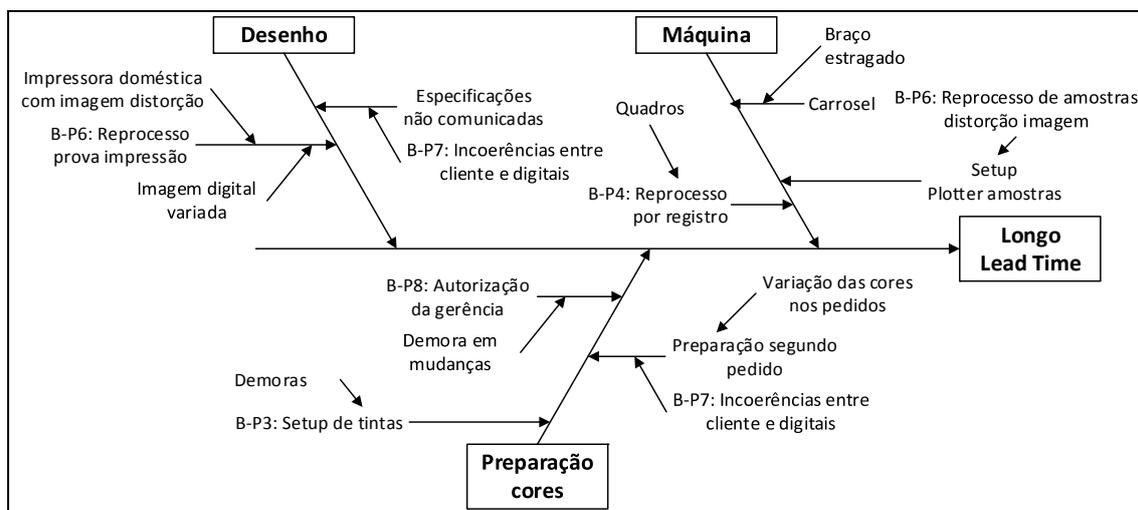
A segunda causa encontrada do MCT foi uma incoerência nas especificações do cliente com os pedidos (B-P7). Em alguns pedidos, o tamanho da área de impressão não coincidia com o tamanho desejado da camiseta. Para outros pedidos, algumas cores da prova de impressão exigiam mais camadas de tintas que as preparadas com os moldes da mesma prova. A demora precisava reprocessamento digital de alguns pedidos ou renovar uma autorização com o cliente. Esses tempos afetavam os processos de Preparação de cores e o Revelado, porque tais problemas só eram identificados tardiamente, no momento do início da estamperia.

Com mudanças nos detalhes do pedido, precisava-se de uma autorização da gerência. Encontrou-se um atraso a para essas autorizações, pela organização funcional existente (B-P8). Em alguns exemplos dos pedidos, as mudanças permitiam preparar as cores e os quadros; mas todo o processo era parado. Em outros, as especificações não chegavam completas na gerência. O caso contrário, a produção não tinha o direito de parar o pedido se era encontrada alguma incoerência. Se as incoerências eram encontradas, precisava esperar a gerência autorizar essa parada. Essa demora foi relatada como mais frequente em temporada de alta demanda de pedidos.

A partir da proposta de comprar matéria-prima por pedido de cliente (M1, do projeto *Lean*), a empresa começou a ser mais sensível no tempo de resposta do fornecedor. Encontrou-se uma demora no tempo de resposta do fornecedor (B-P9). Como o fornecedor usava estratégia de minimizar custos, alguns pedidos eram consolidados para minimizar transporte. Um pedido de camisetas podia atrasar dois dias (valor conferido do mapa MCT: 2,7 dias), porque aguardava a programação do roteamento do fornecedor. Era permitido retirar diretamente do fornecedor, mas não se encontrou como uma prática realizada.

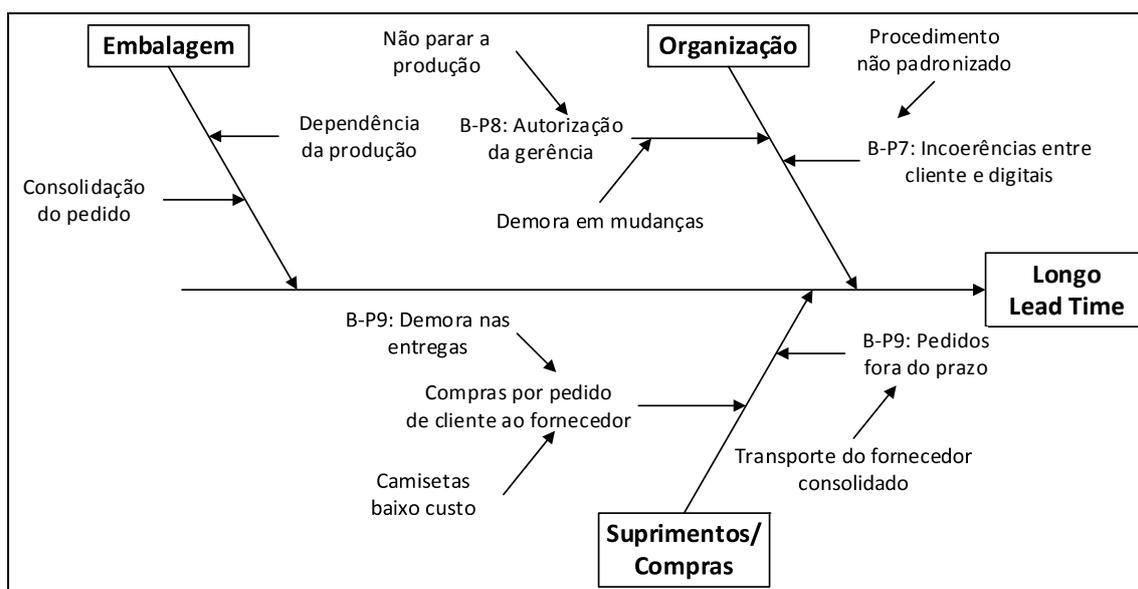
A partir dos dados coletados com a entrevista e os documentos da empresa, utilizaram-se diagramas de Ishikawa para apresentar as causas da demora no *lead time*. Esses diagramas apresentam o detalhe das causas analisadas em cada área. Para esses diagramas, utilizou-se a visão do QRM *detetive*, para questionar a causa raiz. Separam-se os diagramas pelas etapas de análise desenvolvidas. A Figura 6.17 desenvolveu-se como primeira análise e a Figura 6.18 usou-se como uma continuação da primeira. Nelas, também foram considerados alguns problemas desde abordagem *Lean*, com o intuito de não perder oportunidades de melhoria.

Figura 6.17. Diagrama de Ishikawa I de análise QRM EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor e funcionários do EstampadoCo.

Figura 6.18. Diagrama de Ishikawa II de análise QRM EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor e funcionários do EstampadoCo.

#### 6.2.4 Propostas de melhoria com o projeto QRM

Com os resultados da análise da seção anterior e sessões de brainstorming, pensou-se nas seguintes propostas de melhoria do QRM:

- g) Compra de impressor para provas (B-M7);
- h) Aquisição de um novo carrossel de estamperia (B-M8);
- i) Uso do método Tri-lock de registro de cores (B-M9);
- j) Padronização de procedimentos (B-M6-II), com trabalho de escritório e chão de fábrica;
- k) Célula de trabalho como empoderamento dos funcionários (B-M10);
- l) Fornecedores com menor *lead time* (B-M11).

A compra de um novo impressor para provas do cliente (B-M7) pensou na redução dos reprocessamentos devidos às falhas da impressão das provas. Procurou-se que o impressor permitisse uma calibração de cores nos substratos de impressão com as saídas de arte digital. A segunda característica é uma impressão com mais jatos de cores simultâneos, que reduziria o tempo com pedidos de várias camadas de cores. Com esse novo impressor, seria esperada uma diminuição de reprocessamentos em 30%. Esperar-se-ia uma menor rejeição dos clientes com as provas de impressão (B-P6).

Com os reprocessamentos por falha de registros (B-P4), foi discutida a possibilidade de adquirir um novo carrossel de estamperia (B-M8). A proposta teria uma tecnologia para maior controle da pressão na camiseta e evitar as falhas. A velocidade nominal da máquina estimou uma velocidade de 450 camisetas por hora, incrementando 900% da capacidade atual. A maior consideração foi o programa de manutenção e suporte que estaria acompanhando ao novo equipamento. A redução das falhas de registros seria quase zerada com o novo equipamento.

Para os problemas analisados no projeto *Lean*, sobre o alto tempo de setup (B-P3) e defeitos de registro na produção (B-P4), propôs-se o uso do método Tri-lock para registro de quadros de estamperia (B-M9). O método consiste em utilizar uma matriz auxiliar para fixar a posição das cores na matriz de referência. As distâncias seriam padronizadas e minimizaria o erro de posicionamento na revelação das matrizes. O efeito esperado seria uma redução na quantidade falhas por registros.

A padronização de procedimentos (B-M6) visualizada no projeto *Lean* incrementou a comunicação entre escritórios e chão de fábrica (denotada como B-M6-II). A visão no projeto QRM já pretende resolver o problema da incoerência das especificações do

cliente no processo (B-P7). Nessa padronização, considerou-se que os procedimentos incluíssem detalhes da comunicação entre o levantamento da arte e a produção. O efeito esperado seria a redução dos reprocessamentos no setup, quando tivessem essas paradas por incoerência.

Pelas demoras em autorização da gerência (B-P8), analisou-se a visão de célula de trabalho com o empoderamento dos funcionários (B-M10). A melhoria tentaria reduzir as demoras de autorização para as mudanças no pedido, classificando-as segundo o envolvimento da produção. A produção poderia parar a linha em forma autônoma quando incoerências forem detectadas; também, não seria aguardada a autorização da gerência se as mudanças forem externas à produção. O efeito da melhoria seria reduzir as demoras na produção.

A proposta de mudar o fornecedor para menor *lead time* (B-M11) foi avaliada para reduzir as demoras na entrega pelo fornecedor principal (B-P9). A empresa já tinha contatos com um segundo fornecedor quando existiam pedidos de tecidos especiais. Como esse fornecedor é menor tamanho, consegue atender demandas em menor prazo. As entregas dele são em menor tempo, mas tem um custo um pouco maior que o primeiro fornecedor. No momento de desenvolver a proposta, considerou-se a parceria com esse fornecedor para comunicar os pedidos; mas apenas existiu a proposta.

O Quadro 6.2 contém as propostas desenvolvidas no brainstorming, segundo os problemas considerados no projeto QRM. Nesse projeto, avaliações de investimento não conseguiram ser realizados porque a empresa não disponibilizou informação financeira.

Quadro 6.2. Propostas de melhoria com QRM na EstampadoCo.

| <b>Problema</b>   | <b>Proposta</b>  |
|---|--|
| B-P6: Demoras por provas de impressão com imagem distorcida                           | B-M7: Compra de um novo impressor para provas                              |
| B-P4: Defeitos de registro na produção de estampado.                                  | B-M8: Aquisição de um novo carrossel de estampa                            |
| B-P3: Um alto tempo de setup.<br>B-P4: Defeitos de registro na produção de estampado. | B-M9: Uso do método Tri-lock de registro de cores                          |
| B-P7: Incoerências nas especificações do cliente com os pedidos                       | B-M6-II: Padronização de procedimentos com escritório e chão de fábrica.   |
| B-P8: Atrasos por autorizações de mudanças pela gerência.                             | B-M10: Célula de trabalho como empoderamento dos funcionários.             |
| B-P9: Alta demora em entrega pelos fornecedores de camisetas                          | B-M11: Fornecedores com menor <i>lead time</i> , na cadeia de suprimentos. |

Fonte: Elaboração do autor com funcionários da EstampadoCo.

As propostas não implantadas do projeto *Lean*, no Quadro 5.2, foram consideradas em conjunto com as propostas do Quadro 6.2. Elas foram simuladas com o objetivo de encontrar o novo *lead time* de cada proposta e compará-los entre si. Na simulação

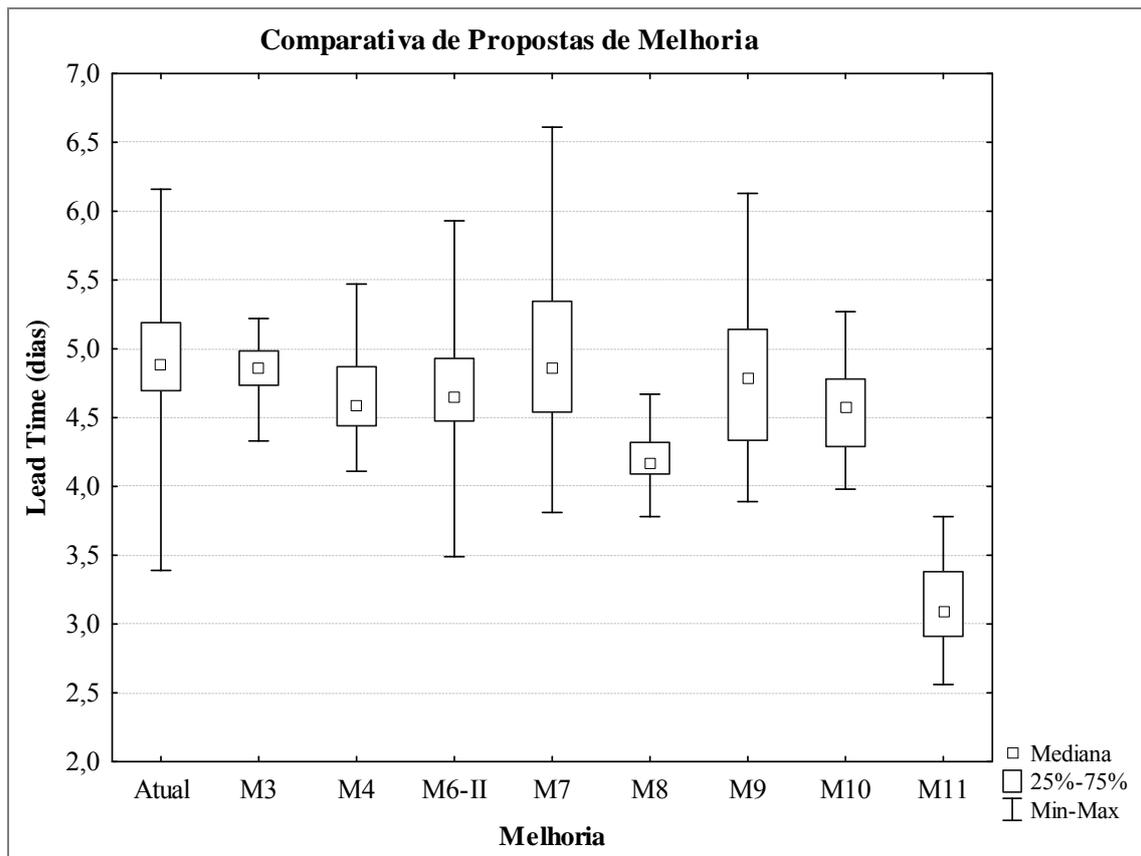
das propostas, foram utilizadas 20 réplicas com corridas de 90 dias correspondentes na produção de abril a junho de 2014, pelos dados obtidos da situação atual. A Tabela 6.3 contém o resumo dos valores das alternativas simuladas. A Figura 6.19 apresenta o gráfico box plot de comparações. A proposta com maior redução de lead time é a B-M11, com um 35,2%; seguida pela B-M8, com 13,2%. As outras propostas têm valores semelhantes entre as médias. O detalhe dos valores das réplicas aparece no apêndice C.

Tabela 6.3. Estimativa das propostas de melhoria em EstampadoCo.

| <b>Proposta</b>  | <b>LT médio</b> | <b>LT Desv. Padrão</b> | <b>LT Mediana</b> | <b>Redução LT médio</b> |
|--|-----------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| Situação atual no projeto QRM  | 4,851           | 0,652                  | 4,880             | -                       |
| B-M3: Aquisição de quadros metálicos de estamperia.                      | 4,840           | 0,216                  | 4,865             | 0,2%                    |
| B-M4: A manutenção e calibração do carrossel de estamperia.              | 4,637           | 0,328                  | 4,585             | 4,4%                    |
| B-M6-II: Padronização de procedimentos com escritório e chão de fábrica. | 4,685           | 0,583                  | 4,645             | 3,4%                    |
| B-M7: Compra de um novo impressor para provas                            | 4,919           | 0,748                  | 4,860             | 0,0%                    |
| B-M8: Aquisição de um novo carrossel de estamperia                       | 4,210           | 0,212                  | 4,170             | 13,2%                   |
| B-M9: Uso do método Tri-lock de registro de cores                        | 4,819           | 0,602                  | 4,780             | 0,6%                    |
| B-M10: Célula de trabalho como empoderamento dos funcionários.           | 4,572           | 0,352                  | 4,575             | 5,7%                    |
| B-M11: Fornecedores com menor lead time, na cadeia de suprimentos.       | 3,141           | 0,335                  | 3,095             | 35,2%                   |

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 6.19. Comparativa das propostas de melhoria da EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor.

Na comparação de alternativas de sistema por simulação, Banks *et al.* (2005) consideram o uso de testes por intervalo de confiança quando: (i) existe uma estimacão de cada parâmetro; (ii) compara-se o rendimento do sistema com controle específico; (iii) e comparações de todas as alternativas possíveis. Na comparativa do *lead time*, consideraram-se as situações (ii), pelo valor de *lead time* atual do sistema; e (iii), porque entre as propostas existiam alternativas excludentes. Montgomery (2009) aponta em realizar o teste Kurskal-Wallis como teste de intervalos de confiança, quando não existem certezas do suposto de normalidade nos dados. Pelos valores da comparativa, escolheu-se esse teste não paramétrico com um nível de significância de 95%.

A Tabela 6.4 apresenta os valores obtidos no teste Kurskal-Wallis (KW). Verificou-se que pelo menos uma das propostas de melhoria tem diferente *lead time*, pelo resultado do p-valor é menor a 0,05 (equivalente a 95% de nível de significância), com um estatístico KW de 79,79.

Tabela 6.4. Resultados do teste Kurskal-Wallis nas propostas da EstampadoCo.

| Proposta | Código KW  | Dados válidos | Soma dos Rankings |
|----------|--|---------------|-------------------|
| Atual    | 101  | 20            | 2399,500          |
| B-M3     | 102  | 20            | 2438,500          |
| B-M4     | 103  | 20            | 1899,500          |
| B-M6-II  | 104  | 20            | 2013,500          |
| B-M7     | 105  | 20            | 2306,500          |
| B-M8     | 106  | 20            | 1021,500          |
| B-M9     | 107  | 20            | 2199,000          |
| B-M10    | 108  | 20            | 1789,500          |
| B-M11    | 109  | 20            | 222,500           |
| Teste    | Teste de Kruskal-Wallis ANOVA por Ranqueamento<br>Kruskal-Wallis estatístico: H (gl= 8, N= 180) =79,79374;<br>p-valor = 0,0000 |               |                   |

Fonte: Elaboração do autor.

A Tabela 6.5 apresenta o resultado das comparações múltiplas entre as propostas. Destaca-se a significância das comparações quando elas representam uma diferença maior a 95% de nível de significância (p-valor menor a 0,05). Entre as propostas de melhoria, só as propostas B-M11 e B-M8 tem uma diferença significativa do valor da mediana do *lead time* com a situação atual do projeto QRM. A partir deste resultado, é considerável que as propostas B-M11 e B-M8 teriam um impacto significativo na redução do *lead time*. Com a Figura 6.19, seria evidente que a proposta B-M11 teria um impacto maior que a B-M8 e na comparativa das médias, já teriam valores diferentes para aplicar a redução de *lead time*. No caso da B-M8, o teste detecta que a proposta não pertence à mesma distribuição das outras propostas, pela variabilidade do resultado (largo do intervalo).

Tabela 6.5. Comparações múltiplas das propostas de melhoria da EstampadoCo.

|         | Atual        | B-M3         | B-M4         | B-M6-II      | B-M7         | B-M8         | B-M9         | B-M10        | B-M11        |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Atual   |              | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        | <b>0,001</b> | 1,000        | 1,000        | <b>0,000</b> |
| B-M3    | 1,000        |              | 1,000        | 1,000        | 1,000        | <b>0,001</b> | 1,000        | 1,000        | <b>0,000</b> |
| B-M4    | 1,000        | 1,000        |              | 1,000        | 1,000        | 0,278        | 1,000        | 1,000        | <b>0,000</b> |
| B-M6-II | 1,000        | 1,000        | 1,000        |              | 1,000        | 0,094        | 1,000        | 1,000        | <b>0,000</b> |
| B-M7    | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        |              | <b>0,003</b> | 1,000        | 1,000        | <b>0,000</b> |
| B-M8    | <b>0,001</b> | <b>0,001</b> | 0,278        | 0,094        | <b>0,003</b> |              | <b>0,013</b> | 0,712        | 0,552        |
| B-M9    | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        | <b>0,013</b> |              | 1,000        | <b>0,000</b> |
| B-M10   | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 0,712        | 1,000        |              | <b>0,000</b> |
| B-M11   | <b>0,000</b> | <b>0,000</b> | <b>0,000</b> | <b>0,000</b> | <b>0,000</b> | 0,552        | <b>0,000</b> | <b>0,000</b> |              |

Fonte: Elaboração do autor.

Um elemento observado pela empresa foi a prioridade da implantação das propostas de melhoria, em especial com a visão da Figura 6.19 para uma redução do *lead time*.

Da situação das propostas do projeto QRM, a proposta de escolher o fornecedor com menor *lead time* (B-M11) estaria em andamento pela prioridade mostrada nas análises da simulação. As outras propostas seriam avaliadas em detalhe pelos investimentos e refinamento da informação financeira.

### 6.3 ANÁLISES

Com a análise cruzada dos casos, classificou-se a comparativa pelo escopo utilizado: identificação de desperdícios, problemas enxergados e propostas de melhoria. Entre cada escopo, dividiram-se entre as semelhanças, diferenças e complementaridades observadas. Os detalhes por variável da DigitalPrintingCo estão no apêndice C, os da EstampadoCo aparecem no Apêndice D, para evidenciar as diferenças existentes por área.

Na identificação de problemas, as duas abordagens os identificam com seus mapas visuais. Com o mapa, existe um maior entendimento e participação dos funcionários nesse processo. A segunda semelhança é que as duas classificam as atividades se elas agregam ou não valor. A maior diferença encontrada é na abordagem dos conceitos de desperdícios. No *Lean*, desde que seja usado o VSM, revisa o conceito dos oito desperdícios para identificar situações que podem ser classificadas como problemas. No QRM, ele foca mais naquele desperdício que obtenha o maior *lead time*. Nisso, o mapa MCT aporta prioridade nos desperdícios a focar sua redução; mesmo que precise do VSM para manter as sequências e detalhes do processo analisado.

Os desperdícios prioritários identificados unicamente com QRM foram os efeitos do retrabalho devido ao fluxo de informação e a demora com a cadeia de suprimentos. Eles teriam sido identificados com o *Lean*, mas o mapa MCT aportou na definição do seu grau de impacto. Na DigitalPrintingCo, o retrabalho em Design (A-P10) obteve a maior prioridade no plano de ação, mas com relação a causas do fluxo de informação (A-P5, A-P6, A-P8 e A-P9). Essa demora do fluxo da informação já é considerada no *Lean*, com Ohno (1978) e Liker (2005) como o retrabalho incorreto. No entanto, a prática com o VSM não permite a identificação tão eficaz como o mapa MCT. Já na EstampadoCo a prioridade foi na seleção dos fornecedores (B-P9). Segundo Liker (2005), o *Lean* retoma o relacionamento dos fornecedores para diminuir esse efeito, mas Suri (1998) e Ericksen *et al.* (2005) apoiam o que o fornecedor seja selecionado com base ao menor *lead time*. Esse critério evita os problemas vistos no resultado da EstampadoCo. Segundo Willner *et al.* (2014), o fluxo de informação com o cliente e a entrega ao cliente são as áreas que permitem a configuração da alta variedade do ambiente MTO. A priorização do impacto das melhorias no *lead time* é advertida por Suri (2010b).

Segundo esse autor, a proporção do tempo que não agrega valor define o caminho de plano de ação para implantação de melhorias.

Os outros desperdícios em que QRM aportou na identificação são as demoras pelo efeito da capacidade e a espera por estrutura organizacional. Nos dois casos, os resultados da utilização e seus efeitos foram contraditórios nas abordagens. Se para o QRM na DigitalPrintingCo, a alta utilização em Design A-P7 levou prioridade (relacionada com A-P10); já no *Lean* não obteve maior atenção. Na EstampadoCo, a sobrecarga de operários (B-P5) foi identificada com o *Lean*; mas não foi um desperdício impactante no QRM. A diferença da estimativa dessa utilização é pelos cálculos realizados. Para o *Lean*, segundo Rother e Shook (2003), essa utilização é calculada com o *lead time*, contrastado com o *takt time*. Nessa abordagem, a proposta de melhoria foca especialmente no nivelamento da carga (LIKER, 2005). Para Suri (1998), no QRM, as cargas de trabalho demandadas com a capacidade de saída calculam essa utilização. Para esse autor, a oportunidade de melhoria é evitar um longo *lead time* devido à alta utilização. Com a presença da alta variedade nos casos, os resultados suportam a visão de Suri (1998) para a tomada de decisões com a utilização. Como consequência na prática, essa utilização estará ligada com o alto tempo de espera visível no mapa MCT e será mais tratável com as ferramentas e análise do QRM. A sugestão de estimativa de carga de trabalho por pontos, segundo sugerem Rother e Shook (2003) e exemplifica Stefanelli (2010) não foi encontrada nos casos estudados; sendo que essa sugestão é outra forma de tratamento de capacidade do *Lean*.

Com relação ao projeto organizacional, as abordagens responderam diferentes. A organização funcional e a não separação por famílias limitou a identificação de desperdícios, no *Lean*. Usando o QRM, a demora por autorizações por mudanças de pedidos (B-P8) criou proposta de melhoria (B-M10); assim como uma consolidação geral dos outros desperdícios, na DigitalPrintingCo (A-M8). O conceito de dedicação exclusiva como parte da definição da célula e o agrupamento para redução de *lead time* foram os aportes do QRM nos casos. Mesmo já é considerado que as células suportam essa estrutura nas duas abordagens (YAUCH; STEUDEL, 2002), essa mudança coincide com a proposta de Saes e Godinho Filho (2008), em que as células são usadas com diferentes focos. Nesta pesquisa, a mudança encontrada é no conceito de dedicação que diferencia as abordagens.

Mesmo com o tratamento das duas abordagens, os desperdícios tratados só pela abordagem *Lean* foram as demoras com causa na gestão visual e na gestão de qualidade. Os problemas A-P1 e B-P2 de desorganização visual da área de trabalho identificam as primeiras propostas realizadas para a implantação do programa 5'S (A-M1 e B-M2). Essa proposta é considerada uma ferramenta de fácil aplicação e base para o caminho da implantação (SAURIN et al., 2010). Nos casos, essas implantações deram motivação ao pessoal para o engajamento no projeto e estabelecer uma segunda etapa de análise para propostas de melhoria. Pela gestão de

qualidade dentro da produção, os outros desperdícios identificados com o *Lean* foram A-P2, A-P3, e B-P4, como retrabalhos e defeitos de produção. A visão gerada no *Lean* criou um maior foco nessas áreas que no QRM. A divisão do pilar de qualidade descrita por Ohno (1978) explicam essa diferença. Nesse sentido, o *Lean* apresenta uma maior estrutura na gestão de qualidade dentro da produção que o QRM não tem tantas ferramentas para essa gestão.

Além da complementaridade na identificação de desperdícios, o QRM amplifica os efeitos positivos do *Lean* com uma maior proposição de melhorias e com a análise de benefícios a obter. O tratamento da redução de setup confere as suas melhorias propostas a partir do *Lean* (A-M2, B-M3) incrementaram com as propostas de QRM (A-M7; B-M8, B-M9). Mesmo nas duas abordagens exista essa redução de setup, como sugerem Godinho Filho e Uzsoy (2010), a utilização conjunta das abordagens permite uma maior oportunidade de obter melhorias. Para os defeitos em qualidade, as melhorias realizadas com o *Lean* na EstampadoCo (B-M4) incrementou nas opções pelas realizadas com QRM (B-M8, B-M9). Já na DigitalPrintingCo, o problema de qualidade (A-P3) foi abordado como causa do fluxo de informação (A-M6, A-M7, A-M8, A-M9 e A-M10). Esse incremento destaca que uma abordagem só não conseguiria tantas oportunidades de melhoria.

Como parte da complementaridade, o QRM colabora como o *Lean* na análise de benefícios das propostas, especialmente pela inserção dos conceitos de Dinâmicas de Sistemas (SD). Nos dois casos, o MCT proposto complementou os valores calculados no MFV futuro. Isso ficou explicado pelas estimações e uso de simulação com os conceitos de SD. Nas ferramentas a complementar, o *tagging* e a utilização mais arraigada da Lei de Little no QRM permitem estimações por simulação. Mesmo a simulação seja usada dentro do contexto do MFV, como apontam alguns autores (MCDONALD et al., 2002; LIAN; LANDEGHEM, VAN, 2007; MARVEL; STANDRIDGE, 2009; XIA; SUN, 2013), o aporte do QRM é na sua priorização de melhorias e pela análise do mapa MCT. Essa relação de conceitos é bem mais tratada no QRM que nas ferramentas do *Lean*.

Dentro do escopo das propostas de melhorias, a condições da alta variedade deu semelhanças entre as abordagens. Nesse ambiente, a estratégia de agrupar produtos não foi contemplada pelas abordagens. Segundo Samadhi e Hoang (1995), o agrupamento por famílias no *make-to-order* (MTO) não é factível. Além dessa característica do MTO, o controle de produção não foi abordado pelas abordagens. Nem o *kanban* e nem o POLCA foram considerados como propostas de melhoria. Isso é explicado por Stevenson *et al.* (2005) e por Powell e Strandhagen (2012), em que essas duas ferramentas não têm tanto impacto no MTO.

Para o caso das propostas de melhorias, a complementaridade entre as abordagens é dependente dos problemas encontrados e da forma de identificação deles. As áreas descritas com maior oportunidade de complementaridade são o fluxo de informação e cadeia de suprimentos. Nessas áreas, as duas abordagens mantêm as suas diferenças, mas não

entrariam em contradição para tomar uma decisão de discriminar alguma proposta ou abordagem. Pela forma de identificação de desperdícios, a análise dinâmica de sistemas do QRM permite uma avaliação mais clara dos efeitos das propostas de melhoria. O Quadro 6.3 apresenta as oportunidades de complementaridade observadas a partir dos principais escopos. O Quadro 6.4 apresenta o detalhe da comparação das abordagens, respeito às áreas observadas e reportadas na revisão de literatura.

Quadro 6.3. Análise das complementaridades das abordagens.

| Escopo                                | Semelhança   | Diferença  | Complementaridade   |
|---------------------------------------|--|--|---|
| <b>Identificação de desperdícios.</b> | Mapeamentos visuais do processo. Separação de agregação e não agregação de valor.  | <i>Lean</i> identifica desperdício por meio do VSM, tentando reconhecer 8 desperdícios. Estima capacidade por <i>takt time</i> e tempo de ciclo.   | Usar o VSM para mapear os passos, e refinar a sequência com os tempos com mapa MCT.<br>Priorizar desperdícios por longo <i>lead time</i> e capacidade, desde o mapa MCT e detalhar informações no VSM.<br>Estimação da utilização e os efeitos da dinâmica de sistema.  |
|                                       |  | QRM identifica desperdícios com mapa MCT, analisando causas e priorizando ações no tempo que não agrega valor. Aborda capacidade por utilização.   |   |
| <b>Problemas enxergados</b>           | Problemas de manutenção alto tempo de setup (A-P2; B-P3) e defeitos de qualidade na produção (A-P3; B-P4), usado como mesma base.  | <i>Lean</i> trata movimentos desnecessários por gestão visual (A-P1, B-P2) e identifica a qualidade na produção (A-P2, A-P4 e B-P4)  | <i>Lean</i> identifica facilmente os problemas internos da produção, focando mais na qualidade. QRM avalia também o fluxo de informação e a cadeia de suprimentos. Na combinação, permite encontrar as causas dos desperdícios identificados em outras fontes não consideradas.   |
|                                       |  | QRM trata problemas por fluxo de informação (A-P5, A-P6, A-P8 e A-P9; B-P7) com o efeito da cadeia de suprimento (A-P11; B-P9). Complementa no projeto organizacional (B-P8), como refinação da capacidade por utilização (A-P7; B-P5) |   |
| <b>Propostas de melhoria</b>          | Redução no tempo de setup e manutenção (A-M2, A-M7, B-M3, B-M8, B-M9).<br>Incremento de qualidade (B-M4, B-M8, B-M9)<br>Agrupamento por famílias para tratar variedade.<br>Programação empurrada por alta variedade. | <i>Lean</i> usa uma gestão visual para reduzir erros (A-M1; B-M2), e uma redução do estoque (A-M5; B-M1) e controle interno da informação (A-M3, B-M5, B-M6)   | A redução de <i>setup</i> e manutenção pode ser amplificada com as duas em conjunto.<br>A gestão visual de <i>Lean</i> é complementada com o fluxo de informação identificado no QRM.<br>Empoderar os funcionários para reduzir <i>lead time</i> , com QRM e suportar as melhorias de projetos <i>Lean</i> .<br>A escolha dos fornecedores por menor <i>lead time</i> potencializa a as relações a estabelecer com a cadeia de suprimentos. |
|                                       |  | Análise do fluxo de informação (A-M6, A-M7, A-M8, A-M9, A-M10B-M6-II) para reduzir erros (B-M7); empoderamento dos funcionários (A-M8, B-M10); e eleição de fornecedores com menor <i>lead time</i> (A-M11, B-M11).                    |   |

Fonte: Elaboração do autor.

Quadro 6.4. Análise de comparação dos resultados por variável observada.

| Variáveis tratadas                                    | <i>Lean Manufacturing</i>  | <i>Quick Response Manufacturing</i>   | Comparação dos resultados com a literatura.   |
|---|--|---|---|
| Fluxo do processo                                     | Não consegue uma separação por famílias.   | Não consegue uma separação por famílias.  | <u>Semelhança</u> : Resultado esperado por tipo de fluxo MTO estudado nos casos, como adverte Samadhi e Hoang (1995)  |
| Programação da produção                               | Criação de um atendimento sequencial sem prioridades (A-P4; A-M4). Considerou puxar a produção, sem mudanças.  | Aceitou o atendimento prioritário (A-M8), mesmo mantenha domínio do atendimento sequencial empurrado.   | Pela causa do fluxo empurrado, mantém semelhança.<br><u>Complementaridade</u> : aceitar sistema de prioridades dentro do QRM, como estratégia.  |
| Sistema de controle de produção                       | Não considerado, a partir da produção puxada.  | Não foi considerado pelo domínio do fluxo empurrado e a alta variedade nas artes dos casos.   | <u>Semelhança</u> : Os sistemas de controle não abordam este fluxo MTO, como aponta Stevenson <i>et al.</i> (2005) e pesquisa de Powell e Strandhagen (2012). Denota que a integração de POLCA no <i>Lean</i> , por Powell <i>et al.</i> (2013), dependeria do tipo de ambiente de produção.  |
| Projeto organizacional                                | Manteve a organização funcional inicial, refinando a estratégia no projeto organizacional.   | Modificou parte do projeto organizacional entre estrutura e competência lateral (A-M8; B-P8; B-M10) pela criação de célula.   | <u>Diferença</u> : encontrada nos focos das células usadas, segundo o descrito por Saes e Godinho Filho (2008).<br><u>Complementaridade</u> : uso de empoderamento da célula para realizar a mudança dentro da estrutura organizacional.  |
| Planejamento e controle de estoques                   | Ingresso puxado desde estoque (A-M5), como zerar estoques para puxar pedidos. (B-P1; B-M1)   | O estoque não foi enxergado como problema, desde que não obteve um longo <i>lead time</i> .   | <u>Diferença</u> : O <i>Lean</i> focou no controle como parte da produção puxada; mas QRM não identificou pelo <i>lead time</i> . A base é a identificação do estoque como demora, como aponta Suri (1998).   |
| Capacidade da produção                                | Para A, capacidade sem efeito. Detecção de sobrecargas (B-P5; B-M6)  | Refinou a estimativa da capacidade e apontou um problema (A-P7; A-M8) e corrigiu a fonte da alta utilização (B)   | <u>Complementaridade</u> : A análise da utilização com dinâmica de sistemas permite modificar decisões neste tipo de alta variedade. Visto a partir dos princípios QRM, considerando essa variedade (SURI, 1998, 2010b).  |
| Redução de setup                                      | Redução em falhas técnicas de entupimento (A-M2); como em preparação de estações (B-P3; B-M3) quadros metálicos.   | Redução em preparação das demoras (A-P6; A-M7) e opções alternativas para redução (B-M8; B-M9)  | <u>Semelhança</u> : o tratamento para redução de setup, avisado por Saes e Godinho Filho (2008); Godinho Filho e Uzsoy (2010).<br><u>Complementaridade</u> : Exploração de mais áreas para uma possível redução entre as duas abordagens.   |
| Gestão da qualidade usada para Manutenção preventiva. | Manutenção de jatos para reduzir desperdício (A-P2; A-M2) e minimizar retrabalhos (A-P3) Manutenção de máquinas por defeitos de registro (B-P4; B-M4) e controle de refugo (B-M5). | A qualidade foi visada como resultado puro da (A-M8).<br>Redução dos efeitos de qualidade visualizados no longo <i>lead time</i> (B-P6; B-M7; B-M8; B-M9; B-M6-II) para incrementar propostas | <u>Complemento</u> : Enquanto o <i>Lean</i> identifica mais problemas relacionados com qualidade, QRM permite mais propostas de melhoria. Resultado esperado pelo resultado de Saes e Godinho Filho (2008), acrescentando que a diferença de focos permite ampliar as oportunidades de melhoria.<br>Na gestão de qualidade, ainda apresenta um escopo maior no <i>Lean</i> que no QRM, pela literatura encontrada nesta pesquisa. |

Quadro 6.4. (cont.) Análise de comparação dos resultados por variável observada.

| Variáveis tratadas    | <i>Lean Manufacturing</i>   | <i>Quick Response Manufacturing</i>   | Comparação dos resultados com a literatura.  |
|-----------------------|---|---|--|
| Cadeia de suprimentos | Cadeia puxada com fornecedores (A-M5; B-M1)   | Relacionamento com os fornecedores baseado na redução de <i>lead time</i> (A-P11; A-M11; B-P9; B-M11)   | <u>Diferença</u> : O <i>Lean</i> focado mais nos fornecedores; mas que QRM abrangeu entre tempo de fornecedores e relacionamento com o cliente. Mesmo com relacionamento esperado, segundo Wagner (2006); encontrou-se a forte influência do <i>lead time</i> nesse relacionamento (SURI, 1998; ERICKSEN et al., 2005) pela sua importância para agregação de valor nos casos.   |
| Fluxo de informação   | Mapeamento de processos por VSM. Implantação de organização visual com 5s' (A-P1; A-M1; B-P2; B-M2) Evitar retrabalhos por especificações e coleta de dados por refugo (A-P3; A-M3; B-M5) | Mapeamento de processo por mapa MCT. Reduzir os desperdícios por incoerências na informação e na coleta (A-P5; A-M6; A-P9; A-M10; B-P7; B-M6-II), aleatoriedade dentro dos procedimentos de informação (A-P8; A-M9) | <u>Diferença</u> : O <i>Lean</i> focou na informação simples, partindo da gestão visual das 5's. QRM abriu maiores efeitos do fluxo de outras informações para identificar causas de problemas.<br><u>Complemento</u> : Os desperdícios encontrados por informação simples podem ser tratados pelo <i>Lean</i> , no chão de fábrica. Fluxos complexos podem ser analisados com QRM pelo seu efeito. Permitiria explorar outras fontes de desperdícios em conjunto. |
| Gestão visual         | Mapeamento de processos por VSM. Implantação de organização visual com 5s' (A-P1; A-M1; B-P2; B-M2)   | Priorização no mapeamento do mapa MCT   | <u>Diferença</u> : a importância da gestão visual como melhoria é maior no <i>Lean</i> que no QRM; mesmo as duas a utilizem como incentivo para desenvolver a participação dos funcionários, complementando a diferença descrita por Saes e Godinho Filho (2008).  |

Fonte: Elaboração do autor.

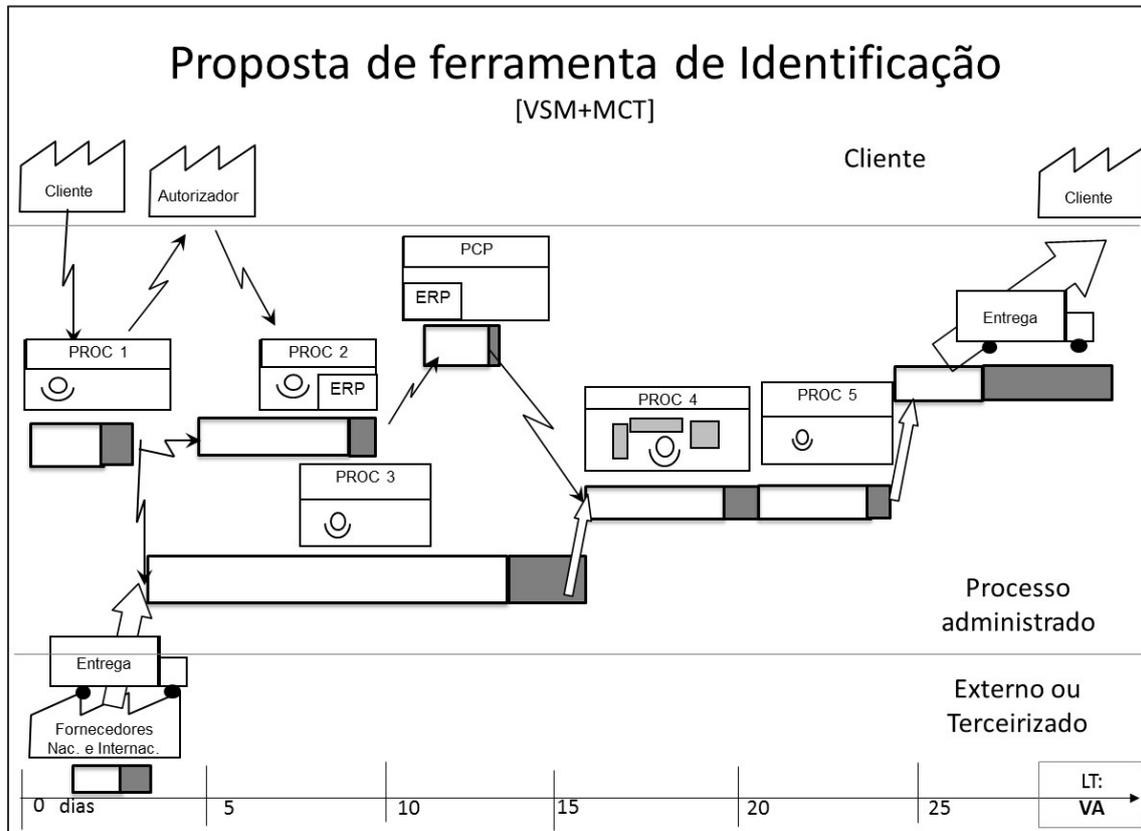
Com a comparação entre as duas abordagens no seu contexto de alta variedade, encontram-se elementos complementares das abordagens. São apresentadas algumas proposições referentes de como essa complementaridade auxiliaria os projetos.

**Proposição 1:** A identificação dos desperdícios deve focar a redução do *lead time* por meio da utilização dos conceitos conjuntos das abordagens *Lean* e QRM.

A utilização em conjunto propõe aproveitar as vantagens do mapa MCT dentro do VSM. No mapa proposto, três áreas são identificadas como: cliente (e autorizados do processo), processo administrado e os externos (contemplando terceirizados). Os quadros de processos de VSM mantém sua característica. As barras em baixo de cada processo representam o tempo necessário para completar a atividade, separando o tempo que não adiciona valor por esperas (em branco) do tempo que agrega valor (em cinza). A posição das barras depende da última linha de tempo. As setas entre as barras de tempo representam o tipo de comunicação e/ou fluxo de materiais entre os processos. Para o caso dos fornecedores, sua posição depende do momento de intervenção no fluxo geral. Os transportes também são reposicionados segundo o tempo. No extremo inferior direito, a informação de *lead time* e

agregação de valor aparece segundo os valores da rota crítica do fluxo. A Figura 6.20 apresenta o modelo proposto com um processo geral.

Figura 6.20. Mapa proposto de identificação de desperdícios.



Fonte: Elaboração do autor

A construção do mapa sugere em seguir etapas para obter a maior vantagem na integração. Os passos são descritos no Quadro 6.5. Mesmo sendo um mapa gráfico, apenas representa a visão do processo e não terá todos os elementos da produção real; mas permitirá identificar aqueles relevantes. Em cada etapa, diferentes conceitos são utilizados para identificar os problemas.

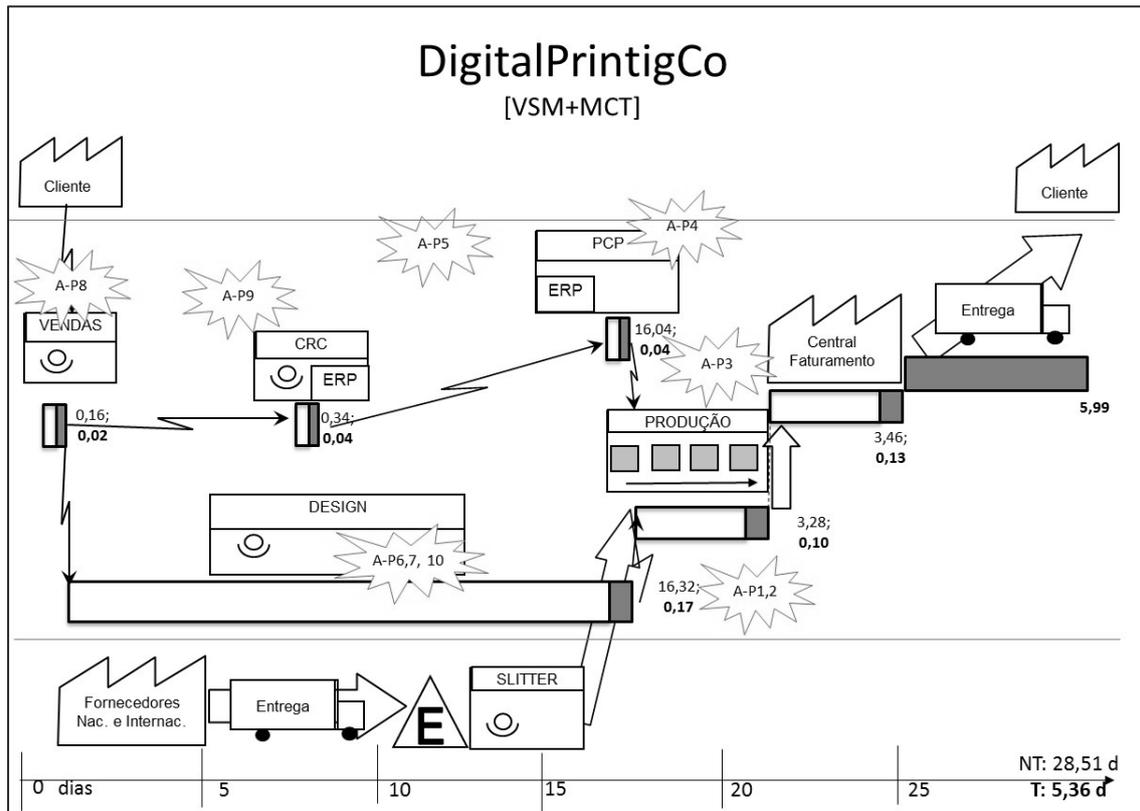
Quadro 6.5. Passos da ferramenta de identificação de problemas.

| <b>Passo</b>   | <b>Característica</b>  | <b>Fundamento</b>   |
|--|--|---|
| Passo 1: Identificar fluxo.                                  | Determinar os clientes, processos e fornecedores. Identificar como estão relacionados entre eles.  | A criação do fluxo de valor, segundo Rother e Shook (2003).   |
| Passo 2: Definir a participação do cliente.                  | Dependendo do fluxo, o cliente intervém no processo várias vezes.  | Fluxo nos ambientes MTO e ETO de Willner <i>et al.</i> (2014)   |
| Passo 3: Obtenção dos tempos de processo.                    | Mensura-se o tempo de atravessamento para cada processo, incluindo a participação de clientes e fornecedores. Ferramentas como <i>tagging</i> podem ser utilizadas.                | Determinação da estrutura de <i>lead time</i> , por Suri (2010b, 2014). Conceitos de estimação de tempos utilizando teoria de filas (SURI, 1996) e dinâmica de sistemas (GODINHO FILHO; UZSOY, 2009). |
| Passo 4: Reorganizar o detalhe dos processos segundo o tempo | O tempo encontrado para cada processo indica o nível necessário de detalhe. Nesse passo, algumas atividades podem ser consolidadas. Entre maior tempo, maior detalhe será preciso. | Nível de priorização da estruturado do <i>lead time</i> , Ericksen <i>et al.</i> (2005); e Suri (2010b)<br>Identificação gráfica do processo interno, Rother e Shook (2003).                          |
| Passo 5: Identificar causas de melhoria                      | Dependendo da prioridade mostrada nas barras e na rota crítica, detalhar o processo para encontrar a causa raiz do problema.   | Identificação de melhorias segundo os problemas, Liker (2004); Redução de <i>lead time</i> (SURI, 2010b; MONDEN, 2011).   |

Fonte: Elaboração do autor

Nos resultados da situação da Digital Printing Co (Figura 6.21), o mapa apresenta como seria a situação inicial do sistema ao início do projeto *Lean*. Claramente, a prioridade das ações estaria na área Design, no tempo que não agrega valor e a relação com os seus desperdícios (A-P6, A-P7, A-P10). Para o caso da produção, pelo tamanho da barra não permitiria utilizar tanto detalhe para separar as operações. No entanto, o mapa permite descrever o nível de agregação dos seus processos representados: impressão, corte eletrônico, laminação e embalagem. Com esse processo, ainda os desperdícios de desorganização visual (A-P1), entupimento de injetores (A-P2), retrabalhos (A-P3) e demoras por prioridades (A-P4) são identificáveis com o tempo que não agrega valor. No mapa já aparece descrito o fluxo de informação e seus problemas entre os processos de Vendas (A-P8), CRC (A-P9), PCP (A-P5) e Design. Junto ao fluxo do fornecedor, aparece o fluxo de material e quando é necessário na cadeia. Nesse fluxo, o tempo não foi considerado pela política de estocagem do substrato, considerando que não foi tomada como importante no projeto original. A linha de tempo descreve a ideia de quando ocorre a média das ocorrências no caso dos tempos, para uma ideia do tempo acumulado do passo do processo.

Figura 6.21. Exemplo do VSM+MCT para DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor

Para o caso da EstampadoCo na Figura 6.22, o mapa combinado mostra como esse fluxo afeta o *lead time*. No caso particular, apresenta o impacto da resposta do fornecedor na cadeia (B-P9) e ainda mostra a prioridade desse problema. Com esse mapa, o transporte ao cliente precisa deve ser considerado no tempo. No entanto, esses dados não foram considerados no MCT e não seria possível determiná-lo neste mapa, até que não tenha mensuração dos tempos. Para os problemas desde Planejamento, as autorizações (B-P8) são identificáveis diretamente no efeito da produção. Neste caso, Planejamento não participa como um tempo de processo, mas identifica o passo afetado. Com as incoerências (B-P7), o fluxo de informação seria desvendado no processo, aproveitando as áreas fortes do QRM. Entre tempo de setup (B-P3) e as demoras pela impressão distorcida (B-P6), seriam complementadas como desperdícios identificáveis. Esses problemas seriam destacados ainda mais com processos que tenham maiores tempos de não agregação de valor. Na desordem visual (B-P2) já seria uma base considerada do *Lean* e o mapa identificaria o seu impacto facilmente.



uma situação que não aparece no MCT original. O Quadro 6.6 apresenta a comparação qualitativa entre a ferramenta propostas e os mapas VSM e MCT.

Quadro 6.6. Comparação das ferramentas de identificação.

| Problema identificado                               | Usando só VSM   | Usando só MCT  | Mapa proposto   |
|---|---|--|---|
| Manutenção alto tempo de setup (A-P2; B-P3)         | Os dados são baseados desde o refugio.  | Encontrado pelas demoras.                                  | Permite detectar o problema.  |
| Defeitos de qualidade na produção (A-P3; B-P4)      | A qualidade na produção é um dos principais defeitos encontrados.                                   | Detectado no mapa.   | Identifica os defeitos.   |
| Movimentos e desorganização visual (A-P1; B-P2)     | Identificado como parte dos seus princípios de desperdícios.  | Pouco tratado como desperdício.                            | Detectado dentro do processo e possíveis.   |
| Qualidade na produção (A-P2, A-P4 e B-P4)           | Foca os desperdícios base na produção.  | O problema não é detectado.                                | Os desperdícios são detectados. Os processos dependem da representação do quadro.     |
| Fluxo de informação (A-P5, A-P6, A-P8 e A-P9; B-P7) | O fluxo é detalhado mas não é considerado problema.   | Os problemas são detectados sem representar o detalhe.     | Apresenta o problema com detalhes do fluxo de informação.                             |
| Efeito da cadeia de suprimento (A-P11; B-P9)        | Os problemas não são identificados nos ciclos.  | O efeito é considerado mas não é identificado nessa área.  | O problema é considerado e ainda é classificado com intervenção externa.              |
| Estrutura organizacional (B-P8)                     | O desperdício não é tratado.  | O seu efeito de fila é identificado.                       | O desperdício é identificado pelo seu efeito.   |
| Capacidade por utilização (A-P7; B-P5)              | A utilização foi calculada segundo a padronização da demanda, caso que não representa o valor real. | O efeito da utilização foi encontrado no efeito da demora. | Identifica o efeito da utilização. Permite visualizar como é descrito nesse processo. |

Fonte: Elaboração do autor

O mapa visual, como um desenho de comunicação, ainda estaria classificado como uma ferramenta de detecção estática, com a maior vantagem que os conceitos do tempo precisariam ser revisados para visualizar os efeitos das propostas de melhoria. Mesmo com os ícones utilizados em VSM, alguns deles seriam abstrações e não representariam a realidade completa, mas identificaria pontos principais. O mapa combinado precisaria muito do conhecimento de ambas as abordagens para manipulá-lo, o que precisaria ser traduzido em um treinamento mais do programa *Lean* para as pessoas que o utilizem.

**Proposição 2:** A lógica das melhorias do *Lean*, no chão de fábrica, pode ser mais bem entendida por meio do conhecimento da dinâmica de sistemas do QRM.

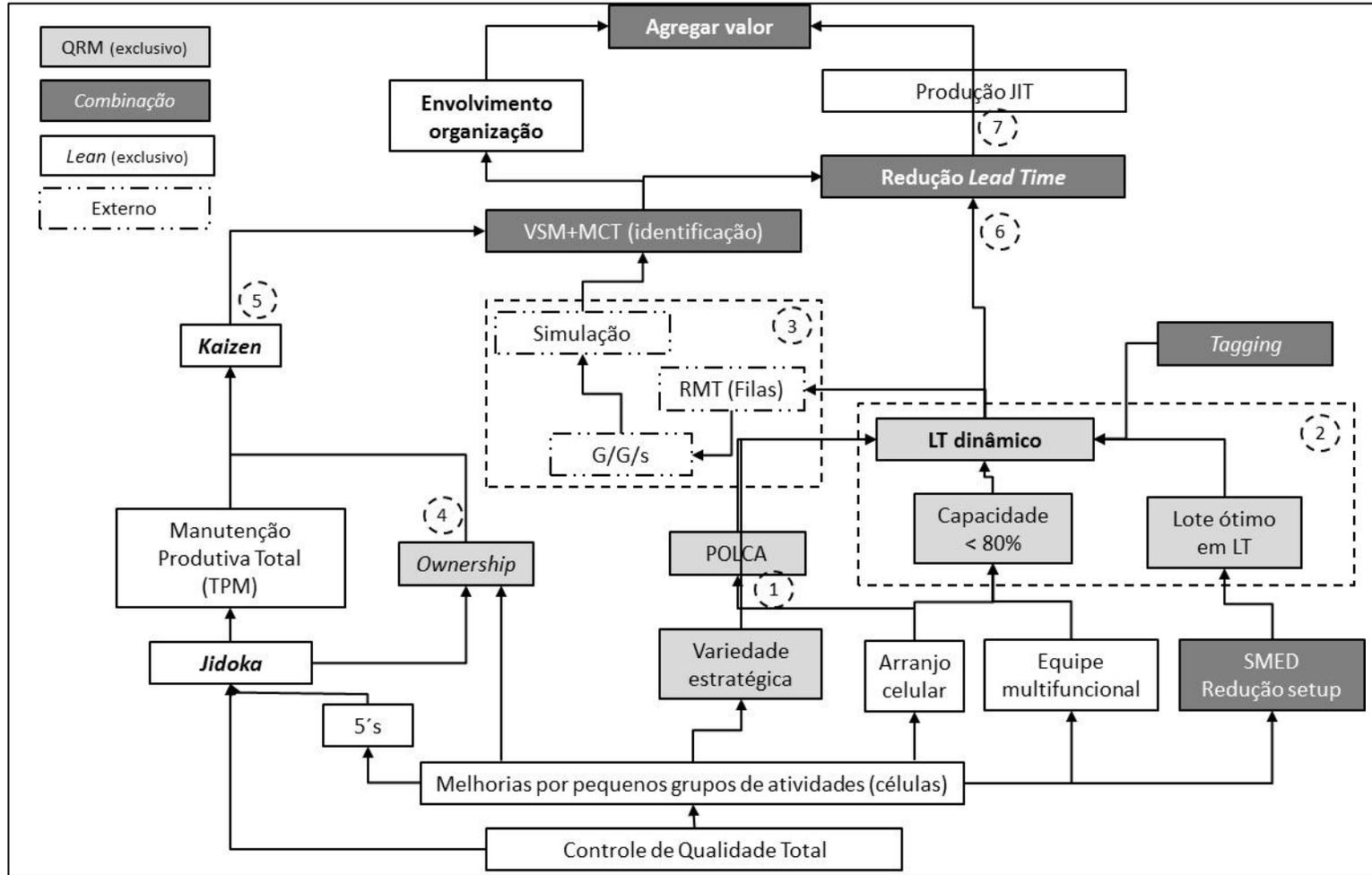
A lógica das melhorias *Lean* tem uma visão de agregação de valor, mas que precisam ser implantadas segundo a necessidade de cada sistema. O impacto das melhorias depende de como elas forem entendidas dentro do processo, pelo menos no chão de fábrica. A dinâmica de sistemas do QRM incrementa o entendimento desse impacto, relacionando os efeitos específicos das melhorias com o comportamento do *lead time*. Mesmo que exista muita complexidade nesse comportamento, as ferramentas usadas da dinâmica de sistemas incrementam a análise possível. Os casos apresentam a evidência na análise dos impactos das melhorias com respeito ao *lead time* dinâmicos que observado na produção. A análise detalhada do *lead time*, como aporte do QRM.

O modelo apresentado na Figura 6.23 descreve como os conceitos QRM são integrados no modelo do *Lean*. A inserção dos conceitos QRM está fundamentada em sete pontos: i) A utilização de variedade estratégica e o controle POLCA; ii) análise dos efeitos do *lead time* dinâmico na capacidade e no cálculo do lote ótimo; iii) utilização das ferramentas de análises de filas; iv) sentido de propriedade (*ownership*) nas melhorias; v) a inserção da melhoria contínua com a minimização do tempo; vi) potencialização do efeito da redução do *lead time*; vii) a redefinição do pilar JIT. A relação desses pontos explica essa inserção da dinâmica de sistemas para a compreensão das melhorias *Lean*. A segunda interação é com ferramentas que aparecem integradas nas duas abordagens: i) a redução de setup; ii) o *tagging*, ou a definição de estrutura do *lead time*; iii) a ferramenta proposta de identificação (VSM+MCT) da proposta 1. Elas apresentam essa integração em forma independente.

Na inserção de conceitos, a variedade estratégica (1) depende do contexto do mercado objetivo. Essa integração é realizada entre o arranjo celular das melhorias e a utilização do controle de produção POLCA. Dependendo da natureza da variedade, o POLCA seria uma solução para o controle de produção. Nos resultados observados na pesquisa, esse sistema não foi uma solução atingida. A análise gráfica o efeito da capacidade (Figura 2.9) e do tamanho do lote (Figura 2.10) e no *lead time* (2) contribuem a monitorar os recursos e entender o nível de redução de setup com a quantidade de lote (considerado como tempo de processamento). Nos casos e pela flutuação do *lead time*, essa análise apontou como as áreas criavam seus efeitos na agregação de valor. Nas ferramentas em conjunto, o *tagging* complementa o maior controle sobre essa estrutura de *lead time*. Para a análise dessa dinâmica de sistemas, o QRM permite a inserção das ferramentas de análise de demoras (3) como Técnicas de Modelagem Rápida (RMT), modelos de filas genéricos (G/G/s) e a simulação. Essas ferramentas facilitam a análise das demoras e da dinâmica do tempo no chão de fábrica, especialmente com a base do QRM para reduzir o *lead time*. Essa inserção da variedade precisa dessas ferramentas para identificar os problemas.

Para uma efetiva integração, o sentido de propriedade (4) do processo precisa ser desenvolvido, a partir das equipes de células. Esse sentido especializa no modelo na agregação de valor mensurada com a redução de *lead time*. A base desse *ownership* radica no *Jidoka*, desde que as paradas sejam permitidas para reduzir os defeitos. A melhoria contínua (5) depende do TPM, como forma técnica, e o sentido de propriedade, como engajamento do pessoal. O *kaizen* permite encontrar as alternativas de melhoria, a partir dos problemas identificados. A melhoria em qualidade e a integração da análise do *lead time* dinâmico potencializam a redução do *lead time* (6), um efeito comum nas duas abordagens. No modelo de Monden (2011), a produção JIT (7) depende da redução do *lead time* e do sistema *kanban*, mas criam um efeito de redução de custos pela eliminação de desperdícios. Para o pilar de produção JIT (7), a agregação de valor depende diretamente dessa redução de *lead time*; pelo que as características do *kanban* e a produção nivelada representam soluções quando não existe essa relação. O envolvimento de toda a organização garante a agregação de valor.

Figura 6.23. Relação do complemento QRM ao Lean.



Fonte: Elaboração do autor

## CAPÍTULO 7: CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem *Lean Manufacturing* apresenta resultados de sucesso na indústria, porém, em determinados ambientes produtivos, encontram-se dificuldades no seu uso, como no caso de ambientes com alta variedade de produtos e baixo volume. Uma abordagem que pode ser utilizada nestes tipos de ambiente é o *Quick Response Manufacturing*, porém sua integração com o *Lean* ainda é pouco estudada.

Para melhor entender essa integração entre as abordagens, este trabalho apresentou como objetivo explorar a complementaridade do QRM com o *Lean*; além de determinar os elementos semelhantes e diferentes de ambas as abordagens, definir as diferenças e semelhanças entre os desperdícios enxergados por ambas as abordagens, especificar como as duas abordagens se potencializam nas propostas de melhoria, e ainda propor elementos de complementaridade entre ambas a partir das diferenças.

Como resultado do estudo foram encontrados os efeitos que o QRM amplifica do *Lean*, sendo eles: a incorporação de conceitos da dinâmica de sistemas e o suporte de identificação de desperdícios associados a essa dinâmica. O aporte do QRM é com o domínio de conceitos de tempo, a relação da utilização com o *lead time*, e as ferramentas do tratamento das estruturas de tempo. Entre as ferramentas utilizadas, destaca-se a fácil inclusão da simulação para o tratamento de ambientes MTO, a partir da estreita relação existente com o domínio do *lead time*.

Com relação à identificação de desperdícios, o QRM auxilia ao *Lean* no aprofundamento da análise do *lead time*. Mesmo que o *Lean* já o considere com o VSM, a detecção do impacto do desperdício no MCT desvenda qual é a etapa do processo que precisa de uma maior atenção nas melhorias. Dentro do mapeamento de processo, o *Lean* identifica a natureza dos passos e as possíveis formas de abstração dos desperdícios. Os detalhes dos processos são abordados em maior profundidade com o VSM do que com o MCT, o que ajudaria na busca de causas raízes dos problemas geradores de desperdícios. Desta forma, a combinação de MCT e VSM permite uma melhor priorização (MCT) e detalhamentos (VSM) dos desperdícios em várias áreas do fluxo de valor e que não são tratados diretamente por cada abordagem. Nesse sentido, o mapa VSM+MCT combinado é proposto para utilizá-lo como a integração das duas abordagens. Pesquisas futuras podem apresentar como esse mapa é desenvolvido e enxergado na prática; assim como refinamentos nos conceitos utilizados para o mapa.

As áreas que o QRM potencializa o *Lean* para encontrar desperdícios são os efeitos por fluxo de informação e pela cadeia de suprimentos, desde a relação dos fornecedores com a dos clientes. Essas áreas são avaliadas diretamente através do seu impacto no tempo e

sua contribuição no *lead time* do processo. O QRM complementa a identificação das estruturas organizacionais que no *Lean* podem passar despercebidas, especialmente nos ambientes de alta variedade. Os problemas internos à produção, especialmente os relacionados com qualidade, são mais facilmente encontrados no *Lean*. Isto explicaria o fato do *Lean* ter desenvolvido muito o seu pilar *Jidoka*. Quando as duas abordagens são combinadas, os problemas detectados e classificados em um tipo de desperdício passam a ser priorizado e analisado com possíveis efeitos que não tenham sido identificados. Pelas semelhanças dos casos estudados, outras áreas podem ser identificadas, assim como fluxos mais complexos para contrastar os resultados desta pesquisa.

Na proposta de melhorias, o QRM ajuda na criação de propostas diferentes associadas ao *Lean* e na análise do impacto delas. Entre elas, as alternativas para redução de tempo de *setup* e manutenção de equipamentos são incrementadas pelo uso das duas abordagens. Ambas consideram essas áreas para identificação de problemas, mas cada uma tem uma visão diferente que permite aumentar as alternativas de melhoria. Em outras áreas, a complementaridade aparece segundo a importância do desperdício identificado. Na análise da avaliação das propostas, o QRM aprofunda o detalhe dos efeitos estimados pelo uso de ferramentas baseadas no *lead time*. O principal conceito é essa integração da dinâmica de sistemas para estimar o impacto de cada ação, mesmo que esteja em um ambiente MTO. Já o *Lean* permite focar em propostas de melhoria de gestão visual que amplificam o entendimento dos operadores no processo. O incremento em alternativas de melhoria dependerá do domínio do gestor de melhorias nas duas abordagens, como das suas potencialidades em conjunto.

Os resultados encontrados nesta pesquisa não são generalizáveis, desde que existem diversos problemas em cada empresa. O resultado variaria segundo a configuração de produção existente e da importância da agregação de valor na redução do tempo de resposta. Para a pesquisa, existe uma confiança nos dados coletados em que reflitam a realidade dos casos. Com relação às abordagens, partiu-se do pressuposto em que o *Lean* foi implantado corretamente nas duas empresas, especialmente na EstampadoCo pela sua pouca experiência na abordagem. Futuras pesquisas poderiam estar focadas na generalização dos resultados por meio de estudos mais divergentes, especialmente fluxos que não apresentem arte digital e processos de impressão. Uma *survey* permitiria determinar a importância da complementaridade, respeito a variáveis não consideradas neste estudo como: tipo de estratégia do produto, restrições no fluxo de produção, entre outros.

## REFERÊNCIAS

- ACHANGA, P.; SHEHAB, E.; ROY, R.; NELDER, G. Critical success factors for lean implementation within SMEs. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 4, p. 460–471, 2006.
- ANDRADE, J. H. DE; SILVA CHINET, F.; RIBEIRO UTIYAMA, M. H.; GODINHO FILHO, M. Quick Response Manufacturing: Aplicação de conceitos e ferramentas para a redução do lead time na manufatura de bens. XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...**, 2011. Belo Horizonte, MG, Brasil: ENEGEP.
- ARONSSON, H.; ABRAHAMSSON, M.; SPENS, K. Developing lean and agile health care supply chains. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 16, n. 3, p. 176–183, 2011.
- AVANZI, B.; BICER, I.; TREVILLE, S. DE; TRIGEORGIS, L. Real options at the interface of finance and operations: exploiting embedded supply-chain real options to gain competitiveness. **European Journal of Finance**, v. 19, n. 7-8, p. 760–778, 2013.
- BANKS, J. **Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice**. John Wiley and Sons, 1998.
- BANKS, J.; CARSON, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-Event System Simulation**. 4th ed. Pearson, 2005.
- BARRATT, M.; CHOI, T. Y.; LI, M. Qualitative case studies in operations management: Trends, research outcomes, and future research implications. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 4, p. 329–342, 2011.
- BENBASAT, I.; DAVID; MEAD, M. The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. **MIS Quarterly**, v. 11, n. 3, p. 369–386, 1987.
- BERNARDES, E. S.; HANNA, M. D. A theoretical review of flexibility, agility and responsiveness in the operations management literature: Toward a conceptual definition of customer responsiveness. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 1, p. 30–53, 2009.
- BHAMU, J.; SANGWAN, K. S. Lean manufacturing: literature review and research issues. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 34, n. 7, p. 876–940, 2014.
- BHASIN, S.; BURCHER, P. Lean viewed as a philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 1, p. 56–72, 2006.
- BOGATAJ, M.; BOGATAJ, L. On the compact presentation of the lead times perturbations in distribution networks. **International Journal of Production Economics**, v. 88, n. 2, p. 145–155, 2004.
- BOKHORST, J. A. C.; SLOMP, J. Lean Production Control at a High-Variety, Low-Volume Parts Manufacturer. **Interfaces**, v. 40, n. 4, p. 303–312, 2010.
- BORGIANNI, Y.; CASCINI, G.; ROTINI, F. Process value analysis for business process re-engineering. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. **Anais...** v. 224, p.305–327, 2010.
- BROCKMAN, D. A.; CHEN, X.; GALLAHER, D. D. High-viscosity dietary fibers reduce adiposity and decrease hepatic steatosis in rats fed a high-fat diet. **The Journal of nutrition**, v. 144, n. 9, p. 1415–22, 2014. American Society for Nutrition.
- CAMPBELL, H. **Lean Manufacturing Principles Made Easy**. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2010.
- CENTOBELLI, P.; MURINO, T.; D’ADDONA, D.; NAVIGLIO, G. Simulation and

optimization of production system based on fuzzy logic and quick response manufacturing. 25th European Modeling and Simulation Symposium, EMSS 2013. **Anais...** . p.60–66, 2013.

CEVIKCAN, E.; DURMUSOGLU, M. B. An integrated job release and scheduling approach on parallel machines: An application in electric wire-harness industry. **Computers & Industrial Engineering**, v. 76, p. 318–332, 2014. Elsevier Ltd.

CHALMERS, A. F.; FIKER, R. **O que é ciência afinal?** Editora Brasiliense, 1993.

CHEIKHROUHO, N.; HACHEN, C.; GLARDON, R. A Markovian model for the hybrid manufacturing planning and control method “Double Speed Single Production Line.” **Computers and Industrial Engineering**, v. 57, n. 3, p. 1022–1032, 2009. Elsevier Ltd.

COE, N. M. Manufacturing possibilities: creative action and industrial recomposition in the United States, Germany, and Japan \* G. Herrigel. **Journal of Economic Geography**, v. 11, n. 4, p. 757–759, 2011.

COLLINS, R. An empirical test of the rigid flexibility model. **Journal of Operations Management**, v. 16, n. 2-3, p. 133–146, 1998.

CORBETT, L. ; CAMPBELL-HUNT, C. Grappling with a gusher! Manufacturing’s response to business success in small and medium enterprises. **Journal of Operations Management**, v. 20, n. 5, p. 495–517, 2002.

DEFLOREN, P.; SCHERRER-RATHJE, M. Challenges in the transformation to lean production from different manufacturing-process choices: a path-dependent perspective. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 14, p. 3956–3973, 2012.

DERELI, T.; ALTUN, K.; GÖLEC, A.; DURMUSOGLU, A. Improvement of manufacturing productivity and responsiveness through integrated process planning and authorizing. **Tehnicky Vjesnik**, v. 19, n. 4, p. 871–884, 2012.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **Academy of Management Review**, 1989.

EISENHARDT, K. M.; GRAEBNER, M. E.; HUBERMAN, A. M.; MILES, M. B. Theory Building From Cases: Opportunities And Challenges. **Academy of Management Journal**, v. 50, n. 1, p. 25–32, 2007.

ERICKSEN, P. D.; SURI, R.; EL-JAWHARI, B.; ARMSTRONG, A. J. Filling the Gap: Rethinking Supply Management in the Age of Global Sourcing and Lean. **APICS The Performance Advantage**, 2005.

ERICKSEN, P.; STOFLET, N.; SURI, R. **Manufacturing critical-path time (MCT): the QRM metric for lead time**. Wisconsin, Madison: Center for QRM, 2007.

FERNANDES, F. C. F.; GRACIA, E.; GODINHO FILHO, M.; SILVA, F. M. DA. Proposal of a method to achieve responsive manufacturing in the footwear industry: Implementation and assessment through research-action. **Proposta de um método para atingir a manufatura responsiva na indústria de calçados: Implantação e avaliação por meio de uma pesquisa-ação**, v. 19, n. 3, p. 509–529, 2012.

FURLAN, A.; VINELLI, A.; PONT, G. D. Complementarity and lean manufacturing bundles: an empirical analysis. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 31, n. 8, p. 835–850, 2011.

GALBRAITH, J. R.; DOWNEY, D.; KATES, A. **Designing Dynamic Organizations: A Hands-On Guide for Leaders at All Levels**. New York, NY, USA: AMACOM, 2002.

GARZA-REYES, J. A.; LIM, M. K.; ZISIS, S.; KUMAR, V.; ROCHA-LONA, L. Adoption of Operations Improvement Methods in the Greek Engineering Sector. Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. **Anais...** . p.1–8, 2015. Dubai, United Arab Emirates.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time. **Produção**,

v. 5, n. 2, p. 169–189, 1996.

GODINHO FILHO, M.; BARCO, C. F.; SAGAWA, J. K.; KINOSHITA, D.; MENDONCA PEIXOTO, M. G. Proposta de aplicação da abordagem Quick Response Manufacturing em uma empresa do setor automobilístico. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...**, 2011. Belo Horizonte, MG, Brasil: ABEPRO.

GODINHO FILHO, M.; HAYASHI, A. P.; RUFO, C. R. Uso da abordagem Quick Response Manufacturing para a redução do lead time em uma empresa do setor calçadista. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** . p.18, 2013.

GODINHO FILHO, M.; SAES, E. V. From time-based competition (TBC) to quick response manufacturing (QRM): the evolution of research aimed at lead time reduction. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 64, n. 5-8, p. 1177–1191, 2012.

GODINHO FILHO, M.; SINGH, A. S. Proposta de aplicação da abordagem Quick Response Manufacturing na área de produção de uma empresa de bens de capital. XXX Enegep - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...**, 2010. São Carlos, SP: XXX Enegep.

GODINHO FILHO, M.; UZSOY, R. Efeito da redução do tamanho de lote e de programas de Melhoria Contínua no Estoque em Processo (WIP) e na Utilização: estudo utilizando uma abordagem híbrida System Dynamics - Factory Physics study using a combined System Dynamics and Factory. **Produção**, v. 19, n. 1, p. 214–229, 2009.

GODINHO FILHO, M.; UZSOY, R. Estudo do efeito de programas de melhoria contínua em variáveis do chão de fábrica na relação entre tamanho de lote de produção e lead time. **Gestão e Produção**, v. 17, n. 1, p. 137–148, 2010.

GUNASEKARAN, A.; NGAI, E. W. T. The future of operations management: An outlook and analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 135, n. 2, p. 687–701, 2012. Elsevier.

GUPTA, S.; JAIN, S. K. A literature review of lean manufacturing. **International Journal of Management Science and Engineering Management**, v. 8, n. 4, p. 241–249, 2013.

HAMERI, A. P. Production flow analysis-Cases from manufacturing and service industry. **International Journal of Production Economics**, v. 129, n. 2, p. 233–241, 2011. Elsevier.

HERRIGEL, G. Emerging Strategies and Forms of Governance in High-Wage Component Manufacturing Regions. **Industry & Innovation**, v. 11, n. 1-2, p. 45–79, 2004.

HILL, A.; DORAN, D.; STRATTON, R. How should you stabilise your supply chains? **International Journal of Production Economics**, v. 135, n. 2, p. 870–881, 2012. Elsevier.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean: A Guide to Implementation**. Lean Enterprise Research Centre, 2000.

HOONTE, J. D. TEN. **A Quick Response Manufacturing Maturity Model & GAP analysis**, 2012. University of Groningen.

HUBERMAN, A.; MILES, M. Data management and analysis methods. In: N. K. Denzin; Y. S. Lincoln (Eds.); **Handbook of Qualitative Research**. p.428–444, 1994. SAGE.

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 34, n. 8, p. 1080–1122, 2014.

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. Lean production: literature review and trends. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 3, p. 867–855, 2015.

JASTI, N. V. K.; SHARMA, A. Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: A case study from auto components industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 1, p. 89–116, 2014.

JOING, M. J. **Applicability of lean manufacturing and quick response manufacturing in a**

- high-mix low-volume environment**, 2004. Massachusetts Institute of Technology.
- KETOKIVI, M.; CHOI, T. Renaissance of Case Research as a Scientific Method. **Journal of Operations Management**, v. 32, n. 5, p. 232–240, 2014. Elsevier B.V.
- LAGE JUNIOR, M.; RORIS SEVERINO, M.; CAMPANINI, L.; GUIMARÃES, A. D. A.; AGUILERA, M. Aplicação da metodologia QRM para redução de lead time em uma indústria de bens de capital. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...**, 2009. Salvador, BA.
- LAKATOS, I. Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes. **Criticism and the Growth of Knowledge**. p.91–197, 1970.
- LIAN, Y.-H.; LANDEGHEM, H. VAN. Analysing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 13, p. 3037–3058, 2007.
- LIKER, J. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIKER, J. K. **Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers**. Productivity Press, 1996.
- LIKER, J. K. **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. McGraw-Hill, 2004.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. **The Toyota Way Fieldbook**. McGraw-Hill, 2006.
- LIMA, A. D. DE; BACHEGA, S. J. Manufacturing Critical-Path Time (MCT) e System Dynamics (SD): um estudo de caso no processo de orçamentação. XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...**, 2010. São Carlos, SP.
- LIMA, A. D. DE; BACHEGA, S. J.; GODINHO FILHO, M.; CRUZ, V. DE J. S. DA; ROSSI, J. M. Proposta de aplicação da abordagem Quick Response Manufacturing ( QRM ) para a redução do lead time em operações de escritório. **Produção**, v. 23, n. 2013, p. 1–19, 2013.
- LIU, C. M.; CHIANG, M. S. Systematic lean techniques for improving honeycomb bonding process. Global Perspective for Competitive Enterprise, Economy and Ecology - Proceedings of the 16th ISPE International Conference on Concurrent Engineering. **Anais...** p.267–279, 2009.
- LUAN, S.; JIA, G.; KONG, J. A Model Approach to POLCA System for Quick Response Manufacturing Formal Description and Mathematical Programming Formal description for POLCA system. **Journal of Computational Information Systems**, v. 3, n. 20111102110025, p. 1167–1174, 2013.
- MANZOURI, M.; AB RAHMAN, M. N. Adaptation of theories of supply chain management to the lean supply chain management. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v. 14, n. 1, p. 38–54, 2013.
- MARODIN, G. A.; SAURIN, T. A. Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 22, p. 6663–6680, 2013.
- MARTINS, R. A. Abordagem Quantitativa e Qualitativa. **Metodologia De Pesquisa Em Engenharia De Produção**. 2nd ed., p.33–57, 2012. Rio de Janeiro: Elsevier Editora.
- MARVEL, J. H.; STANDRIDGE, C. R. Simulation-enhanced lean design process. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 2, n. 1, p. 90–113, 2009.
- MCDONALD, T.; AKEN, E. M. VAN; RENTES, A. F. International Journal of Applications : A Leading Journal of Supply Chain Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping : A Manufacturing Case Application. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 5, n. 2, p. 37–41, 2002.
- MEHRSAI, A.; KARIMI, H. R.; THOBEN, K. D.; SCHOLZ-REITER, B. Using metaheuristic and fuzzy system for the optimization of material pull in a push-pull flow logistics network.

**Mathematical Problems in Engineering**, v. 2013, 2013.

MINTZBERG, H. Structure in 5's: A Synthesis of the Research on Organization Design. **Management Science**, v. 26, n. 3, p. 322–341, 1980.

MONDEN, Y. **Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time**. 4th ed. CRC Press, 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments, 7th Edition**. 2009.

NAMBIAR, A. Modern manufacturing paradigms—a comparison. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010, IMECS 2010. **Anais...** . v. III, 2010. Hong Kong.

NAVE, D. How To Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints: A framework for choosing what's best for your organization. **Quality Progress**, v. 35, p. 73–78, 2002.

NETLAND, T. H. Industry 4.0: Where does it leave lean ? **Lean Management Journal**, v. 5, n. 2, p. 22–23, 2015.

OHNO, T. **Toyota System Production: Beyond Large-Scale Production**. 1978.

PACHECO, D. A. DE J. Teoria das Restrições , Lean Manufacturing e Seis Sigma : limites e possibilidades de integração. **Production**, v. 24, n. 4, p. 940–956, 2014.

PAPADOPOULOU, T. C.; OZBAYRAK, M. Leanness: experiences from the journey to date. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 16, n. 7, p. 784–807, 2005.

PORTER, K.; LITTLE, D.; PECK, M.; ROLLINS, R. Manufacturing classifications: relationships with production control systems. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 10, n. 4, p. 189–198, 1999.

POWELL, D.; ALFNES, E.; STRANDHAGEN, J. O.; DREYER, H. The concurrent application of lean production and ERP: Towards an ERP-based lean implementation process. **Computers in Industry**, v. 64, n. 3, p. 324–335, 2013. Elsevier B.V.

POWELL, D.; RIEZEBOS, J.; STRANDHAGEN, J. O. Lean production and ERP systems in small- and medium-sized enterprises: ERP support for pull production. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 2, p. 395–409, 2013.

POWELL, D.; STRANDHAGEN, J. 21 st Century operational excellence: Addressing the similarities and differences between Lean production, Agility and QRM. Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2012 IEEE International Conference on. **Anais...** . p.449–453, 2012. Hong Kong: IEEE.

QUINTANA; ROLANDO. A production methodology for agile manufacturing in a high turnover environment. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 18, n. 5, p. 452–470, 1998.

RAVENSWOOD, K. Eisenhardt's impact on theory in case study research. **Journal of Business Research**, v. 64, n. 7, p. 680–686, 2011. Elsevier Inc.

RIEZEBOS, J. Design of POLCA material control systems. **International Journal of Production Research**, v. 05, p. 1455–1477, 2010.

RIEZEBOS, J.; KLINGENBERG, W.; HICKS, C. Lean Production and information technology: Connection or contradiction? **Computers in Industry**, v. 60, p. 237–247, 2009.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see; value stream mapping to create value and eliminate muda**. Brookline, Massachusetts, USA: The Lean Enterprise Institute, 2003.

SABEL, C. F.; SIMON, W. H. Minimalism and experimentalism in the administrative State. **Georgetown Law Journal**, v. 100, n. 1, p. 53–93, 2011.

SAES, E. V.; GODINHO FILHO, M. Lean manufacturing e quick response manufacturing: Análise Comparativa. XX SIMPEP Simpósio de Engenharia de Produção. **Anais...** . p.1–12, 2008. Bauru, SP.

- SAES, E. V.; GODINHO FILHO, M. Utilização da abordagem Quick Response Manufacturing em uma empresa de materiais de escrita : proposta e análise de benefícios esperados. **Gestão e Produção**, v. 18, p. 525–540, 2011.
- SAMADHI, T. M. A. A.; HOANG, K. Shared computer-integrated manufacturing for various types of production environment. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 5, p. 95–108, 1995.
- SAURIN, T.; RIBEIRO, J.; MARODIN, G. Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 4, p. 829–841, 2010.
- SILVA CHINET, F. **Redução de lead time em ambiente de fabricação sob encomenda por meio da abordagem Quick Response Manufacturing (QRM)**, 2014. UFSCar.
- SILVA CHINET, F.; GODINHO FILHO, M. Sistema POLCA: revisão, classificação e análise da literatura. **SciELO Brasil**, 2012.
- SINGH, B.; GARG, S. K.; SHARMA, S. K. Value stream mapping: literature review and implications for Indian industry. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 53, n. 5-8, p. 799–809, 2010.
- SIONG, B. C.; ENG, C. K. A framework for implementing Quick Response Manufacturing system in the job shop environment. **Science International**, v. 26, n. 5, p. 1779–1783, 2014.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations Management**. 2013.
- SLOMP, J.; BOKHORST, J. A. C.; GERMS, R. A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation. **Production Planning & Control**, v. 20, n. 7, p. 586–595, 2009.
- SPEAR, S.; BOWEN, H. Decoding the DNA of the Toyota production system. **Harvard Business Review**, v. 77, n. 5, p. 96–106, 1999.
- STEFANELLI, P. **Modelo de Programação da Produção Nivelada para Produção Enxuta em Ambiente ETO com Alta Variedade de Produtos e Alta Variação de Tempos de Ciclo**, 2010.
- STEVENSON, M.; HENDRY, L. C.; KINGSMANT, B. G. A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. **International Journal of Production Research**, v. 43, n. 5, p. 869–898, 2005.
- STEVENSON, M.; SPRING, M. Flexibility from a supply chain perspective: definition and review. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 27, n. 7, p. 685–713, 2007.
- STEVENSON, M.; SPRING, M. Supply chain flexibility: an inter-firm empirical study. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 9, p. 946–971, 2009.
- STOCKTON, D.; LINDLEY, R. Implementing kanbans within high variety/low volume manufacturing environments. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 7, p. 47 – 59, 1995.
- STONE, K. B. Four decades of lean: a systematic literature review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 2, p. 112–132, 2012.
- STRATTON, R.; WARBURTON, R. D. . The strategic integration of agile and lean supply. **International Journal of Production Economics**, v. 85, n. 2, p. 183–198, 2003.
- STUMP, B.; BADURDEEN, F. Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 23, n. 1, p. 109–124, 2009.
- SURI, R. Using queueing models to support Quick Response Manufacturing. International IIE Conference. **Anais...**, 1996. Minneapolis, MN.

- SURI, R. **Quick response manufacturing: a companywide approach to reducing lead times**. Portland, Oregon: Productivity Press, 1998.
- SURI, R. A lean strategy for job shops. **Gear Technology**, p. 26–27, 2005.
- SURI, R. Going beyond lean: focusing on time, not cost, can save your company a bundle. **Industrial Engineer**, v. 42, n. 4, p. 30, 2010a.
- SURI, R. **It's About Time**. New York, NY: Productivity Press, 2010b.
- SURI, R. **MCT Quick Reference Guide**. Madison, WI: Suri Consulting & Seminars, LLC, 2014.
- SURI, R.; KRISHNAMURTHY, A. **How to Plan and Implement POLCA—A Material Control System for High Variety or Custom-Engineered Products**. 2003.
- THOMPSON, C. Ícones do VSM. . Lean Institute Brasil.
- THURER, M.; GODINHO FILHO, M. Redução do lead time e entregas no prazo em pequenas e médias empresas que fabricam sob encomenda: A abordagem Worload Control (WLC) para o Planejamento e Controle da Produção (PCP). **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 43–58, 2012.
- TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.
- TREVILLE, S. DE; SHAPIRO, R. D.; HAMERI, A.-P. From supply chain to demand chain: the role of lead time reduction in improving demand chain performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 6, p. 613–627, 2004.
- VONDEREMBSE, M. A.; UPPAL, M.; HUANG, S. H.; DISMUKES, J. P. Designing supply chains: Towards theory development. **International Journal of Production Economics**, v. 100, n. 2, p. 223–238, 2006.
- VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195–219, 2002.
- WADHWA, S.; MISHRA, M.; SAXENA, A. A network approach for modeling and design of agile supply chains using a flexibility construct. **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, v. 19, n. 2007, p. 410–442, 2007.
- WAGNER, S. M. A firm's responses to deficient suppliers and competitive advantage. **Journal of Business Research**, v. 59, n. 6, p. 686–695, 2006.
- WILLNER, O.; POWELL, D.; DUCHI, A.; SCHÖNSLEBEN, P. Globally Distributed Engineering Processes: Making the Distinction between Engineer-to-order and Make-to-order. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 663–668, 2014. Elsevier B.V.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production**. 1990.
- WONG, C. Y.; ARLBJØRN, J. S.; JOHANSEN, J. Supply chain management practices in toy supply chains. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 10, n. 5, p. 367–378, 2005.
- XIA, W.; SUN, J. Simulation guided value stream mapping and lean improvement: A case study of a tubular machining facility. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 6, n. 2, p. 456–576, 2013.
- YAUCH, C. A.; STEUDEL, H. J. Cellular manufacturing for small businesses: Key cultural factors that impact the conversion process. **Journal of Operations Management**, v. 20, n. 5, p. 593–617, 2002.
- YIN, R. K. **Estudo de caso planejamento e métodos**. 2nd ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.



## APÊNDICE A: PROTOCOLO DO PROJETO *LEAN*

### 1) Descrição do estudo de caso

Nesta seção, descreve-se o procedimento seguido para realizar o estudo de caso a fim de validar a pesquisa realizada.

#### a) Objetivos do caso de estudo

O estudo de caso pretende estudar como é percebida a diferença da abordagem QRM em relação à abordagem *Lean*. O estudo contempla os métodos de implantação usados nas abordagens nos casos, os problemas percebidos em cada abordagem e as propostas de melhoria atingidas.

Com o estudo, pretende-se criar propostas de complementaridade de princípios e/ou ferramentas QRM que auxiliem a abordagem *Lean*. A particularidade das ferramentas e princípios para determinar como podem complementar.

#### b) Questões de pesquisa e variáveis

As questões de pesquisa são relacionadas com os problemas do sistema produtivo e as melhorias propostas da sua abordagem. As grandes questões da primeira parte são:

- i. Como era o controlado o sistema de produção antes da implantação do *Lean*?
- ii. Que melhorias foram propostas a partir do *Lean*?

Na definição do sistema anterior, da questão (i) serão utilizadas as seguintes variáveis:

- Foco da estratégia de produção;
- Indicadores utilizados para rendimento;
- Tipo de fluxo de processo;
- Tecnologia de informação usada no controle do processo;
- Projeto organizacional, enfoque na estrutura;
- Planejamento e controle de inventários;
- Programação da produção;
- Capacidade da produção;
- Gestão da qualidade usada;
- Decisões da cadeia de suprimento usadas: fornecedores;
- Histórico de implantação do sistema;

Na questão (ii) serão incrementadas as seguintes variáveis:

- Projeto de Implantação do *Lean*.
- Processo de identificação de desperdícios:
  - Seleção de família;
  - Preparação do Mapa de Fluxo de Valor inicial;
  - Propostas de melhoria;
  - Análise dos resultados do projeto *Lean*.

## 2) Procedimento no campo

Esta seção contém os procedimentos de coleta de dados realizados, assim como os passos descritos para o contato das pessoas entrevistadas.

### a) Plano de coleta de dados

Os participantes do processo de produção e gestores ou encarregados de melhoria serão entrevistados. O agendamento será realizado por e-mail com os contatos da empresa, com pelo menos uma semana de antecedência da data prevista. A partir da resposta dos contatos, serão contatados por telefone para confirmar a disposição e marcar a data da entrevista, segundo a disponibilidade do participante. Um segundo e-mail será enviado para obter informações básicas da empresa que não sejam relativas ao processo, como detalhes publicados em páginas web e informação pública.

A coleta de dados será com entrevistas semiestruturadas e observações a partir de visitas técnicas (possíveis). Uma consulta documental será considerada como triangulação dos dados obtidos nas entrevistas, quando for possível.

Nas entrevistas, serão utilizados alguns esquemas e desenhos para explicar melhor os pontos do roteiro. Serão tomadas notas e propor-se-á que as entrevistas sejam gravadas. Depois das entrevistas, um relatório será gerado. Esse relatório será enviado de volta para o entrevistado conferir sua posição e suas opiniões.

### b) Preparação para as visitas

Como preparação da visita, um e-mail com o detalhe do objetivo do caso será enviado aos entrevistados, fornecendo um contexto do estudo. Informação pública coletada desde sites e outros trabalhos de implantação das abordagens serão coletadas para encontrar pontos que possam ser discutidos com as respostas da entrevista. Para facilitar o resumo, serão

preparados os desenhos para tomar notas, sob a definição de utilizar um roteiro gráfico nas entrevistas.

O material preparado dentro de cada entrevista será o protocolo de entrevista, as figuras do roteiro, o gravador (em caso seja permitido no e-mail) e bloco de notas livre para rascunhos.

c) Pessoas entrevistadas

As entrevistas serão realizadas com os gerentes e os operadores do processo estudado. No caso exista um departamento de melhorias associado, será considerado para confirmar os desenvolvimentos do projeto.

3) Questionário do estudo de caso

O questionário a ser desenvolvido durante as entrevistas para cobrir o conhecimento das variáveis neste estudo. A primeira parte do questionário, as perguntas estão dirigidas para encontrar o sistema anterior à implantação do projeto *Lean*.

1. Quais são as características da empresa (tamanho dela, tipo de produtos, tipo de mercado, relevância do processo estudado)?
2. Quais são os antecedentes da empresa?
3. Como é o processo produtivo?
4. Qual foi o foco/prioridade da estratégia de produção anterior?
5. Que indicadores foram usados nesse sistema?
6. Que características de clientes/mercado atende essa produção?
7. Qual é o fluxo de produção que existia no processo? Que tipo de prioridades existe no processo? Qual é a capacidade do processo?
8. Como é a estrutura organizacional do departamento? Caso houver, como é o estilo de liderança usado no processo?
9. De que forma é programada a produção?
10. Como são controlados e planejados os inventários do processo? Quais são as políticas de estoques?
11. De que maneira é feita a gestão de qualidade no processo? Que elementos de qualidade são utilizados?
12. Que estratégia é utilizada na cadeia de suprimentos? Que relações existem com os fornecedores? Que controle existe com eles?
13. Que tecnologia é utilizada para tratar os dados? Como é tratada a informação de controle da produção?
14. Como foi implantado esse sistema anterior?

A segunda parte das questões está enfocada em detalhar o projeto de implantação do *Lean*.

15. Como foi definido o processo de implantação de *Lean* na empresa?
  16. Como foi o procedimento de identificação de desperdícios no processo?
    - a. Que famílias foram escolhidas?
    - b. Que dados foram preparados para identificação dessa situação atual?
    - c. Como ficou o VSM atual considerado?
    - d. Que propostas foram analisadas a partir do mapa?
    - e. Que outros resultados foram esperados a partir do projeto *Lean*?
  17. Que outros detalhes foram considerados no projeto *Lean*?
- 4) Guia do relatório do estudo de caso.

O relatório será estruturado a partir das notas apontadas nas figuras do roteiro e da consulta das gravações. Existirá uma descrição detalhada de cada caso.

## APÊNDICE B: PROTOCOLO DO PROJETO QRM

### 1) Descrição do estudo de caso

O objetivo é apresentar o protocolo para o desenvolvimento do projeto QRM, com o objetivo de validar os resultados obtidos a partir das atividades realizadas.

#### a) Objetivos da segunda fase do estudo de caso.

A segunda fase do estudo de caso pretende estudar os resultados obtidos nas propostas de melhoria, com a abordagem QRM. Com esta fase, propõem-se as melhorias a comparar com os resultados dos projetos de melhoria *Lean*.

#### b) Questões de pesquisa e variáveis

As questões definidas nesta segunda parte do estudo de caso são:

- i. Como foi o desenvolvimento do projeto QRM?
- ii. Que melhorias foram propostas a partir do QRM?

Para responder na questão (i), utilizar-se-ão as variáveis definidas do apêndice A, classificando os passos com o seguinte:

- Obtenção do desempenho geral do sistema em tempo
- Refinamento do escopo do projeto e estabelecimento de metas
- Coleta detalhada e análise de dados
- Encontro de soluções, a partir da redução de *lead time*.
- Apresentação e análise das propostas.

Na questão (ii), a variável considerada para responder, usar-se-á o *lead time* e as medições que cada caso encontrar preciso.

### 2) Procedimento no campo

Descrevem-se os procedimentos referidos na coleta de dados, como o passo descrito para desenvolver as coletas de dados.

#### a) Plano de coleta de dados

Para a coleta de dados, haverá reuniões cada quinze dias para definir as etapas no projeto. A confirmação da reunião será realizada por e-mail e por conversas informais com os contatos da empresa, mas apenas serão marcadas com um dia de antecedência; devido que já existe um agendamento prévio para o projeto.

A coleta de dados será desenvolvida com entrevistas semiestruturadas, dependendo da fase do projeto. A partir de cada entrevista, solicitar-se-á conferir um documento que permita uma triangulação das respostas nas entrevistas. Durante as entrevistas, serão tomadas notas para estruturar o relatório. Antes da seguinte reunião, será enviado o relatório para o seguimento do projeto, tentando conferir o desenvolvimento. Com o projeto, tem uma participação direta dos funcionários da empresa, também serão considerados os avanços e possíveis relatórios gerados sem entrevistas.

### 3) Questionários dentro do projeto

Os questionários utilizados no projeto dependem da fase em que estejam desenvolvidos. Essas perguntas são:

- Obtenção do desempenho geral do sistema em tempo
  1. Quanto é o tempo de atravessamento (*lead time*) que tem o processo estudado?
  2. Como é mensurado esse lead time do processo?
  3. Existe algum mapa com linha de tempo do processo?
  
- Refinamento do escopo do projeto e estabelecimento de metas
  4. Quais são os objetivos para desenvolver o projeto QRM?
  5. Quais são as limitantes previstas no projeto QRM?
  
- Coleta detalhada e análise de dados
  6. Quais são as causas raízes do longo lead time?
  7. Que decisões têm sido tomadas para encontrar nessa causa raiz?
  8. Como é a estrutura do *lead time* em todo o processo?
  9. Como é o estado de utilização dos recursos no processo?
  
- Propostas de Melhoria
  10. Como as propostas tem uma redução significativa no *lead time*?

## APÊNDICE C: DETALHE DA COMPARAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA NO PROJETO QRM, DigitalPrintingCo

Com os resultados da simulação, 20 réplicas se compararam para determinar os efeitos do *lead time*, que aparecem na Tabela C.1. Os resumos desses resultados, mostrados na Tabela C.2, apresentam os valores necessários para a realização do teste de significância.

Tabela C.1. Resultados da simulação para projeto QRM na DigitalPrintingCo.

| Réplica | Atual  | Proposta |
|---------|--------|----------|
| 1       | 34,354 | 19,166   |
| 2       | 15,580 | 19,674   |
| 3       | 36,732 | 13,074   |
| 4       | 16,742 | 12,953   |
| 5       | 27,442 | 18,071   |
| 6       | 31,040 | 21,758   |
| 7       | 27,884 | 17,351   |
| 8       | 42,852 | 16,009   |
| 9       | 28,625 | 20,069   |
| 10      | 33,839 | 13,013   |
| 11      | 20,162 | 15,427   |
| 12      | 19,710 | 15,540   |
| 13      | 17,757 | 11,541   |
| 14      | 17,622 | 27,181   |
| 15      | 41,809 | 21,458   |
| 16      | 18,134 | 9,434    |
| 17      | 35,886 | 31,374   |
| 18      | 40,115 | 12,435   |
| 19      | 35,898 | 10,745   |
| 20      | 33,719 | 19,601   |

Fonte: Elaboração do autor.

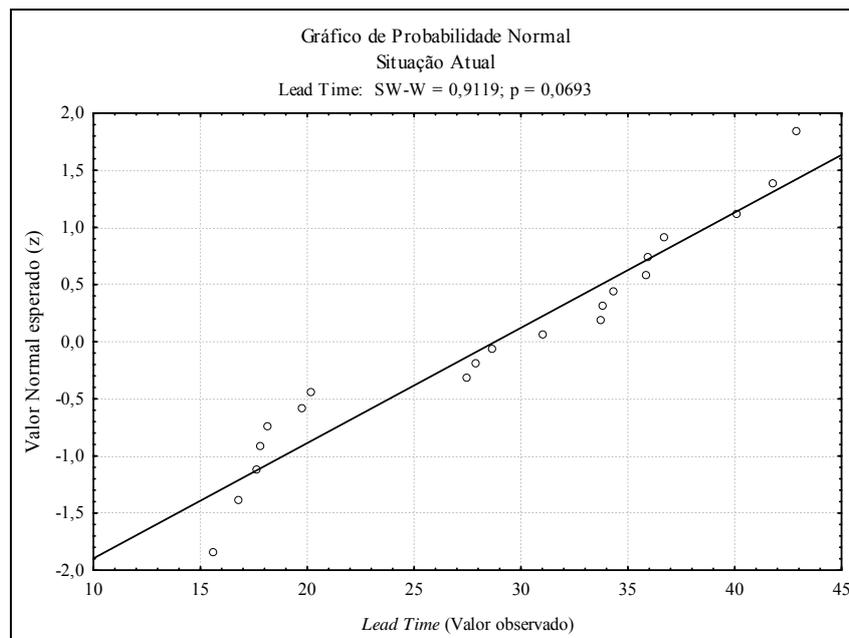
Tabela C.2. Resultado da comparação das propostas QRM na DigitalPrintingCo.

| Cenário         | Média  | Desvio Padrão | Mediana | Q1     | Q3     | Simetria | Curtose |
|-----------------|--------|---------------|---------|--------|--------|----------|---------|
| <b>Atual</b>    | 28,795 | 9,132         | 29,833  | 18,922 | 35,892 | -0,102   | -1,433  |
| <b>Proposta</b> | 17,294 | 5,528         | 16,680  | 12,983 | 19,872 | 0,918    | 0,950   |

Fonte: Elaboração do autor.

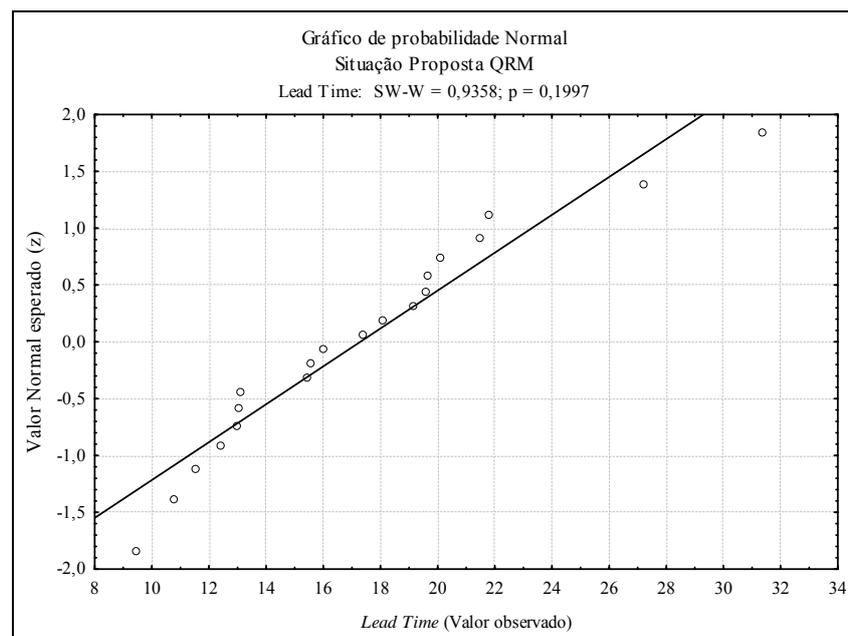
Para conferir o teste de significância, os dados foram avaliados no teste Shapiro Wilk para demonstrar que seriam considerados como uma distribuição Normal, com o 95% de significância. Pelos resultados obtidos no *lead time*, tanto na situação atual (Figura C.1) e a proposta (Figura C.2) não é demonstrado que os dados não tenham uma distribuição Normal. Com esses resultados, o teste *t* é suficiente para comparar as propostas.

Figura C.1. Análise de Normalidade para situação atual, DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura C.2. Análise de Normalidade da proposta QRM, DigitalPrintingCo.



Fonte: Elaboração do autor.

Na análise particular do caso DigitalPrintingCo, a identificação de problemas entre *Lean* e QRM diferenciou-se pelo foco das abordagens. Como apresenta o detalhe no Quadro C.1, o QRM consegue criar um tratamento da alta variedade mais amplo que o *Lean*. A variável que apresenta o maior detalhe na análise no Quadro C.2 é o fluxo de informação. Isso explica como o foco do QRM permite complementar melhor ao *Lean*, segundo caso da DigitalPrintingCo. Um resumo no Quadro C.3 apresenta a relação dos problemas identificados e propostas de melhoria a cada problema para as duas abordagens.

Quadro C.1. Análise geral entre abordagens (apenas DigitalPrintingCo).

| <b>Objetivo</b>            | <b><i>Lean</i></b>   | <b>QRM</b>  | <b>Análise</b>  |
|----------------------------|--|---|---|
| Identificar problemas      | Estabeleceu o processo de certificações para atingir níveis de melhoria. Padronizou a identificação no <i>lead time</i> .  | Analisou a medida unificada no mapa MCT para determinar prioridades de problemas. Aprofundou análise de causa raiz para explicar <i>lead time</i> . Focou para todos os resultados no <i>lead time</i>  | <u>Simulação complementa MCT para auxiliar VSM.</u><br>A análise do tempo no VSM refinou-se no impacto do MCT. Técnicas QRM ajudaram no tratamento do tempo.  |
| Desperdícios identificados | A-P1: Desorganização da área de trabalho.<br>A-P2: Entupimento de injetores.<br>A-P3: Retrabalho de produtos por especificações incoerentes<br>A-P4: Demoras por atendimento de pedidos prioritários                         | A-P5: Informação armazenada dos pedidos no ERP<br>A-P6: Demora em envio das imagens de Design para Impressão<br>A-P7: Alta utilização na área de Design<br>A-P10: Retrabalho das imagens em Design;<br>A-P8: Procedimento aleatório para processo de venda<br>A-P9: Informação de especificação coletada nos pedidos<br>A-P11: Despacho de pedidos completados por janelas de tempo.            | <u>Objetivo único de reduzir lead time facilita essa identificação</u><br>O fluxo de informação e sua qualidade foram mais analisados no QRM que no <i>Lean</i> .<br>O foco de desperdícios em <i>Lean</i> ficou dentro da parte técnica da produção. QRM ampliou o escopo em todo o fluxo. |
| Propostas de melhoria      | A-M1: Implantação do programa 5s<br>A-M2: Manutenção dos jatos da impressora.<br>A-M3: Modificação do sistema ERP para coleta de dados.<br>A-M4: Atendimento sequencial<br>A-M5: Criação do supermercado nas matérias-primas | A-M6: Reconfiguração em CRC com unificação de planilhas.<br>A-M7: Acesso do Sales Flash para criar mapa PDF como armazenamento dos pedidos.<br>A-M8: Célula entre arte e produção<br>A-M9: Criar procedimento e tabelas de valores padrões segundo características.<br>A-M10: Cartilha de procedimento novo por especificações do pedido.<br>A-M11: Faturamento dedicado com entrega por SEDEX. | <u>Complemento no fluxo de alta variedade.</u><br>As melhorias no <i>Lean</i> dependeram do estágio da certificação. O tratamento de da variedade dificultou novas propostas.<br>O fluxo de informação destacado pelo QRM complementou as melhorias na alta variedade.                      |

Fonte: Elaboração do autor.

Quadro C.2. Áreas dos problemas identificados e propostas de melhoria, DigitalPrintingCo.

| Variáveis tratadas                  | Projeto Lean  | Projeto QRM   | Análise  |
|-------------------------------------|---|---|--|
| Fluxo do processo                   | Não consegue uma separação por famílias.  | Não consegue uma separação por famílias.  | <u>Semelhança</u> : O fluxo do processo manteve-se linear.   |
| Programação da produção             | A-P4: Demoras por atendimento de pedidos prioritários;<br>A-M4: Atendimento sequencial  | Aceitou o atendimento prioritário, em combinação com a proposta A-M8: Célula entre arte e produção.   | <u>Diferença</u> : tipo de fluxo que permitem desenvolver.   |
| Sistema de controle de produção     | Não considerado pela mudança.   | Não propôs mesmo aceitando o atendimento prioritário.   | <u>Semelhança</u> : Não propuseram porque não era controlável.   |
| Estrutura organizacional            | Manteve a organização funcional inicial   | A-M8: Célula entre arte e produção  | <u>Diferença</u> : Proposta em organização do <i>lead time</i> . Estudo mais detalhado no processo no <i>Lean</i> ; no QRM, fluxo geral.   |
| Planejamento e controle de estoques | Aplicação indireta da A-M5: Criação do supermercado nas matérias-primas   | O foco não foi proposto no controle de estoques   | <u>Diferença</u> : maior consideração do <i>Lean</i> no controle do fluxo.<br><u>Semelhança</u> : Neste fluxo, as abordagens não fizeram propostas diretas.  |
| Capacidade da produção              | Não foi identificada como uma causa de desperdício, mesmo sentindo efeito no entupimento de injetores.  | A-P7: Alta utilização na área de Design.<br>A-M8: Célula entre arte e produção  | <u>Diferença</u> : Maior importância do estado da capacidade no QRM para definir fluxo.  |
| Tratamento do setup                 | A-M2: Manutenção dos jatos da impressora.   | A-P6: Demora em envio das imagens de Design para Impressão<br>A-M7: Acesso do Sales Flash para criar mapa PDF como armazenamento dos pedidos.   | <u>Semelhança</u> : O tempo de setup foi abordado indiretamente.   |
| Gestão da qualidade usada           | A-P2: Entupimento de injetores.<br>A-M2: Manutenção dos jatos da impressora.  | A qualidade foi visada como resultado puro da A-M8: Célula entre arte e produção. Não foi direto na proposta.   | <u>Diferença</u> : O <i>Lean</i> faz propostas diretas para melhoria de qualidade. QRM mantém a qualidade, focando em reduzir o <i>lead time</i> .   |
| Cadeia de suprimentos               | Em forma indireta com a proposta A-M5: Criação do supermercado nas matérias-primas.   | A-P11: Despacho de pedidos completados por janelas de tempo;<br>A-M11: Faturamento dedicado com entrega por SEDEX.  | <u>Diferença</u> : QRM propõe diretamente com o fluxo nos clientes, pela unificação do seu efeito no processo. <i>Lean</i> propõe melhoria indireta.   |
| Fluxo de informação                 | Mapeamento de processos por VSM.<br>A-P1: Desorganização da área de trabalho.<br>A-M1: Implantação do programa 5s<br>A-P3: Retrabalho de produtos por especificações incoerentes.<br>A-M3: Modificação do sistema ERP para coleta de dados. | Mapeamento de processo por mapa MCT.<br>A-P5: Informação armazenada dos pedidos no ERP<br>A-M6: Reconfiguração em CRC com unificação de planilhas.<br>A-P8: Procedimento aleatório para processo de venda;<br>A-M9: Criar procedimento e tabelas de valores padrões segundo características.<br>A-P9: Informação de especificação coletada nos pedidos;<br>A-M10: Cartilha de procedimento novo por especificações do pedido. | <u>Semelhança</u> : A informação no fluxo foi importante nas duas abordagens.<br><u>Diferença</u> : O <i>Lean</i> utilizou propostas conhecidas para as melhorias no fluxo. O QRM aprofundou muito mais no tratamento da informação como causa principal dos problemas, em sentido da prioridade encontrada no mapa MCT. |

Fonte: Elaboração do autor.

Quadro C.3. Resumo dos problemas e propostas de melhoria na DigitalPrintingCo.

| <b>Abordagem</b> | <b>Problema</b>   | <b>Proposta de Melhoria</b>   |
|------------------|---|---|
| <i>Lean</i>      | A-P1: Desorganização da área de trabalho.   | A-M1: Implantação do programa 5s  |
|                  | A-P2: Entupimento de injetores.   | A-M2: Manutenção dos jatos da impressora.                                       |
|                  | A-P3: Retrabalho de produtos por especificações incoerentes                         | A-M3: Modificação do sistema ERP para coleta de dados.                          |
|                  | A-P4: Demoras por atendimento de pedidos prioritários                               | A-M4: Atendimento sequencial  |
|                  |   | A-M5: Criação do supermercado nas matérias-primas                               |
| <i>QRM</i>       | A-P5: Informação armazenada dos pedidos no ERP                                      | A-M6: Reconfiguração em CRC com unificação de planilhas.                        |
|                  | A-P6: Demora em envio das imagens de Design para Impressão                          | A-M7: Acesso do Sales Flash para criar mapa PDF como armazenamento dos pedidos. |
|                  | A-P7: Alta utilização na área de Design<br>A-P10: Retrabalho das imagens em Design; | A-M8: Célula entre arte e produção  |
|                  | A-P8: Procedimento aleatório para processo de venda                                 | A-M9: Criar procedimento e tabelas de valores padrões segundo características.  |
|                  | A-P9: Informação de especificação coletada nos pedidos                              | A-M10: Cartilha de procedimento novo por especificações do pedido.              |
|                  | A-P11: Despacho de pedidos completados por janelas de tempo.                        | A-M11: Faturamento dedicado com entrega por SEDEX.                              |

Fonte: Elaboração do autor.



**APÊNDICE D: DETALHE DA COMPARAÇÃO DAS  
PROPOSTAS DE MELHORIA NO PROJETO QRM,  
EstampadoCo.**

A partir da premissa em que as propostas de melhoria do projeto QRM seriam implantadas em forma independente, analisou-se o resultado delas como propostas separadas. Analisou-se o valor de lead time médio obtido para cada pedido de produtos. A Tabela D.1 contém os resultados 20 resultados das réplicas. A análise desses resultados aparece a partir do resumo da Tabela 6.3. A Tabela D.2 apresenta as estatísticas descritivas dessas réplicas.

Tabela D.1. Resultados da réplica da simulação, caso EstampadoCo.

| <b>Réplica</b> | <b>Atual</b> | <b>M3</b>   | <b>M4</b>   | <b>M6-II</b> | <b>M7</b>   | <b>M8</b>   | <b>M9</b>   | <b>M10</b>  | <b>M11</b>  |
|----------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>1</b>       | 4,80         | 5,11        | 4,60        | 4,83         | 5,55        | 4,32        | 5,17        | 5,12        | 2,98        |
| <b>2</b>       | 4,81         | 5,22        | 4,81        | 4,98         | 5,33        | 4,32        | 6,13        | 4,23        | 2,56        |
| <b>3</b>       | 5,38         | 4,73        | 5,07        | 4,63         | 4,58        | 4,45        | 4,33        | 5,27        | 3,65        |
| <b>4</b>       | 4,89         | 4,75        | 4,21        | 5,00         | 4,83        | 4,32        | 3,89        | 4,66        | 3,78        |
| <b>5</b>       | 5,18         | 4,78        | 4,65        | 5,80         | 5,17        | 4,12        | 4,34        | 4,31        | 2,78        |
| <b>6</b>       | 5,20         | 4,63        | 4,43        | 4,47         | 6,33        | 4,43        | 5,11        | 4,87        | 3,12        |
| <b>7</b>       | 6,16         | 4,76        | 5,47        | 3,49         | 5,56        | 4,13        | 5,87        | 4,13        | 2,99        |
| <b>8</b>       | 5,13         | 4,91        | 4,87        | 4,61         | 4,97        | 4,56        | 5,07        | 4,56        | 3,28        |
| <b>9</b>       | 4,06         | 4,97        | 4,87        | 4,37         | 3,81        | 4,27        | 4,67        | 4,68        | 2,78        |
| <b>10</b>      | 4,67         | 5,01        | 4,91        | 5,93         | 5,36        | 4,67        | 4,65        | 4,33        | 2,85        |
| <b>11</b>      | 5,18         | 4,74        | 4,34        | 4,66         | 4,64        | 4,21        | 4,21        | 4,69        | 3,21        |
| <b>12</b>      | 4,88         | 4,33        | 4,47        | 4,48         | 4,89        | 3,98        | 5,44        | 5,11        | 3,44        |
| <b>13</b>      | 4,88         | 4,56        | 4,61        | 4,88         | 4,72        | 3,78        | 4,89        | 3,98        | 2,68        |
| <b>14</b>      | 4,42         | 4,57        | 4,57        | 4,78         | 4,08        | 4,11        | 4,67        | 4,27        | 3,29        |
| <b>15</b>      | 3,39         | 4,92        | 4,51        | 4,54         | 6,61        | 4,21        | 4,45        | 4,54        | 3,33        |
| <b>16</b>      | 5,40         | 4,84        | 5,01        | 4,59         | 5,01        | 4,01        | 5,47        | 4,67        | 2,97        |
| <b>17</b>      | 4,72         | 4,89        | 4,11        | 4,87         | 4,50        | 4,11        | 4,11        | 4,87        | 3,61        |
| <b>18</b>      | 3,51         | 4,99        | 4,47        | 5,14         | 3,87        | 4,09        | 4,08        | 4,35        | 3,43        |
| <b>19</b>      | 5,60         | 5,11        | 4,45        | 3,94         | 4,66        | 4,02        | 4,89        | 4,21        | 3,07        |
| <b>20</b>      | 4,75         | 4,98        | 4,31        | 3,70         | 3,91        | 4,09        | 4,94        | 4,59        | 3,02        |
| <b>Média</b>   | <b>4,85</b>  | <b>4,84</b> | <b>4,64</b> | <b>4,68</b>  | <b>4,92</b> | <b>4,21</b> | <b>4,82</b> | <b>4,57</b> | <b>3,14</b> |

Fonte: Elaboração do autor.

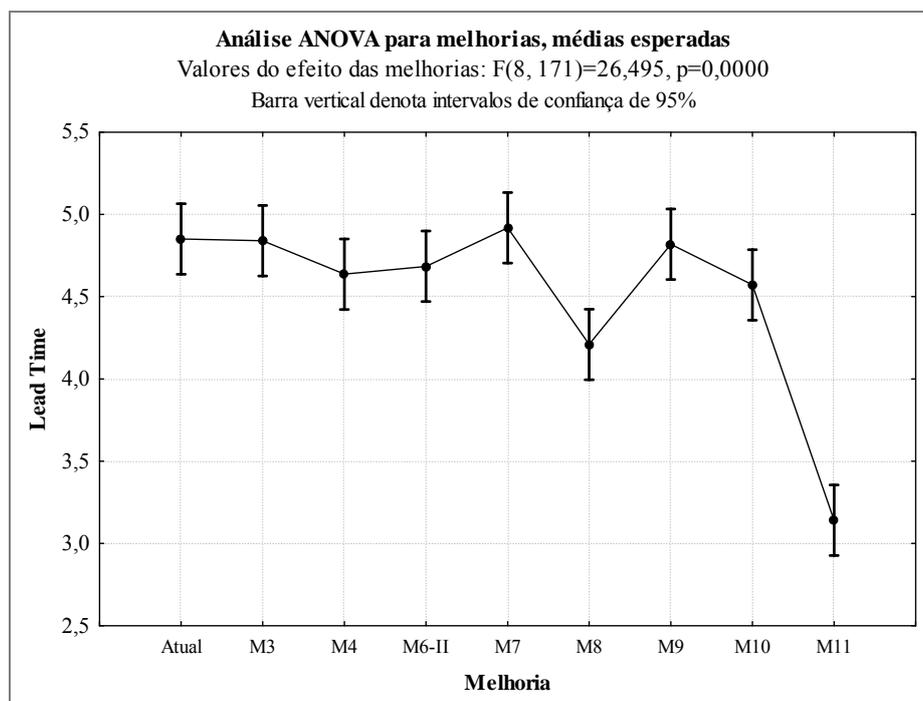
Tabela D.2. Resumo dos valores das réplicas da simulação, caso EstampadoCo.

| Proposta | Média | Desvio Padrão | Mediana | Q1    | Q3    | Simetria | Curtose |
|----------|-------|---------------|---------|-------|-------|----------|---------|
| Atual    | 4,851 | 0,652         | 4,880   | 4,695 | 5,190 | -0,630   | 1,120   |
| M3       | 4,840 | 0,216         | 4,865   | 4,735 | 4,985 | -0,457   | 0,267   |
| M4       | 4,637 | 0,328         | 4,585   | 4,440 | 4,870 | 0,744    | 0,718   |
| M6-II    | 4,685 | 0,583         | 4,645   | 4,475 | 4,930 | 0,107    | 1,020   |
| M7       | 4,919 | 0,748         | 4,860   | 4,540 | 5,345 | 0,564    | 0,348   |
| M8       | 4,210 | 0,212         | 4,170   | 4,090 | 4,320 | 0,340    | 0,241   |
| M9       | 4,819 | 0,602         | 4,780   | 4,335 | 5,140 | 0,520    | -0,191  |
| M10      | 4,572 | 0,352         | 4,575   | 4,290 | 4,780 | 0,355    | -0,552  |
| M11      | 3,141 | 0,335         | 3,095   | 2,910 | 3,380 | 0,205    | -0,670  |

Fonte: Elaboração do autor.

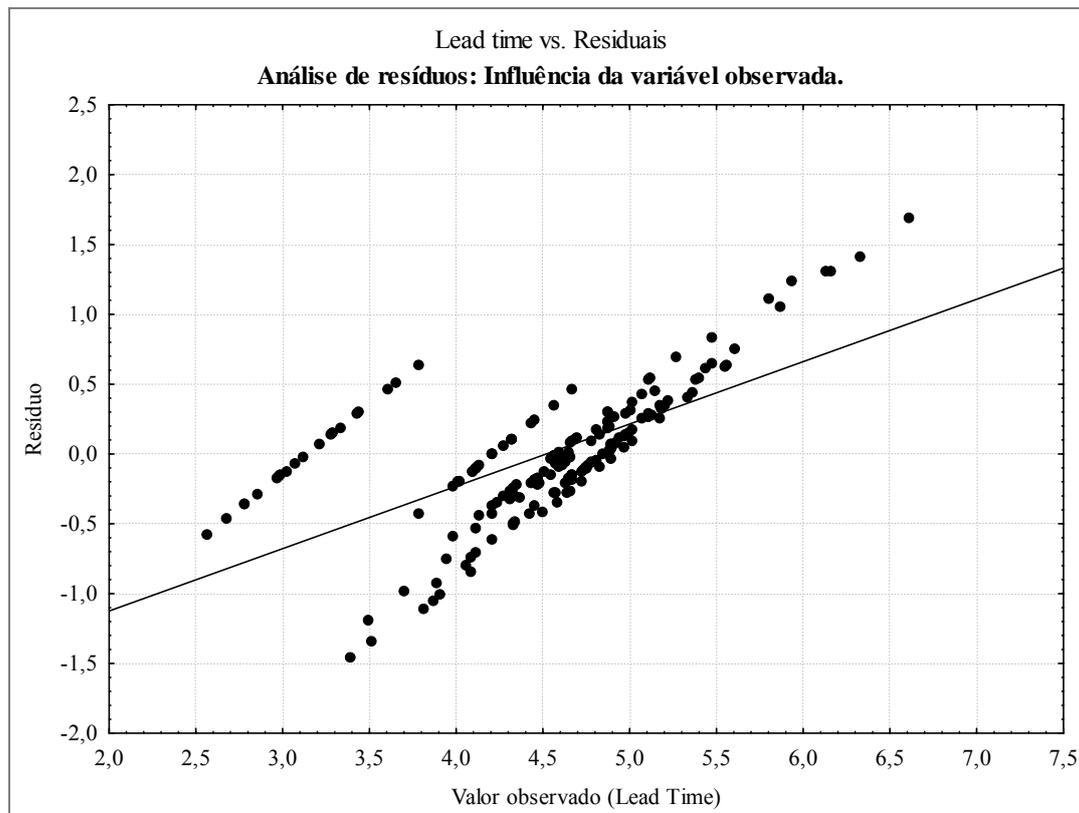
Segundo a Análise da Variância na Figura D.1, as propostas de melhoria seriam significativamente distintas com o valor de *lead time* por superar o valor limite de significância aceitado ( $p \text{ valor} = 0,0 < 0,05$ ). No entanto, o resultado da ANOVA foi explorado pelo padrão dos resíduos contra os valores observados do *lead time*, na Figura D.2. Nessa figura, não se observa homogeneidade nos resíduos contra o valor observado, o que não validaria o modelo de regressão obtido na ANOVA. Esse fato considerou a análise de Kurskal-Walis para concluir sobre as propostas da simulação.

Figura D.1. Análise ANOVA das melhorias da EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura D.2. Análise de resíduos para valor observado, propostas EstampadoCo.



Fonte: Elaboração do autor.

O Quadro D.1 apresenta a comparativa da identificação dos problemas, os desperdícios identificados e as propostas de melhoria das duas abordagens. Na análise destaca os elementos encontrados das propostas para o caso. O Quadro D.2 contém a análise comparativa do como identificam os problemas em cada abordagem, em relação ao sistema anterior. As diferenças na identificação aparecem mais detalhadas com os seguintes pontos usados dentro do projeto: o foco e prioridade do projeto, os indicadores usados e a tecnologia de informação.

O Quadro D.3 apresenta as áreas em que os problemas e as melhorias foram desenvolvidos, segundo as variáveis de pesquisa em cada área. Pelas áreas encontradas, o contexto do caso estaria envolvido na análise e apenas apresenta uma forma em que as duas abordagens encontram divergências na literatura. O Quadro D.4 apresenta um resumo dos problemas e das propostas de melhoria das duas abordagens para EstampadoCo.

Quadro D.1. Análise geral entre abordagens (apenas EstampadoCo).

| <b>Objetivo</b>            | <b>Lean</b>   | <b>QRM</b>  | <b>Análise</b>   |
|----------------------------|---|---|--|
| Identificar problemas      | Mapeou o processo.<br>Mensurou o <i>lead time</i> básico<br>Introduziu o <i>lead time</i> como indicador.<br>Análise de causas raiz.  | Unificou o mapeamento do processo no <i>lead time</i> .<br>Forçou análise de filas para retratar os tempos variáveis e a rota crítica.<br>Aprofundou análise de causa raiz para explicar <i>lead time</i> .   | <u>Simulação complementa MCT para auxiliar VSM.</u><br>A análise do tempo no VSM refinou-se no impacto do MCT.<br>Técnicas QRM ajudaram a tratar o tempo.  |
| Desperdícios identificados | P1: Estoque de camisetas.<br>P2: Uma desordem visual na área de preparação de tintas.<br>P3: Um alto tempo de setup.<br>P4: Defeitos de registro na produção de estampado.<br>P5: Sobrecarga do funcionário da produção.  | P6: Demoras por provas de impressão com imagem distorcida.<br>P7: Incoerências nas especificações do cliente com os pedidos.<br>P8: Atrasos por autorizações de mudanças pela gerência.<br>P9: Alta demora em entrega pelos fornecedores de camisetas   | <u>Objetivo único de reduzir lead time facilita.</u><br>A informação foi mais analisada pelo QRM que no <i>Lean</i> .<br>O foco de desperdícios em <i>Lean</i> ficou em produção.<br>Com QRM explicar os desperdícios pelo impacto no <i>lead time</i> . |
| Propostas de melhoria      | M1: Compra de camisetas por pedido de cliente.<br>M2: Implantação do método de 5' s.<br>M3: Aquisição de quadros metálicos de estampa.<br>M4: A manutenção e calibração do carrossel de estampa.<br>M5: Controle do refugo e perda.<br>M6: Padronização de procedimentos. | M7: Compra de um novo impressor para provas<br>M8: Aquisição de um novo carrossel de estampa<br>M9: Uso do método Tri-lock de registro de cores<br>M6-II: Padronização de procedimentos com escritório e chão de fábrica.<br>M10: Célula de trabalho como empoderamento dos funcionários.<br>M11: Fornecedores com menor <i>lead time</i> , na cadeia de suprimentos. | <u>MCT complementa a enxergar impacto</u><br>A concentração de melhorias em <i>Lean</i> ficou na produção, mesmo tendo os outros processos.<br>QRM obteve o foco no MCT e as propostas foram baseadas para reduzir o <i>lead time</i> , sem restrição.   |

Fonte: Elaboração do autor.

Quadro D.2. Análise das mudanças com sistema anterior e as abordagens na EstampadoCo.

| <b>Variáveis tratadas</b> | <b>Sistema Anterior</b>  | <b>Projeto Lean</b>   | <b>Projeto QRM</b>  | <b>Análise</b>  |
|---------------------------|--|---|---|---|
| Foco e prioridade         | Minimizar os custos  | Minimizar os custos, redução de desperdícios.   | Minimizar <i>lead time</i>  | <i>Lean</i> não mudou foco a agregar valor.   |
| Indicadores               | Custo do produto.<br>Produtividade:<br>Taxa de camisetas.<br>Pontualidade do pedido. | Adiciona <i>lead time</i> e tempos de ciclo.<br>Introduz VSM com desperdícios.<br>Capacidade com tempos de ciclo. | Refina <i>lead time</i> e agrega utilização de capacidade.<br>Introduz MCT. | As duas introduzem <i>lead time</i> . QRM enfoca mais e permite mais análise na alta variedade. |
| Tecnologia de informação  | Planilhas de cálculo para custos e produtividade por camiseta.                       | Adiciona gestão visual como o mapa.<br>Simplifica conceitos.  | Incrementa análise da dinâmica de sistemas. Precisou de simulação.          | A análise refina-se mais no QRM, só que com ferramentas mais complexas.                         |

Fonte: Elaboração do autor.

Quadro D.3. Áreas dos problemas identificados e propostas de melhoria, DigitalPrintingCo.

| Variáveis tratadas                  | Projeto Lean  | Projeto QRM   | Análise   |
|-------------------------------------|---|---|---|
| Fluxo do processo                   | Não consegue uma separação por famílias.  | Não consegue uma separação por famílias.  | <u>Semelhança</u> : O fluxo do processo manteve-se linear.  |
| Programação da produção             | Considerou puxar a produção, sem mudanças.  | Manteve atendimento sequencial empurrado.   | <u>Semelhança</u> : Mantém empurrada.   |
| Sistema de controle de produção     | Não considerado, a partir da produção puxada.   | POLCA não considerada por produção puxada.  | <u>Semelhança</u> : Pela estrutura de fluxo e programação empurrada.  |
| Estrutura organizacional            | Não apresentou modificações pela família.   | P8: Atrasos por autorizações de mudanças pela gerência<br>M10: Célula de trabalho como empoderamento dos funcionários.  | <u>Diferença</u> : Maior conceito de empoderamento dos funcionários.  |
| Planejamento e controle de estoques | P1: Estoque de camisetas.<br>M1: Compra de camisetas por pedido de cliente.   | Não abordou estoque diretamente, neste caso.  | <u>Diferença</u> no foco e efeitos por mapas.   |
| Capacidade da produção              | P5: Sobrecarga do funcionário da produção.<br>M6: Padronização de procedimentos.  | Analizou a capacidade, mas no refinamento da situação, não encontrou problema.  | <u>Diferença</u> : Na forma de mensuração.<br><u>Complemento</u> : conceito de utilização.  |
| Tratamento do setup                 | P3: Um alto tempo de setup.<br>M3: Aquisição de quadros metálicos de estampa.   | M8: Aquisição de um novo carrossel de estampa<br>M9: Uso do método Tri-lock de registro de cores  | <u>Diferença</u> : Lean obteve maior foco no setup para detectar problemas. QRM apenas aportou novas propostas.   |
| Gestão da qualidade usada           | P4: Defeitos de registro na produção de estampado.<br>M4: A manutenção e calibração do carrossel de estampa.<br>M5: Controle de refugo e perda.                   | P6: Demoras por provas de impressão com imagem distorcida.<br>M7: Compra de um novo impressor para provas<br>M8: Aquisição de um novo carrossel de estampa<br>M9: Uso do método Tri-lock de registro de cores<br>M6-II: Padronização de procedimentos com escritório e chão de fábrica. | <u>Diferença</u> : Lean focou erros de qualidade detectados na produção. QRM aproveitou os erros para ampliar propostas.<br><u>Complemento</u> : QRM para ampliar propostas aos mesmos problemas. |
| Cadeia de suprimentos               | M1: Compra de camisetas por pedido de cliente.  | P9: Alta demora em entrega pelos fornecedores de camisetas<br>M11: Fornecedores com menor <i>lead time</i> , na cadeia de suprimentos.  | <u>Semelhança</u> : Estabelecimento de relações com o fornecedor.<br><u>Complemento</u> : de escolher em base ao menor <i>lead time</i> , com QRM.  |
| Fluxo de informação                 | Mapeamento de processos, VSM.<br>P2: Uma desordem visual na área de preparação de tintas.<br>M2: Implantação do método de 5's.<br>M5: Controle de refugo e perda. | Mapa de estrutura do lead time, MCT.<br>P7: Incoerências nas especificações do cliente com os pedidos.<br>M6-II: Padronização de procedimentos com escritório e chão de fábrica.  | <u>Diferença</u> : Lean propôs na gestão visual. QRM percebeu melhor erros no fluxo.<br><u>Complemento</u> : Iniciar gestão visual em Lean e ampliar escopo com QRM.                              |

Fonte: Elaboração do autor.

Quadro D.4. Resumo de problemas e propostas de melhoria da EstampadoCo.

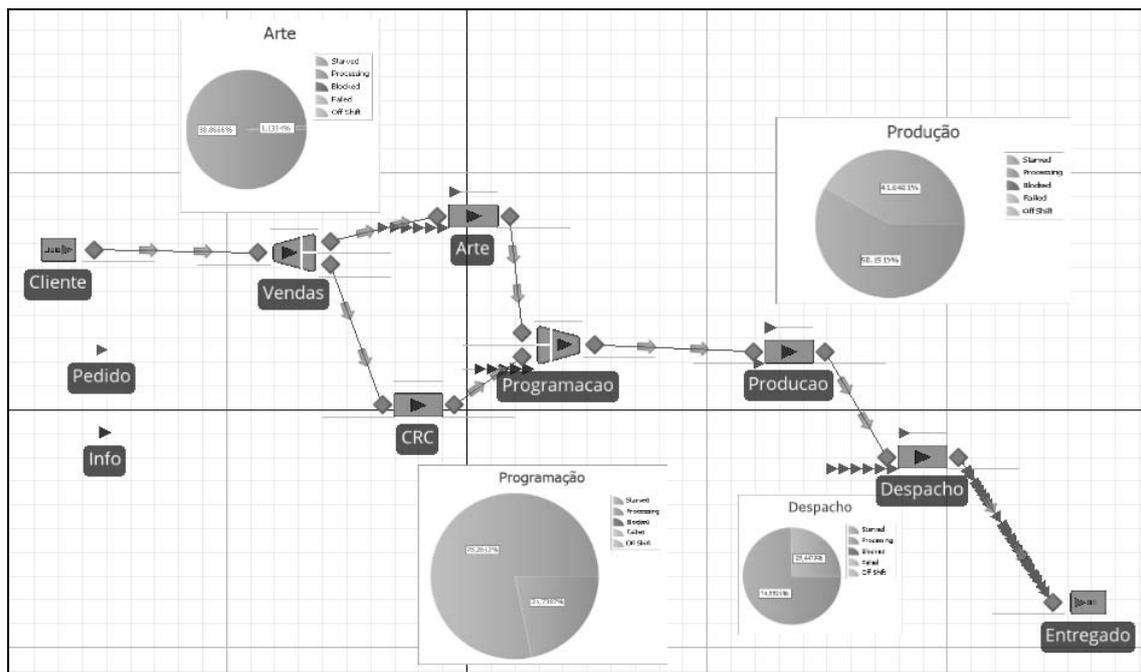
| <b>Abordagem</b> | <b>Problema</b>   | <b>Proposta de Melhoria</b>  |
|------------------|---|--|
| <b>Lean</b>      | B-P1: Estoque de camisetas.   | B-M1: Compra de camisetas por pedido de cliente.   |
|                  | B-P2: Uma desordem visual na área de preparação de tintas.                            | B-M2: Implantação do método de 5's.  |
|                  | B-P3: Um alto tempo de setup.   | B-M3: Aquisição de quadros metálicos de estamperia.  |
|                  | B-P4: Defeitos de registro na produção de estampado.                                  | B-M4: A manutenção e calibração do carrossel de estamperia.<br>B-M5: Controle de refugo e perda. |
|                  | B-P5: Sobrecarga do funcionário da produção.  | B-M6: Padronização de procedimentos.   |
| <b>QRM</b>       | B-P6: Demoras por provas de impressão com imagem distorcida                           | B-M7: Compra de um novo impressor para provas  |
|                  | B-P4: Defeitos de registro na produção de estampado.                                  | B-M8: Aquisição de um novo carrossel de estamperia   |
|                  | B-P3: Um alto tempo de setup.<br>B-P4: Defeitos de registro na produção de estampado. | B-M9: Uso do método Tri-lock de registro de cores  |
|                  | B-P7: Incoerências nas especificações do cliente com os pedidos                       | B-M6-II: Padronização de procedimentos com escritório e chão de fábrica.                         |
|                  | B-P8: Atrasos por autorizações de mudanças pela gerência.                             | B-M10: Célula de trabalho como empoderamento dos funcionários.                                   |
|                  | B-P9: Alta demora em entrega pelos fornecedores de camisetas                          | B-M11: Fornecedores com menor <i>lead time</i> , na cadeia de suprimentos.                       |

Fonte: Elaboração do autor.

## APÊNDICE E: MODELO DA SIMULAÇÃO DA DigitalPrintingCo

A figura representa o modelo de simulação utilizado para a situação inicial da DigitalPrintingCo. Os dados do modelo aparecem em horas para todos os itens de processamento de simulação.

Figura E.1. Modelo de simulação da DigitalPrintingCo para projeto QRM.



Fonte: Elaboração do autor.

Pedido (ModelEntity)

Cliente (Source)

**EntityType:** Pedido

**InterarrivalTime:** Random.Exponential(1.1924882629108)

**EntitiesPerArrival:** Random.Exponential(8.60747663551402)

Associated Nodes

Output@Cliente (TransferNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Outbound Links:

- TimePath2 going to Input@Vendas

CRC (Server)

**ProcessingTime:** Random.Exponential(1)

Associated Nodes

Input@CRC (BasicNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Inbound Links:

- Connector4 coming from MemberOutput@Vendas

Output@CRC (TransferNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Outbound Links:

- Connector3 going to MemberInput@Programacao

Programacao (Combiner)

**ProcessingTime:** Random.Exponential(8)/8.6

Associated Nodes

ParentInput@Programacao (BasicNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Inbound Links:

- Connector2 coming from Output@Arte

MemberInput@Programacao (BasicNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Inbound Links:

- Connector3 coming from Output@CRC

Output@Programacao (TransferNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Outbound Links:

- Connector5 going to Input@Producao

Producao (Server)

**ProcessingTime:** Random.Continuous(0, 0.940, 1, 0.971, 2, 0.983, 3, 0.989, 4, 0.992, 5, 0.995, 6, 0.997, 7, 0.998, 8, 0.999, 14, 1.000)

Associated Nodes

Input@Producao (BasicNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Inbound Links:

- Connector5 coming from Output@Programacao

Output@Producao (TransferNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Outbound Links:

- Connector6 going to Input@Despacho

Despacho (Server)

**ProcessingTime:** Random.Exponential( 3.2 )

Associated Nodes

Input@Despacho (BasicNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Inbound Links:

- Connector6 coming from Output@Producao

Output@Despacho (TransferNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Outbound Links:

- Transporte going to Input@Entregado

Entregado (Sink)

Associated Nodes

Input@Entregado (BasicNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Inbound Links:

- Transporte coming from Output@Despacho

Vendas (Separator)

**SeparationMode:** Make Copies

**CopyEntityType:** Info

**ProcessingTime:** Random.Exponential(3.5)/8.6

Associated Nodes

Input@Vendas (BasicNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Inbound Links:

- TimePath2 coming from Output@Cliente

ParentOutput@Vendas (TransferNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Outbound Links:

- Connector1 going to Input@Arte

MemberOutput@Vendas (TransferNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Outbound Links:

- Connector4 going to Input@CRC

Info (ModelEntity)

Arte (Server)

**ProcessingTime:** Random.Exponential(4)

Associated Nodes

Input@Arte (BasicNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Inbound Links:

- Connector1 coming from ParentOutput@Vendas

Output@Arte (TransferNode)

**FlowSplitAllocationRule:** Proportional Based On Link Weights

Outbound Links:

- Connector2 going to ParentInput@Programacao

Connector3 (Connector)

From Output@CRC to MemberInput@Programacao

Connector5 (Connector)

From Output@Programacao to Input@Producao

Connector6 (Connector)

From Output@Producao to Input@Despacho

Connector4 (Connector)

From MemberOutput@Vendas to Input@CRC

Transporte (TimePath)

From Output@Despacho to Input@Entregado

**TravelTime:** Random.Exponential(6.2)

TimePath2 (TimePath)

From Output@Cliente to Input@Vendas

Connector1 (Connector)

From ParentOutput@Vendas to Input@Arte

Connector2 (Connector)

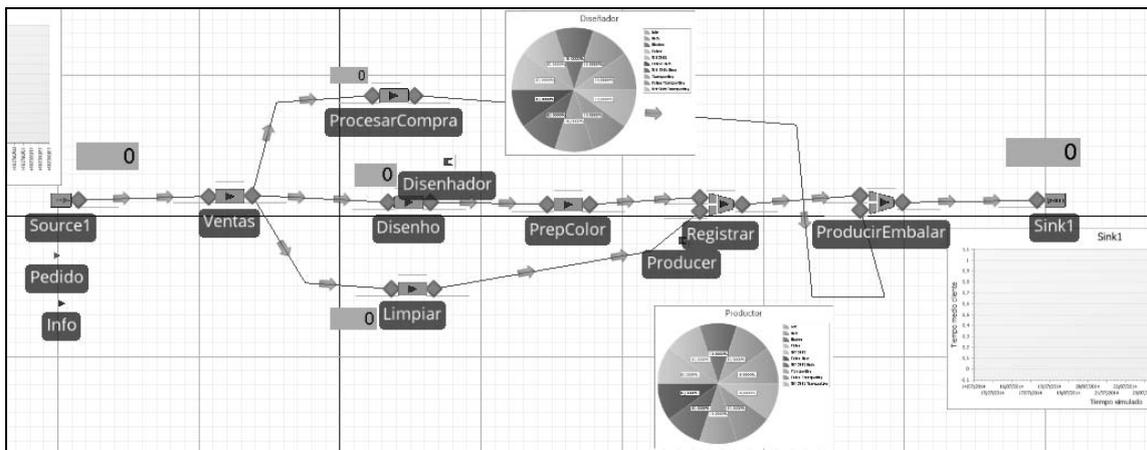
From Output@Arte to ParentInput@Programacao



## APÊNDICE F: MODELO DE SIMULAÇÃO DA EstampadoCo

A figura representa o modelo de simulação utilizado para a situação inicial da EstampadoCo. Os dados do modelo aparecem em horas para todos os itens de processamento de simulação. Para as diferentes propostas de melhoria, mudanças foram realizadas em arquivos diferentes e separados, segundo a estação modificado.

Figura F.1. Modelo de simulação da EstampadoCo para projeto QRM.



Fonte: Elaboração do autor.

Pedido (ModelEntity)

Source1 (Source)

**EntityType:** Pedido

**InterarrivalTime:** Random.Exponential(3.069444444444444)

Associated Nodes

Output@Source1 (TransferNode)

Outbound Links:

- Connector9 going to Input@Ventas

Disenho (Server)

**ProcessingTime:** Random.Exponential(9.998)

**SecondaryResourceForProcessingObjectName:** Disenhador

Associated Nodes

Input@Disenho (BasicNode)

Inbound Links:

- Connector1 coming from Output@Ventas

Output@Disenho (TransferNode)

Outbound Links:

- Connector2 going to Input@PrepColor

ProcesarCompra (Server)

**InitialCapacity:** 2

**ProcessingTime:** Random.Exponential(2.5)

Associated Nodes

Input@ProcesarCompra (BasicNode)

Inbound Links:

- Connector3 coming from Output@Ventas

Output@ProcesarCompra (TransferNode)  
 Outbound Links:

- Connector7 going to MemberInput@ProducirEmbalar

Limpiar (Server)  
**ProcessingTime:** Random.Uniform(2,4)  
**SecondaryResourceForProcessingObjectName:** Prop8  
**SecondaryResourceForProcessingNodeName:** BasicNode1  
 Associated Nodes  
 Input@Limpiar (BasicNode)  
 Inbound Links:

- Connector4 coming from Output@Ventas

Output@Limpiar (TransferNode)  
 Outbound Links:

- Connector5 going to MemberInput@Registrar

PrepColor (Server)  
**ProcessingTime:** Random.Exponential(1.4)  
**SecondaryResourceForProcessingObjectName:** Prop5  
 Associated Nodes  
 Input@PrepColor (BasicNode)  
 Inbound Links:

- Connector2 coming from Output@Disenho

Output@PrepColor (TransferNode)  
 Outbound Links:

- Connector6 going to ParentInput@Registrar

Registrar (Combiner)  
**MatchingRule:** Match Members  
**ProcessingTime:** Prop2  
**SecondaryResourceForProcessingObjectName:** Producer  
 Associated Nodes  
 ParentInput@Registrar (BasicNode)  
 Inbound Links:

- Connector6 coming from Output@PrepColor

MemberInput@Registrar (BasicNode)  
 Inbound Links:

- Connector5 coming from Output@Limpiar

Output@Registrar (TransferNode)  
 Outbound Links:

- Path2 going to ParentInput@ProducirEmbalar

ProducirEmbalar (Combiner)  
**InitialCapacity:** 2  
**ProcessingTime:** Prop3siete  
**SecondaryResourceForProcessingObjectName:** Producer  
 Associated Nodes  
 ParentInput@ProducirEmbalar (BasicNode)  
 Inbound Links:

- Path2 coming from Output@Registrar

MemberInput@ProducirEmbalar (BasicNode)  
 Inbound Links:

- Connector7 coming from Output@ProcesarCompra

Output@ProducirEmbalar (TransferNode)  
 Outbound Links:

- Connector8 going to Input@Sink1

Sink1 (Sink)  
 Associated Nodes

Input@Sink1 (BasicNode)

Inbound Links:

- Connector8 coming from Output@ProducirEmbalar

Producer (Worker)

**CapacityType:** WorkSchedule

**WorkSchedule:** T12horas

**InitialNumberInSystem:** 3

**InitialNode:** MemberInput@Registrar

Disenhador (Worker)

**CapacityType:** WorkSchedule

**WorkSchedule:** T12horas

**InitialNode:** Input@Disenho

Info (ModelEntity)

Ventas (Server)

**CapacityType:** WorkSchedule

**WorkSchedule:** T12horas

**ProcessingTime:** Random.Exponential(11.25)

**ExitedAddOnProcess:** Process1

Associated Nodes

Input@Ventas (BasicNode)

Inbound Links:

- Connector9 coming from Output@Source1

Output@Ventas (TransferNode)

**DestinationType:** Specific

**DestinationNodeName:** Input@Disenho

Outbound Links:

- Connector3 going to Input@ProcesarCompra
- Connector4 going to Input@Limpiar
- Connector1 going to Input@Disenho

Connector5 (Connector)

From Output@Limpiar to MemberInput@Registrar

Connector7 (Connector)

From Output@ProcesarCompra to MemberInput@ProducirEmbalar

Path2 (Path)

From Output@Registrar to ParentInput@ProducirEmbalar

Connector3 (Connector)

From Output@Ventas to Input@ProcesarCompra

Connector4 (Connector)

From Output@Ventas to Input@Limpiar

Connector1 (Connector)

From Output@Ventas to Input@Disenho

Connector2 (Connector)

From Output@Disenho to Input@PrepColor

Connector6 (Connector)

From Output@PrepColor to ParentInput@Registrar

Connector8 (Connector)

From Output@ProducirEmbalar to Input@Sink1

Connector9 (Connector)

From Output@Source1 to Input@Ventas