



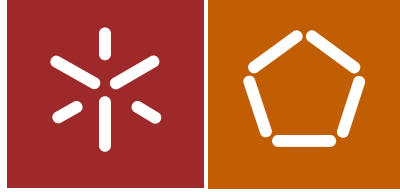
Hyggor da Silva Medeiros

Modelo visual para identificação e  
valorização económica de  
desperdícios em sistemas produtivos

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia







Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Hyggor da Silva Medeiros

Modelo visual para identificação e  
valorização económica de  
desperdícios em sistemas produtivos

Tese de Doutoramento  
Engenharia Industrial e de Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa  
Professor Doutor Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso

julho de 2018

## DECLARAÇÃO

Nome: Hyggor da Silva Medeiros

Endereço eletrónico: hyggor.medeiros@gmail.com      Telefone: +55 92 981380448

Título da dissertação: **Modelo visual para identificação e valorização económica de desperdícios em sistemas produtivos.**

Orientadores:

Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

Professor Doutor Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso

Ano de conclusão: 2018

Programa Doutoral em Engenharia de Sistemas

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 18 de julho de 2018

Assinatura:



## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**


Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente tese. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 18 de julho de 2018

Nome completo: Hyggor da Silva Medeiros

Assinatura:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hyggor da Silva Medeiros', written in a cursive style.



Dedico este trabalho ao meu tio Izidio Brandão de Farias (*in memoriam*)





## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores, Professores Rui Manuel Alves da Silva e Sousa e Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso, agradeço imensamente a colaboração, os ensinamentos e o tempo despendido nas incansáveis horas de orientação, apoio e incentivo para a execução deste trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Produção e de Sistemas da Universidade do Minho, em especial ao Professor José Dinis de Araújo Carvalho, pela sua presente disposição em atender quando solicitado e pelo apoio incondicional na candidatura ao Programa Doutoral de Engenharia Industrial e Sistemas (PDEIS) da Universidade do Minho.

Aos meus amigos que fizeram parte desta caminhada em Portugal, que estiveram sempre presentes nas diferentes tarefas diárias, fornecendo apoio e auxílio nas mais diversas dificuldades, tanto na parte académica quanto na parte emocional.

Aos meus amigos no Brasil que acreditaram na minha caminhada e, sempre que possível, colaboraram incentivando-me a manter o foco.

Sinto-me imensamente agradecido aos técnicos e à Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), por fornecerem o suporte necessário para o desenvolvimento das minhas atividades no exterior pois, sem este auxílio, a execução deste trabalho não seria possível.

Por fim, um agradecimento especial aos meus pais, Higinio Sabino de Medeiros e Isabel da Silva Medeiros e aos meus irmãos, Hylker da Silva Medeiros e Hyvanna da Silva Medeiros, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, fornecendo um apoio incondicional para a conclusão deste trabalho.



## RESUMO

Os setores da indústria e dos serviços têm observado atentamente a evolução da competitividade nos mais variados segmentos de mercado, de tal maneira que grande parte das empresas recorreu a mudanças internas, procurando agregar valor aos seus produtos e serviços a fim de reduzir custos. Neste sentido, a adoção de ferramentas para análise e diagnóstico dos processos produtivos, sistemas de custeio e de gestão e controlo de custos são valiosos recursos para a criação e reforço das condições de competitividade nas empresas. Embora existam alguns métodos e ferramentas a ter em consideração, há ainda uma manifesta escassez de modelos que integrem estas várias perspetivas nomeadamente, a representação visual dos sistemas produtivos e a dimensão económica ou de custos. Deste modo, neste projeto de investigação desenvolveu-se um modelo de gestão visual que permite representar a valorização económica dos desperdícios em sistemas produtivos. A análise de um conjunto de ferramentas e métodos de representação visual e de custeio permitiu criar um modelo de representação visual baseado no *Waste Identification Diagram* (WID) e no *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDABC). O modelo desenvolvido foi denominado de diagrama de identificação económica de desperdícios ou *Waste Economic Identification Diagram* - (WID<sup>e</sup>). Este modelo foi validado e discutido recorrendo-se a uma experiência na qual, seguindo-se uma abordagem dedutiva e experimental, foram avaliadas as suas qualidades ao nível da representatividade, capacidade de interpretação e celeridade de análise propiciada aos utilizadores. Concluiu-se tratar-se de um modelo que proporciona informações visuais de compreensão intuitiva e rápida que permitem efetuar uma adequada valorização económica de desperdícios dos sistemas produtivos.

**Palavras-chave:** sistemas produtivos, sistema Toyota de produção, produção *lean*, ferramentas de representação, sistemas de custeio, gestão visual, desperdícios.



## ABSTRACT

The industry and service sectors have been closely observing the evolution of competitiveness in the most varied segments within the market, in such a way that many companies have resorted to internal changes seeking to add value to their products and services in order to reduce costs. In this sense, the adoption of tools for analysis and diagnosis of production processes, costing systems and management cost control are valuable resources for the creation and strengthening of conditions to competitiveness in companies. Although there are some methods and tools to take into consideration, there is still a shortage of models integrating these various perspectives, namely the visual representation of production systems and economic dimension or the cost. Therefore, this research project developed a model that uses visual management to represent the economic valorization of waste in production systems. The analysis of a set of visual representation and costing tools and methods allowed the creation of a visual representation model based on the Waste Identification Diagram (WID) and Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC). The developed model called the Waste Economic Identification Diagram (WID<sup>e</sup>) was validated and discussed using an experience in which, following a deductive and experimental approach, its qualities were evaluated in terms of representativeness, interpretation capacity and speed of analysis provided to users. It was concluded that it is a model that provides visual information of intuitive and rapid comprehension particularly in terms of economic valorization of wastes in production systems.

**Keywords:** productions systems, Toyota production system, lean manufacturing, representation tools, costing systems, visual management, wastes.



## Índice

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Enquadramento.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Motivação .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Objetivos da investigação .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Problema de investigação.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Metodologia de investigação .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Estrutura da tese.....</b>	<b>5</b>
<b>PARTE I – REVISÃO DA LITERATURA</b>	
<b>2. PRODUÇÃO LEAN, CONCEITOS E PRINCÍPIOS.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Introdução.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Sistema Toyota de produção e produção Lean .....</b>	<b>7</b>
2.2.1 Elementos da produção Lean.....	9
2.2.2 Princípios da produção Lean.....	11
2.2.3 Desperdícios na produção Lean .....	12
<b>2.3 Síntese conclusiva .....</b>	<b>13</b>
<b>3. FERRAMENTAS DE REPRESENTAÇÃO PARA SISTEMAS PRODUTIVOS: CONCEITOS E PRINCÍPIOS.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Introdução.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Ferramentas de representação para o estudo dos métodos de trabalho..</b>	<b>18</b>
3.2.1 Gráfico de análise de processo ( <i>Outline process chart</i> ) .....	19
3.2.2 Gráfico de fluxo de processo ( <i>Flow process chart</i> ).....	20
3.2.3 Gráfico de duas mãos ( <i>Two-handed process chart</i> ) .....	22
3.2.4 Gráfico de atividades múltiplas ( <i>Multiple activity chart</i> ).....	24
3.2.5 Gráfico de micromovimentos ou gráfico SIMO ( <i>Simultaneous motion chart</i> ) .....	25
3.2.6 Diagrama de circulação ou fluxo ( <i>Flow diagram</i> ).....	27
3.2.7 Diagrama de cordões/espaguete ( <i>string/spaghetti diagram</i> ).....	29
<b>3.3 Ferramentas de representação para análise e diagnóstico em processos produtivos .....</b>	<b>30</b>
3.3.1 Process activity mapping.....	30
3.3.2 Model of supply chain waste .....	32
3.3.3 Supply chain response matrix .....	33
3.3.4 Production variety funnel.....	34
3.3.5 Quality filter mapping.....	36
3.3.6 Demand amplification mapping.....	37
3.3.7 Physical structure .....	38
3.3.8 Value adding time profile.....	39
3.3.9 Mapeamento de fluxo de valor ou <i>Value Stream Mapping</i> .....	41
3.3.10 Diagrama de identificação de desperdícios ou <i>Waste Identification Diagram</i> .....	46
<b>3.4 Síntese conclusiva .....</b>	<b>55</b>
<b>4. LEAN ACCOUNTING, CONCEITOS, PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS .....</b>	<b>59</b>

<b>4.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2</b>	<b>Lean accounting.....</b>	<b>59</b>
<b>4.3</b>	<b>Value Stream Costing .....</b>	<b>63</b>
4.3.1	Elaboração e aplicação do <i>Value Stream Costing</i> .....	64
4.3.2	Apresentação do Value Stream Costing .....	66
4.3.3	Aplicação do Value Stream Costing .....	68
<b>4.4</b>	<b>Síntese conclusiva .....</b>	<b>70</b>
<b>5.</b>	<b>MÉTODOS DE CUSTEIO EM AMBIENTES DE PRODUÇÃO .....</b>	<b>75</b>
<b>5.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>75</b>
<b>5.2</b>	<b>Custeio baseado em atividades .....</b>	<b>75</b>
5.2.1	Apresentação do Custeio Baseado em Atividade.....	77
5.2.2	Aplicações do Custeio Baseado em Atividades.....	79
5.2.3	As vantagens da aplicação do Custeio Baseado em Atividades.....	80
5.2.4	Dificuldades na aplicação do Custeio Baseado em Atividade.....	80
<b>5.3</b>	<b>Time-Driven Activity-Based Costing .....</b>	<b>81</b>
5.3.1	Elaboração e aplicação do Time-Driven Activity-Based Costing .....	81
5.3.2	As vantagens da aplicação do Time-Driven Activity-Based Costing .....	84
5.3.3	Dificuldades na aplicação do Time-Driven Activity-Based Costing.....	84
<b>5.4</b>	<b>Throughput Accounting .....</b>	<b>85</b>
<b>5.5</b>	<b>Backflush Costing.....</b>	<b>87</b>
<b>5.6</b>	<b>Target Costing e Kaizen Costing .....</b>	<b>88</b>
<b>5.7</b>	<b>Síntese conclusiva .....</b>	<b>89</b>
 <b>PARTE II – CONCEÇÃO, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM MODELO VISUAL PARA IDENTIFICAÇÃO E VALORIZAÇÃO ECONÓMICA DE DESPERDÍCIOS EM SISTEMAS PRODUTIVOS</b>		
<b>6.</b>	<b>CONCEÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO MODELO VISUAL.....</b>	<b>97</b>
<b>6.1</b>	<b>Análise dos instrumentos utilizados na conceção e desenvolvimento do modelo visual .....</b>	<b>97</b>
6.1.1	Análise das ferramentas de representação .....	98
6.1.2	Análise dos sistemas de custeio .....	104
<b>6.2</b>	<b>Modelo visual para identificação e valorização económica de desperdícios 107</b>	
6.2.1	Taxa de custo da capacidade .....	108
6.2.2	Composição da capacidade prática dos recursos fornecidos.....	109
6.2.3	Custo da capacidade utilizada.....	110
6.2.4	Custo da capacidade não utilizada .....	111
6.2.5	Custo do inventário.....	111
6.2.6	Custo do <i>setup</i> .....	113
6.2.7	Custo do transporte.....	114
6.2.8	Custo dos defeitos.....	114
6.2.9	Custos dos desperdícios associados à utilização da mão-de-obra.....	115
<b>6.3</b>	<b>Representação visual no WID<sup>e</sup> .....</b>	<b>116</b>
6.3.1	Modelo simplificado.....	117
6.3.2	Modelo aperfeiçoado.....	123



6.3.3	Diagrama de identificação económica de desperdícios – WID <sup>e</sup> .....	129
<b>7.</b>	<b>METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO WID<sup>e</sup>: IMPLEMENTAÇÃO E UTILIZAÇÃO</b>	<b>137</b>
<b>7.1</b>	<b>Análise do sistema produtivo em estudo</b> .....	<b>138</b>
<b>7.2</b>	<b>Recolha de dados, sistema produtivo e contabilidade de custos</b> .....	<b>139</b>
7.2.1	Dados do sistema produtivo ( <i>inputs</i> ) .....	140
7.2.2	Dados da contabilidade de custos ( <i>Inputs</i> ) .....	143
<b>7.3</b>	<b>Aplicação das equações do WID<sup>e</sup></b> .....	<b>145</b>
7.3.1	Cálculo do custo da capacidade utilizada e não utilizada .....	147
7.3.2	Cálculo do custo do <i>setup</i> .....	149
7.3.3	Cálculo do custo do transporte .....	151
7.3.4	Cálculo do custo com o inventário .....	152
7.3.5	Cálculo dos custos dos desperdícios associados à utilização da mão-de-obra ....	154
<b>7.4</b>	<b>Construção da representação visual do WID<sup>e</sup></b> .....	<b>156</b>
<b>7.5</b>	<b>Aplicabilidade, vantagens e limitações do WID<sup>e</sup></b> .....	<b>158</b>
<b>PARTE III – VALIDAÇÃO DO WID<sup>e</sup>: EXPERIÊNCIA, CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>		
<b>8.</b>	<b>EXPERIÊNCIA</b> .....	<b>161</b>
<b>8.1</b>	<b>Objetivo da experiência</b> .....	<b>162</b>
<b>8.2</b>	<b>Pergunta de investigação e hipóteses</b> .....	<b>163</b>
<b>8.3</b>	<b>Variáveis, representatividade, interpretação e celeridade</b> .....	<b>164</b>
<b>8.4</b>	<b>Delimitação da população e amostra</b> .....	<b>165</b>
<b>8.5</b>	<b>Recolha dos dados</b> .....	<b>166</b>
<b>8.6</b>	<b>Desenho e elaboração da experiência</b> .....	<b>169</b>
<b>9.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS DA AMOSTRA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>173</b>
<b>9.1</b>	<b>Caracterização dos dados da amostra</b> .....	<b>173</b>
9.1.1	Dimensão representatividade .....	174
9.1.2	Dimensão interpretação .....	181
9.1.3	Dimensão celeridade .....	183
<b>9.2</b>	<b>Testes de hipóteses</b> .....	<b>185</b>
<b>9.3</b>	<b>Discussão dos resultados</b> .....	<b>191</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>195</b>
<b>10.1</b>	<b>Principais conclusões</b> .....	<b>195</b>
<b>10.2</b>	<b>Contributos</b> .....	<b>197</b>
<b>10.3</b>	<b>Limitações do estudo</b> .....	<b>197</b>
<b>10.4</b>	<b>Recomendações para investigações futuras</b> .....	<b>198</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....		<b>201</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>215</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Casa TPS.....	8
Figura 2 – Símbolos do registo gráfico .....	18
Figura 3 – <i>Outline process chart</i> .....	19
Figura 4 – <i>Flow process chart</i> de materiais .....	21
Figura 5 – <i>Two handed-process chart</i> .....	23
Figura 6 – Gráfico de múltiplas atividades operador e máquina .....	24
Figura 7 - Simbologia SIMO.....	26
Figura 8 – Representação do gráfico SIMO.....	26
Figura 9 – (a) <i>Flow diagram</i> e (b) <i>Flow diagram</i> com símbolos gráficos.....	28
Figura 10 – Diagrama de cordões, uso de cores para representar os fluxos individuais .....	29
Figura 11 – <i>Process activity mapping</i> .....	31
Figura 12 – <i>Model of supply chain waste</i> genérico .....	33
Figura 13 – <i>Supply chain response matrix</i> .....	34
Figura 14 – <i>Production variety funnel</i> .....	35
Figura 15 – <i>Quality filter mapping</i> .....	36
Figura 16 – <i>Demand amplification mapping</i> .....	38
Figura 17 – <i>Physical structure</i> .....	39
Figura 18 – Formas de representação do <i>Value adding time profile</i> .....	40
Figura 19 – Simbologia empregue no <i>Value Stream Mapping</i> . (a) Ícones utilizados no fluxo de materiais; (b) Ícones utilizados no fluxo de informação; (c) Ícones de uso geral.....	42
Figura 20 – Representação da fábrica do cliente e caixa de dados.....	44
Figura 21 – Caixas de processo .....	44
Figura 22 – Representação do mapa de fluxo de valor.....	45
Figura 23 – Representação visual dos símbolos utilizados pelo <i>Waste Identification Diagram</i> . (a) bloco básico; (b) bloco com OEE; (c) seta para esforço de transporte; (d) gráfico circular da utilização da mão de obra; (e) quadro com indicadores de desempenho.....	47
Figura 24 - Esforço de transporte .....	49
Figura 25 – Aplicação do <i>Waste Identification Diagram</i> .....	54
Figura 26 – Custos ligados ao fluxo de valor de um processo .....	63
Figura 27 – <i>Value Stream Costing</i> .....	64
Figura 28 – Aplicação dos custos no VSC .....	66

Figura 29 – Custeio baseado em atividades segundo o modelo bidimensional .....	78
Figura 30 – Representação visual bloco para o modelo simplificado .....	118
Figura 31 – Representação visual seta de esforço de transporte para o modelo simplificado ..	120
Figura 32 – Representação da utilização da mão-de-obra para o modelo simplificado .....	121
Figura 33 – Representação visual do quadro de indicadores aplicada no modelo simplificado	121
Figura 34 – Representação visual dos elementos que compõem o modelo simplificado .....	122
Figura 35 – Representação visual bloco no modelo aperfeiçoado.....	124
Figura 36 – Representação visual retângulo no modelo aperfeiçoado .....	126
Figura 37 – Representação visual de quadro de indicadores modelo aperfeiçoado .....	127
Figura 38 - Representação visual dos elementos que compõem o modelo aperfeiçoado .....	128
Figura 39 – Representação visual das informações contidas no bloco.....	130
Figura 40 – Níveis de representação, custo do <i>setup</i> .....	131
Figura 41 – Seta de custo do transporte .....	132
Figura 42 – Representação dos custos associados à utilização da mão-de-obra .....	133
Figura 43 – Representação gráfica do custo do inventário, <i>Work In Process</i> e materiais.....	133
Figura 44 – Dimensão do trapézio, formas de representação .....	134
Figura 45 – Quadro de indicadores .....	135
Figura 46 – Representação visual dos elementos que compõem o modelo final.....	135
Figura 47 – Etapas de implementação do WID <sup>e</sup> .....	137
Figura 48 – Diagrama de identificação económica de desperdícios (WID <sup>e</sup> ) .....	156
Figura 49 - Dispersão das respostas nos grupos controlo e experimental .....	180

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custos do <i>Value-adding time profile</i> .....	40
Tabela 2 – Demonstração dos resultados no VSC.....	66
Tabela 3 – Aplicação do <i>Value Stream Costing</i> .....	67
Tabela 4 – Exemplo de <i>Box score</i> .....	68
Tabela 5 – Aplicação do <i>Value Stream Costing</i> .....	69
Tabela 6 – Cálculo do custo por transação.....	83
Tabela 7 – Aplicando o TDABC no processo.....	83
Tabela 8 – Área de aplicação e finalidade .....	99
Tabela 9 – Capacidade de representação de desperdícios por ferramenta .....	101
Tabela 10 – Análise das ferramentas de representação.....	102
Tabela 11 – Resultado da análise dos sistemas de custos.....	106
Tabela 12 – Características do processo produtivo.....	140
Tabela 13 – Descrição das atividades nos postos de trabalho.....	140
Tabela 14 – Indicadores de desempenho do processo produtivo .....	141
Tabela 15 – Rotas da operação transporte.....	142
Tabela 16 – Representação da utilização de mão-de-obra.....	142
Tabela 17 – Demonstração dos resultados.....	143
Tabela 18 - Composição dos custos industriais de produção .....	144
Tabela 19 – Custo da capacidade fornecida no posto de trabalho.....	145
Tabela 20 – Capacidade prática dos recursos fornecidos .....	146
Tabela 21 – Taxa de custo da capacidade dos postos de trabalho .....	146
Tabela 22 – Custos da capacidade utilizada e não utilizada nos postos de trabalho .....	148
Tabela 23 – Distribuição dos custos com manutenção e <i>setup</i> .....	149
Tabela 24 – Custo do <i>setup</i> nos postos de trabalho .....	150
Tabela 25 – Custo do transporte.....	152
Tabela 26 - Custo do inventário.....	153
Tabela 27 – Custo dos desperdícios associados à mão de obra.....	155
Tabela 28 – Perguntas do inquérito referente a dimensão representatividade .....	168
Tabela 29 - Perguntas do bloco 2 referente à variável interpretação.....	169
Tabela 30 – Resultados dos grupos controlo e experimental dimensão representatividade .....	175
Tabela 31 – Frequência absoluta e relativa para a dimensão interpretação.....	182

Tabela 32 – Tempos de análise para as dimensões representatividade e interpretação.....	184
Tabela 33 – Resultado do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney dimensão representatividade .....	186
Tabela 34 – Resultado do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney dimensão interpretação.....	188
Tabela 35 - Resultado do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney para eficiência de análise .....	190

## 1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta o enquadramento da investigação no qual se aborda o tema principal deste estudo e a descrição geral e introdutória da tese, a motivação para a sua realização, a pergunta de investigação, os objetivos principais e específicos, a metodologia de investigação e a estrutura utilizada para a elaboração da presente tese.

### 1.1 ENQUADRAMENTO

Ao longo do tempo os processos industriais têm passado por várias transformações. No atual cenário mundial observa-se que cada vez mais empresas recorrem a mudanças em busca de melhorias nos seus sistemas produtivos a fim de reduzir desperdícios<sup>1</sup> e obter melhores vantagens competitivas. As principais causas destas transformações estão associadas à crescente exigência dos clientes e dos mercados, nomeadamente: elevada diversidade de artigos, alta qualidade, baixo custo e prazos de entrega reduzidos.

Como resultado destas exigências e com o propósito de melhorar a eficiência e a eficácia produtivas, as indústrias passaram a adotar algumas práticas, como: a mudança do modelo convencional de produção (produção em massa), a intensificação do uso de ferramentas para diagnóstico de processos produtivos e a realização de melhorias no sistema de custos tradicional. No que diz respeito ao sistema de custos tradicional, este, conceptualmente, estava preparado para operar de forma eficiente somente no contexto convencional de produção (Pike, Tayles, & Mansor, 2011).

As práticas acima referidas trouxeram benefícios às empresas, mas, no entanto, deixaram em evidência a reduzida ou quase nenhuma integração entre as ferramentas de representação para sistemas produtivos e as ferramentas para gestão de custos que, respetivamente, estão dedicadas à representação de: (i) vários aspetos e dimensões de um sistema de produção e (ii) custos industriais.

Como exemplo de confirmação desta perspetiva, refira-se o trabalho desenvolvido por Abuthakeer, Mohanram e Kumar (2010), que expõe a falta de integração anteriormente referida e procura, por isso, integrar no *Value Stream Mapping* (ferramenta para mapeamento de fluxo de valor em processos produtivos) alguns aspetos relativos aos custos com o intuito de facilitar a tomada de decisão através da disponibilização de informação clara e mais completa.

---

<sup>1</sup> Conceito e apresentação dos principais desperdícios são relatados na secção 2.2.3 desperdícios na produção *Lean*.

Portanto, este trabalho utiliza as ferramentas de representação de sistemas produtivos e de gestão de custos, para apresentar um modelo conceitual de representação visual de custos em sistemas produtivos que propõe uma avaliação económica da produção numa perspetiva inovadora.

## 1.2 MOTIVAÇÃO

A necessidade de desenvolvimento de modelos e respetivas ferramentas, capazes de representar de forma visual, intuitiva e integrada a informação normalmente disponibilizada pelas ferramentas de representação de sistemas produtivos, como por exemplo (i) *Value Stream Mapping* (VSM) (Rother & Shook, 2009) e (ii) *Waste Identification Diagram* (WID) (Sá, Dinis-Carvalho, & Sousa, 2011) e informações relacionadas com sistemas de custeio e gestão de custos, como por exemplo, (i) Custeio baseado em atividade (*Activity-Based Costing*- ABC) (Kaplan & Cooper, 1998), (ii) *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDABC) (Kaplan & Anderson, 2007) e (iii) *Value Stream Costing* (VSC) (Maskell & Baggaley, 2004), constituem a principal motivação do presente projeto.

## 1.3 OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO

Este projeto de investigação propôs o desenvolvimento de um modelo que recorreu ao conceito de gestão visual inerente à filosofia de produção *Lean* (Womack, Jones, & Roos, 1991) para fornecer informação do processo produtivo de modo a que o utilizador dessa informação tenha maior facilidade na interpretação dos dados apresentados. Portanto, o objetivo desta investigação foi a criação de um modelo que permita, através de uma ferramenta adequada, a representação e a valorização económica dos vários aspetos inerentes aos sistemas produtivos, nomeadamente: fluxos de materiais, tempos de processamento e mão de obra, bem como inventários e demais desperdícios considerados pelo paradigma *Lean*. A ferramenta recorre ao conceito de gestão visual, como anteriormente mencionado, que preconiza que a informação considerada relevante num sistema produtivo deve ser transmitida aos intervenientes de forma rápida e intuitiva.

## 1.4 PROBLEMA DE INVESTIGAÇÃO

A literatura não oferece um modelo que permita a representação visual dos desperdícios de um processo produtivo na sua dimensão económica – tal modelo seria mais eficaz para a comunicação dos custos envolvidos e, conseqüentemente, para tomada de decisão. Diante deste problema de investigação, foi proposto um novo modelo e procurou-se avaliar não só a sua capacidade de representação, mas também a facilidade com que a informação representada é interpretada por parte dos utilizadores.



Para atender a este propósito, são apresentadas nos capítulos posteriores as etapas subjacentes ao desenvolvimento do modelo proposto, as quais foram fases essenciais deste projeto de investigação, respeitando os critérios determinados pela estratégia de investigação adotada.

## 1.5 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A metodologia de investigação é parte essencial no processo de investigação. Através da metodologia o investigador observa, estuda e contextualiza o comportamento e a natureza dos eventos relacionados com o objeto de estudo. O processo de investigação compreende todos os recursos necessários para adquirir as informações que contribuam com respostas e soluções para determinado problema que venha a ser pesquisado.

Saunders, Lewis e Thornhill (2009) descrevem o processo de investigação como uma série de etapas, que se apoiam em estratégias e métodos, que por sua vez são baseados em linhas filosóficas que sustentam a produção científica.

A adoção de uma determinada estratégia e método científico pelo investigador está profundamente ligada ao alcance das respostas às questões de pesquisa, à extensão do conhecimento existente, aos objetivos, aos recursos e ao tempo disponível.

Esta investigação propõe um modelo que foi concebido a partir da pesquisa exploratória com base no conhecimento empírico e preexistente nas áreas de conhecimento da engenharia industrial e gestão da contabilidade, para fins de validação do modelo optou-se pela abordagem dedutiva em conjunto com a pesquisa experimental. Esta abordagem permitiu averiguar se o modelo proposto cumpre atributos fundamentais referentes à representatividade, capacidade de interpretação e a celeridade de análise para uma ferramenta desta natureza.

Deste modo, nesta investigação primeiramente foi desenvolvido modelos com auxílio dos dados recolhidos pela pesquisa exploratória, que, segundo Neuman (2007) refere-se a análise e interpretação com base no referencial teórico sob um determinado tema a fim de proporcionar compreensão e familiaridade com o objeto de investigação.

O processo de conceção para o desenvolvimento do modelo através da pesquisa exploratória se deu por etapas em que se, analisou, comparou e correlacionou as ferramentas de análise e as ferramentas de custos (nomeadamente, as ferramentas de representação de sistemas produtivos e sistemas de custeio), com a finalidade de obter os instrumentos mais apropriados para enquadrar o modelo concetual desenvolvido.

Já, no que diz respeito à validade do modelo adotou-se a abordagem dedutiva, a qual preconiza que o investigador deve ser independente daquilo que está a ser observado (Neuman, 2007), tendo como objetivo o teste de teorias a partir do uso de hipóteses, buscando assim justificar o resultado da sua investigação (Sousa & Baptista, 2011).

Quanto à estratégia de investigação, utilizou-se a pesquisa experimental, em que, buscou-se obter conhecimento sobre a relação causal entre variáveis independentes e variáveis dependentes. A experiência como estratégia de investigação procura a produzir resultados através da análise das relações de causa e efeito, onde o investigador manipula uma variável e observa os efeitos dessa intervenção sobre as variáveis dependentes do seu interesse (Bryman, 2005).

Bell (2005) explica que uma experiência permite estabelecer uma relação causal entre os grupos analisados, sendo estes, tipicamente, classificados como grupo de controlo e grupo experimental. O grupo de controlo corresponde ao grupo ao qual não se dá nenhum tratamento especial no âmbito da experiência, enquanto o grupo experimental é submetido a intervenções a fim de se obter respostas sobre o impacto destas intervenções.

Já Saunders et al. (2009) esclarece que as diferenças entre os grupos de controlo e experimental estão na forma de intervenção. O grupo de controlo não recebe qualquer intervenção, já no grupo experimental há intervenção e ela pode ser de forma planeada ou manipulada.

A respeito dos resultados esperados de uma experiência, estes são provenientes da comparação dos resultados obtidos entre os grupos experimental e de controlo. Os resultados são analisados a partir da comparação das variáveis dependentes que foram afetadas pela intervenção. Neste sentido, a investigação propõe-se estudar a relação de causa e efeito entre estas variáveis o que torna o estudo explicativo. Um estudo explicativo segundo Babbie (2008) propõe-se a identificar as relações causais entre as variáveis do objeto estudado.

Quanto ao método de investigação, a presente investigação adota o método de pesquisa quantitativa, que procura, a partir dos dados recolhidos (Saunders et al., 2009), obter a perceção sob determinado objeto de investigação (Vanderstoep & Johnston, 2009). De acordo com Bryman (2005) a pesquisa quantitativa num projeto de investigação procura obter a perspetiva do objeto analisado a partir da interpretação e análise estatísticas de dados recolhidos. Babbie (2008) explica que a pesquisa quantitativa é um método pelo qual os pesquisadores recolhem os dados de uma determinada observação convertendo-os para a forma numérica, submetendo-os à análise estatística com o objetivo de descrever e explicar os fenómenos que estas observações refletem.

## 1.6 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está estruturada em três partes que incluem um total de dez capítulos. O presente capítulo é dedicado à introdução do projeto e inclui o enquadramento, a motivação, o problema de investigação, os objetivos, a metodologia de investigação e a estrutura da tese.

A primeira parte diz respeito à revisão da literatura sendo composta pelos capítulos 2 a 5: capítulo 2 - Produção *Lean* conceitos e princípios; capítulo 3 - Ferramentas de representação para sistemas produtivos, conceitos e princípios; capítulo 4 - *Lean Accounting*, conceitos, princípios e ferramentas e capítulo 5 - Métodos de custeio em ambientes de produção.

A segunda parte corresponde à conceção, desenvolvimento e aplicação de um modelo visual para identificação e valorização económica de desperdícios em sistemas produtivos, contendo o capítulo 6 - Conceção e desenvolvimento do modelo e o capítulo 7, relativo às condições de aplicabilidade e avaliação do modelo, com base num caso real.

A terceira parte é dedicada à experiência, análise, discussão e validação dos resultados, dividindo-se em dois capítulos: capítulo 8, dedicado a descrição e execução da experiência, e capítulo 9 referente à caracterização dos dados da amostra e discussão dos resultados.

Por fim, apresenta-se a conclusão, correspondente ao capítulo 10, onde se encontram as principais conclusões, contributos, limitações e oportunidades para investigação futura.



## **PARTE I – REVISÃO DA LITERATURA**

### **2. PRODUÇÃO *LEAN*, CONCEITOS E PRINCÍPIOS**

#### 2.1 INTRODUÇÃO

Após a derrota do Japão, na segunda grande guerra, as empresas japonesas precisavam de encontrar formas para se tornarem competitivas no mercado mundial. Em 1945, o presidente da *Toyota Motor Company*, Kiichiro Toyoda, anunciava que seria necessário alcançar a produtividade dos Estados Unidos em três anos, caso contrário a indústria automobilística japonesa não sobreviveria.

Para responder à exigência de Kiichiro Toyoda, deu-se início à mudança de pensamento dentro da empresa *Toyota*. O primeiro passo para essa mudança foi compreender a deficiente produtividade japonesa que chegava a ser nove vezes inferior à americana, e identificar a causa que gerava os desperdícios nos processos produtivos que influenciavam negativamente na produtividade (Ohno, 1997).

Portanto, para compreender a alta produtividade americana, um grupo de funcionários da *Toyota* visitou as fábricas americanas e concluiu que o modelo de produção em larga escala (produção em massa) adotado pelos Estados Unidos, não se adequaria ao mercado japonês que era menor e mais exigente. Foi então que, imediatamente, Taiichi Ohno, um dos grandes mentores do paradigma que mais tarde viria a tornar-se conhecido como produção *Lean*, deu início às mudanças no sistema de produção da *Toyota Motor Company*, adaptando conceitos trazidos das fábricas de tecelagem da *Toyota* e reorganizando o sistema convencional de produção com base na sua experiência.

Taiichi Ohno iniciou uma revolução no sistema de produção japonês tendo percebido a oportunidade de desenvolver um sistema próprio de produção que atendia os anseios da *Toyota Motor Company*. O novo sistema, diferente do sistema de produção em massa utilizado pelo ocidente, passou a chamar-se *Toyota Production System* (TPS).

#### 2.2 SISTEMA *TOYOTA* DE PRODUÇÃO E PRODUÇÃO *LEAN*

De acordo com Ohno (1997), o TPS foi criado com a finalidade de aumentar a produtividade por meio da eliminação dos desperdícios no processo produtivo e, conseqüentemente tornar a fábrica mais eficiente ao reduzir os seus custos.

Conforme anteriormente referido, o TPS é a essência da produção *Lean*. A origem da designação *Lean manufacturing* (produção *Lean* em português) surgiu no livro “*The machine that changed the world*” (Womack, Jones, & Ross, 1990). Atualmente, esta passou a ser a designação mais utilizada para o TPS, mas, no entanto, é importante colocar em evidência que o sucesso do TPS só foi possível devido ao facto de Ohno e os engenheiros da *Toyota* terem modificado o modelo de produção em massa para atender às suas necessidades, utilizando um novo conceito de fluxo produtivo, de abastecimento de componentes e matérias-primas. Este modelo possibilitou a identificação de desperdícios no processo produtivo, a redução de custos operacionais e garantiu a entrega atempada dos produtos encomendados (Villa & Taurino, 2013).

O sistema *Toyota* de produção é formado pela união de vários elementos. Liker (2004) apresenta a união desses elementos em forma de uma casa (Figura 1) onde o alicerce passa a ser a filosofia *Toyota*, em conjunto com a dinâmica da gestão visual, suportado por um processo estável, padronizado e nivelado.

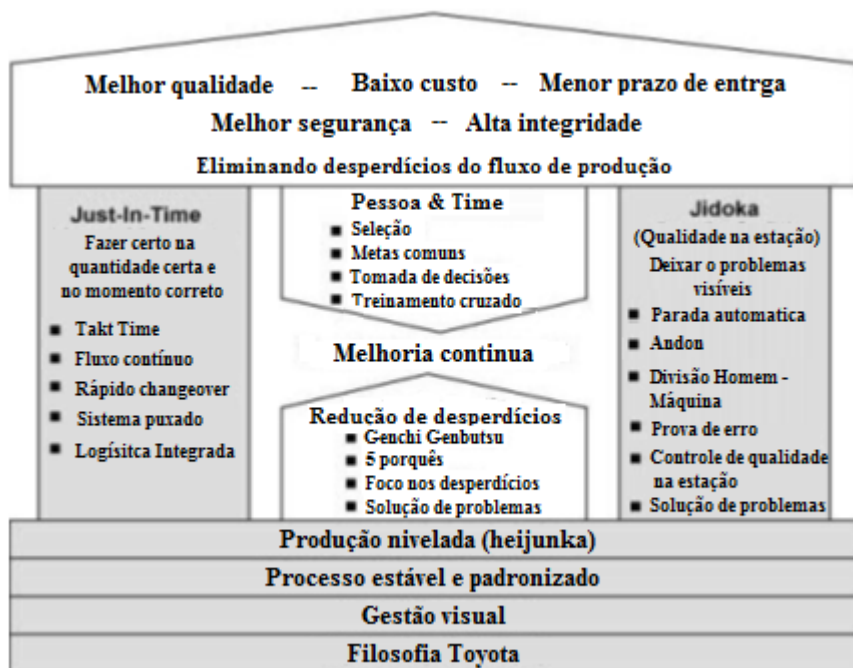


Figura 1 – Casa TPS (adaptado de Liker, 2004)

Acima deste alicerce, são dispostos dois pilares, o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka* (Autonomação). No interior da casa está o *Kaizen*, que corresponde a um processo extremamente importante para a redução dos desperdícios através da melhoria contínua e da colaboração dos trabalhadores (Imai, 2012). Por fim, o telhado que pode ser interpretado como o objetivo que o sistema procura

atingir, que consiste na eliminação de desperdícios do processo produtivo garantindo menor custo, com maior qualidade, num curto espaço de tempo.

Portanto, entende-se que os elementos que integram a produção *Lean* transformam num modelo de produção que tem como finalidade fornecer produtos de qualidade aos clientes no menor espaço de tempo, procurando o baixo custo por meio de um fluxo produtivo contínuo e sem desperdícios (Liker, 2004).

### **2.2.1 Elementos da produção Lean**

Na visão de Liker (2004) o JIT, o *Jidoka*, a melhoria contínua (*Kaizen*), o trabalho em equipa, a redução dos desperdícios, o *Heijunka*, a padronização do processo, a gestão visual e as ferramentas de representação, são elementos que compõem o *Lean* e são necessários para atingir o seu objetivo.

Estes elementos podem receber a designação de ferramentas ou técnicas. Entende-se por ferramentas um conjunto de instrumentos utilizados para realizar um trabalho. Por sua vez, as técnicas referem-se a um conjunto de procedimentos que se utilizam para se chegar a um determinado fim (Stevenson, 2010). De acordo com Liker (2004) as ferramentas e técnicas ajudaram a difundir a produção *Lean*. Algumas destas ferramentas e técnicas são descritas a seguir:

**JIT:** técnica direcionada ao fluxo de materiais no processo produtivo. O JIT determina que as peças necessárias, nas quantidades certas, devem alcançar a linha de montagem no momento correto. Para que isso ocorra é necessário um planeamento eficiente utilizando o sistema de produção puxado, com o fluxo contínuo obedecendo ao *takt-time* (ritmo que o mercado solicita um produto). Além disso, a logística passa a ser integrada e os tempos de preparação (*setup*) de máquinas devem ser reduzidos (Liker, 2004; Ohno, 1997; Villa & Taurino, 2013; White & Prybutok, 2001).

**Jidoka:** termo dado à técnica desenvolvida nas fábricas de tecelagem da *Toyota*, que corresponde à designação “autonomação” ou “automação com um toque humano”. O *Jidoka* consiste em adaptar dispositivos de paragem às máquinas a fim de evitar erros em larga escala. Em resumo, *Jidoka* é a capacidade dada às máquinas para detetarem algum tipo de problema no momento do fabrico, e além disso pararem o processo produtivo, impedindo assim a propagação de defeitos no fluxo de produção (Liker, 2004; Ohno, 1997; Shingo, 1988).

***Kaizen***: termo em japonês para melhoria contínua. É uma filosofia que busca o aprimoramento contínuo das atividades através da eliminação gradual de desperdícios, utilizando soluções económicas baseadas no conhecimento e criatividade dos colaboradores. No *Kaizen* as pessoas e o trabalho em equipa são prioridade para execução das atividades de melhoria. A filosofia propõe objetivos comuns a todos e as decisões são tomadas em grupo (Melton, 2005). O *Kaizen* tem como características abandonar ideias fixas, corrigir os erros imediatamente, identificar a causa real do problema, realizar ações de melhoria de imediato, testá-las, validá-las e implantá-las.

**Redução de desperdícios**: eliminação gradual dos desperdícios (secção 2.2.3) que integram a filosofia *Lean* e que se faz através de iniciativas que procuram a solução dos problemas através da identificação dos agentes causadores. Promover a redução dos desperdícios é prioridade no modelo *Lean* de produção, inclusive o uso do *Kaizen* e do *Genchi Genbutsu* (ir e observar) são essenciais nesse processo de identificação, correção e redução dos problemas que geram desperdícios no processo produtivo.

***Heijunka* (nivelamento da produção)**: técnica utilizada para que a variação da procura tenha efeitos mínimos no fluxo produtivo. Consiste em estabelecer o portefólio de produtos que deve ser lançado para produção de modo a satisfazer a procura sem comprometer o equilíbrio do fluxo produtivo e sem que existam desperdícios (Deif, 2012; Shah & Ward, 2003).

**Normalização do processo**: uniformização das atividades tornando-as minimamente variáveis ou seja, realizadas obedecendo uma sequência pré-definida de forma correta, utilizando atividades ou operações já conhecidas e testadas, a fim de atender às necessidades do processo produtivo, evitando desperdícios (Liker, 2004).

**Gestão visual**: é uma forma de controlo que deu origem a algumas técnicas e ferramentas visuais. As ferramentas que utilizam este método conseguem comunicar informações de forma fácil e em tempo real. O uso da gestão visual fornece orientação a todos os funcionários sobre o que fazer, quando e com que frequência se deve fazer, permitindo interpretar de forma rápida as informações contidas nos mais diversos meios. A gestão visual permite a identificação antecipada de possíveis problemas dando margem para uma reação preventiva e corretiva de forma rápida (Ortiz, 2006).

**Ferramentas de representação**: são instrumentos que permitem representar condições, aspetos e informações relacionadas com um processo produtivo. Este tipo de ferramentas pode ser utilizado para proporcionar diagnóstico, intervenção ou relatório. Tendo em conta o tema da



presente tese, serão apresentadas aqui apenas as ferramentas com características visuais, isto é, que recorrem a elementos gráficos para representação de informações relevantes (Capítulo 3).

### **2.2.2 Princípios da produção Lean**

A descrição da casa TPS (Figura 1) por Liker (2004) fornece uma visão geral das ferramentas e técnicas utilizadas pelo sistema. No entanto, existem cinco princípios básicos que orientam o sistema que não estão explícitos na figura, são eles: a especificação de valor, a identificação do fluxo de valor, criação de um fluxo contínuo, a implantação do sistema pull e a melhoria contínua (*Kaizen*) (Manotas & Cadavid, 2007; Womack & Jones, 2004).

Embora esteja dividido em cinco princípios, o *Lean* une-os numa só filosofia sendo cada um deles parte essencial para a formação do modelo.

**Especificar valor:** passa a ser a descoberta do que os clientes procuram, o que o cliente quer, quando e como. Especificar valor é o ponto de partida para saber o que é considerado valor para o cliente e o que é desperdício (Melton, 2005).

**Identificar o fluxo de valor:** atividade na qual se identificam todas as atividades e processos necessários no fabrico de um produto. Cria-se neste instante um conceito de cadeia de valor dentro da qual estão as atividades que agregam valor. As demais atividades, que não agregam valor, devem ser diminuídas ou minimizadas pelo facto de serem desperdícios (Hines, Found, Harrison, & Griffiths, 2011; Hines & Rich, 1997; Womack & Jones, 2004).

**Criar fluxo de valor:** criação de um fluxo contínuo que procura obter um processo produtivo organizado e sem desperdícios, de modo a que o produto chegue até ao cliente sem interrupções e atrasos (Rother & Shook, 2009).

**Implantar a produção puxada (*pull*):** peça principal que garante uma produção puxada, ou seja, que só é realizada quando necessária, obedecendo à vontade de um cliente. Desta maneira evitam-se inventários desnecessários (Ohno, 1997).

**Estabelecer melhoria contínua:** o *Kaizen*, mencionado anteriormente na casa TPS, é o princípio que está ligado à procura constante de um processo livre de defeitos. Isto é, a empresa procura a perfeição e todos os princípios se interligam (Ortiz, 2006). Ohno (1997) vai mais além e afirma que a melhoria contínua proporciona a redução de falhas no processo e, por consequência, dos desperdícios. Ao retirar aquilo que não acrescenta valor, reduzem-se os desperdícios e possibilita-se uma diminuição dos custos.

### 2.2.3 Desperdícios na produção Lean

Para compreender os desperdícios é necessário conhecer bem o processo produtivo e diferenciar o que de facto acrescenta valor ao produto, daquilo que não acrescenta. De acordo com Ohno (1997), o processo produtivo pode apresentar sete tipos de *MUDA* (palavra utilizada para designar desperdícios em japonês), são eles: sobreprodução, movimento, transporte, espera, sobreprocessamento, inventário e defeitos. No entanto, mais recentemente, outros autores incluíram um oitavo desperdício, “não aproveitamento do potencial humano”, que tem sido aceite por vários autores (Wahab, Mukhtar, & Sulaiman, 2013).

**Sobreprodução:** processo de produzir mais do que o programado, ou mais rápido, ou mais cedo do que o processo seguinte (Rother & Shook, 2009). O desperdício sobreprodução acaba por gerar custos adicionais devido ao maior número de movimentações, inspeções e necessidade de mais espaço para armazenamento de produtos não necessários naquele momento. Outro fator negativo da sobreprodução é a falta de visibilidade dos defeitos que estão escondidos nas filas de inventários aguardando o processo posterior (Deif, 2012).

**Movimento:** refere-se às movimentações desnecessárias de pessoas que ocorrem na execução de uma atividade de produção (por exemplo: a procura de ferramentas). Para Womack e Jones (2004) muitas vezes o desperdício deve-se a *layouts* mal estruturados. No que diz respeito às pessoas entende-se que qualquer movimento que não acrescente valor ao produto é desperdício, tais como: esticar-se, dobrar-se a fim de ver melhor e mover-se para pegar. Quanto aos *layouts* refere-se à má disposição do local de trabalho que leva o operador a uma circulação mal estruturada.

**Transporte:** associado ao transporte de produtos (acabados ou por terminar) e matérias-primas. A existência deste tipo de desperdício, geralmente, está relacionada com os *layouts* ineficientes e mau planeamento da produção. O resultado é a utilização de mais recursos do que os necessários ou no maior tempo de transporte (Ortiz, 2006).

**Espera:** período em que os recursos estão parados no processo, ou seja, não estão a processar nada devido à falta de matéria-prima ou produto semiacabado proveniente do posto anterior ou de algum armazém. A causa deste desperdício está associada em alguns casos a avarias de equipamentos, retrabalho, falta de peças, métodos imprecisos, má comunicação e rejeição em grande escala (Bicheno & Holweg, 2009).

**Sobreprocessamento:** processamento excessivo ou inadequado. Pode dever-se à falta de formação dos operadores, à inexistência de instruções de trabalho e/ou à utilização de ferramentas inadequadas. As operações adicionais e as atividades inadequadas traduzem-se frequentemente em retrabalho e reprocessamento (Chiarini, 2013).

**Inventário:** matéria-prima, produtos em processamento (*Working-In-Process*) aguardando utilização e produto acabado (Womack & Jones, 2003a). O aumento do inventário acaba por gerar a necessidade de mais espaço para o seu armazenamento e conseqüentemente, um aumento dos custos de armazenamento e de espaço físico. A maior parte das causas dos grandes inventários estão ligadas a longos tempos de *setup*, produção de grandes lotes, produção antecipada, gargalos e processos não balanceados (Ortiz, 2006; Womack & Jones, 2004).

**Defeitos:** produto que não apresenta conformidade com as condições exigidas pelo cliente. Este deve ser reparado ou rejeitado o que acaba por gerar custos e esforços desnecessários (Rother & Shook, 2009; Wahab et al., 2013).

**Não aproveitamento do potencial humano:** aproveitamento inadequado das qualidades que os funcionários têm e podem oferecer. Para Ortiz (2006) e Wahab et al. (2013) a ocorrência deste desperdício é resultado da falta de capacidade em identificar o conjunto de competências de um trabalhador no desempenho das suas atividades, bem como perceber as suas qualidades. Por esta razão, o potencial aproveitado é muito pouco gerando desperdício de ideias criativas e melhorias provenientes destes funcionários (Ortiz, 2006).

### 2.3 SÍNTESE CONCLUSIVA

O advento da produção *Lean* ocorreu mediante a crescente concorrência global enfrentada pelas indústrias de bens de consumo, com implicações profundas e mudanças significativas nos sistemas produtivos e nos modelos de produção industriais. A gênese destas mudanças encontra-se no sistema de produção *Toyota*, que surgiu, conforme anteriormente referido, com o objetivo de superar a crise de produtividade e competitividade.

O sistema de produção *Toyota* agrupou um conjunto de princípios, ferramentas, técnicas, processos e métodos para atender às transformações do sistema de produção no pós segunda guerra mundial, dando origem a um sistema de produção "*Lean*", sem desperdícios, onde os produtos necessários são produzidos apenas na quantidade requerida e no momento certo.

Na atualidade o termo *Lean manufacturing* é adotado pelas indústrias a nível global para se referir às práticas difundidas pelo sistema de produção *Toyota*. O *Lean manufacturing* deu origem a uma

vasta variedade de ferramentas direcionadas aos mais diversos fins, mas tendo como objetivo final a redução dos desperdícios existentes no processo produtivo.

As principais referências neste sentido são Ohno (1997), Womack et al. (1991) e Womack & Jones (2003a), as quais apresentam a teoria geral sobre os fundamentos do sistema de produção *Toyota* até o atual *Lean manufacturing*.

Estes marcos da literatura enfatizam as principais ferramentas e propósitos do *Lean*. Ohno (1997) apresenta (i) os princípios do sistema de produção *Toyota*, (ii) a existência de sete principais desperdícios (sobreprodução, espera, transporte, sobreprocessamento, inventário, movimento e defeitos) ocorridos no processo produtivo, (iii) a importância da redução ou eliminação dos desperdícios, (iv) a adoção da melhoria contínua (*kaizen*), (v) a aplicação do *just-in-time* e *Jidoka* e (vi) a apresentação do sistema *pull* de produção.

Já Womack et al. (1991) realizaram uma análise geral dos sistemas de produção dando ênfase ao sistema de produção *Toyota* e à sua filosofia, sugerindo, portanto, a designação *Lean manufacturing* para as práticas associadas a esse sistema. Outro aspecto muito discutido por Womack et al. (1991), são os elementos que constituem a produção *Lean*, tais como a: (i) criação de valor, (ii) redução de desperdícios, (iii) produção puxada (*pull*) e *Just-in-time*, (iv) redução de inventários, (v) mudança rápida (*setup*) de equipamentos / postos de trabalho, (vi) redução do tamanho de lote e *one piece flow*, (vii) gestão da qualidade total, (viii) produção em fluxo contínuo com redução do *lead time*, (ix) melhoria contínua, (*Kaizen*) e (X) agrupamento dos produtos por famílias.

Womack & Jones (2003a), acrescentaram à literatura a designação “pensamento *Lean*” (*Lean thinking*) e além disso apresentam os princípios pelos quais este se rege. Neste sentido, são expostos cinco princípios oriundos da filosofia *Toyota*, nomeadamente: definir o que é valor sob a ótica do cliente, identificar o fluxo de valor, construir um fluxo contínuo, fazer apenas quando houver procura pelo cliente (produção puxada) e busca contínua pela perfeição.

A literatura atual apresenta a produção *Lean*, como um conjunto abrangente de técnicas para a identificação e eliminação de desperdícios em processos produtivos, com o propósito de aumentar a versatilidade e a eficácia dos sistemas de produção e reduzir custos (Dombrowski, Mielke, & Engel, 2012; Gottmann, Pfeffer, & Sihn, 2013; Gracanin, Buchmeister, & Lalic, 2014; Staats & Upton, 2011).

Já, Gupta & Jain, (2013), Jiménez, et al. (2012), Staats & Upton (2011) e Taylor, Rahman, & Karim (2013) retratam a dificuldade de aplicação da produção *Lean* nas empresas dando ênfase

ao choque cultural e à quebra de paradigmas. A literatura aborda também a relevância dos desperdícios proposto pelo *Lean*, como identificá-los em processos produtivos e como aplicar as ferramentas de suporte, nomeadamente: *Value Stream Mapping* (VSM), *Kanban*, *Poka yoke*, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), cinco porquês e *Kaizen*, entre outras.

Em síntese, pode dizer-se que atualmente a produção *Lean* é um sistema amplamente difundido apresentando os mais diversos benefícios. Conclui-se a partir da literatura disponível que o sistema oferece resultados eficazes, mas, no entanto, é necessário um claro envolvimento dos funcionários e gestores a fim de dominar as diferentes estratégias adotadas pela filosofia *Lean* e os princípios por trás dessas estratégias, e, acima de tudo, compreender como utilizar essas estratégias nas mais diferentes circunstâncias.



### **3. FERRAMENTAS DE REPRESENTAÇÃO PARA SISTEMAS PRODUTIVOS: CONCEITOS E PRINCÍPIOS**

#### 3.1 INTRODUÇÃO

As ferramentas de representação empregadas na indústria são instrumentos utilizados para representar as operações e atividades realizadas dentro de um processo produtivo (Hines & Rich, 1997; Parry & Turner, 2006; Slack, Chambers, & Johnston, 2002; Womack & Jones, 2003b). Estas ferramentas podem proporcionar também a visualização do fluxo de informação (Rother & Shook, 1998) fornecendo dados importantes para o diagnóstico e intervenção.

Grande parte das ferramentas de representação utiliza técnicas para transmitir informação. A mais difundida é a representação visual em conjunto com as técnicas de registo. Estas duas formas procuram transmitir as informações baseadas na recolha de dados do processo produtivo, bem como representar o processo e as atividades observadas. De acordo com Kanawaty (1992) e Ortiz (2006), as técnicas de registo são a melhor maneira de detalhar as informações, pois obedecem a normas que permitem a interpretação, a compreensão e o aperfeiçoamento.

Além das técnicas de registo, as ferramentas de representação também dispõem de simbologia própria, nomeadamente: formas geométricas, mapas de representação, sistemas de coordenadas cartesianas, figuras, gráficos e desenhos.

As técnicas de registo tem a finalidade de transmitir informações inerentes ao processo produtivo, nomeadamente: operação, transporte, inspeção, armazenamento, tempo de ciclo da atividade, *takt-time*, *Overall Equipment Effectiveness* ou OEE (indicador de desempenho utilizado para avaliar a eficiência de máquinas e equipamentos (Zandin, 2001)), tempo de *setup ou changeover* (tempo dedicado à preparação de equipamentos necessários para a execução de uma operação (Womack & Jones, 2003a)), *Work In Process* ou WIP (material e produto semiacabado que se encontra em processo de produção (Ortiz, 2006)), entre outros.

Os subcapítulos seguintes descrevem dois grupos de ferramentas a fim de fornecer detalhes sobre o seu propósito, modo de utilização e aplicabilidade. O primeiro refere-se à representação dos métodos de trabalho baseado no planeamento das atividades e processos e o segundo diz respeito às ferramentas de representação para a análise e diagnóstico de processos produtivos.

### 3.2 FERRAMENTAS DE REPRESENTAÇÃO PARA O ESTUDO DOS MÉTODOS DE TRABALHO

As ferramentas visuais (gráficas e diagramas), aplicadas ao estudo do método de trabalho integrado ao planeamento na manufatura, são instrumentos dedicados à representação das operações de fabricação incluídas no processo produtivo (Barros, 1997). A sua aplicação proporciona a perceção de todo o processo de manufatura ou apenas a compreensão das atividades individuais em particular. Neste sentido, de acordo com Kanawaty (1992), existem ferramentas que integram o estudo dos métodos de trabalho que apesar de apresentarem um conjunto maior de informações (que vão além do planeamento de atividades individuais do trabalhador), não deixam de ser categorizadas como instrumentos com esta finalidade.

Kanawaty (1992), explica que as ferramentas contribuem de forma significativa para a gestão e planeamento da produção, colaborando consideravelmente para melhoria dos processos produtivos através da identificação e redução dos recursos críticos no sistema e diminuição das operações desnecessárias nos processos. Hines et al. (2011) vão além e esclarecem que as ferramentas auxiliam na identificação de desperdícios e favorecem a melhoria contínua empregada pela filosofia *Lean*.

Em referência às técnicas de registo gráficas e diagramas que dão o nome às ferramentas neste grupo, Barros (1997) explica que estas se apresentam como as primeiras técnicas de registo aplicadas aos processos industriais.

Os gráficos e diagramas utilizam um conjunto de símbolos para registo, visualização e inter-relação de eventos comuns ao processo produtivo como: indicar a sequência do processo em que eles ocorrem, os movimentos realizados numa atividade, o percurso exercido por um operário, as operações de manufatura de um produto, entre outros (Barros, 1997; Kanawaty, 1992; Telsang, 1999; Zandin, 2001).

A Figura 2 apresenta a simbologia utilizada pelas ferramentas de representação gráfica, onde cada símbolo corresponde às ações que podem ocorrer no processo produtivo.

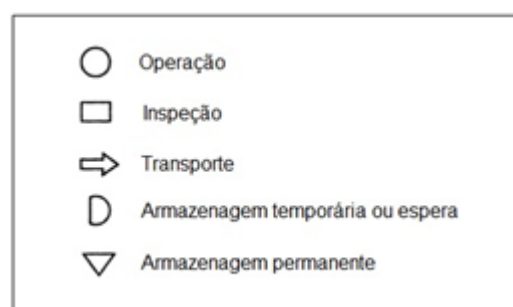


Figura 2 – Símbolos do registo gráfico (adaptado de Porter et al., 1947, p. 3)



A seguir é apresentado um conjunto das principais ferramentas gráficas e diagramas dedicados aos registos do estudo dos métodos de trabalho.

### 3.2.1 Gráfico de análise de processo (*Outline process chart*)

O gráfico de análise de processo ou *Outline process chart* (Porter et al., 1947), também conhecido por *Operation process chart*, é um gráfico que permite a visão de uma sequência de atividades correspondente às operações e controlos na elaboração de um produto (Babu, 2012; Kanawaty, 1992; Kumar & Suresh, 2009). Este tipo de ferramenta limita-se a fornecer um panorama geral das atividades excluindo informações relativas ao local de execução e quem as executa (Barros, 1997). A ferramenta é útil no planeamento da operação antes da execução, fornecendo a visão sequencial das atividades através de símbolos que correspondem a operações e pontos de inspeção. Além disto, o *Outline process chart* (Figura 3) pode fornecer informações indicativas quanto ao número de atividades e tempo disponível (Carmichael, 2013).

Na Figura 3 encontra-se uma representação gráfica do *Outline process chart* contendo um exemplo aplicado da ferramenta ao processo de montagem de uma chave de rotor.

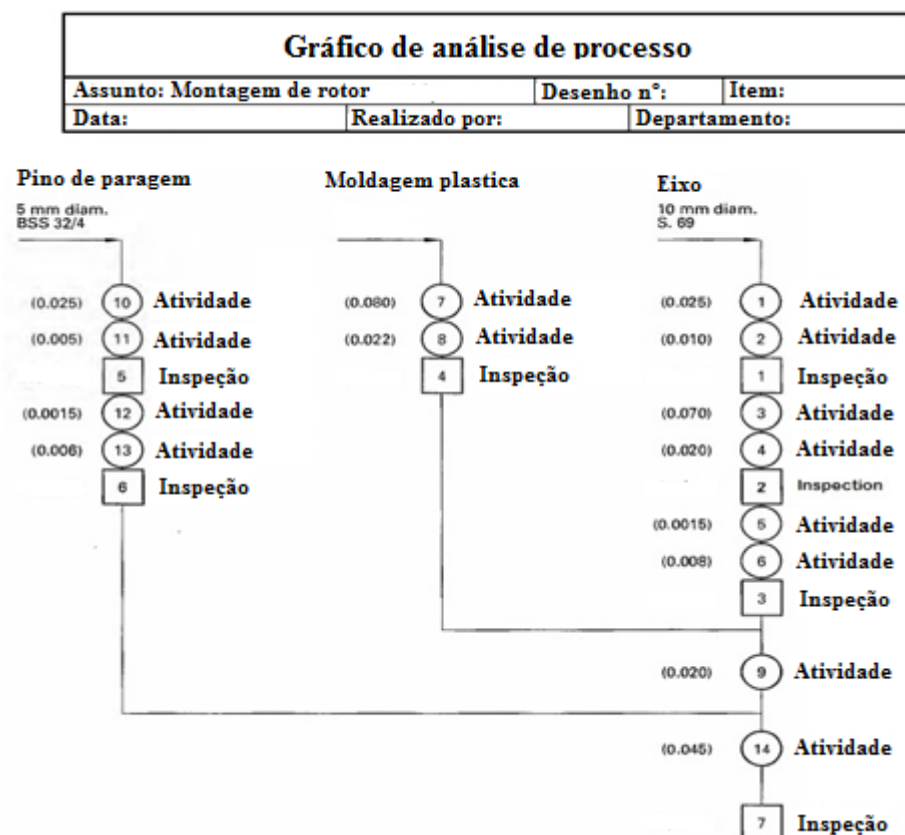


Figura 3 – Gráfico de análise de processo (adaptado de Kanawaty, 1992, p. 88)

As principais referências a respeito do *Outline process chart* mostram que esta ferramenta está claramente vocacionada para a representação da sequência de operações e inspeções na construção de uma peça ou produto (Babu, 2012; Kadota & Sakamoto, 1992). A sua fácil elaboração e interpretação visual são consideradas vantagens, mas a sua aplicação limitada torna a ferramenta exclusiva e particular. No que diz respeito à capacidade de representação de desperdícios (secção 2.2.3), ou à capacidade de fornecer informações que levem a ações de redução de desperdícios, verifica-se que o *Outline process chart* não as possui de forma explícita. No entanto, de forma implícita, quando utilizado como referência para analisar e comparar as atividades realizadas no processo, pode-se identificar o desperdício espera.

### **3.2.2 Gráfico de fluxo de processo (*Flow process chart*)**

O Gráfico de fluxo de processo ou *Flow process chart* (Porter et al., 1947) é uma ferramenta de representação gráfica que tem como propósito representar as operações e atividades dentro do processo produtivo, mas fá-lo de forma diferente do *Outline process chart*. O *Flow process chart* apresenta a sequência de todas as operações (atividades, transportes, inspeções, atrasos e armazenamento) e fornece informações consideradas importantes como, tempo de execução e distâncias percorridas (Porter et al., 1947). A ferramenta utiliza um conjunto de símbolos (apresentados anteriormente pela Figura 2) para representar a sequência de operações e atividades ocorridas no processo.

O *Flow process chart* pode ser empregado em três áreas distintas, recebendo a designação de gráfico de fluxo processo: direcionado aos operadores, direcionado aos materiais ou direcionado aos equipamentos (Slack, Chambers, & Jonhston, 2007).

O gráfico direcionado aos operadores, procura registrar a sequência de operações realizadas pelo operador, nomeadamente: movimentos, esperas, entre outras. O gráfico direcionado aos materiais tem como finalidade efetuar o registo da transformação e movimentação da matéria-prima, e o gráfico direcionado aos equipamentos regista a maneira como os equipamentos são utilizados (Ramamurphy & Panneerselvam, 2012).

Em linhas gerais o *Flow process chart* é uma ferramenta compacta que regista a execução das atividades de um processo produtivo. O seu propósito é representar graficamente as etapas dos eventos que ocorrem durante a execução do trabalho, ou durante uma série de ações. O gráfico pode ser utilizado no registo de fluxo dentro de uma unidade, secção departamento, ou entre departamentos (Zandin, 2001).

O *Flow process chart* consiste basicamente numa tabela (Figura 4) onde se inclui de forma breve e precisa o registo de cada passo ou atividade de uma operação (Babu, 2012). É importante salientar que o conteúdo para a sua elaboração deve ser obtido a partir da observação direta, exceto se o gráfico tiver como finalidade propor um novo processo (Porter et al., 1947).

O *Flow process chart* pode ser visto como uma ferramenta que fornece uma gama maior de informações que o *Outline process chart*, nomeadamente: a representação das operações de transporte, espera e armazenamento. No que diz respeito a desvantagens o *Flow process chart* peca por não representar o fluxo de movimentação dos colaboradores (Porter et al., 1947; Ramamurthy & Panneerselvam, 2012; Slack et al., 2007).

A Figura 4 exhibe a representação gráfica da ferramenta *Flow process chart* onde é apresentada a descrição das atividades realizadas no processo de transporte de materiais.

Gráfico de fluxo de processo	Homem/materiais/equipamento								
	Localização dos materiais no armazém	Nome do produto: camisa masculina		Data 17/8/2006	Analista: Vivek			Depart. de Corte	
Atividade: transporte, distribuição, corte, embalagem, armazenagem	Ponto de Início		Retirar do armazém de materiais						
	Ponto final		Armazenar em prateleiras no departamento de corte						
	Simbolos		Tempo			Distância			
	○	Operação	3.5h						
	⇒	Transporte	0.2h						
	D	Espera	0			27m			
	□	Inspeção	0						
▽	Armazenar	27h							
Atividade	Qt.	Distancia percorrida	Tempo	○	⇒	D	□	▽	Observações
Transporte do armazém para o departamento de corte	17 bobinas	20m	10min/10 bobinas	○	⇒	D	□	▽	
Espera de distribuição	17 bobinas		3h	○	⇒	D	□	▽	Pode esperar reduzir o tempo
Distribuição	4 bobinas	5m	1.2h	○	⇒	D	□	▽	
Desenho	4 bobinas		0.5h	○	⇒	D	□	▽	
Corte de faca el linha reta	4 bobinas		0.5h	○	⇒	D	□	▽	
Corte de faca	200 camisas		1h	○	⇒	D	□	▽	
Numeração	200 camisas		0.3h	○	⇒	D	□	▽	Pode utilizar numeração M
Transporte para o departamento de corte	200 camisas	2m	0.2h	○	⇒	D	□	▽	
Espera por costura	200 camisas		1 dia	○	⇒	D	□	▽	
Total		27m		5	2	0	0	2	

Figura 4 – Gráfico de fluxo de processo para materiais (adaptado de Babu, 2012, p.37)

Como se pode observar na Figura 4, o *Flow process chart* consegue a partir dos símbolos de registo gráfico (Figura 2) representar três tipos de desperdícios de forma explícita: transporte, inventário e espera.

### 3.2.3 Gráfico de duas mãos (Two-handed process chart)

O gráfico de duas mãos ou *Two-handed process chart* (Kanawaty, 1992) é um gráfico direcionado aos movimentos das mãos e em alguns casos dos pés. Embora a sua elaboração seja análoga ao *Outline process chart* e ao *Flow process chart*, a interpretação dos símbolos é algo diferente da apresentada na Figura 2 na medida em que os mesmos símbolos são agora utilizados para representarem os movimentos que as mãos realizam (Babu, 2012; Kanawaty, 1992; Nair, 2008). Assim, de acordo com Kanawaty (1992), no *Two-handed process chart* os símbolos (Figura 2) que representam operação, transporte, espera, armazenagem e inspeção passam a adotar os seguintes significados:

**Operação:** passa a ser utilizado para atividades de aquisição, arranjo, uso e libertação de ferramentas, componentes ou materiais.

**Transporte:** passa a representar o movimento da mão (ou membro) que executa o trabalho, ou faz uso de uma ferramenta ou material.

**Espera:** passa a representar o tempo em que o membro permanece inativo mesmo que exista atividade executada por outro membro.

**Armazenagem:** passa a ser utilizado para representar o trabalho realizado pela mão (ou membro), simulando a sua atividade ao segurar algo.

**Inspeção:** este símbolo não é muito utilizado pois a inspeção pode ser realizada no momento da operação. No entanto, pode ser empregado em alguns casos como alerta ou ponto de atenção para o exame das peças.

O *two-handed process chart* é utilizado geralmente em operações que apresentam uma certa repetição no ciclo de atividades (Nair, 2008), sendo dessa forma possível realizar o registo bem mais detalhado das ações realizadas pelos operadores. A Figura 5 apresenta um exemplo de um *Two-handed process chart*.

Por se tratar de uma ferramenta que representa apenas os movimentos das mãos, o *Two-handed process chart*, é algo limitado em relação às restantes ferramentas apresentadas nesta secção. Por outro lado, considera-se como vantagem a capacidade de proporcionar uma compreensão das

atividades executadas manualmente pelos operadores de maneira específica, identificando as atividades de mão de obra direta realizadas a cada instante na elaboração do produto.

A Figura 5 mostra a representação gráfica da ferramenta *Two-handed process chart*, correspondente a uma operação de fabricação, destacando as atividades a serem realizadas por ambas as mãos.

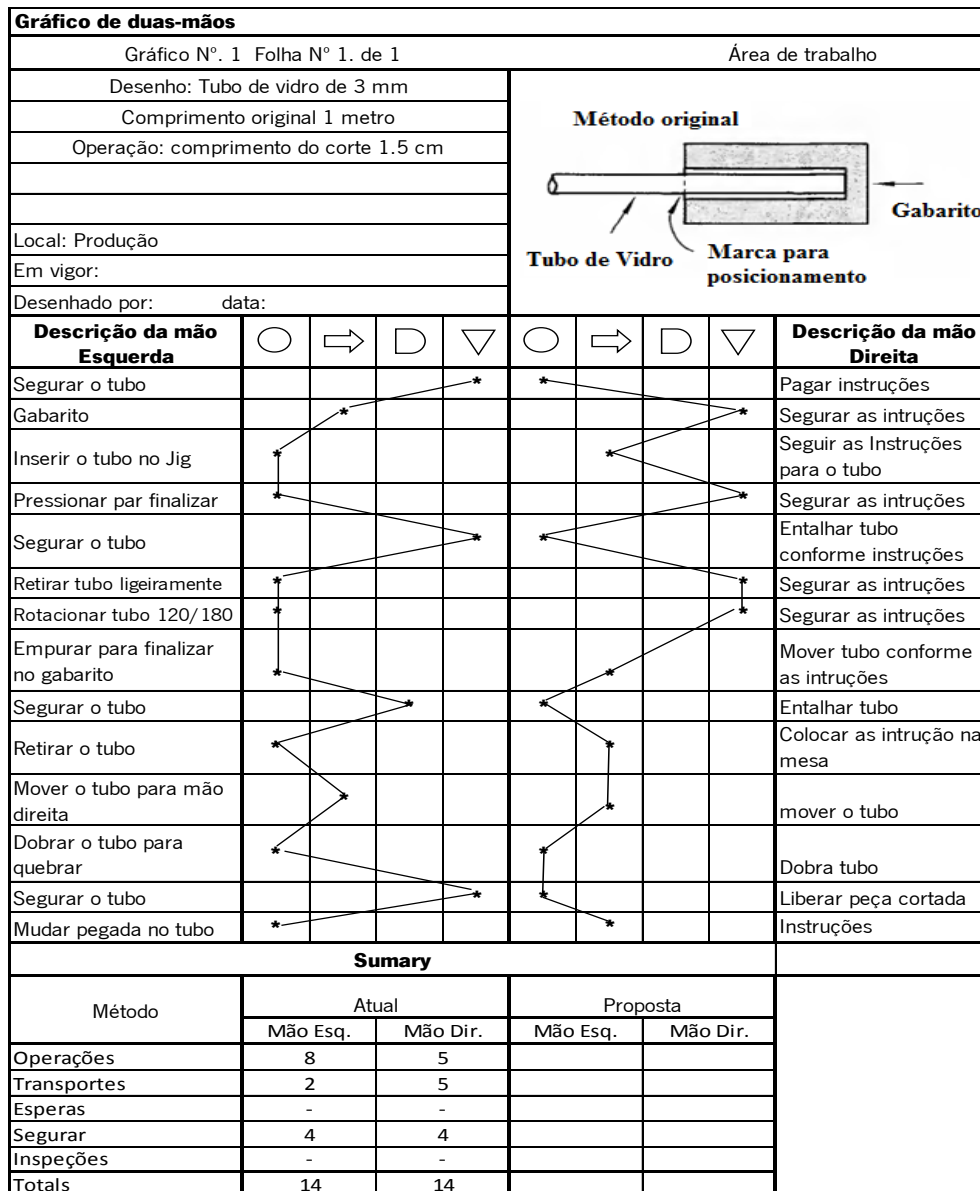


Figura 5 – Gráfico de duas mãos (adaptado de Kanawaty, 1992, p.152)

Observando a Figura 5 é possível obter algumas informações relacionadas com a representação de desperdícios. Neste sentido, o *Two handed-process chart* transmite explicitamente dois tipos de informação referentes aos desperdícios, i.e., transporte e espera. Já de forma implícita, permite verificar a ocorrência dos desperdícios movimentação e sobreprocessamento a partir da compreensão das

atividades realizadas no processo produtivo, tendo em vista, que, a identificação destes desperdícios necessitam de análise detalhada quanto a execução das atividades realizadas pelos trabalhadores.

### 3.2.4 Gráfico de atividades múltiplas (*Multiple activity chart*)

O gráfico de atividades múltiplas ou *Multiple activity chart* (Kanawaty, 1992) é uma ferramenta de registo gráfico que permite representar diversos elementos (trabalhador, máquina ou materiais) com tarefas independentes. A elaboração deste gráfico fornece uma visualização cronológica das ações e da interdependência dos elementos e identificação dos períodos de inatividade no decorrer das atividades do processo (Babu, 2012; Baldwin & Bordoli, 2014; Kanawaty, 1992).

De acordo com Lawrence (2000), a finalidade do gráfico de atividades múltiplas é realizar uma visualização em paralelo do conjunto homem e máquina, correlacionando-o com o resto do sistema produtivo. Já Neumann (2015) sugere que a partir de equações matemáticas, o gráfico de atividades múltiplas fornece o número essencial de operadores e máquinas e representa-os de forma simultânea.

Barros (1997) sugere que a ferramenta tem duas finalidades sendo a primeira descrever o método de trabalho atual e a segunda fornecer uma base para análise para eventuais melhorias.

O gráfico de atividades múltiplas é incumbido de fornecer o tempo de inatividade de operadores e máquinas, indicar o número de máquinas manuseadas por operadores e propor o número de operadores necessários para realizar uma atividade (Telsang, 1999).

A Figura 6 apresenta a representação gráfica da ferramenta *Multiple activity chart*. Nela é possível observar a relação entre as atividades executadas pelo operador, a máquina e o tempo destas atividades.

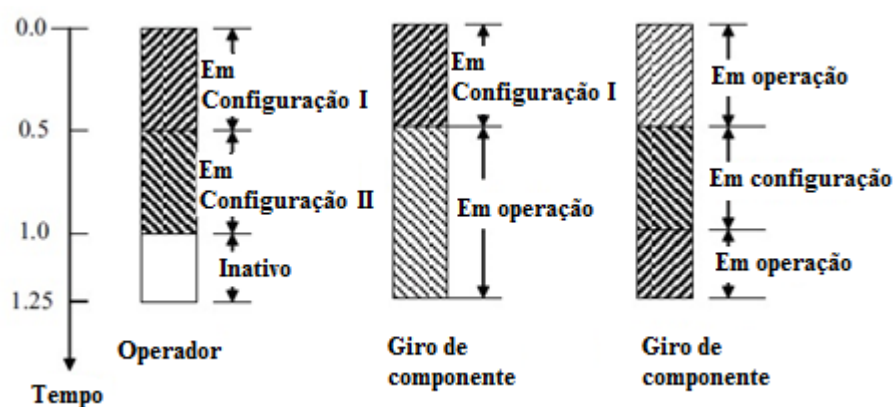


Figura 6 – Gráfico de múltiplas atividades operador e máquina (adaptado de Babu, 2012, p. 45)

A representação do *Multiple activity chart* (Figura 6) consiste numa série de barras colocadas em paralelo, seguidas por uma escala de tempo, oferecendo a possibilidade de reorganizar as atividades, de modo que os momentos ineficazes sejam reduzidos.

As vantagens apresentadas pelo gráfico de atividades múltiplas são: proporcionar a visualização do estado atual do processo e possibilitar a organização destas atividades a fim de reduzir os períodos de ineficácia do sistema produtivo.

Outro benefício é a organização das equipas no processo de produção e nas manutenções programadas (Kachru, 2007; Lawrence, 2000). Em relação às equipas, estas podem ser direcionadas de acordo com as atividades e com os períodos de inatividade. Já em relação à manutenção, a ferramenta pode fornecer informação que permite racionalizar a utilização do tempo de modo a melhorar a eficiência da manutenção (Kanawaty, 1992; Zandin, 2001).

Como desvantagem desta ferramenta, refira-se que esta apenas representa o tempo associado às diferentes atividades realizadas pelos trabalhadores (ou ações exercidas sobre os materiais) e pelas máquinas.

Em relação à capacidade de representação de desperdícios, o *Multiple activity chart* (Figura 6) consegue, a partir dos tempos transcorridos nas atividades homem e máquina ou material e máquina, fornecer dados para identificação de forma indireta (implícita) o desperdício espera.

### **3.2.5 Gráfico de micromovimentos ou gráfico SIMO (*Simultaneous motion chart*)**

O gráfico de micro movimentos simultâneos (Telsang, 1999) é uma ferramenta similar ao gráfico de duas mãos. A distinção está na forma de registo, já que os movimentos obedecem uma escala de tempo, símbolos e cores (Figura 7), com o objetivo de representar atividades específicas (Babu, 2012; Kumar & Suresh, 2009; Telsang, 1999). A observação de um grupo de micro movimentos (Figura 7), baseia-se em movimentos fundamentais que formam a divisão das atividades humanas (Kumar & Suresh, 2009) e que são designados como *therbligs* (Kachru, 2007; Khann, 2007).

A aplicação do SIMO chart pode ser feita de duas maneiras, uma através da aplicação da simbologia *therbligs* ou também através da utilização dos códigos atribuídos a essa simbologia, um exemplo da aplicação usando apenas os códigos é apresentado na Figura 8.

Código	Símbolo	Nome	Cor	Descrição
SH		Procurar	Preto	Localizar
F		Encontrar	Cinza	Reação mental ao final da procura
ST		Selecionar	Cinza claro	Seleção de um membro
G		Aperto	Vermelho	Segurar e manter a pressão
H		Segurar	Dourado ocre	Segurar e prolongar
TL		Transp. carregado	Verde	Mover um artigo
P		Posição	Azul	Colocar em um local definido
A		Montagem	Violeta	Juntar partes
U		Usar	Roxa	Usar um dispositivo
DA		Desmontar	Violeta clara	Separar partes
I		Inspencionar	Ocre queimado	Examinar ou testar
PP		Pré-posicionamento	Azul Pálido	Colocar um artigo pronto pra uso
RL		Descarregar	Vermelho carmim	Liberar um artigo
TE		Transporte vazio	Verde oliva	Movimento de um membro do corpo
R		Pausa	Laranja	Pausa para descanso
UD		Atraso não evitável	Amarelo	Controle ocioso de pessoa externa
D		Atraso evitável	--	Atraso que poderia ser evitado
PN		Plano	--	Plano mental para ação futura

Figura 7 - Simbologia SIMO (adaptado de Kumar e Suresh, 2009, Telsang, 1999)

A elaboração do gráfico de micro movimentos simultâneos depende de equipamentos específicos, tais como câmaras especiais com cronómetros para registo das ações do operador e do tempo de execução. A partir da análise destas informações é criada a representação gráfica (Figura 8) que consiste num esquema disposto em colunas onde se descreve o tempo de registo do contador, qual o membro observado, o *therbligs* ou sigla empregue e o tempo destinado para a respetiva atividade (Babu, 2012; Khann, 2007; Nair, 2008; Telsang, 1999).

A Figura 8 representa graficamente a aplicação do SIMO fazendo uso dos códigos *therbligs* apenas.

Tempo	Descrição Mão esquerda	Therbligs	Tempo	Tempo 1/2000 min	Tempo	Therbligs	Descrição Mão direita
120		TL	3	0			
130				20	20	TE	
140		TE	16	40			
160		O	4	60	4	O	
		P	4	80	24	TL	

Figura 8 – Representação do gráfico SIMO (adaptado de Nair, 2008, p. 271)



A utilização do SIMO está limitada por se tratar de uma ferramenta direcionada para os micro movimentos. A sua abordagem específica traz desvantagens quando comparada com ferramentas que proporcionam a identificação de vários desperdícios apontados pela filosofia *Lean*.

Ainda assim, em relação à capacidade de representação de desperdícios, o SIMO *chart* consegue apresentar de maneira explícita dados referentes aos desperdícios transporte e espera e de forma implícita pode identificar movimentação e sobreprocessamento através da análise detalhada da execução das atividades no processo comparando aos dados contidos na ferramenta.

### **3.2.6 Diagrama de circulação ou fluxo (*Flow diagram*)**

O diagrama de circulação ou fluxo, *Flow diagram* (Harris, 1996) fornece a representação gráfica do percurso realizado pelo trabalhador, materiais ou informação. Este tipo de ferramenta é utilizado para estudar os padrões de circulação (Harris, 1996; Kanawaty, 1992). Quando associado com outros instrumentos, o *Flow diagram* permite representar o *layout* da área de trabalho, com a sequência das atividades, equipamentos e postos de trabalho (Kanawaty, 1992). Kumar e Suresh (2009) têm a mesma visão e apresentam o *Flow diagram* como uma ferramenta funcional que permite a visualização do *layout* do processo produtivo, informando as posições das máquinas, postos de trabalho, *buffers*, postos de inspeção e percurso realizado pelo trabalhador e materiais (Figura 9 (a e b)).

Geralmente os dados do *Flow diagram* são associados ao layout do processo produtivo e aos símbolos gráficos (Figura 2) utilizados pelo *Flow process chart*. O uso deste conjunto de informações fornece uma descrição e visualização abrangente da sequência geral das operações do processo, podendo servir de instrumento para desenvolver melhorias no fluxo de materiais, sequência de operações e *layout* (Babu, 2012; Kanawaty, 1992).

A Figura 9 ilustra as duas formas de representação da ferramenta *Flow diagram*. A Figura 9 (a), apresenta a aplicação do *Flow diagram* num processo de produção, com a apresentação do processo e método original de montagem e a sugestão de mudança do processo como proposta para um estado futuro. Na Figura 9 (b) apresenta-se a aplicação do *Flow diagram* em conjunto com o *flow process chart*, onde são apresentados os símbolos gráficos indicando a atividade exercida no posto.

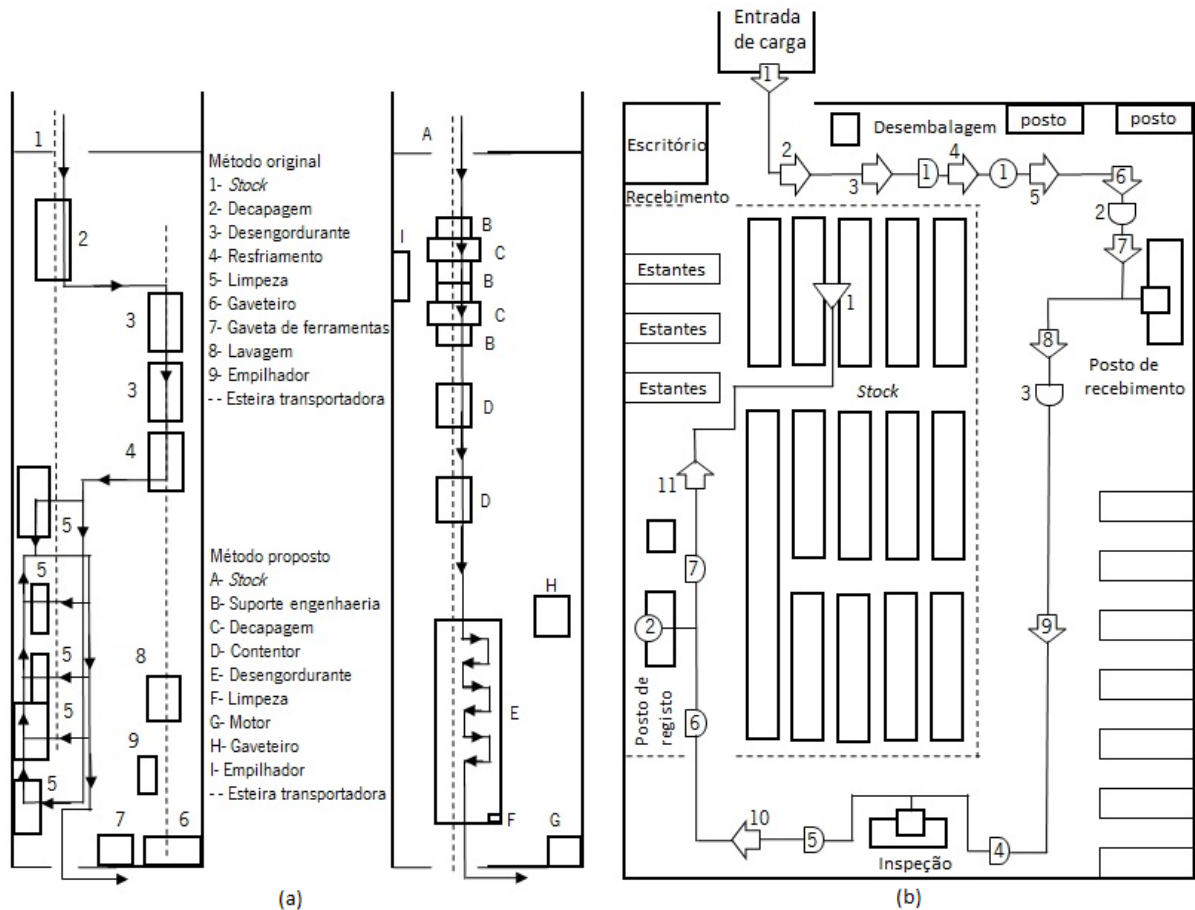


Figura 9 – (a) *Flow diagram* (adaptado de Kanawaty, 1992, p 98) e (b) *Flow diagram* com símbolos gráficos (adaptado de Kanawaty, 1992, p 103)

Kanawaty (1992) explica que qualquer uma das abordagens pode ser utilizada em projetos de melhoria de processos produtivos. Estes projetos de melhoria envolvem duas fases: (i) Representação e análise do estado atual do processo e (ii) elaboração do estado futuro e implementação de propostas de melhoria (e.g. redução de atividades consideradas não produtivas e de distâncias percorridas em excesso).

As vantagens da utilização desta ferramenta encontram-se na facilidade visual de representação das atividades executadas no processo produtivo. A ferramenta tem como foco a melhoria do processo através das duas fases acima descritas. As suas limitações correspondem ao tempo de elaboração e à necessidade de preparação de diagramas para cada produto.

Em termos de capacidade de representação de desperdícios, Kanawaty (1992) não indica claramente essa informação. No entanto, as características da ferramenta identificam de forma explícita o desperdício de transporte e implicitamente o desperdício de movimentação. Todavia, se a ferramenta for utilizada em conjunto com o *flow process chart*, pode ainda fornecer dados que

podem conduzir à identificação de mais dois tipos de desperdícios, espera e inventário mediante ao uso dos símbolos de registro gráfico (Figura 2).

### 3.2.7 Diagrama de cordões/esparguete (*string/spaghetti diagram*)

O diagrama de cordões, esparguete ou *string diagram* (Nair, 2008) é um diagrama que permite conhecer a circulação dos trabalhadores e o transporte de materiais, tal como o diagrama de circulação. No entanto, há duas diferenças básicas entre estes diagramas. O diagrama de esparguete é mais apropriado para o uso em atividades de transporte que apresentam muitos movimentos, já o de circulação é mais direcionado para trajetos fixos. O diagrama de esparguete consiste no uso de cordões sob um *layout* à escala para a medição das distâncias percorridas (Barros, 1997; Kumar & Suresh, 2009; Nair, 2008).

Este tipo de diagrama realiza de forma clara e simples um registo real do que acontece no processo produtivo. A sua característica mais importante é o fornecimento da distância percorrida através do cálculo do comprimento do cordão e o percurso realizado dentro da fábrica (Telsang, 1999). A sua principal vantagem está na representação das movimentações entre os postos de trabalho (Kumar & Suresh, 2009).

Na Figura 10 pode observar-se um exemplo da representação gráfica adotada pela ferramenta diagrama de cordões.

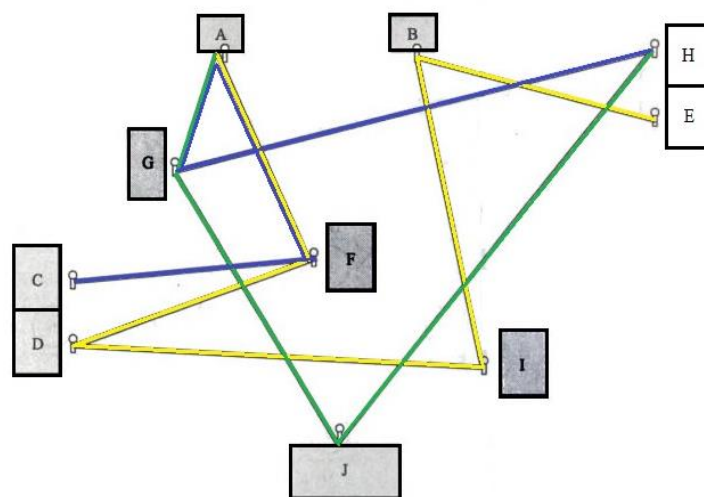


Figura 10 – Diagrama de cordões, uso de cores para representar os fluxos individuais (adaptado de Telsang, 1999)

O diagrama de cordões (Figura 10) permite mapear as deslocações dos trabalhadores em seus diferentes percursos utilizando para isso cores e linhas distintas, possibilitando neste sentido, a observação de trabalhadores específicos quanto ao percurso realizado no processo produtivo.

No que diz respeito aos desperdícios identificados por esta ferramenta, estes são de dois tipos, transporte e movimentação (Dinis-Carvalho, Guimarães, Moreira, Rodrigues, & Lima, 2014) referindo-se à esta identificação de maneira explícita a partir da análise dos percursos realizados pelos trabalhadores através da ilustração da ferramenta.

### 3.3 FERRAMENTAS DE REPRESENTAÇÃO PARA ANÁLISE E DIAGNÓSTICO EM PROCESSOS PRODUTIVOS

As ferramentas visuais de representação utilizadas para o mapeamento, análise e diagnóstico em processos produtivos, são instrumentos dedicados à representação das operações e atividades realizadas dentro dos processos industriais. Grande parte destas ferramentas atua como instrumento para a tomada de decisão pelos gestores ou engenheiros. Seus propósitos variam de acordo com a área de aplicação e finalidade.

A fim de abordar o tema das ferramentas com maior profundidade é necessário apresentar algumas das ferramentas mais utilizadas e dedicadas à análise e diagnóstico dos processos produtivos.

#### **3.3.1 Process activity mapping**

O *Process activity mapping* (Barnes, 1968) é uma ferramenta que fornece um registo detalhado do processo produtivo no chão da fábrica, proporcionando um conjunto de informações a respeito das atividades de operação, transporte, armazenamento e controlo (Hines & Rich, 1997).

De acordo com Smyth (2003) o *process activity mapping* é uma ferramenta que atua na solução de problemas *Lean*, geralmente utilizada na redução de desperdícios no interior da cadeia de abastecimento e no fluxo de informação.

O *Process activity mapping* procura atuar em cinco áreas do processo: reconhecimento do fluxo do processo, identificação dos desperdícios, organização mais eficiente da sequência de atividades, reorganização do *layout* a fim de atender o fluxo e a eliminação das tarefas excedentes (Moinuddin, Collins, & Bansal, 2007).

O emprego da ferramenta consiste primeiramente numa análise detalhada do fluxo do produto no que diz respeito aos aspetos inerentes ao processo produtivo (áreas utilizadas, máquinas, número

de pessoas, distâncias percorridas e tempos de execução), dando origem a um mapa (Figura 10) onde cada atividade no processo é analisada e mapeada utilizando símbolos (Figura 2) (Hines & Rich, 1997; Hines & Taylor, 2000).

O fluxo de informação também pode ser representado na ferramenta através das atividades. No entanto, como requerem maior atenção, as informações são detalhadas numa tabela (Figura 11), onde se registam uma a uma as atividades do processo analisado, sendo indicado o setor ou área examinada, fluxo, máquinas, distância, tempo e pessoas (Barnes, 1968; Hines & Rich, 1997; Moinuddin et al., 2007; Pude, Naik, & Naik, 2012; Smyth, 2003).

A Figura 11 apresenta a aplicação e representação gráfica utilizada pela ferramenta *Process activity mapping*.

Etapas	Fluxo	Maquina	Distância (metros)	Tempo (min)	Pessoas	Operações	Transporte	Inspeção	Armazenar	Espera
1. Matéria-prima - Criação de polissilício	O	Forno de reação a gás		7	2	O	T	I	A	E
2. Transportar para o cadinho de quartzo	T		10	25	2	O	T	I	A	E
3. Puxando Cristal	O	Cadinho de quartzo		40	2	O	T	I	A	E
4. Resfriamento	D	Puxadores de cristal		80	1	O	T	I	A	E
5. Puxando Cristal	O	Serra de corte de água		20	2	O	T	I	A	E
6. Pilha	S		20	33	4	O	T	I	A	E
7. Lapidação e polimento	O	Máquina de lapidação rotativa		54	8	O	T	I	A	E
8. Inspeção	I		10	4	2	O	T	I	A	E
9. Processamento epitaxial de água	O	Reator epitaxial		3	5	O	T	I	A	E
10. Camadas de oxidação	O	Forno de oxidação		33	2	O	T	I	A	E
11. Resfriamento	D			101	1	O	T	I	A	E
12. Fotorresistente	O	Maquina de fotoresistência		18.75	3	O	T	I	A	E
13. Preparação padrão	O	Laser pattern generator/e-beam		20	4	O	T	I	A	E
14. Transporte para stepper	T	Transportador	10	11.25	0	O	T	I	A	E
15. Exposição Stepper	O	Stepper		45	3	O	T	I	A	E
16. Gravura em metal	O	Plasma seco		2	1	O	T	I	A	E
17. Armazenar	S		20	16.5	2	O	T	I	A	E
18. Inspeção	I	Inspeção automatizada		1.5	1	O	T	I	A	E
19. Transferir para embalagem	T	Transferência automatizada	15	5	1	O	T	I	A	E
20. Embalagem	O			10	2	O	T	I	A	E
<b>Total</b>		<b>20 Etapas</b>	<b>85</b>	<b>530</b>	<b>48</b>					
<b>Operadores</b>				<b>32</b>	<b>20</b>					
<b>% Adição de valor</b>				<b>6,0%</b>	<b>41,6%</b>					

Figura 11 – *Process activity mapping* (adaptado de Moinuddin et al., 2007, p. 31)

Como mencionado anteriormente a finalidade da ferramenta é fornecer informações que conduzam a ações para a redução de desperdícios. Na visão de Lysons e Farrington (2006) essa redução é obtida através da eliminação das atividades desnecessárias, simplificação das atividades e racionalização da sequência dos processos.

Os principais desperdícios a serem identificados com a ajuda das informações fornecidas por esta ferramenta são, segundo Pude et al. (2012) e (Hines & Rich (1997): espera, transporte, sobreprocessamento, movimentação e inventário. Os desperdícios de espera, transporte e inventário são representados explicitamente. Já os desperdícios, sobreprocessamento e movimentação são identificados de maneira implícita, utilizando as informações contidas na ferramenta e confrontando-as com os dados observados no processo. Hines & Taylor (2000) apresentam também outra perspectiva, onde, o *Process activity mapping* representa apenas os desperdícios, espera, transporte, sobreprocessamento, movimentação e consideram o inventário com uma possibilidade a ser representada pela ferramenta.

A particularidade do *Process activity mapping* é a similaridade com o *Flow process chart*, diferindo apenas na forma de representação gráfica e na maior gama de informações apresentadas, como por exemplo distância, tempo e número de pessoas envolvidas nas atividades.

A grande vantagem desta ferramenta está na capacidade considerável de representação de desperdícios. A sua limitação principal encontra-se na baixa qualidade visual da representação das informações apresentadas.

### **3.3.2 Model of supply chain waste**

O *Model of supply chain waste* é uma ferramenta proposta por Hicks, Heidrich, McGovern e Donnelly (2004) que procura representar os desperdícios encontrados na cadeia de abastecimento, fornecendo uma visualização do fluxo de materiais e o custo cumulativo no processo que transforma a matéria-prima em produto final.

Hicks et al., (2004) propõem um modelo genérico da ferramenta (Figura 12) que consiste em duas partes principais, a primeira representa o fluxo de materiais e o destino dos resíduos, e a segunda fornece a curva de custo cumulativo que engloba os custos relacionados como processamento, desperdícios físicos e não físicos.

A Figura 12 apresenta a aplicação genérica do *Model of supply chain waste* e a sua representação gráfica procura representar, através da diferenciação das linhas tracejadas, as cadeias de abastecimento externa e interna.

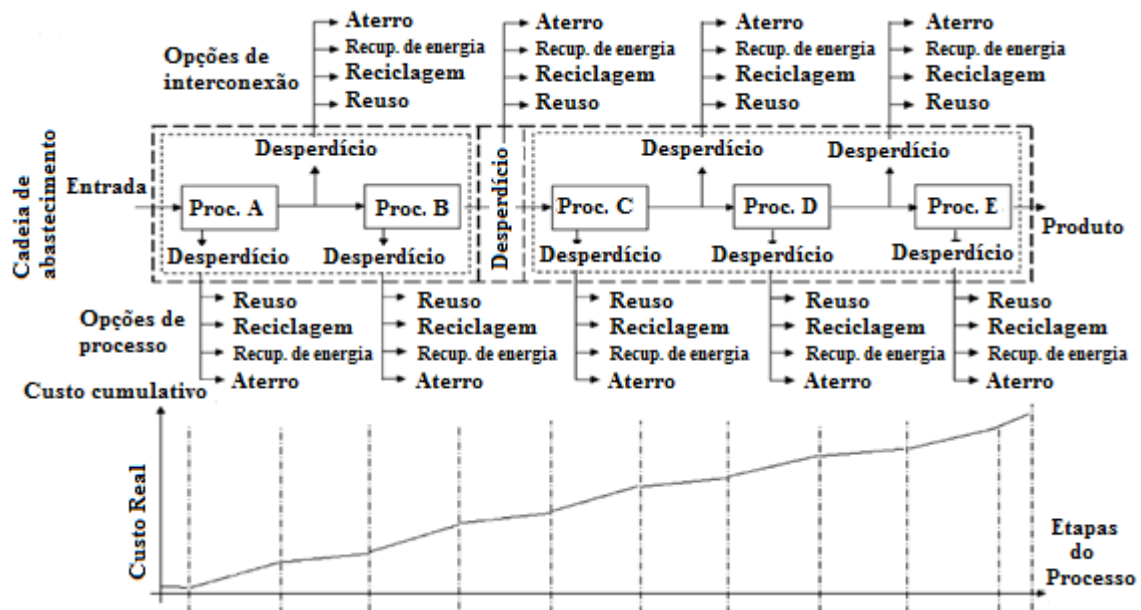


Figura 12 – *Model of supply chain waste* genérico (adaptado de Hicks et al., 2004, p. 169)

Uma das características desta ferramenta está na forma como são representadas as informações, por exemplo as linhas tracejadas maiores, representam a cadeia de abastecimento externa, e as linhas tracejadas menores representam a cadeia de abastecimento interna. Entende-se por cadeia de abastecimento externa as empresas (fornecedores), e interna os departamentos dentro das empresas (Hicks et al., 2004).

O objetivo deste instrumento é analisar, otimizar e representar o fluxo de materiais e desperdícios (do processo produtivo), além de facilitar a comunicação entre as organizações e dentro destas. Conforme pode observar-se em Dinis-Carvalho, Moreira, Bragança, Costa e Alves (2014), esta ferramenta permite identificar de forma explícita o desperdício de transporte (através das setas que identificam o fluxo do processo) e implicitamente o desperdício defeitos (porque parte dos materiais que são descartados são produtos defeituoso).

### 3.3.3 Supply chain response matrix

A ferramenta *Supply chain response matrix* (New, 1993) foi desenvolvida com o objetivo de mapear as restrições críticas dos prazos de entrega e inventários nas operações dentro da cadeia de abastecimento, a fim de atender às necessidades de um processo em particular (Hines & Rich, 1997; Wisner & Stanley, 2008).

A Figura 13 mostra a representação gráfica da ferramenta *Supply chain response matrix* que apresenta nos seus eixos informação para a cadeia de abastecimento nomeadamente: dados relativos ao inventário e *lead time*.

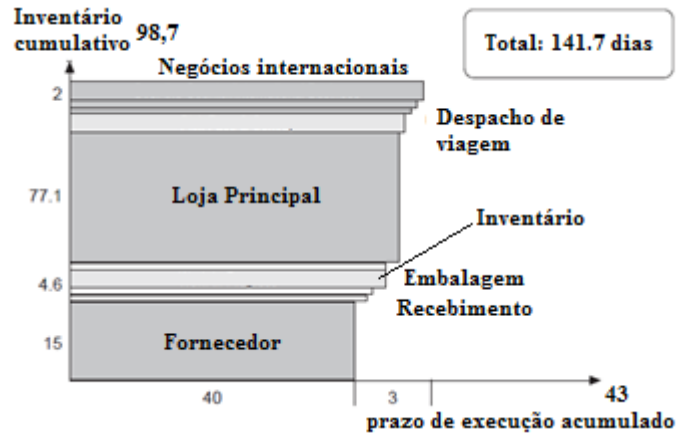


Figura 13 – *Supply chain response matrix* (adaptado de Hines et al., 1999, p. 66)

A ferramenta tem como objetivo permitir melhorias, através do diagrama visual (Figura 13), da cadeia de abastecimento, oferecendo uma avaliação particular das operações, visando a redução dos custos por meio da diminuição dos inventários desnecessários e do *lead time*, proporcionando melhorias na gestão de *stocks* (Hines et al., 1999; Hines & Taylor, 2000; New, 1993; Seth, Seth, & Goel, 2008).

O eixo das abcissas representa o *lead time* acumulado de produtos, tanto para o fornecedor como para as operações internas. O eixo da ordenadas diz respeito à quantidade média permanente de inventário em dias e em pontos específicos da cadeia de abastecimento (Hines & Rich, 1997; Hines et al., 1999; Seth et al., 2008; Sullivan, McDonald, & Van Aken, 2002).

Quanto aos desperdícios, o *Supply chain response matrix* apresenta informações que sugerem identificar dois tipos de desperdícios: inventário (eixo das ordenadas) e espera (eixo das abcissas), ilustradas pela ferramenta de maneira explícita por referida por Hines & Rich (1997), Hines & Taylor (2000) e Seth et al. (2008).

Em termos de desvantagens, refira-se o facto da utilização da *Supply chain response matrix* estar restringida à área gestão de *stocks* (Sullivan et al., 2002).

### 3.3.4 Production variety funnel

O *Production variety funnel* (New, 1974) é um instrumento de mapeamento visual que emprega uma abordagem para expor as operações e a diversidade de produtos dentro do processo



produtivo. Os produtos e as suas variantes são exibidos em diferentes fases do processo de fabrico, do mais genérico ao mais específico (Hines & Taylor, 2000; New, 1974; Skipworth & Harrison, 2006).

A representação visual (Figura 14) fornece, a nível de fluxo de valor, informações relacionadas com a diversidade de produtos gerados em cada fase, e os respetivos *lead times*. Também é possível observar o fluxo do processo através da leitura do gráfico da esquerda para direita, onde o caminho do processo (tempo de espera) está localizado no eixo X e o número de produtos no eixo Y (Pude et al., 2012).

A Figura 14 apresenta a aplicação e a representação gráfica da ferramenta *Production variety funnel* num processo produtivo, onde é possível observar as diferentes fases da operação fabril e o volume visual de produtos produzidos.

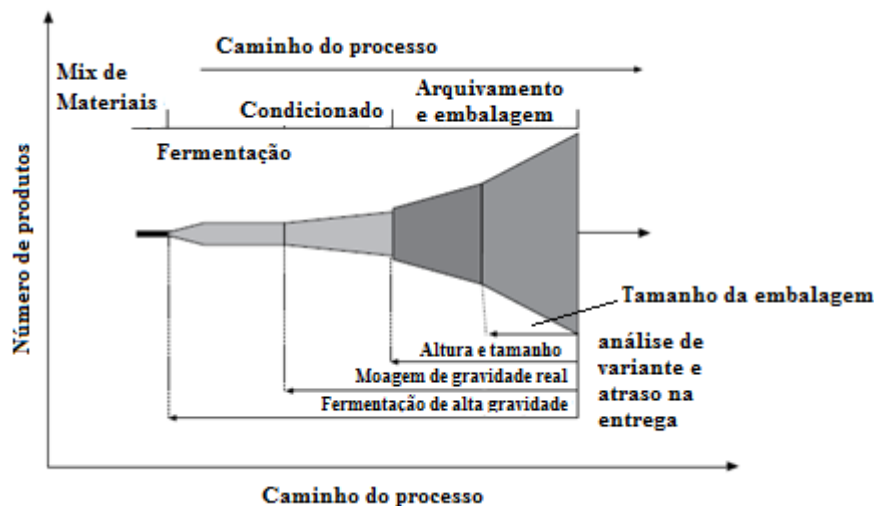


Figura 14 – *Production variety funnel* (adaptado de Hines, Jones, & Rich, 1997, p. 164)

Na visão de Pude et al. (2012) a ferramenta pode ser útil para planear o processo de fabrico a fim de manter o nível de produção em cada estágio do processo, a partir da elaboração do mapeamento do estado atual e no futuro ajudando a identificar o ponto ideal do *stock* de segurança. Hines e Rich (1997) e Wisner e Stanley (2008) acrescentam que a abordagem do *Production variety funnel* colabora com a visão geral da cadeia de abastecimento no que diz respeito à redução dos *stocks* para se obter a quantidade certa dos produtos com menor custo de inventários.

A aparente desvantagem desta ferramenta segundo Skipworth e Harrison (2006) está na limitada forma de funcionamento, que apenas apresenta o caminho percorrido pelo produto no processo

e a quantidade de peças armazenadas em cada área deixando uma lacuna nas demais informações do processo produtivo a nível visual.

No que diz respeito a informações para identificação de desperdícios, o *Production variety funnel* proporciona dois tipos de informações, um deles referente ao tempo de atravessamento, denominado *Lead time* dos produtos e outro relacionado com a diversidade de produtos produzidos. A partir dessas informações, e com base nas referências de Hines & Rich (1997) Hines & Taylor (2000), Pude et al. (2012) e Skipworth & Harrison (2006), conclui-se que a ferramenta *Production variety funnel* tem a possibilidade implicitamente de dois tipos de desperdícios, sendo estes respectivamente inventário (através diversidade de produto) e espera (através da análise do *lead time*).

### 3.3.5 Quality filter mapping

O *Quality filter mapping* (Hines et al., 1997) foi elaborado para atuar dentro da cadeia de abastecimento servindo de instrumento para identificar a existência de problemas de qualidade no fluxo de valor (Hines & Rich, 1997; Hines & Taylor, 2000; Taylor & Brunt, 2002).

A ferramenta utiliza como forma de representação gráfica, o sistema de coordenadas cartesianas (Figura 15) que relaciona uma taxa de defeitos a uma determinada área, sendo estas informações representadas em cada um dos eixos. Portanto, o gráfico resultante corresponde a uma porcentagem de defeitos observados no processo produtivo e na cadeia de distribuição.

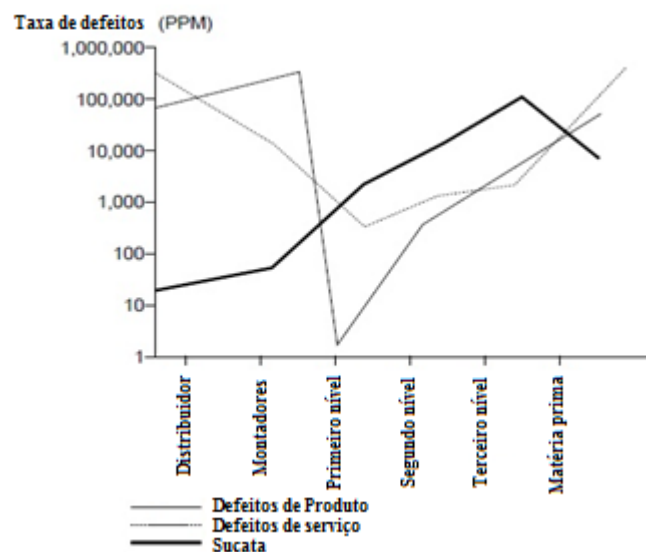


Figura 15 – *Quality filter mapping* (adaptado de Hines, Jones, & Rich, 1997, p. 165)

De acordo com Taylor e Brunt (2002) e Wisner e Stanley (2008), o *Quality filter mapping* atua em três tipos de defeitos que podem ocorrer na cadeia de abastecimento, são eles: defeitos de produto, defeitos de serviços e defeitos de produção.

**Defeitos de produto:** são produtos que não foram devidamente inspecionados no processo produtivo ou que não sofreram inspeção por esta não existir no processo produtivo. Esses produtos não conformes são enviados para o mercado e, obviamente, apresentarão defeitos quando utilizados pelo consumidor final.

**Defeitos de serviços:** são defeitos relacionados com a qualidade do serviço prestado a um cliente (e.g. documentação, entrega, prazo, qualidade do serviço, entre outros), não estando este tipo de defeito relacionado com o produto.

**Defeitos de produção:** é todo e qualquer defeito de produto encontrado no processo produtivo, ou seja, são os defeitos encontrados nas inspeções de qualidade.

Hines & Rich (1997), Hines & Taylor (2000) e Pude et al. (2012) apresentam a ferramenta *Quality filter mapping* como uma opção a representar o desperdício defeito, mediante as informações exibidas na sua representação gráfica.

### **3.3.6 Demand amplification mapping**

O *Demand amplification mapping* (Forrester, 1958) é um instrumento que fornece a análise das mudanças da procura ao longo da cadeia de abastecimento em diferentes períodos de tempo (Taylor & Brunt, 2002; Wisner & Stanley, 2008). A ferramenta serve de auxílio para tomada de decisões, assim como para gerir e reduzir flutuações na procura ou até mesmo redesenhar a configuração do fluxo de valor (Forrester, 1958; Lehtinen & Torkko, 2005; Mason & Lalwani, 2006). A representação recorre a um gráfico simples (Figura 16), que inclui inúmeras informações sobre um produto, tais como: a variação da procura na cadeia de abastecimento, a variação das vendas no retalho, o plano de produção, a previsão de vendas e o período de tempo em que elas ocorrem.

A finalidade desta ferramenta é demonstrar os efeitos da amplificação na procura dentro da cadeia de abastecimento e a influência gerada sobre todas as fases do processo produtivo, devido à variação da procura do cliente (Hines & Rich, 1997; Hines & Taylor, 2000; Lehtinen & Torkko, 2005), também conhecido como *bullwhip effect* ou efeito chicote. Este efeito pode ser observado na Figura 16 na qual se faz uma representação gráfica da ferramenta *Demand amplification mapping*.

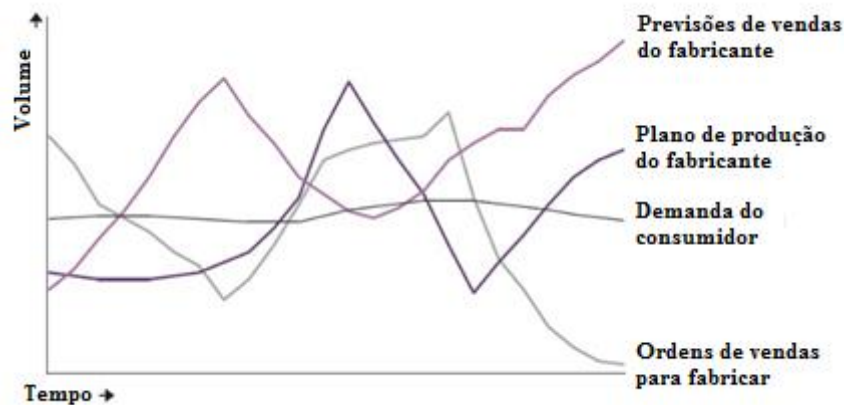


Figura 16 – *Demand amplification mapping* (adaptado de Hines & Taylor, 2000, p. 36)

A representação gráfica do *Demand amplification mapping* (Figura 16) tem como informação principal o volume e o tempo para cada dado referente à previsão de vendas, plano de produção da manufatura, demanda dos clientes, ordens de produção para manufatura.

No que diz respeito à capacidade de representação de desperdícios a ilustração do *Demand amplification mapping* tenciona representar o desperdício inventário (Hines & Taylor, 2000) em decorrência do efeito gerado pela variação da procura em relação ao plano de produção (*bullwhip effect*), além deste, Hines & Rich (1997) e Pude et al. (2012), apontam a possibilidade de identificação dos desperdícios sobreprodução e esperas, um vez que estes desperdícios podem ocorrer, respetivamente como efeito da antecipação do plano de produção e do aumento de inventário, no entanto, a apresentação desta possibilidade é realizada sem dados que reforcem esta característica da ferramenta.

Portanto, em síntese, embora seja implícito de mais esta ferramenta permite indiciar (de uma forma muito indireta) a presença do desperdício de sobreprodução que em sua decorrência, acaba por implicar em mais inventário e mais inventário implica mais esperas (e mais transportes).

### 3.3.7 Physical structure

A ferramenta visual *Physical structure* (Miles, 1961) representa a estrutura de funcionamento da cadeia de abastecimento e permite identificar as áreas que não recebem atenção suficiente a todo instante (Hines & Rich, 1997; Miles, 1961). A sua elaboração envolve duas representações gráficas (Figura 17), sendo uma dedicada à estrutura de processo e outra à estrutura de custos. A construção do diagrama parte do item central (empresa de montagem, neste exemplo) para as camadas exteriores (fornecedor e distribuidor).

A representação gráfica procura ilustrar a estrutura de processo e a estrutura de custos dividida em várias camadas, sendo estas camadas observadas em cada área, correspondendo a: suporte, mercado, matéria-prima, distribuição e fornecimento. No ponto médio do gráfico pode-se identificar o recurso analisado.

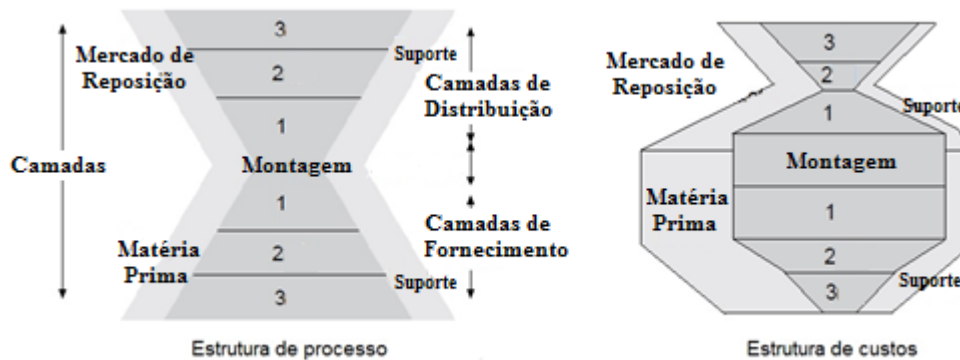


Figura 17 – *Physical structure* (adaptado de Hines et al., 1997, p. 156 e Hines & Rich, 1997, p. 58)

No que diz respeito à análise das informações apresentadas pela ferramenta, quando observados em conjunto, o gráfico da estrutura de processo e o gráfico da estrutura de custos, permitem verificar, através das camadas, os níveis de agregação de custos da operação destacando-se as áreas com maior custo. Ainda no que diz respeito às informações apresentadas pela ferramenta, verifica-se que esta não apresenta nenhuma informação explícita ou implícita a respeito de atividades ou operações que podem resultar na redução de desperdícios elencados pela filosofia *Lean*.

Para Hines e Rich (1997), o *Physical structure* é utilizado para alterar a sequência de atividades, eliminar atividades desnecessárias, simplificar as atividades, ou combinar atividades focando-se na redução de desperdícios na cadeia de abastecimento.

### 3.3.8 Value adding time profile

O *Value adding time profile* (Hines & Taylor, 2000) é um instrumento vocacionado para a representação dos custos com o foco nas atividades de valor acrescentado e não acrescentado no processo produtivo. O seu propósito é fornecer informações relativas ao custo dos desperdícios no processo produtivo no decorrer de um determinado período.

A forma de representação adotada por esta ferramenta é um gráfico (Figura 18) tendo como fonte de informação dados referentes aos valores adotados por cada fluxo de valor. O resultado destas

informações leva ao conhecimento do valor do custo adicionado ao processo, do custo total acumulado e dos custos dos desperdícios.

A Figura 18 apresenta as duas formas de representação gráfica admitidas pela ferramenta *Value adding time profile*.

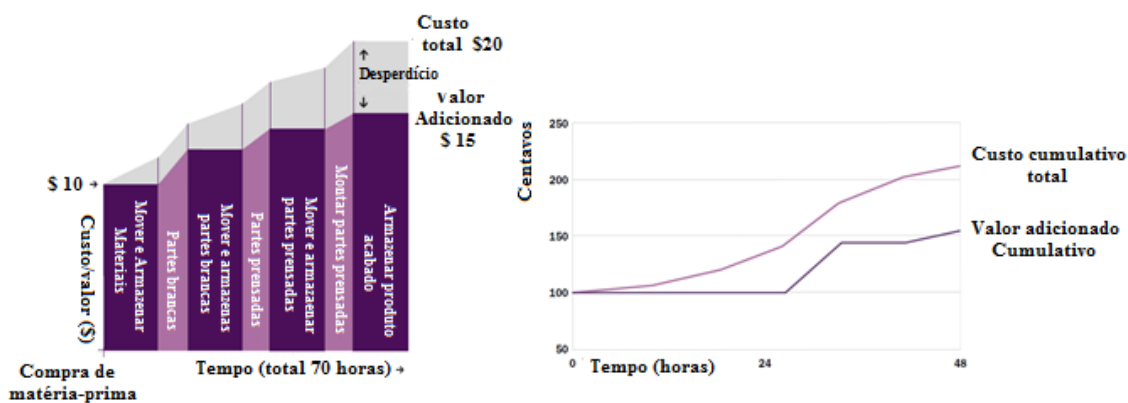


Figura 18 – Formas de representação do *Value adding time profile* (adaptado de Hines & Taylor, 2000, p. 37 e 39)

Para o desenvolvimento do gráfico é realizada a recolha de dados do processo produtivo que são disponibilizados numa tabela detalhando todos os dados para a análise. Hines e Taylor (2000) fornecem um exemplo de uma tabela (Tabela 1) utilizada como referência para criação do gráfico da ferramenta *Value adding time profile*.

Tabela 1 – Custos do *Value-adding time profile* (adaptado de Hines & Taylor, 2000, p 39)

	Custo da matéria-prima	Descarregar caminhão	Armazena matéria-prima	operação 1	processo	Armazena produto acabado	embalagem
<b>Tipo de fluxo</b>		Transporte	Armazenar	Transporte	Operação	Armazenar	Operação
<b>Distancia (metros)</b>		10		50			
<b>Duração (minutos)</b>		1	1440	3	10	1440	10
<b>Pessoas (N°)</b>		1		1	2		1
<b>Operações adicionando valor</b>					1		
<b>Operações sem adição de valor</b>		1	1				
<b>Custo do empilhador</b>		6,21		18,63			
<b>Custo do Espaço</b>			3,02			3,02	
<b>Custo do inventário</b>		0	9,93			18,02	
<b>Custo da operação</b>		0				43,7	10
<b>Total de custo por etapa</b>		6,21	12,95	18,63	43,7	21,04	10
<b>Valor adicionado cumulativo</b>	100	100	100	100	143,7	143,7	153,7
<b>Custo cumulativo total</b>	100	106,21	119,16	137,79	181,49	202,53	212,53
<b>Tempo cumulativo</b>	0	1	1441	1444	1454	2894	2904

A Tabela 1, pertencente a base de dados do *Value-adding time profile*, apresenta os aspetos do processo produtivo que diz respeito as informações relevantes para a elaboração dos gráficos apresentados pela ferramenta. Para além desta finalidade a base de dados (Tabela 1) permite também identificar dados que auxiliam no reconhecimento de alguns desperdícios, neste sentido, a base de dados, tenciona apresentar dados que ajudam a reconhecer os desperdícios transporte, inventário e espera a partir das informações diretamente (explícito) referidas no item *non value added operations*.

### **3.3.9 Mapeamento de fluxo de valor ou *Value Stream Mapping***

O *Value Stream Mapping*-VSM (Rother & Shook, 1998) é, atualmente, a ferramenta mais difundida na indústria no que diz respeito a planear, comunicar e gerir processos de mudança, atendendo ao vasto número de artigos científicos publicados (798 até meados de 2017) relacionados com a aplicação desta ferramenta, nomeadamente: Patrocínio (2015); Tyagi, Choudhary, Cai, & Yang (2015); De-Steur et al. (2016); Adalı, Kiraz, Akyüz, & Halk (2017); Seth, Seth, & Dhariwal (2017), considerados artigos mais recente para o período.

A ferramenta VSM de acordo com Teichgräber & Bucourt (2012) e Womack & Jones (2003b) foi desenvolvida para fornecer uma boa visualização do fluxo de informações e de materiais. Em que, seu propósito fundamental corresponde a mapear toda a cadeia produtiva de um produto ou de uma família de produtos, proporcionando a visualização do fluxo de valor, desde a chegada da matéria-prima até à entrega do produto ao cliente, e além disto permitir identificar alguns desperdícios que estão presentes na cadeia produtiva (Rother & Shook, 1998).

O VSM tornou-se uma ferramenta de fácil aplicação permitindo aos entusiastas da produção *Lean* visualizar de forma clara o fluxo de valor à medida que o produto passa pelo processo produtivo (Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Cudney, 2009). Por se tratar de uma ferramenta que utiliza poucos recursos na sua elaboração, rapidamente passou a ser disseminada como sendo uma ferramenta eficaz e de fácil manuseio para avaliar e organizar processos existentes (Locher, 2008).

Rother e Shook (2009) indicam que o VSM é um instrumento que contém um conjunto de ações específicas e necessárias para se analisar o fluxo de valor num processo produtivo por meio de uma gestão crítica. Forno et al. (2014); Patrocínio, (2015); Rother & Shook, (1998, 2009) referem-se ao VSM como uma ferramenta de fácil interpretação, que permite aos utilizadores obter informações visuais a respeito do processo produtivo e inclusive, possibilita a identificação de áreas ou operações que apresentem desperdícios.

### 3.3.9.1 Simbologia

O *Value Stream Mapping* recorre a uma simbologia (Figura 19) própria (Rother & Shook, 1998; Venkataraman, Ramnath, Kumar, & Elanchezhian, 2014), com ícones para representação dos fluxos de materiais, de informação e de uso geral (Womack & Jones, 2003b).

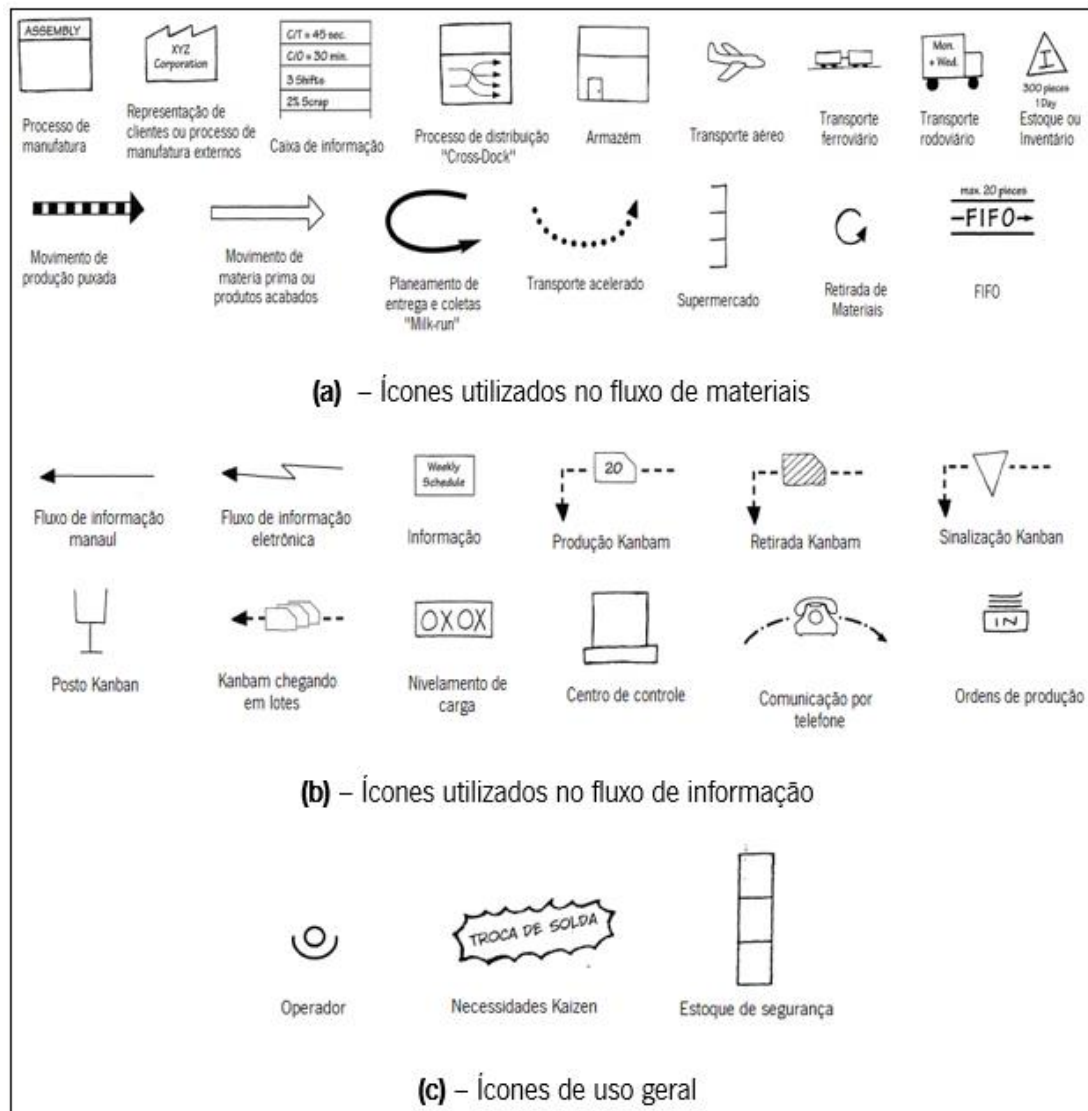


Figura 19 – Simbologia empregue no *Value Stream Mapping*. (a) Ícones utilizados no fluxo de materiais; (b) Ícones utilizados no fluxo de informação; (c) Ícones de uso geral (adaptado de Rother & Shook, 1998)

Cada símbolo pode representar atividades ou postos no fluxo, seja de materiais, seja de informação. Além destes existem símbolos de uso geral que auxiliam a compreensão do processo produtivo.



### 3.3.9.2 Elaboração

Embora existam três tipos de *Value Stream Mapping* (VSM): produção, projeto e administrativo, o primeiro deles é o mais utilizado. Assim, no presente contexto será apresentado o processo de elaboração do VSM de produção (produto ou família de produtos) que começa pela recolha de informações, que é realizada no sentido da expedição para a entrada do processo produtivo, através da observação e do diálogo com o corpo operacional no chão de fábrica (Rother & Shook, 2009).

Alguns exemplos de informações recolhidas no processo produtivo são: o tempo de ciclo, o nível de inventário, o número de trabalhadores, *takt-time*, desperdícios, *lead time* entre outros.

A aplicação do VSM envolve alguns passos definidos como: preparação, representação e análise do estado atual do processo, definição do estado futuro e planeamento e implementação das melhorias (Locher, 2008).

**Preparação:** criar a equipa de mapeamento, selecionar o produto (ou família de produtos) a mapear, apresentar a equipa e estudar o produto (ou família de produtos).

**Representação e análise e do estado atual do processo:** recolha de dados, criação do mapa do estado futuro e análise desse mesmo mapa (identificação de oportunidades de melhoria).

**Definição do estado futuro:** criação do mapa do estado futuro com base nas oportunidades de melhoria identificadas na fase anterior.

**Planeamento e implementação:** desenvolvimento de um plano de ação (incluindo tarefas, responsáveis e prazos) para transição do estado atual para o estado futuro, a fim de alcançar as melhorias propostas pelo novo mapa.

Os passos elencados por Locher (2008) fornecem recomendações básicas que devem ser seguidas ao elaborar-se o VSM. No entanto Rother e Shook (1998; 2009) vão além destas recomendações e apresentam passo a passo a construção do VSM.

A título de exemplo, segue-se a descrição da construção de um VSM. Em primeiro lugar define-se a construção de um mapa com o fluxo porta a porta, começando-se pelo desenho de uma entrada externa (cliente) e respetiva caixa de dados (Figura 20), que devem ser situados no canto superior direito de uma folha de papel, representando assim o cliente e a sua procura.

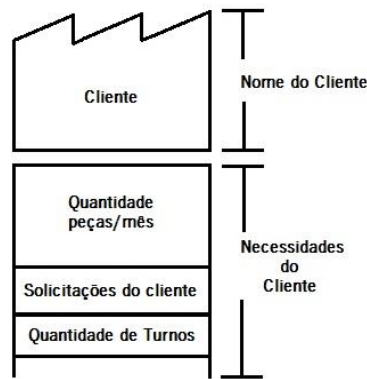


Figura 20 – Representação da fábrica do cliente e caixa de dados (adaptado de Rother & Shook, 1998, p. 15)

O próximo passo no processo de construção do VSM é desenhar as caixas de processo (Figura 21), que representam as áreas/secções/postos de trabalho onde ocorrem operações de valor acrescentado. As caixas de processo partem da direita para a esquerda e são dispostas na parte inferior do mapa. Cada caixa de processo tem uma caixa de dados contendo a informação sobre o respetivo processo.

A Figura 21 exhibe a aplicação das caixas de processo que representam postos de trabalho com as suas respetivas informações, e as áreas de inventário ou *stock* são representadas pelos triângulos identificadas com a letra E (estoque) ou I (inventário).

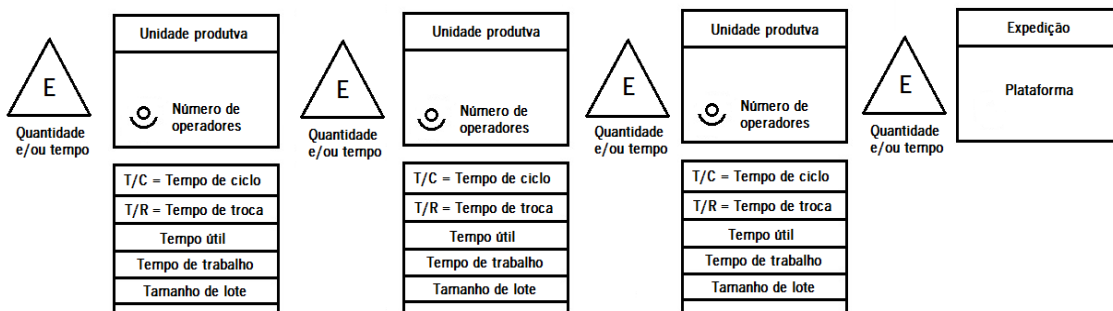


Figura 21 – Caixas de processo (adaptado de Rother & Shook, 1998)

O registo dos inventários no mapa é feito no local onde estes se encontram e logo abaixo colocam-se informações sobre as respetivas quantidades e/ou duração

O passo seguinte é a representação da movimentação de produtos para os clientes ou de matéria-prima encomendadas aos fornecedores, por meio dos ícones correspondentes ao tipo de transporte (aéreo, marítimo, ferroviário ou terrestre) e ao tipo de produto transportado. Os símbolos destes itens podem ser observados na Figura 19.

Por fim, é adicionado ao mapa o fluxo de informações que utiliza ícones particulares e setas para representar o sentido do fluxo. O departamento de controlo de produção é representado por uma caixa de processo onde chegam (dos clientes) e partem (para os fornecedores) setas indicando previsões e pedidos diários e ainda partem ordens de produção para o chão de fábrica. A Figura 22 apresenta um exemplo genérico de aplicação do VSM.

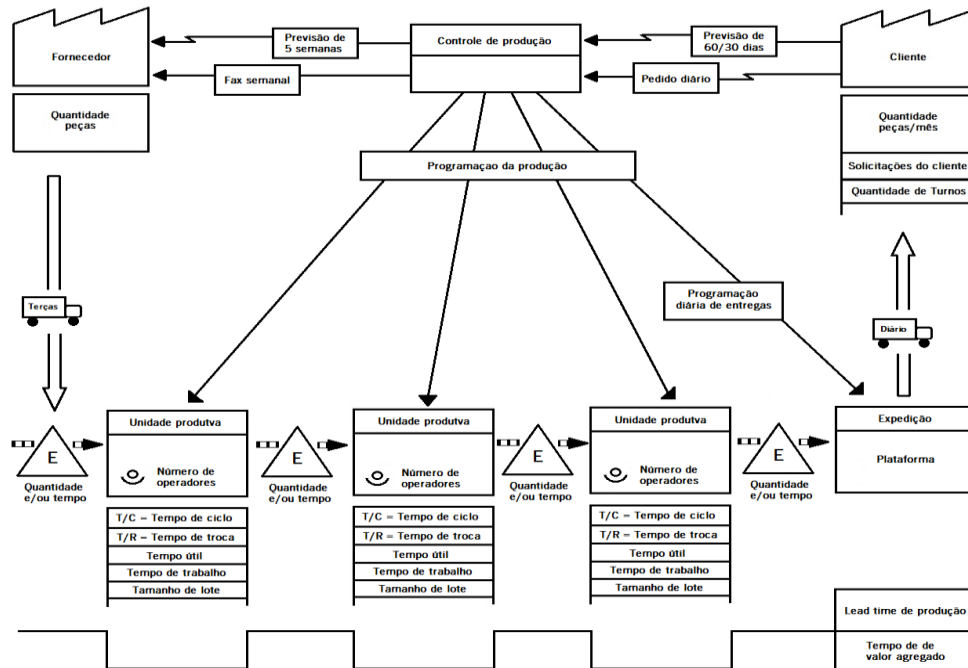


Figura 22 – Representação do mapa de fluxo de valor (retiraa de Womack & Jones, 2003)

A linha de tempo desenhada na parte inferior do mapa, logo abaixo das caixas de processos, permite o registo do tempo total que uma peça demora para percorrer o processo produtivo (caixa superior no final da linha) e o tempo total de valor acrescentado (caixa inferior no final da linha). Em termos parciais, esta linha indica, para cada caixa de processo (e.g. posto de trabalho), o respetivo tempo de valor acrescentado (na parte inferior da linha) e tempo em que não é acrescentado valor, isto é o tempo médio durante o qual os produtos estão à espera à entrada do posto (na parte superior da linha).

### 3.3.9.3 Vantagens e desvantagens apresentadas pelo Value Stream Mapping

Os benefícios e vantagens do *Value Stream Mapping* (VSM) estão relacionados com a fácil interpretação da respetiva representação em termos do fluxo de informações e de materiais que ocorrem no processo produtivo da ferramenta. Além deste benefício, a ferramenta proporciona a visualização de alguns desperdícios elencados pela filosofia *Lean*, nomeadamente: inventário,

transporte e sobreprodução, sendo que estes dois último obtidos de forma indireta, sendo por isso necessária informações adicionais, e.g. distância percorrida, lead time e inventário (Braglia, Carmignani, & Zammori, 2006; Dinis-Carvalho, Guimarães, Moreira, Rodrigues, & Lima, 2014; Rother & Shook, 1998).

Quanto a desvantagens, o VSM apresenta algumas limitações, como: (i) dificuldade (ou mesmo impossibilidade) de representação de fluxos de diferentes produtos ou famílias de produtos, (ii) não representação do *layout* do processo e (iii) não apresentação de indicadores financeiros (Cruz, 2013).

### **3.3.10 Diagrama de identificação de desperdícios ou *Waste Identification Diagram***

A ferramenta designada de Diagrama de identificação de desperdícios ou *Waste Identification Diagram* (WID) é um instrumento desenvolvido para representar e analisar sistemas produtivos permitindo realizar diagnósticos de forma clara e fácil (Dinis-Carvalho, Moreira, Bragança, Costa, & Alves, 2014).

A ferramenta foi concebida no Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho (DPS-UM) e tem como objetivo principal, representar de forma visual e intuitiva os principais recursos das unidades produtivas, os principais desperdícios do processo, o fluxo de materiais, o *layout* e fornecer de forma gráfica o estado atual e futuro do processo. Quando comparado com outras ferramentas gráficas de representação, o WID possui características diferenciadas, sendo possível visualizar o trabalho em curso de fabrico ou *Work In Process* (WIP), o tempo de *setup*, o *takt-time*, o tempo de ciclo, o esforço de transporte, os desperdícios associados à utilização da mão de obra, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), os indicadores de desempenho do processo e, adicionalmente, permite realizar o diagnóstico e a visualização imediata destes elementos (Dinis-Carvalho, Guimarães, Moreira, Rodrigues, & Lima, 2014; Sá et al., 2011).

No que diz respeito à capacidade em fornecer informações quanto à representação de desperdícios, Dinis-Carvalho, Guimarães, Moreira, Rodrigues, & Lima, 2014 sugerem que o WID tem capacidade de representar até seis desperdícios (sobreprodução, espera, transporte, inventário, defeitos e movimentação). Neste sentido observam-se, de forma explícita a partir da ilustração da ferramenta, as informações que contribuem para identificação dos desperdícios referentes a transporte, espera, movimentação e inventário (na forma de *Work In Process*) e de maneira implícita os desperdícios sobreprodução e defeitos, sendo este último representado pela versão da ferramenta que contemplam OEE.

O WID adota uma simbologia própria para representação visual que está baseada em três ícones principais: bloco, seta e gráfico circular. Além destes ícones também é ainda utilizada uma tabela para apresentar os principais indicadores de desempenho do sistema produtivo (Figura 23).

A forma de representação adotada revela que o WID recorre ao conceito de gestão visual proposto pela filosofia *Lean*, fornecendo através da dimensão física dos ícones a interpretação do estado do processo, sendo esta uma das características mais inovadoras desta ferramenta.

Conforme Dinis-Carvalho, Moreira, Bragança, Costa, & Alves (2014) e Sá et al. (2011), os blocos representam os postos de trabalho (envolvendo desde máquinas a postos ou conjuntos de postos de trabalho), e as setas representam o esforço de transporte de materiais de um posto para outro.

O gráfico circular representa o tempo de ocupação da mão de obra em termos de valor acrescentado e de não valor acrescentado. A tabela com os indicadores de desempenho fornece os indicadores mais relevantes do processo produtivo, a fim de facilitar interpretação do estado em que se encontra.

A Figura 23 mostra a representação gráfica (ícones e tabela) utilizada pela ferramenta WID. Nesta figura é possível observar dois tipos de blocos, uma vez que o WID admite duas formas de representação a nível de blocos, sendo uma mais básica (a) e outra mais elaborada (b) com a inclusão do OEE.

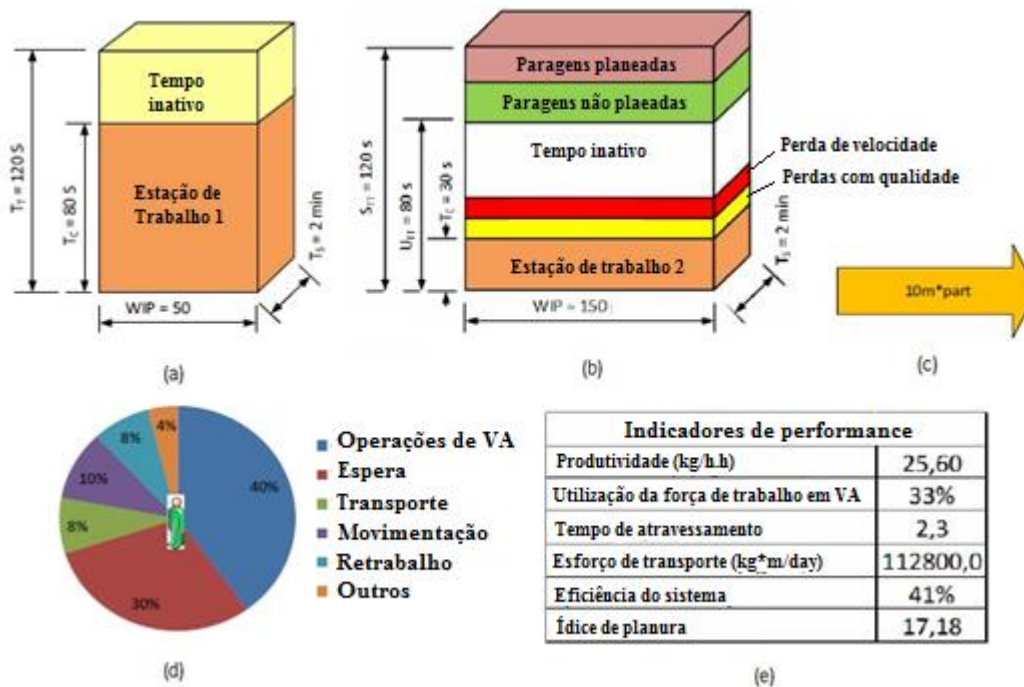


Figura 23 – Representação visual dos símbolos utilizados pelo *Waste Identification Diagram*. (a) bloco básico; (b) bloco com OEE; (c) seta para esforço de transporte; (d) gráfico circular da utilização da mão de obra; (e) quadro com indicadores de desempenho (adaptado de Dinis-Carvalho et al., 2015)

### 3.3.10.1 Características relacionadas com a representação e elaboração do Waste Identification Diagram

No que diz respeito às características de representação e elaboração do WID, a ferramenta obedece a critérios que fazem com que as dimensões físicas dos blocos (altura, largura e profundidade) e das setas (largura), representem as informações referentes aos postos de trabalho e ao esforço do transporte realizado de um posto de trabalho para outro. Já o gráfico circular apresenta a utilização da mão de obra em atividades que agregam ou não valor (Dinis-Carvalho, Moreira, Bragança, Costa, & Alves, 2014).

No que diz respeito ao ícone bloco, Figura 22 (a) e (b), observam-se as seguintes características:

- a altura do bloco, corresponde à informação do *takt-time* da unidade produtiva, referindo-se ao tempo necessário para se atender a procura do cliente; ainda no que consiste à altura do bloco encontra-se também as informações de tempo útil do posto (tempo real que inclui perdas por velocidade e por qualidade) e tempo ideal do posto (designado como tempo do posto ou tempo padrão no qual as operações são executadas). Caso haja diferentes produtos com diferentes tempos de ciclo a ser processados num determinado posto de trabalho, o tempo de ciclo desse posto de trabalho será a média ponderada dos tempos de ciclo em função do volume de cada produto.
- a largura do bloco refere-se ao *Work In Process* (WIP), que reproduz a quantidade de produtos em curso à espera de serem processados no posto de trabalho.
- a profundidade do bloco diz respeito ao tempo de preparação (tempo de *setup* ou *Changeover*), consistindo no tempo de mudança de ferramenta ou de ajustes no processo para a fabricação de uma nova peça ou produto (Hines et al., 2011; Ortiz, 2006; Pinto, 2014). Em alguns casos o tempo de preparação pode apresentar valores variáveis, e, neste caso no WID adota-se um valor representativo mais próximo do real.

Relativamente às características do ícone seta no WID, este representa o esforço de transporte realizado. Considera-se para sua elaboração que a dimensão da largura é indicativa do grau de esforço exercido, e que o comprimento não tem significado (Figura 24). Este indicador é definido normalmente pelo produto da quantidade transportada e distância percorrida (Dinis-Carvalho, Moreira, Bragança, Costa, & Alves, 2014; Sá, 2010).

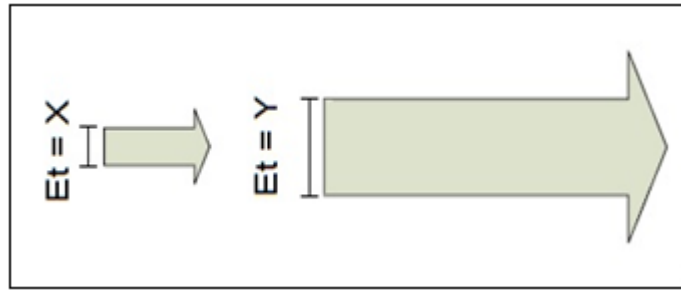


Figura 24 - Esforço de transporte (adaptado de Sá, 2010)

Em termos de características do gráfico circular de utilização da mão de obra, considera-se primeiramente que o seu objetivo é representar visualmente as informações relativas à taxa de ocupação da mão de obra, compreendendo em específico a sua utilização em atividades de valor acrescentado e sem valor acrescentado, como: pessoas à espera, transportes, movimentações, tempo despendido na reparação de defeitos e processamento excessivo ou incorreto, i.e. sobreprodução (Dinis-Carvalho, Moreira, Bragança, Costa, & Alves, 2014).

Os dados utilizados para a elaboração do gráfico circular são baseados na técnica de amostragem do trabalho desenvolvida por Tippet em 1927 (Dinis-Carvalho, 2014) que consiste em determinar a proporção de tempo gasto pelos trabalhadores nas suas atividades diárias. Portanto, a técnica de amostragem reproduz, através de um grande número de observações instantâneas em momentos aleatórios, em turnos diferentes e operários diferentes ao longo de um período, o tempo despendido pelos trabalhadores nas suas atividades (Dinis-Carvalho, 2014).

Dinis-Carvalho (2014) calcula o número ideal de observações como sendo 246, considerando uma ocorrência dessa atividade em 20% do tempo, um nível de confiança de 95% (1,96), e uma margem de erro não superior a 5%, usando a seguinte equação estatística para o cálculo do número de observações a serem feitas.

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{E^2} \quad (1)$$

Onde:

$p$  = Probabilidade de ocorrência dessa atividade

$Z$  = Número de desvios padrão associado a um determinado nível de confiança

$E$  = Erro absoluto desejado

Além do número de observações é necessário elaborar um roteiro com as atividades a serem realizadas no ato das observações nomeadamente definir: percurso, momento das observações, número de trabalhadores, dias de observação e registo das informações. Por fim, é necessário

realizar a recolha das informações proveniente das observações, prosseguir com o cálculo da percentagem de tempo para cada atividade observada e representar no gráfico circular (Dinis-Carvalho, 2014).

### 3.3.10.2 Informações relevantes e Indicadores de desempenho no Waste Identification Diagram

As informações relevantes utilizadas pela ferramenta pelo *Waste Identification Diagram* (WID), assim como, os indicadores de desempenho, Figura 23 (e), são valores e percentuais numéricos que transmitem características gerais e específicas dos postos de trabalho e do sistema produtivo. Tais informações e indicadores permitem aos gestores avaliar e classificar com maior clareza o desempenho em que se encontra o sistema e/ou postos de trabalho analisados.

Dinis-Carvalho (2014) apresenta algumas destas informações e indicadores considerados de maior relevância para uso do WID e para processos produtivos, sendo estes:

**Takt-time:** ritmo a que o mercado solicita um produto; serve para marcar o ritmo de produção a fim de atender à procura exigida pelo cliente. O *takt-time* é definido como sendo a relação entre o tempo disponível para produção e a procura:

$$T_T = \frac{T_D}{Proc} \quad (2)$$

Onde:

$T_D$  = Tempo disponível para produção

$Proc$  = Procura

**Produtividade:** o indicador da produtividade corresponde a uma medida para aferir o desempenho operacional do sistema ou do posto de trabalho, e pode-se apresentar de duas maneiras, produtividade esperada e produtividade observada.

**A produtividade esperada em um posto de trabalho  $a$ , pode ser definida pela equação:**

$$P_{E,a} = \frac{Q_{PI}}{n \times T_D} \quad (3)$$

Onde:

$Q_{PI}$  = Quantidade planeada de produção

$n$  = Número de operários

$T_D$  = Tempo disponível para produção



**A produtividade observada em um posto de trabalho  $a$ , pode ser definida pela equação:**

$$P_{O,a} = \frac{Q_{Pr}}{n \times T_D} \quad (4)$$

Onde:

$Q_{Pr}$  = Quantidade real de produção (quantidade de produtos bons efetivamente produzidos)

$n$  = Número de operários

$T_D$  = Tempo disponível para produção

**Tempo de atravessamento:** corresponde ao tempo médio que um sistema produtivo emprega para converter matéria-prima em produtos acabados (Dinis-Carvalho, 2014), em que, sua equação pode ser definida pela Lei de Little (Little, 1961). O tempo de atravessamento do sistema, corresponde ao somatório dos tempos de atravessamento de todos os postos que fazem parte do sistema, sendo definido da seguinte maneira.

$$T_A = \sum_{j=1}^m (WIP_j \times T_T) \quad (5)$$

Onde:

$WIP$  = *Work In Process* em curso no posto de trabalho  $j$

$m$  = Número de postos de trabalho

$T_T$  = *Takt-Time*

**Esforço de transporte:** a proposta deste indicador é contribuir com a visualização dos desperdícios associados ao transporte podendo ainda servir de referência para estimar os custos em virtude da quantidade transportada e distância percorrida (Dinis-Carvalho, Moreira, Bragança, Costa, & Alves, 2014). A sua equação pode ser definida como:

$$E_{T,a,b} = Q_{T,a,b} \times D_{a,b} \quad (6)$$

Onde:

$Q_{T,a,b}$  = Quantidade transportada entre o fornecedor  $a$  e cliente  $b$ .

$D_{a,b}$  = Distância a percorrer pelos produtos entre o fornecedor  $a$  e o cliente  $b$ .

Com vários postos de trabalho, sejam em série ou não, o esforço de transporte corresponde à soma de todos os esforços de transportes contidos no sistema.

**Eficiência do sistema:** este indicador mede a percentagem do tempo disponível em cada posto de trabalho que é utilizada para acrescentar valor, e pode ser obtido de duas maneiras: eficiência esperada do sistema e eficiência observada do sistema.

**A equação para eficiência esperada do sistema a equação é dada da seguinte forma:**

$$E_{ES} = \frac{\sum_{j=1}^m T_{C,j}}{T_T \times m} \quad (7)$$

Onde:

$T_{C,j}$  = Tempo de ciclo do posto de trabalho  $j$

$T_T$  = *Takt-time*

$m$  = Número de postos de trabalho

**Em relação à eficiência observada do sistema a equação é dada da seguinte forma:**

$$E_{OS} = \frac{Q_{Pr} \times \sum_{j=1}^m T_{C,j}}{T_D \times m} \quad (8)$$

Onde:

$Q_{Pr}$  = Quantidade real de produção

$T_{C,j}$  = Tempo de ciclo do posto de trabalho  $j$

$T_D$  = Tempo disponível para a produção

$m$  = Número de postos de trabalho

**Índice de planura:** é um indicador que mede a similaridade da distribuição do trabalho pelos postos de trabalho. Quanto mais próximo de zero mais próximos são os tempos de ciclo dos postos entre si. A sua equação é dada por:

$$Ip = \sqrt{\sum_{j=1}^m (T_c - T_{c,j})^2} \quad (9)$$

Onde:

$T_c$  = Tempo de ciclo do sistema (determinado pelo recurso crítico)

$T_{c,j}$  = Tempo de ciclo do posto de trabalho  $j$

$m$  = Número de postos de trabalho

O índice de planura é um indicador muito pouco utilizado pelas empresas, mas que, se utilizado, colabora no sentido de um balanceamento perfeito do sistema.

**Rácio de valor acrescentado:** quociente entre o tempo de processamento

(valor acrescentado) e o tempo de atravessamento de um produto num determinada posto de trabalho ou no sistema completo (Shannon, 1997). Quanto maior o rácio de valor acrescentado, mais saudável e competitivo é o posto / sistema. Para um sistema com  $m$  postos de trabalho, o rácio de valor acrescentado é determinado pela seguinte equação:

$$Rva = \frac{\sum_{j=1}^m T_{c,j}}{T_A} \quad (10)$$

Onde:

$T_{C,j}$  = Tempo de ciclo do posto de trabalho  $j$

$T_A$  = Tempo de atravessamento do sistema.

### 3.3.10.3 Metodologia para aplicação do Waste Identification Diagram

Alguns critérios devem ser seguidos a fim de atender às etapas de elaboração do *Waste Identification Diagram* (WID). Tais critérios são descritos na metodologia de construção chamada de *Waste Identification Methodology* (WIM).

A metodologia para aplicação do diagrama de identificação de desperdícios fornece um conjunto de regras que proporciona a identificação dos postos de trabalho, a construção da estrutura do WID, o planejamento do processo de amostragem, a execução da amostragem, obtenção de outras informações relevantes e construção do WID.

Identificação do posto de trabalho: tem como objetivo identificar os limites de um posto de trabalho a fim de evitar problemas nas fases posteriores. É importante nesta identificação conhecer onde inicia e termina um posto de trabalho, que equipamentos o compõem, que tipo de processo é realizado, qual é o inventário e quantas pessoas estão envolvidas.

Construção da estrutura do WID: reproduz em ícones o que se observa no *layout* do processo produtivo. A construção da estrutura do WID representa os processos e os fluxos de artigos ao longo da unidade produtiva, proporcionando a compreensão da produção em forma de diagrama. Para que seja possível a construção desta estrutura é necessária a aquisição do conhecimento a respeito da produção de cada família de artigos, dos estágios de produção (posto fornecedor e posto cliente) de cada equipamento, posto de trabalho e quantidade de artigos produzidos por hora, dia e semana.

Planeamento do processo de amostragem: começa com a observação da produção e dos colaboradores a fim de classificar os tipos de operações realizadas nos postos de trabalho, que rotina os colaboradores exercem e que movimentações executam. Obtém-se assim o conhecimento dos locais habituais e processos em que os colaboradores estão associados. Além desta investigação inicial é necessário definir uma rotina, com o número de observações a realizar (calcular através da equação (1)), os dias, os instantes de cada observação, o percurso a ser realizado nas observações e os pontos ao longo do percurso em que o analista realizará as observações. A ideia é que no final deste planejamento se tenha um documento (ficha ou tabela) onde seja possível identificar o percurso a ser percorrido, os pontos para as observações e a estratégia a ser adotada no ato de observação.

Aquisição de demais informações: informações como o tempo de ciclo de cada processo (posto de trabalho), tempos de mudança de ferramentas (tempos de *setup*), bem como outras

informações são de extrema necessidade para a elaboração e construção da representação gráfica do WID.

### 3.3.10.4 Representação visual da aplicação do Waste Identification Diagram

A representação visual do diagrama de identificação de desperdícios pode ser observada na Figura 25 sendo exibido o exemplo da aplicação numa indústria fabricante de elevadores. É conveniente referir que neste exemplo foi aplicada a versão básica onde os blocos não apresentam a indicação do *Overall equipment effectiveness* (OEE), característica que pode ou não ser inserida na ferramenta conforme a necessidade.

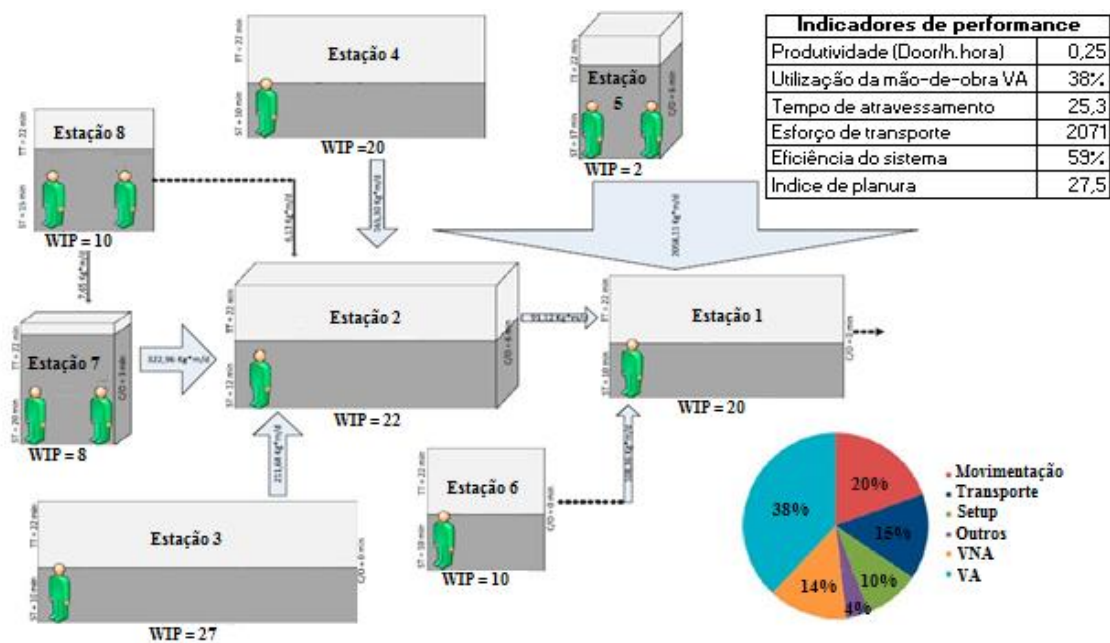


Figura 25 – Aplicação do *Waste Identification Diagram* (Dinis-Carvalho, et al., 2014, p. 6)

A representação visual apresentada pela Figura 25, transmite informações a partir dos ícones (blocos, seta, gráfico circular e tabela) a respeito do processo produtivo. Neste sentido, é perceptível a proposta diferente de representação do *Waste Identification Diagram* (WID), que se mostra como uma nova alternativa às atuais ferramentas de análise e diagnóstico de processos existentes.

As vantagens principais do WID que o tornam uma ferramenta de fonte de informação eficaz e intuitiva, dizem respeito à sua capacidade visual para representar informações relacionadas com as unidades de produção, ao fluxo de produção, aos desperdícios propostos pela filosofia *Lean* e demais características consideradas importantes ao processo produtivo. No que corresponde às

desvantagens o WID apresenta certas limitações como: a falta de identificação e ícone que informe a presença de armazém (distinção dos *stocks*), a ausência de características visuais relacionadas com o *lead time* da produção e indicadores económicos de custo.

### 3.4 SÍNTESE CONCLUSIVA

As ferramentas visuais referidas nesta tese fazem parte de um grupo de instrumentos que procura representar graficamente os processos e as atividades dos sistemas produtivos. Além destas características, estas ferramentas servem de apoio e suporte aos gestores ao nível do processo para tomada de decisão nos mais diversos cenários, inclusive aqueles propostos pela filosofia *Lean*, nomeadamente na gestão e redução dos desperdícios.

Entende-se por ferramenta de representação visual qualquer ferramenta que transmita informações através de representação gráfica, seja ela por meio de diagramas, gráficos, ícones, sistemas de coordenadas, figuras geométricas, ou outros.

As ferramentas examinadas e apresentadas foram repartidas em dois grupos denominados por ferramentas visuais aplicadas ao estudo dos métodos de trabalho relacionados com o planeamento do processo produtivo, e ferramentas visuais de representação aplicadas ao mapeamento, análise e diagnóstico de processos produtivos.

É importante salientar que os grupos têm finalidades distintas podendo estes apresentar instrumentos que se dediquem à representação visual de forma substituta ou complementar nos mais diversos propósitos, tais como: transcrição, planeamento, execução, intervenção, diagnóstico e/ou relatórios (*reporting*).

Outro dado importante identificado a partir da análise destes dois grupos recai sobre a aplicação das ferramentas. Algumas delas, nomeadamente: *Outline process chart*, *Flow process chart*, *Multiple activity chart*, *Flow diagram* e *String diagram* podem representar informação de ambos os grupos sem que haja qualquer distinção neste sentido.

A conclusão a que se chega, tendo em vista as várias possibilidades de aplicações das ferramentas segundo o referencial teórico analisado, é que, algumas destas ferramentas, mostram-se mais eficazes que outras quando submetidas a propósitos distintos como: transcrição, planeamento, execução, intervenção, diagnóstico e/ou relatórios, apresentando-se, portanto, como ferramentas bastante flexíveis quanto à sua aplicação.

Estas características podem gerar algumas dificuldades na compreensão das ferramentas. Assim, a fim de se manter a perspetiva identificada na literatura quanto ao propósito das ferramentas,

optou-se por manter a regra de conceção de cada uma delas seguindo a argumentação de Pycraft et al. (2010) que pondera a respeito do tema, apresentando o seguinte esclarecimento, em que, defende o uso das ferramentas para vários fins, no entanto, tendem a ser aplicadas em propósitos específicos como a transcrição de: (1) sequência de tarefas, (2) relação de tempo entre diferentes partes de uma atividade e (3) movimentação de operários, materiais e informações no processo produtivo.

Ainda no que diz respeito às ferramentas abordadas na revisão da literatura constatou-se que grande parte destes instrumentos têm a capacidade de intervir e auxiliar na melhoria do desempenho dos processos produtivos, sobretudo na redução de atividades ou processos que podem vir a gerar desperdícios - Kanawaty (1992), Porter et al. (1947), Zandin (2001), Kumar & Suresh (2009), Nair (2008), Barnes (1968), Hines & Rich (1997), Pude et al. (2012), Hicks et al. (2004), Hines & Taylor (2000), Rother & Shook (2009). Dinis-Carvalho, Guimarães, Moreira, Rodrigues, & Lima (2014) e Dinis-Carvalho, Moreira, Bragança, Costa, & Alves, (2014).

No que diz respeito ao referencial teórico específico para a compreensão das características das diferentes ferramentas, nomeadamente: *Outline process chart*, *Flow process chart*, *Two-handed process chart*, *Multiple activity chart*, *Flow diagram*, *SIMO chart* e *String diagram* consultar (Barros, 1997), Kanawaty (1992) e Porter et al. (1947), já no que se refere às características e aplicação para as ferramentas, *Process activity mapping*, *Model of supply chain waste*, *Supply chain response matrix*, *Production variety funnel*, *Quality filter mapping*, *Demand amplification mapping*, *Physical structure*, *Value adding time profile*, *Value Stream Mapping* e *Waste Identification Diagram*, consultar Dinis-Carvalho, Guimarães, Moreira, Rodrigues, & Lima (2014), Hines & Rich (1997), Hines & Taylor (2000), Rother & Shook, (2009), Pude et al. (2012).

A avaliação e o exame das ferramentas quanto à capacidade de representação de desperdícios, ou à capacidade de fornecer informações que conduzam a ações de redução de desperdícios merece uma atenção especial. A maior parte destas ferramentas oferecem de maneira explícita ou implícita informações a respeito dos sete principais desperdícios elencados pela filosofia da produção *Lean*, conforme os referenciais teóricos apresentados nas secções 3.2 e 3.3. Além disso, percebe-se, também em vários casos para uma mesma ferramenta, diferentes autores apontam diferentes desperdícios, que leva a significar a falta de coerência. Neste sentido, parece fazer mais sentido identificar aspetos nas ferramentas que mostrem informações explícitas e implícitas que facilitem a identificação destes desperdícios.

Quanto à análise de desempenho das ferramentas, nota-se com base nas publicações que o resultado destas análises em particular, avaliam o desempenho quase que sempre de forma muito positiva atendendo o propósito para o qual foram concebidas. Portanto, para fins de escolha da ferramenta para o uso no modelo proposto por esta tese, objetiva-se adotar a ferramenta que ofereça mais vantagens dentre as demais no diz respeito as características essenciais que se tenciona alcançar com o modelo a desenvolver.

Nesta perspectiva, consideraram-se critérios de seleção tais como a capacidade de representação destes instrumentos. Logo, neste sentido, a análise de desempenho das ferramentas passa a ser classificada a partir da comparação destes instrumentos com base em critérios apresentados na Parte II desta tese.

Os casos particulares referentes a ferramentas exclusivas e singulares foram excluídos da revisão da literatura por se tratarem de ferramentas dedicadas a atividades muito específicas e com poucas referências de aplicação. Exemplos de ferramentas com estas características são o *Cyclegraph* e o *Chronocyclegraph* mencionados por Bannard (1920), *Travel chart* por Kanawaty (1992), *Decision point analysis* e *Physical structure* por Hines e Rich (1997) e Hines e Taylor (2000).

No que diz respeito a semelhança quanto ao propósito, há ferramentas bem similares que apenas se distinguem por especificidades no processo de aplicação como no caso dos pares: *Two-handled chart* e *SIMO chart* (transcrição das atividades) e *Flow diagram* e *Spaghetti diagram* (transcrição do fluxo de processo).

Quanto a aplicação das ferramentas em propósitos dos quais normalmente não são aplicadas, encontra-se:

- (i) *Flow process chart*, aplicado na representação do produtos e desperdícios (Dinis-Carvalho, Guimarães, Moreira, Rodrigues, & Lima, 2014);
- (ii) *Multiple activity chart*, utilizado como fonte de informação para o desenvolvimento de métodos para otimização do uso da mão de obra (Babu, 2012);
- (iii) *Flow diagram* e *String diagram*, conforme Wilson (2010) são utilizadas em determinadas ocasiões apenas como fonte de dados referente aos fluxos incorridos no processo (materiais e informação) colaborando para a elaboração de mapas atuais e futuro por outras ferramentas, i.e. VSM.





## 4. **LEAN ACCOUNTING, CONCEITOS, PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS**

### 4.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo trata dos conceitos, princípios e ferramentas que dizem respeito ao *Lean accounting*, termo geral que engloba uma série de práticas direcionadas ao pensamento enxuto aplicadas nos processos da contabilidade de custos.

Compreender a origem do *Lean accounting* consiste em conhecer os conceitos derivados do pensamento *Lean* e perceber que o primeiro é fruto da adaptação das práticas da contabilidade (de custos) tradicionais a este pensamento. De facto, o *Lean accounting* não incide ou está relacionado com a contabilidade no seu sentido mais lato e geral, mas, antes, com a contabilidade e a gestão de custos. Deste modo, poderia ser designado possivelmente de *Lean cost accounting*.

O pensamento *Lean* deu origem a uma série de mudanças no pensamento tradicional da contabilidade de custos, antes dedicado responder às características da produção em massa (Wang & Yuan, 2009). Neste sentido, é necessário compreender os conceitos básicos que regem o *Lean accounting*, a fim de se evitar distorções induzidas pela lógica inerente às práticas adotadas pela contabilidade de custos tradicional (Haskin, 2010).

### 4.2 LEAN ACCOUNTING

O termo *Lean accounting* (contabilidade *Lean*) de acordo com Arbulo-Lopez, Fortuny-Santos e Cuatrecasas-Arbós (2013) foi mencionado pela primeira vez, sem uma definição formal, por Maskell (2000)<sup>2</sup>. Mais tarde, em 2004, o *Lean accounting* surge como um termo geral para um modelo de contabilidade que fornece apoio ao nível da gestão dos processos, de medição e de controlo para empresas que aplicam o pensamento *Lean* (Maskell, 2004).

Além da definição dada por Maskell (2004) várias outras foram apresentadas por diversos autores, como é o caso de Kroll (2004) que define o *Lean accounting* como um novo conceito criado para refletir o desempenho financeiro das empresas que adotaram a produção *Lean*, consistindo num modelo no qual são aplicadas novas técnicas de organização dos custos (neste caso, o denominado “custeio por fluxo de valor”), uma nova abordagem de avaliação de *stocks* e uma nova elaboração das demonstrações dos resultados que incluem informações não financeiras.

---

<sup>2</sup> Definiu formalmente o conceito de *Lean accounting* no artigo *Lean accounting for Lean manufacturers* publicado no ano 2000 no journal *Manufacturing Engineering*.

Para Merwe e Thomson (2007), o *Lean accounting* pode ser definido como um modelo que procura obter e transmitir as informações de custos e de resultados baseado na filosofia e princípios da produção *Lean*.

Fullerton, Kennedy e Widener (2013) definem o *Lean accounting* como um sistema de contabilidade (de custos) simplificado que fornece informações precisas, oportunas e compreensíveis para apoiar a tomada de decisão em empresas que adotaram o *Lean management* e as empresas em transição para o *Lean*.

Por fim, Monroy, Nasiri, e Peláez (2014) afirmam que, por se basear no *Lean thinking* (pensamento *Lean*), o *Lean accounting* procura gerir o sistema de contabilidade de custos através da recolha e transferência de informação de custos de forma enxuta e prática, reduzindo assim os desperdícios contidos nas atividades e processos do fluxo de valor inerente à elaboração do produto ou serviço, desde a conceção até ao cliente.

Portanto, o conceito de *Lean accounting* esclarece que este novo modelo, quando adotado, muda a forma como se utilizam os processos tradicionais de contabilidade de custos. Maskell e Baggaley (2004) reforçam a este pensamento explicando que o *Lean accounting*, quando implementado, transforma completamente os processos de contabilidade, quanto à medição e controlo dos custos na maioria das empresas.

Neste sentido, é fundamental realizar o processo de transição do sistema de contabilidade de custos tradicional para o *Lean accounting* com cautela, obedecendo os princípios que o regem a prática *Lean* (Maskell & Baggaley, 2005).

Esses princípios segundo Kennedy, Maskell e Brewer (2006) e Maskell e Baggaley (2006) são Os seguintes:

**Sistemas de contabilidade simples:** representam, na sua essência, a aplicação da filosofia *Lean* aos processos da contabilidade de custos, eliminando desperdícios integrados em processos, relatórios e métodos de custeio. Em síntese, este princípio propõe o uso das ferramentas *Lean* na redução dos desperdícios incluídos nos processos de contabilização, medição e controlo dos custos.

**Processos de contabilidade que sustentem a transformação para a filosofia *Lean*:** correspondem à compreensão e adoção do pensamento *Lean*, adequando aos processos da contabilidade de custos, em busca de uma visão global do fluxo de valor. A proposta deste princípio é evidenciar que o *Lean accounting* concentra-se em medir e compreender o valor gerado para os clientes, utilizando esta informação para melhorar as relações com estes e com toda a cadeia de valor em vez de focar-se somente em produtos ou serviços individuais.

**Comunicação clara e apropriada das informações:** condiz com a elaboração e apresentação de relatórios de custos e de resultados facilmente compreensíveis por qualquer colaborador da empresa. O princípio da comunicação clara propõe que se divulguem as informações de caráter operacional e financeiro de forma descomplicada, facilitando a compreensão dessas informações, alterando a forma de analisar e questionar os relatórios e tornando-a (a comunicação) mais eficaz.

**Planeamento e orçamento sob uma perspectiva *Lean*:** diz respeito à adequação do processo de planeamento e orçamentação através de metas mensais de curto prazo alinhadas com a estratégia de negócio da empresa. Em síntese, este princípio adota uma metodologia de acompanhamento mensal, definindo as metas necessárias para que seja possível alcançar os resultados planeados através de colaboradores ativamente envolvidos no negócio.

**Fortalecimento dos controlos internos:** representa a eliminação das operações e processos baseados em transações tradicionais através de um planeamento prudente, sem comprometer o controlo financeiro. Este princípio enfatiza o uso cuidadoso do *Lean accounting* para aprimorar os controlos internos.

Estes princípios, segundo Kennedy et al. (2006), quando adotados, facilitam o processo de transição da contabilidade de custos tradicional para o *Lean accounting*, possibilitando simultaneamente a difusão do pensamento e práticas *Lean*.

O acolhimento destes princípios pelas empresas dá origem a um processo de mudança que ocorre em dois momentos distintos. Num primeiro momento utilizam-se as técnicas *Lean* nos processos de contabilização, controlo e medição de custos na empresa, com o objetivo de eliminar os desperdícios, libertar capacidade, acelerar processos e eliminar erros, tornando o processo mais claro e compreensível (Maskell & Baggaley, 2005).

O segundo momento destina-se, fundamentalmente, a mudar os processos da contabilidade de custos. Nesse sentido, é concretizado o modelo do *Lean accounting*, procurando a melhoria contínua, fornecendo informações claras para o controlo de custos e para a tomada de decisão, avaliando o impacto financeiro das práticas *Lean* na redução dos desperdícios e compreendendo o que é valor para o cliente (Maskell & Baggaley, 2005).

A partir da adoção do *Lean accounting*, torna-se necessário operar uma rutura com o sistema convencional de custos, visto que este não está preparado para operar de forma eficiente em ambientes *Lean*.

Pike, Tayles e Mansor (2011) apresentam uma breve explicação sobre a ineficiência dos sistemas de contabilidade de custos tradicionais que foram conceptualmente estruturados para modelos de

produção em massa. Os sistemas de custeio ditos tradicionais, quando aplicados em ambientes modernos de produção, necessitam de se adequar aos conceitos da produção *Lean*, incorporando melhorias na forma de aplicação do processo de custeio tirando partido e ajustando-se às informações provenientes do processo produtivo.

Considerando Maskell e Kennedy (2007) que elencam seis desvantagens do sistema de contabilidade de custos tradicional em relação à transformação *Lean* podemos destacar estes problemas da não utilização do *Lean accounting* em ambientes de produção *Lean*:

**Medições desadequadas**, correspondem a medidas tomadas de forma errada baseadas numa distorção da realidade, geralmente aplicadas com o intuito de aumentar a eficiência do trabalho, melhor utilização das máquinas e excesso de inventário.

**Custos mal calculados**, refere-se, na sua essência, ao cálculo do custo dos produtos através do custeio padrão (utilizado em muitos casos).

**Tomada de decisão baseada no custeio tradicional**, faz referência a tomadas de decisões baseadas no custeio por absorção, que conduzem a várias hipóteses errôneas para a alocação e cálculo dos custos.

**Informações incompreensíveis**, diz respeito à falta de informações claras e relevantes nos relatórios de custos e de resultados provenientes do sistema de contabilidade de custos tradicional.

**Sistemas complexos**, sistemas criados para lidar com a excessiva recolha de informações e dados detalhados, o que ocorre pela onerosa exigência de controlo entre os custos reais e os custos padrão.

**O foco no valor do cliente**, em vez de entender o que é efetivamente valor para o cliente, nos sistemas tradicionais o foco está no custo do produto.

A partir destes motivos Maskell e Kennedy (2007) apresentam argumentos que tornam o sistema de contabilidade custos tradicional inadequado perante a nova filosofia e modelo de produção *Lean*, sendo necessárias mudanças e uma adequação da contabilidade de custos para atender esta nova realidade.

Um primeiro passo para esta mudança é a sugestão de uma nova abordagem como alternativa ao sistema de contabilidade de custos tradicional. O novo modelo deveria atender às exigências do *Lean accounting*, com informações claras e visíveis dos fluxos de valor da empresa, incorporando todas as atividades que acrescentem ou não valor a um produto ou serviço (Cooper & Maskell, 2008).

Para atender e conduzir a transição da contabilidade tradicional para o *Lean accounting* surgiu o *Value Stream Costing* (VSC), com a função principal de fornecer aos gestores informações quanto

ao desempenho financeiro do fluxo de valor e das diversas melhorias aplicadas no processo (Cooper & Maskell, 2008).

De uma maneira geral, pode dizer-se que o *Lean accounting* busca através das práticas *Lean* reduzir os desperdícios presentes nas atividades contabilísticas tradicionais e além disto propõe melhorar o processo de atribuição de custos dos sistemas produtivos suprindo a carência observada no custeio tradicional.

Neste sentido o *Lean accounting* sugere uma nova abordagem chamada de *Value Stream Costing*, que busca realizar o custeio através de fluxos de valor, sendo apresentados detalhes a seguir.

#### 4.3 VALUE STREAM COSTING

O *Value Stream Costing* (VSC) propõe, basicamente, atribuir custos aos fluxos de valor ao invés de o fazer aos produtos, serviços ou departamentos (Gracanin et al., 2014; Maskell & Baggaley, 2004). Pode dizer-se que o VSC é um sistema que organiza os custos de acordo com os fluxos de criação de valor, sendo capaz de fornecer informações fundamentais ao nível de gestão interna de custos para empresas *Lean* (McVay, Kennedy, & Fullerton, 2013).

Para utilizar o VSC é necessário organizar os custos dos recursos em torno dos fluxos de valor existentes na empresa (Gracanin et al., 2014; McVay et al., 2013). Stenzel (2007) ilustra-o exibindo os custos típicos que compõem o fluxo de valor de um processo (Figura 26).

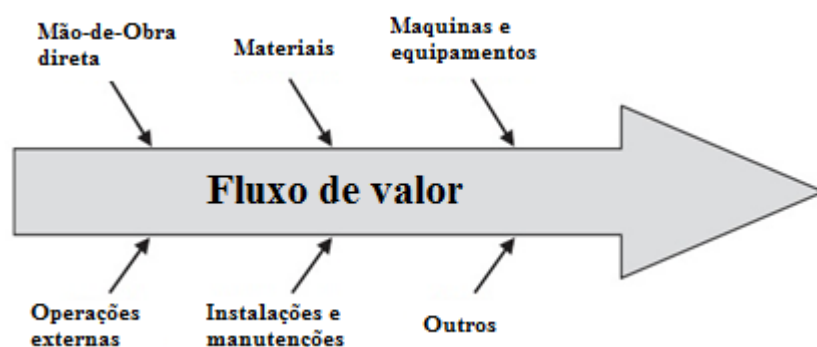


Figura 26 – Custos ligados ao fluxo de valor de um processo (adaptado de Stenzel, 2007, p. 159)

Hansen et al. (2009) propõe uma outra forma de organização dos custos típicos dos recursos, conforme se pode observar na Figura 27.

Independentemente da forma de organização dos custos e dos recursos associados aos processos, é possível observar na Figura 26 e na Figura 27 que o método não faz distinção entre custos diretos e indiretos. Todos os custos que estão direcionados ao fluxo de valor de um processo são

considerados diretos (desse processo). Os custos que não sejam associáveis ao processo não são incluídos no fluxo de valor desse processo.

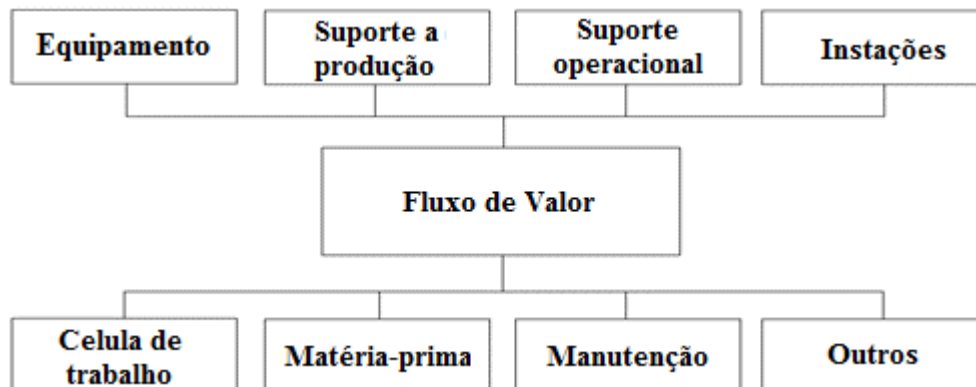


Figura 27 – *Value Stream Costing* (adaptado de Hansen et al., 2009, p. 572)

Além da forma de organização dos custos e da não distinção dos custos em diretos e indiretos, outras duas características diferenciam o VSC dos outros métodos de custeio quanto à sua aplicação:

- O método só se aplica a empresas que estão a operar em regime *Lean*, ou seja, em empresas que executam as suas operações de produção de acordo com os princípios da produção *Lean* e onde é possível aplicar o *Lean accounting*.
- O VSC usualmente é calculado semanalmente e considera todos os custos da cadeia de valor, transformando-os em informações financeiras, resumidas, para cada fluxo de valor, o que é extremamente diferente da forma como é executado o custeio no modelo tradicional (Arbulo-Lopez et al., 2013; Debusk, 2012; Maskell & Baggaley, 2004; Stenzel, 2007).

#### **4.3.1 Elaboração e aplicação do *Value Stream Costing***

A elaboração do *Value Stream Costing* (VSC) consiste primeiramente em obter informações a partir do mapeamento do fluxo de valor. O mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping - VSM*) é uma ferramenta utilizada para realizar o mapeamento do fluxo de materiais e informação em processos produtivos (Gracanin et al., 2014; Rother & Shook, 2009).

A partir dos dados recolhidos pelo VSM é possível dar início à identificação do fluxo de materiais e alocação de recursos nos quais irá aplicar-se o custeio do fluxo de valor do processo (Stenzel, 2007).

O processo de aplicação do VSC utiliza o fluxo de materiais disponibilizado pelo VSM para identificar os produtos que fluem através do fluxo de valor e, com base neste mapeamento,

identifica as pessoas, equipamentos e espaços que são utilizados em cada fluxo de valor. A partir destas informações os custos reais de cada fluxo de valor podem ser calculados (Hansen et al., 2009; Maskell & Baggaley, 2004).

A realização do custeio pelo VSC depende do conhecimento dos custos típicos atribuídos ao sistema. Custos já mencionados e ilustrados na Figura 26 e na Figura 27 são definidos como:

**Custo da mão-de-obra do fluxo de valor (*Value stream labor cost*)**, custo obtido diretamente da folha de pagamentos, não havendo distinção entre trabalho "direto" e "indireto", nem entre as atividades específicas executadas por funcionários (Stenzel, 2007). O modelo quantifica o custo das pessoas que estão diretamente ligadas ao fluxo de valor em causa, independentemente de serem ou não trabalhadores diretos ou pessoas que apoiam o processo (Maskell & Baggaley, 2004). A sua inclusão ou exclusão baseia-se no facto funcionário contribuir ou não para o fluxo de valor (Wang & Yuan, 2009).

**Custo dos materiais do fluxo de valor (*Value stream material cost*)**, este custo é calculado a partir da quantidade real de material utilizado para a execução da produção associada ao fluxo de valor durante um determinado período de operação (geralmente analisado por semana). O custo do material utilizado pelo fluxo de valor em questão pode ser obtido diretamente através do valor de aquisição do material ou através do custo do inventário de matérias-primas (Gracanin et al., 2014; Kennedy et al., 2006).

**Custo com máquinas e equipamentos do fluxo de valor (*Value stream machine and equipments cost*)**, custo com a depreciação das máquinas, custos com peças de reposição, reparações e consumíveis (Maskell & Baggaley, 2004).

**Custo com operações externas relacionadas com o fluxo de valor (*Value stream outside processing cost*)**, custos com prestadores de serviços ou operações executadas por terceiros, que são calculados a partir das saídas de caixa nas contas a pagar (Stenzel, 2007).

**Custo das instalações associadas ao fluxo de valor (*Value stream facility cost*)**, custos reais, como aluguer, reparações, manutenção e serviços nas instalações. Geralmente este tipo de custos é atribuído ao fluxo de valor com base na área das instalações utilizadas (Maskell & Baggaley, 2004).

**Outros custos do fluxo de valor (*Value stream other costs*)**, custos relacionados com peças de reposição, reparações, suprimentos consumíveis, etc. Geralmente este tipo de custo é atribuído ao fluxo de valor usando um processo de alocação simples ou direta ao processo inerente ao fluxo de valor em causa (Stenzel, 2007).

### 4.3.2 Apresentação do Value Stream Costing

A apresentação do *Value Stream Costing* (VSC) é feita em formato de tabelas, no entanto, na literatura recente é possível encontrar uma gama extensa de exemplos de aplicação e uso a partir de representações visuais do método. Uma das representações mais ilustrativas que procura dar destaque ao conceito do VSC é apresentada por Malta e Cunha (2011) onde os autores fazem um esboço do VSC em forma de seta, representando o sentido do fluxo de valor (Figura 28). Todavia, a forma mais comum, como já mencionado, são as tabelas com a simples exposição dos custos típicos, dos fluxos de valor das operações e dos valores correspondentes.

		Vendas	PCP	Design	Compras	Eng.	Armazém	Montagem	Qualid.	Saída	Fatur. P.	Receb.
<b>VSC</b>		<b>Fluxo de Valor</b>										
<b>Custos diretos</b>	Mão-de-Obra	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Indiretos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Depreciação	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Materiais							x				
	Instalações	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Figura 28 – Aplicação dos custos no VSC (adaptado de Malta & Cunha, 2011, p. 238)

Em relação ao arranjo e apresentação das informações de custos referidas pelo VSC, não existe uma regra específica, nos exemplos (Tabela 2 e Tabela 3) apresentados por Haskin (2010) e Arbulo-Lopez et al. (2013) encontram-se diferentes formas de arranjo e apresentação das informações pelo VSC, reforçando a afirmação anteriormente exposta.

Tabela 2 – Demonstração dos resultados no VSC (adaptado de Haskin, 2010, p. 93)

	<b>Fluxo de valor 1</b>	<b>Fluxo de valor 2</b>	<b>Custos de suporte</b>	<b>Total</b>
Vendas	\$60.000,00	\$40.000,00		\$100.000,00
Custo com Materiais	\$20.000,00	\$15.000,00		\$35.000,00
Custos com o Pessoal	\$9.000,00	\$8.000,00	\$5.000,00	\$22.000,00
Custo com máquinas	\$10.000,00	\$5.000,00		\$15.000,00
Custo de ocupação	\$6.000,00	\$4.000,00	\$5.000,00	\$15.000,00
Outros Custos do fluxo de valor	\$1.000,00	\$1.000,00		\$2.000,00
Lucro - fluxo de valor	\$14.000,00	\$7.000,00	\$-10.000,00	\$11.000,00
Redução do Inventário				\$3.000,00
Lucro				\$14.000,00
Custos gerais da empresa				\$-12.000,00
<b>Receita operacional líquida</b>				<b>\$2.000,00</b>

A Tabela 2, apresenta o exemplo exposto por Haskin (2010), em que, tem-se o arranjo das informações para uma demonstração de resultados no contexto do VSC, onde faz parte deste



arranjo diferenciar os custos e receitas relacionados com os dois fluxos de valor e além destes, os custos de suporte.

Os custos de suporte, correspondem aos custos das atividades que oferecem suporte aos fluxos de valor, neste sentido, são considerados como custo de suporte, os custos indiretos e despesas administrativas não alocados ao fluxo de valor (Debusk, 2012), uma vez que no VSC são alocados somente os custos incorridos no fluxo. Nota-se, portanto, que a forma de custeio adotado pelo VSC difere do custeio tradicional, visto que, no custeio tradicional todos os custos indiretos são alocados aos produtos.

Analisando o resultado operacional líquido apresentado pelo VSC (Tabela 2), constata-se que este resultado corresponde ao total de Lucro obtido pelos fluxos de valor, subtraindo-lhe os custos decorrentes do suporte, adicionando-lhe os ganhos (neste caso) relacionados com a redução de inventário e deduzidos os custos gerais da empresa ou corporação.

No que diz respeito ao inventário, no VSC, este é colocado separadamente dos fluxos de valor como apresentado pela Tabela 2, o que permite que sejam feitas análises de lucro diferentes da abordagem tradicional, mas sem que seja necessário realizar alterações ao nível do inventário conforme praticado na contabilidade de custos tradicional.

No exemplo (Tabela 3) exposto por Arbulo-Lopez et al. (2013), o arranjo das informações é realizado através dos custos envolvidos pelas etapas do processo produtivo diferentemente do exemplo apresentado por Haskin (2010) (Tabela 2).

Tabela 3 – Aplicação do *Value Stream Costing* (adaptado de Arbulo-Lopez et al., 2013, p. 658)

<b>VSC para terminal POS processo de montagem</b>	<b>Custo do Material</b>	<b>Custo fora da fábrica</b>	<b>Custo da mão de obra</b>	<b>Custo depreciação máquinas</b>	<b>Outros Custos</b>	<b>Custo total</b>
Serviços ao Cliente						
Compras						
LPC (ALP +ALC)	\$ 1.650,00		\$ 4.000,00		\$ 357,50	\$ 6.007,50
EM (operações 30-33)	\$ 4.537,50		\$ 4.000,00		\$ 429,70	\$ 8.967,20
EM (operações 34)			\$ 4.000,00		\$ 653,15	\$ 4.653,15
EM (operações 35-37)	\$ 2.475,00		\$ 4.000,00	\$ 2.000,00	\$ 1.329,20	\$ 9.804,20
EM (operações 38-41)			\$ 4.000,00		\$ 982,00	\$ 4.982,00
TM			\$ 4.000,00			\$ 4.000,00
CCM			\$ 4.000,00	\$ 2.000,00		\$ 6.000,00
PA			\$ 4.000,00			\$ 4.000,00
Outros departamentos						
	\$ 8.662,50		\$ 32.000,00	\$ 4.000,00	\$ 3.751,55	\$ 48.414,05

A Tabela 3, portanto, apresenta outra forma de representação das informações do VSC, neste caso correspondem ao VSC para as etapas do processo de produção de um terminal de ponto de venda

(POS), em que as siglas LPC, ALP, ALC, EM, TM, CCM e PA referem-se a códigos atribuídos a etapas no processo de produção, em que os custos com material, de fábrica, mão-de-obra, depreciação das máquinas e outros custos são atribuídos ao fluxo de valor.

Por fim, a representação *Box score* (Tabela 4), que corresponde a uma tabela contendo informações apresentadas com uma linguagem de interpretação fácil, envolvendo relatórios semanais de desempenho do fluxo de valor exibindo os efeitos das melhorias decorrentes de ações *Lean* e planeamento de ações estratégicas para o processo produtivo (Maskell & Baggaley, 2004).

Tabela 4 – Exemplo de *Box score* (adaptado de Kennedy, Maskell, Brewer, Cokins, & Cunningham, 2014, p. 19)

<b>Categoria</b>		<b>Estado atual</b>	<b>Estado futuro a curto prazo</b>
Operacional	Produtividade por pessoa (unidade por pessoa)	466	466
	Pontualidade de embarques (%)	92%	98%
	Tempo de entrega ( <i>Lead time</i> em dias)	15	10
	Qualidade ( <i>First time through</i> - %)	65%	82%
	Custo médio	\$ 117,32	\$ 115,23
	Contas a receber (em dias)	42	42
Capacidade	Capacidade Produtiva	24%	24%
	Capacidade Não-Produtiva	63%	44%
	Capacidade utilizada	13%	32%
Financeira	Receita	\$ 2.708,333	\$ 2.708,33
	Custo com materiais	\$ 1.040,000	\$ 1.019,200
	Custo de transformação	\$ 763,631	\$ 752,176
	Lucro	\$ 904,703	\$ 936,957
	Margem das vendas (%)	33%	35%

O *Box score* (Tabela 4) é uma novidade apresentada pelo VSC, já que os demais métodos de custeio ditos tradicionais não se estendem para as informações relacionadas com o processo produtivo. Neste sentido, o *Box score* apresenta informações sobre o desempenho do processo referente aos fluxos nele contidos, dividindo-se em três categorias: medidas operacionais, medidas de capacidade - e medidas financeiras. Desta forma, o VSC permite que seja avaliado o desempenho do processo produtivo no estado atual e futuro, comparando assim parâmetros importantes.

#### **4.3.3 Aplicação do Value Stream Costing**

Para aplicação do *Value Stream Costing* (VSC) é necessário recolher os dados referentes aos fluxos de valor e custos correspondentes. De seguida, é necessário calcular os custos para cada fluxo de

valor que, em resumo, representam os lucros e as perdas do fluxo de valor em análise (Debusk, 2012).

O método de custeio VSC é mais simples que a abordagem utilizada no sistema de custo tradicional (e.g. usando-se custos padrão). Isto, porque a atribuição dos custos através do fluxo de valor dispensa a absorção dos custos indiretos de produção (Debusk, 2012; Kennedy & Brewer, 2006; Maskell & Baggaley, 2004).

A aplicação, portanto, ao diferir do sistema de custos tradicional busca associar no VSC os custos incorridos no fluxo de valor, atribuindo a este somente os custos utilizados no fluxo, como: custos de pessoal, máquinas, materiais, manutenção, equipamentos e outros existentes no processo produtivo, mas que fazem parte apenas do fluxo em análise. A Tabela 5 apresenta um exemplo demonstrado por Debusk (2012), em que se retrata a maneira como é realizada a atribuição dos custos no VSC e o resultado de lucros e perdas.

Tabela 5 – Aplicação do *Value Stream Costing* (adaptado de Debusk, 2012, p. 39)

	<b>Fluxo de valor 1</b>	<b>Fluxo de valor 2</b>	<b>Custos de suporte</b>	<b>Total da unidade de Negócios</b>
Receita	\$ 600.000,00	\$ 400.000,00		\$ 1.000.000,00
Custos				
Compras	\$ 150.000,00	\$ 50.000,00		\$ 200.000,00
Custos com o Pessoal	\$ 75.000,00	\$ 50.000,00	\$ 100.000,00	\$ 225.000,00
Margem	\$ 15.000,00	\$ 10.000,00	\$ 20.000,00	\$ 45.000,00
Fornecedores	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00	\$ 20.000,00
Depreciação	\$ 80.000,00	\$ 50.000,00	\$ 20.000,00	\$ 150.000,00
Custo com instalações	\$ 70.000,00	\$ 30.000,00	\$ 50.000,00	\$ 150.000,00
Outros	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00	\$ 50.000,00	\$ 60.000,00
<b>Total Custos</b>	\$ 400.000,00	\$ 200.000,00	\$ 250.000,00	\$ 850.000,00
Percentagem de vendas	66,66%	50,00%		85,00%
Inventário (aumento) redução			\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
<b>Total de custos</b>	\$ 400.000,00	\$ 200.000,00	\$ 350.000,00	\$ 950.000,00
Resultado operacional	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	(\$350.000,00)	\$ 50.000,00
Retorno das vendas	33,33%	50,00%		5,00%

O exemplo apresentado pela Tabela 5 refere-se à aplicação do VSC numa unidade de negócios em que são apresentados dois fluxos de valor. O custeio de cada fluxo de valor é feito de forma independente atribuindo os custos incorridos em cada fluxo, em separado, são atribuídos os custos

referente aos recursos de suporte do processo (já referidos anteriormente com sendo os custos indiretos e as despesas administrativas não alocados aos fluxos de valor).

Além destes custos (custos por fluxo de valor e custos de suporte) encontram-se os custos do inventário (estoque), que, no caso do VSC encontra-se excluídos dos custos dos fluxos, uma vez que esse inventário é capital investido em materiais contabilizado como dizendo respeito ao negócio global e estratégia da empresa e não diretamente aos processos inerentes a cada fluxo de valor.

Neste sentido, considera-se que a empresa consome materiais do seu inventário a partir da produção de produtos, podendo, portanto, este inventário sofrer aumento ou redução do seu valor (custos) conforme o volume de negócios da empresa.

Por fim o resultado operacional do VSC, para o exemplo referido pela Tabela 5, resulta da receita total deduzido dos custos ocorridos: custos associados aos fluxos de valor, custos de suporte e custos do inventário (podendo este ser adicionados ou subtraídos dependendo se o inventário aumenta ou diminui).

Portanto, conforme observado nos exemplos referidos anteriormente (Tabela 2; Tabela 3; Tabela 4 e Tabela 5) o VSC apresenta-se como um método de custeio que oferece uma compreensão simples, fácil e rápida das informações financeiras, podendo atuar como ferramenta de controlo e comunicação das operações contabilísticas dentro da empresa, fornecendo relatórios internos para análise e suporte da tomada de decisão.

#### 4.4 SÍNTESE CONCLUSIVA

A adoção, por parte das empresas, do modelo de produção *Lean* implicou alterações significativas nos sistemas de contabilidade de custos sendo a principal, a criação de novos sistemas de custeio que se adequaram à nova realidade. O *Lean accounting* surgiu dessas mudanças e os seus princípios e ferramentas estão diretamente relacionados com os aspetos fundamentais do pensamento *Lean* tais como: a gestão visual, a gestão de fluxo de valor e a melhoria contínua.

As vantagens resultantes da mudança do sistema de custeio tradicional com a adoção da contabilidade enxuta (*Lean accounting*) são observadas, em suma, pela redução de transações e controlo contabilístico considerados desperdícios, identificação de benefícios financeiros provenientes das práticas *Lean*, medição e comunicação eficiente das informações financeiras, operacionais e de capacidade da empresa.

O *Lean accounting* deve ser aplicado preferencialmente em empresas *Lean*. Uma vez adotado pelas empresas *Lean*, o *Lean accounting* proporciona dados mais consistentes para a tomada de decisão, oferecendo facilidade e transparência na aquisição de informações, mediante relatórios simples, mais facilmente compreendidos por todos os colaboradores na empresa.

Maskell, Baggaley, & Grasso (2011) explica que a aplicação do *Lean accounting* em empresas *Lean* obedece a uma transição gradual e ordenada que inicia primeiramente pela adoção do pensamento *Lean* pelo setor contabilístico atingindo sua plenitude com a transformação dos processos contabilísticos e financeiros de maneira que forneça dados mais consistentes, facilmente compreendidos e adequado ao uso em empresas *Lean* maduras.

O sistema VSC apresenta-se como uma alternativa aos métodos de custeio tradicionais existentes que se mostraram pouco eficientes quando utilizados em empresas de produção *Lean*. O que se pode observar neste sistema de custeio é a forma de alocação dos custos e a facilidade em se obter visualmente as informações através do fluxo de valor, o que o torna um sistema eficiente e reforça uma das características provenientes da filosofia *Lean*, correspondente a gestão visual, uma vez que se pode facilmente identificar os custos atrelados ao fluxo.

O VSC sugere que o custeio do produto seja realizado partindo dos custos dos recursos que contribuem diretamente para os produtos associados a cada fluxo de valor e não os distribuindo pelos centros de custos ou departamentos. Além desta característica, o sistema apoia-se em medidas operacionais para destacar o impacto das mudanças operados no fluxo de valor que afetam em última instância a lucratividade da empresa.

Como o sistema foi criado para atender às mudanças preconizadas pelo *Lean accounting* uma das particularidades bem evidentes é a capacidade de transmitir informações de forma prática e fácil. Por exemplo, através do *Box score* (Tabela 4), no qual, procura-se transmitir três tipos de informação relevantes para a gestão das operações industriais no âmbito: operacional, produtivo (capacidade) e financeiro.

O *Lean accounting* e o VSC oferecem uma nova forma de visualizar o processo produtivo e o custo do produto. A sua adoção eleva o processo de contabilidade ao nível de interpretação dos fatores que afetam a velocidade e a eficiência do fluxo de valor, como: (i) produtividade por pessoa, (ii) pontualidade de embarques, (iii) tempo de entrega, (iv) custo médio, (v) contas a receber, (vi) capacidade produtiva, (vii) capacidade não produtiva, (viii) capacidade utilizada, (ix) receita, (x) custo com materiais, (xi) custo de transformação, (xii) lucro e (xiii) margem de vendas.

A compreensão destes fatores através do *Lean accounting* transmite a relevância das informações operacionais, financeiras e produtivas, que se traduzem em custos e lucro para empresa.

Em termos de publicações, destacam-se Maskell & Baggaley (2004), Kennedy & Huntzinger (2005); Kennedy et al. (2014) e Debusk (2012) as mais significativas, no âmbito do conhecimento geral, referindo-se a conceitos, características e aplicação do *Lean accounting* e VSC.

A publicação de Maskell & Baggaley (2004), refere-se a apresentação do *Lean accounting* dando ênfase aos princípios, práticas e ferramentas que faz deste sistema uma abordagem não convencional em referência ao sistema tradicional de custos.

Os autores buscam apresentar as características de cada princípio (referidos anteriormente na secção 4.2) e quais práticas e ferramentas devem ser adotadas para se estabelecer o *Lean accounting*.

Já, Kennedy & Huntzinger (2005) referem-se às dificuldades e à falta de compatibilidade dos métodos tradicionais de custeio em obter as informações de custos relacionadas às atividades exercidas no processo produtivo, apresentado o *Lean accounting* como um sistema prático que oferece suporte contabilístico por intermédio do método VSC e *Box score* apontando os custos referentes aos dados operacionais de todo processo produtivo.

Quanto a, Kennedy et al. (2014) e Debusk (2012), as publicações apresentam a integração dos sistemas contabilísticos às práticas provenientes do pensamento *Lean*, proporcionando o melhor desempenho contabilístico das empresas nos ambientes modernos de produção através da gestão do *Lean Accounting*.

Constata-se também que as publicações de Maskell & Baggaley (2004), Kennedy & Huntzinger (2005); Kennedy et al. (2014) e Debusk (2012) procuram demonstrar as principais vantagens da adoção das práticas *Lean* aplicadas ao custeio e à gestão de custos, dando ênfase à falta de adequação da contabilidade de custos tradicional em empresas *Lean*.

Publicações mais recente como as de Moghadam, Amiri, & Shasavand (2016), Luo & Brozovsky (2013), Ofileanu (2015), Brosnahan (2008), Maynard (2008), pouco se referem ao processo de adequação dos sistemas contábeis aos princípios do *Lean accounting*, neste sentido, apenas se referem a *Lean accounting* como um sistema em pleno uso e focam em apresentar as vantagens da aplicação do método de custeio VSC .

No que diz respeito às dificuldades relacionadas ao adotar o *Lean accounting*, Bargerstock & Shi, (2016), Maskell & Katko (2015), Maskell & Baggaley (2004) apresentam algumas, enfatizando a necessidade prévia de práticas e filosofia *Lean* na empresa, a necessidade de sintetizar processos

e relatórios financeiros, a limitada precisão nas informações de custos por tratar todos os custos de forma igualitária e a adequação dos processos contabilísticos aos indicadores desempenho do processo produtivos.

Sobre a aplicação do VSC merecem destaque Gracanin, Buchmeister, & Lalic (2014), Arbulo-Lopez et al. (2013) e Myrelid & Olhager (2015), fornecendo no âmbito prático exemplos baseados em estudos de caso em ambiente *Lean*, apresentando as suas vantagens e desvantagens.

Gracanin, Buchmeister, & Lalic (2014), por exemplo, propõem a utilização em conjunto do *cost-time profile* em conjunto com VSC, enfatizando a eficácia do VSC em tratar os custos a partir de fluxo de valor eliminando a necessidade de alocação dos custos indiretos. No entanto, argumentam que tanto o VSC quanto o *cost-time profile* são instrumentos que não foram amplamente aceitos necessitando ainda de disseminação e reconhecimento da sua importância.

Para, Arbulo-Lopez et al. (2013), a aplicação do sistema VSC em empresas *Lean* apresenta melhores resultados que o sistema de custeio tradicional, uma vez que o custeio tradicional torna-se deficiente nestas circunstâncias.

Neste sentido, Arbulo-Lopez et al. (2013) expõem que os resultados apresentados pelo VSC são mais precisos que os resultados apontados pelo custeio tradicional, porque o primeiro adota uma abordagem baseada em dados provenientes das ferramentas *Value Stream Mapping* e *Box score*. Estas abordagens segundo Arbulo-Lopez et al. (2013) colaboram com a compreensão do sistema produtivo fornecendo informações do processo que levam atribuir os custos com o consumo das atividades pelos recursos de maneira mais adequado.

No entanto, há ressalvas quanto a aplicação do VSC. Arbulo-Lopez et al. (2013), explicam, que o sistema de custeio VSC não se mostrou eficaz em empresas de produção tradicional (produção empurrada), sendo, portanto, fundamental que a empresa opere sob a filosofia *Lean*, seguindo, portanto, os princípios da produção *Lean*.

Myrelid & Olhager (2015) apresentam um comparativo entre os métodos VSC e *Throughput accounting*, apontando as divergências entre as abordagens, dando ênfase principalmente a tomada de decisão a partir de informações de custo do inventário para curto, médio e longo prazo. Neste sentido, Myrelid & Olhager (2015), expõem que o *Throughput accounting* parece limitar-se apenas a informações de curto prazo, enquanto que, o VSC mostra-se melhor para tratar o custo do inventário numa perspectiva de curto, médio e longo prazo.

Outro dado bem difundido dentre as publicações e referido Myrelid & Olhager (2015) diz respeito a capacidade limitada de aplicação do VSC, em que, se restringe apenas as empresas estruturadas

sob o sistema de produção *Lean* tornando o método de custeio restrito a um determinado grupo de empresas apenas.

De maneira geral, pode concluir-se que o *Lean accounting* e o *Value-Stream Costing* são alternativas recentes à contabilidade de custos tradicional e particularmente aos sistemas de custeio padrão e de custeio por absorção, buscando atender os processos produtivos atuais que estão baseados na filosofia e na produção *Lean*, necessitando de uma melhor difusão e utilização para a sua efetiva disseminação.



## 5. MÉTODOS DE CUSTEIO EM AMBIENTES DE PRODUÇÃO

### 5.1 INTRODUÇÃO

Os métodos de custeio são apresentados na literatura como instrumentos utilizados para se atribuir os custos dos recursos (e.g. materiais diretos, mão de obra direta e custos indiretos de fabricação) aos produtos, serviços ou projetos (Blocher, Stout, & Cokins, 2010).

Os métodos de custeio geralmente são baseados em três características: (i) método de acumulação dos custos, referente ao custo do trabalho, custo do processo ou custo conjunto, (ii) método de medição dos custos, se medido através dos custos real, normal ou padrão e (iii) método de atribuição das despesas gerais, se baseado no volume ou nas atividades (Blocher et al., 2010; Meglione, 2012).

A escolha do tipo de método de custos vai depender das informações que se buscar obter com a gestão dos custos, o tipo de indústria, produtos manufaturados e serviços ofertados (Zanievicz, Beuren, Almeida dos Santos, & Roberto Kloeppe, 2013).

Os métodos de custeio mais atuais propõem-se como uma alternativa aos sistemas de custeio tradicionais, sobretudo em ambientes modernos de produção, como é o caso do VSC, Custeio Baseado em Atividades, *Time-Driven Activity-Based Costing*, *Throughput Accounting*, *Backflush Costing*, *Target Costing* e *Kaizen Costing*.

De seguida são apresentados os métodos de custeio que foram alicerces de conhecimento para investigação desenvolvida na conceção do modelo proposto nesta tese.

### 5.2 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES

O sistema de custeio baseado em atividades (CBA) teve a sua origem na década de oitenta como uma alternativa aos métodos de custeio tradicionais (Arbulo-Lopez et al., 2013), devido à insatisfação com os procedimentos adotados na época, que em ambiente moderno de produção, julga-se não atenderem às expectativas esperadas (Thyssen, Israelsen, & Jørgensen, 2006).

A criação do custeio baseado em atividades deu-se mediante a necessidade de um novo sistema de custeio que pudesse atender às mudanças ocorridas nos processos produtivos, tendo em conta a obsolescência dos sistemas de custeio tradicionais (Afonso, 2002).

O custeio baseado em atividades pode ser considerado uma evolução ou uma alternativa aos sistemas tradicionais de custeio, isto porque enquanto os sistemas tradicionais de custeio focam-se na alocação dos custos para a produção de relatórios financeiros e num controlo de custos

departamentais, o sistema de custeio baseado em atividades tem o seu foco nas atividades e nos recursos utilizados procurando custear as atividades e as operações dos processos (Kaplan & Cooper, 1998).

O conceito por trás da metodologia empregue pelo custeio baseado em atividades preconiza que os produtos consomem atividades, as atividades por sua vez consomem recursos e os recursos geram custos (Abuthakeer et al., 2010; Kaplan & Cooper, 1998). Este princípio define a forma de ação do custeio baseado em atividades que procura atribuir os custos às atividades, com base nos indutores de custo a fim de se obter o consumo real destas atividades em valores monetários (IMA, 2006; Kaplan & Cooper, 1998).

O custeio baseado em atividades foi elaborado conceitualmente com o objetivo de fornecer informações mais precisas para o cálculo do custo do produto, melhorando o custeio do produto (Afonso, 2002; Goebel, Marshall, & Locander, 1998; Martins, 2003). O custeio baseado em atividades mostrou-se igualmente eficaz como ferramenta para análise e tomada de decisões, sendo fortemente utilizado na elaboração do preço do produto, custo do portfólio de produtos, custo da criação e desenvolvimento de novos produtos, etc. (Carli & Canavari, 2013; Drury, 2001; Martins, 2003).

A composição do sistema de custeio baseado em atividades depende, na prática, dos seguintes elementos: recursos, direcionadores ou indutores de custos, atividades, elementos de custo, direcionadores ou indutores de atividades e objetos do custo.

**Recursos** são elementos que são utilizados na execução das atividades tais como: máquinas, materiais e equipamentos (Dierks & Cokins, 2001; Raffish & Turney, 1991).

**Direcionadores de custo** podem ser chamados também de direcionadores primários e secundários ou de primeiro nível e de segundo nível (Afonso, 2002; Atkinson, Kaplan, Matsumura, & Young, 2011; Gunasekaran & Sarhadi, 1998) se servirem, respetivamente, para alocar recursos às atividades ou o custo das atividades aos objetos de custo.

**Direcionadores ou indutores de recurso** permitem distribuir os custos dos recursos pelas atividades.

**Atividades** correspondem aos trabalhos executados dentro de uma empresa ou organização (Raffish & Turney, 1991), podendo estar desagregadas em operações e integradas em processos.

**Elementos de custo** correspondem a uma porção de um recurso consumido por uma atividade (Dierks & Cokins, 2001), o custo de uma atividade resulta da soma dos vários elementos de custo (de diferentes recursos) imputados a essa atividade.

**Direcionadores ou indutores de atividade** correspondem a um fator que reflete o uso de cada atividade e seu custo correspondente pelos objetos de custo. Este fator deve ser uma medida quantitativa e mensurável capaz de alterar o custo de uma atividade (Cokins, 2001; Grunow, Sabadin, Fernandes, & Fassina, 2005; Gunasekaran, 1999).

**Objetos do custo** podem ser interpretado como algo que beneficia do trabalho realizado ou da execução das atividades, como por exemplo: saída de processos internos, clientes externos ou internos, *stakeholders* e produtos (Cokins, 2001). Em resumo, pode dizer-se que o objeto de custo é a finalidade para o qual o trabalho é realizado (Cooper & Kaplan, 1991; IMA, 2006; Kaplan & Cooper, 1998).

### **5.2.1 Apresentação do Custeio Baseado em Atividade**

A apresentação do custeio baseado em atividades (CBA) pode ser retratada através da sua evolução a partir dos modelos de primeira geração, seguido dos modelos *Two-stage* e por fim o modelo bidimensional que introduz o conceito de “gestão baseada nas atividades” complementando a função mais básica de custeio inerente ao ABC. Numa visão geral os modelos podem ser considerados como estágios evolucionários que resultaram no sistema de custeio baseado em atividades utilizado na atualidade.

- Custeio baseado em atividades de primeira geração é o resultado da criação de um sistema de custeio dedicado ao produto, que procura gerir mais adequadamente os custos indiretos e fornecer informações mais precisas sobre o cálculo dos custos dos produtos (Latshaw & Cortese-Danile, 2002).
- O modelo *Two-Stage* destaca o processo de imputação dos custos que se divide em duas etapas, a primeira etapa é dedicada à associação dos recursos às atividades e a segunda, relaciona as atividades com os objetos de custo permitindo a distribuição dos custos aos produtos através dos centros de custo com base no consumo das atividades por cada produto (Afonso, 2002; R. Cooper, 1997a, 1997b; Tsai et al., 2012).
- O modelo bidimensional surgiu da necessidade de se obter mais informações relativas às atividades e não somente cálculos para o apuramento dos custos associados à elaboração dos produtos. Logo, o modelo foi aprimorado para atender a essa necessidade, dando origem a duas dimensões de informação, sendo uma sob a perspectiva de apuramento dos custos e a outra sob a perspectiva do processo (Dierks & Cokins, 2001; Raffish & Turney, 1991). No que diz respeito ao apuramento dos custos pode-se dizer que esta dimensão suporta a recolha de

informações sobre os recursos e atividades associados a cada objeto de custo. Já a perspectiva do processo corresponde à análise das atividades nomeadamente a identificação das atividades de menor valor acrescentado, contribuindo com informações para que se possa melhorar o desempenho das atividades (Turney, 1997).

Este último modelo pode ser observado na Figura 29, onde é possível observar a disposição das informações a respeito dos recursos organizacionais, atividades e objetos de custo na dimensão vertical. Já na dimensão horizontal observam-se os indutores de custo, as atividades e as medidas desempenho.

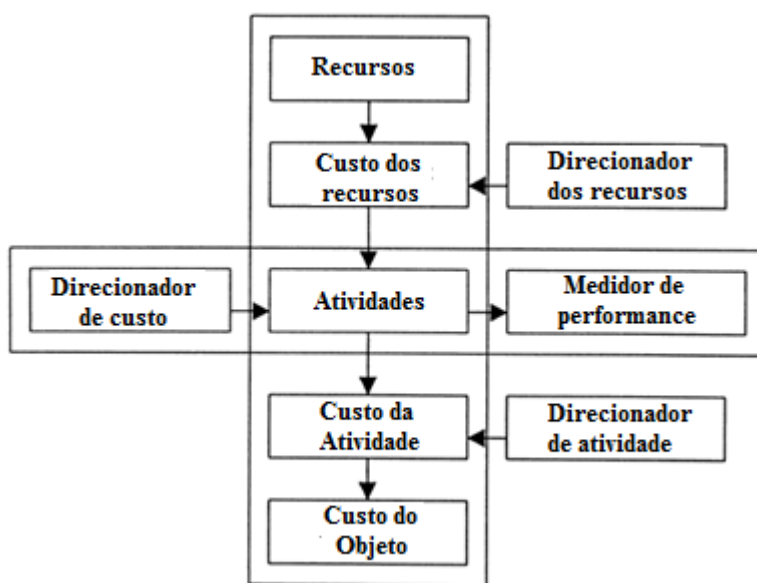


Figura 29 – Custeio baseado em atividades segundo o modelo bidimensional (adaptado de Lee & Kao, 2001, p. 73)

A Figura 29, tem origem no trabalho desenvolvido pelo *Consortium for Advanced Management – International* (CAM-I)<sup>3</sup> e mostra o processo de estruturação do custeio baseado em atividades e da gestão de custos baseada em atividades, com as entradas e as saídas dos recursos, dos direcionadores e atividades.

<sup>3</sup> CAM-I, corresponde a um consórcio internacional de investigação que foi fundado por 80 empresas e consultorias europeias, americanas e japonesas.

### 5.2.2 Aplicações do Custeio Baseado em Atividades

A aplicação prática do custeio baseado em atividades é bem definida na literatura já que existem diversos exemplos que oferecem a compreensão do uso deste método de custeio (Arbulo-López & Fortuny-Santos, 2010; Baxendale, 2001; Drury, 2001).

O sistema custeio baseado em atividades tem como objetivo inicial calcular os custos da atividade. Neste sentido, o custo do produto é o somatório dos custos das atividades que concorrem para a fabricação desse produto.

Portanto, após a identificação das atividades, deve calcular-se o que cada atividade consome em termos de recursos (Özbayrak, Akgün, & Türker, 2004).

Assim Sendo, é necessário atribuir custos às atividades com base nos indutores que, posteriormente, serão distribuídos aos objetos de custo (Kaplan & Cooper, 1998). Os indutores influenciam diretamente na frequência e precisão das informações fornecidas pelo custeio baseado em atividades. No que diz respeito às atividades, os indutores podem assumir três formas: indutor de transação, dedicado a quantificar as atividades quando elas ocorrem; indutor de duração, relacionado com o tempo despendido na execução de uma atividade; indutor de intensidade, referente à intensidade de uso dos recursos sempre que uma atividade é realizada (Drury, 2001; Kaplan & Cooper, 1998; T. Lee & Kao, 2001).

Além destas informações, Kaplan & Cooper (1998) sugerem que, para elaboração do sistema de custeio baseado em atividades deve-se seguir uma série de quatro etapas sequenciais, sendo estas:

- **Desenvolver o dicionário de atividades**, diz respeito à criação de uma base que enumera as atividades importantes realizadas numa unidade de produção.
- **Determinar os gastos associados a cada atividade**, corresponde ao mapeamento dos gastos dos recursos por atividade, utilizando os indutores de custo dos recursos.
- **Identificar produtos, serviços e clientes da organização**, resume-se a conhecer os beneficiários finais das atividades, dando a conhecer as atividades ou processos que acrescentam mais valor.
- **Selecionar o indutor de custo das atividades**, conceito já apresentado anteriormente na pagina 77.

### **5.2.3 As vantagens da aplicação do Custeio Baseado em Atividades**

As vantagens proporcionadas pelo sistema de custeio baseado em atividades em relação aos sistemas de custeio ditos tradicionais giram em torno da entrega de informação mais completa e mais correta sobre o custo dos produtos (Charles & Hansen, 2008; Kee, 2008; Qian & Ben-Arieh, 2008). Particularmente, o sistema de custeio baseado em atividades é apresentado como muito mais preciso que os métodos ditos tradicionais, quando aplicado em ambientes de grande diversidade de produtos, de grande complexidade dos processos e de grande volume de custos indiretos (Afonso, 2002; Askarany, Yazdifar, & Askary, 2010; Ben-Arieh & Qian, 2003).

Outra vantagem neste método de custeio é que para além de oferecer informações mais precisas, o sistema de custeio baseado em atividades oferece às organizações a percepção da relação de causa e efeito entre as atividades e os custos do processo, o que é uma vantagem para as organizações, ao nível da melhoria de desempenho (Askarany et al., 2010; Charles & Hansen, 2008; Tsai, Lai, Tseng, & Chou, 2008).

Pelo que é percebido, o benefício principal encontrado na literatura a respeito do sistema de custeio baseado em atividades está relacionado com a precisão das alocações de custos (Afonso, 2002; Askarany et al., 2010; Drury, 2004; Kaplan & Cooper, 1998).

### **5.2.4 Dificuldades na aplicação do Custeio Baseado em Atividade**

No que consiste às dificuldades encontradas quanto a implantação do custeio baseado em atividade, observa-se que grande parte da literatura relatam o tempo despendido na recolha das informações para a execução do processo de elaboração do custeio baseado em atividades.

A principal dificuldade relatada quanto ao uso do método diz respeito à forma de recolha das informações que podem ser realizadas através de aplicação de pesquisa, entrevista ou observação das atividades dentro do processo. Em muitos dos casos esse tipo de procedimento pode gerar altos custos o que inviabiliza a aplicação do modelo (Drury, 2001, 2004; Geiger & Dilts, 1996).

Outro fator limitativo, além da recolha, é a manipulação e o tratamento das informações. As duas atividades podem tornar-se onerosas visto que a constante atualização dos dados e o armazenamento podem exigir mais dos funcionários (Kaplan & Cooper, 1998).

Alguns autores relatam como dificuldade na aplicação do custeio baseado em atividade, a possibilidade da falta de precisão da taxa dos indutores de custo por uso de informações

estimadas, visto que o cálculo das taxas está apoiado em estimativas subjetivas com base em informações recolhidas ou informações estimadas (Anderson, 1997).

### 5.3 TIME-DRIVEN ACTIVITY-BASED COSTING

O *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDABC) surgiu como uma opção ao sistema de custeio baseado em atividade em razão das limitações apresentadas pelo processo dispendioso de recolha de informações, longos períodos de entrevistas, pesquisas e altos custos na elaboração e aplicação (Demeere, Stouthuysen, & Roodhooft, 2009; Kaplan & Anderson, 2007; Kaplan & Cooper, 1998). Sua origem recorre a meados de 1997 pelas mãos de Steven Anderson e o seu aperfeiçoamento vem logo mais tarde, em 2001, com a colaboração de Robert Kaplan (Bruggeman, Everaert, Anderson, & Levant, 2005). O TDABC passa a ser um sistema de custeio simples que atribui os custos dos recursos diretamente ao objeto de custo, utilizando duas estimativas que facilitam o processo de custeio, eliminando assim a necessidade de recolha de informações e entrevistas pelo sistema de custeio baseado em atividade (Kaplan & Anderson, 2007).

Além destas duas estimativas o TDABC faz uso de equações matemáticas, sendo estas denominadas equações de tempo. A finalidade do uso destas equações é exibir, matematicamente e de forma prática, equações para as atividades complexas dentro da empresa onde hajam grandes variações de processo, atividades e produtos (Saraiva-Júnior, 2010).

#### 5.3.1 Elaboração e aplicação do Time-Driven Activity-Based Costing

De acordo com Oker e Adiguzel (2010), a elaboração do *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDABC) está sustentado em duas estimativas, sendo elas: a taxa de custo da capacidade e o uso da capacidade por transação processada.

O cálculo da taxa de custo da capacidade é o primeiro passo no processo de elaboração do TDABC (Kaplan, 2014). A taxa de custo da capacidade resulta do quociente entre o custo da capacidade fornecida dos recursos (nomeadamente, remuneração da mão de obra, encargos com supervisores, custo de equipamentos, valor de área utilizada, custos com administração) e a capacidade prática dos recursos fornecidos (correspondente à capacidade efetivamente utilizada) (Kaplan & Anderson, 2007).

De acordo com Kaplan & Anderson (2007) a capacidade prática dos recursos fornecidos pode ser atribuída pressupondo uma percentagem da capacidade teórica ou, de maneira analítica,

subtraindo da capacidade teórica o tempo em que os funcionários ou máquinas não estão efetivamente disponíveis para o processo produtivo.

Considera-se capacidade teórica o nível de eficiência máximo de um sistema sem tempo de inatividade, ou seja, o desempenho máximo de um determinado sistema operado em tempo integral.

Portanto, conforme Kaplan & Anderson (2007), a equação para a taxa de custo da capacidade é definida da seguinte forma:

$$\text{Taxa de custo da capacidade} = \frac{\text{Custo da capacidade fornecida}}{\text{Capacidade prática dos recursos fornecidos}} \quad (11)$$

A segunda etapa do processo de elaboração do TDABC é obter o uso da capacidade por transação processada, ou seja, o custo individual de cada atividade processada em função do tempo da atividade. Para isso é necessário medir o tempo de cada atividade através de observação direta ou através de pesquisa (Kaplan, 2014; Saraiva-Júnior, 2010; Sultani, 2009).

Conhecidos os tempos de cada atividade, utiliza-se o tempo como o indutor de custo, sendo desta forma possível identificar os custos individuais de cada objeto de custo com base nos tempos individuais de execução de cada atividade (Kaplan & Anderson, 2007).

No que diz respeito às equações de tempo, estas correspondem a equações matemáticas que traduzem a estimativa de tempo necessário para a execução de um serviço ou produto (Saraiva-Júnior, 2010). As equações podem ser utilizadas para tomada de decisão, servindo de parâmetro para simular a quantidade de tempo gasto se ocorrer aumento da procura, aumento da capacidade, variação de pedidos, entre outros (Santos, Fernandes, Pinheiro, Schmidt, & Leal, 2010; Szychta, 2010).

Kaplan & Anderson (2007) sugerem uma equação de tempo genérica para o cálculo do tempo do processo, definida da seguinte maneira:

$$\text{Tempo do processo} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 \dots + \beta_i X_i \quad (12)$$

Onde:

$\beta_0$  = Tempo padrão básico para a realização da atividade

$\beta_i$  = Tempo adicional associado às atividades adicionais

$X_i$  = Corresponde à quantidade de vezes que a atividade  $i$  foi realizada ou pode ser apresentada como uma variável binária (1, se a atividade foi realizada e 0, se não foi executada)

O desenvolvimento de uma equação de tempo requer o conhecimento da execução das atividades dentro da operação. A sua elaboração consiste em compreender todas as principais variações em



torno das operações executadas, identificando o consumo e os seus indutores a fim de se estimar o tempo padrão para a atividade básica e para cada variação (Kaplan & Anderson, 2007).

A aplicação do TDABC pode ser visualizada no exemplo (Tabela 6 e Tabela 7) exposto por Robert Kaplan e Steve Anderson no livro “*Time-Driven Activity-Based Costing: a simpler and more powerful path to higher profits*” (Kaplan & Anderson, 2007). No exemplo referido a empresa tem um custo de capacidade de \$567.000,00 e uma capacidade prática de 630.000 minutos o que resulta numa taxa de custo da capacidade de \$0,90 centavos por minuto. A empresa realiza serviços dedicados aos clientes e tem três atividades distintas com tempos diferenciados para cada operação, que dão origem a custos por cada transação realizada (Tabela 6).

A Tabela 6 exibe o processo de custeio através do cálculo do custo por transação, onde constam as atividades, a unidade de tempo e o custo por transação obtendo-se, portanto, o custo de cada atividade através do tempo consumido.

Tabela 6 – Cálculo do custo por transação (adaptado de Kaplan & Anderson, 2007, p. 8)

<b>Atividades</b>	<b>Tempo de execução para cada atividade (Minutos)</b>	<b>Custo por transação (Min x \$ 0,90)</b>
Processo de pedido de cliente	8	\$7,20
Pesquisa do cliente	44	\$39,60
Verificação de crédito	50	\$45,00

Os custos de cada atividade (Tabela 6) correspondem ao produto do tempo de execução para cada atividade pela taxa de custo da capacidade (\$0,90 centavos por minuto), resultando no custo por transação, apresentado na coluna à direita da tabela.

Já, o custo total das transações (capacidade utilizada), custo da capacidade não utilizada e o total de custos do processo são apresentados pela tabela 7, em que se aplica o método TDABC a fim de identificar os referidos custos.

Tabela 7 – Aplicando o TDABC no processo (adaptado de Kaplan & Anderson, 2007, p. 9)

<b>Descrição</b>	<b>Tempo para execução da atividade (Minutos)</b>	<b>Quantidade de operações</b>	<b>Tempo total Consumido no processo (Minutos)</b>	<b>Total de custos (Min x \$ 0,90)</b>
Processo de pedido de cliente	8	49000	392000	\$352.800,00
Manuseio de pesquisa do cliente	44	1400	61600	\$55.440,00
Execução de verificação de crédito	50	2500	125000	\$112.500,00
Capacidade utilizada			578600	\$520.740,00
Capacidade não utilizada			51400	\$46.260,00
Total de custo do processo			630000	\$567.000,00

O cálculo do total de custos para de cada atividade (custo total por transação), refere-se em parte ao mesmo procedimento apresentado anteriormente pela Tabela 6. No entanto, adota-se para o cálculo o tempo total consumido no processo por cada atividade ao invés do tempo para execução da atividade. Neste sentido tem-se o produto do tempo total consumido no processo por cada atividade pela taxa de custo da capacidade (\$0,90 cêntimos por minuto).

No que diz respeito ao total de custo do processo (Tabela 7), este corresponde à soma dos custos da capacidade utilizada e não utilizada, em que o custo da capacidade utilizada refere-se ao tempo total consumido no processo pelas as atividades, multiplicado pela taxa de custo da capacidade e o custo da capacidade não utilizada, o tempo restante corresponde a capacidade não utilizada multiplicado pela taxa de custo da capacidade.

### **5.3.2 As vantagens da aplicação do Time-Driven Activity-Based Costing**

Kaplan e Anderson (2007), Demeere et al. (2009) e Stout e Propri (2011) apresentam em suas publicações algumas das vantagens e benefícios da aplicação do *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDABC).

Kaplan e Anderson (2007) enumeram os seguintes benefícios apresentados pelo TDABC, como: (i) baixo custo de manutenção, (ii) facilidade da integração com os demais sistemas utilizados pelas empresas como os sistemas de gestão integrada (*Enterprise resource planning*) e sistemas de relacionamento com clientes, (iv) facilidade na aplicação e acompanhamento mensal, (v) fácil e rápido fornecimento de feedback aos gestores, (vi) disponibilidade de informações precisas e (vii) mensuração da capacidade não utilizada dos recursos.

Demeere et al. (2009) e Stout e Propri (2011) apresentam as equações de tempo como um dos principais benefícios referente à aplicação do TDABC, visto que as equações proporcionam a compreensão do consumo de tempo dos recursos pelas atividades, dando a possibilidade dos gestores avaliarem processos ou operações que consomem mais tempo dos recursos e seus respectivos custos.

### **5.3.3 Dificuldades na aplicação do Time-Driven Activity-Based Costing**

As dificuldades de aplicação do *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDABC) são basicamente as mesmas encontradas nos outros métodos de custeio e são mínimas se comparadas com o custeio baseado em atividade.

Sultani (2009) ilustra que a aplicação do TDABC pode ser dificultada quando se procura estimar os custos mensais, visto que, alguns fatores podem dar origem a grandes variações, como é o caso das discrepâncias entre os gastos e os consumos reais dentro de um determinado período (Szychta, 2010; Tse & Gong, 2009) ou da variação das despesas gerais no mês que podem levar ao aumento ou diminuição dos gastos dentro dos departamentos

Já, Somapa, Cools, & Dullaert (2012) e Tse & Gong (2009) referem-se às possíveis dificuldades enfrentadas na elaboração das equações de tempo, já que estas equações estão baseadas no tempos das operações que fazem partes das atividades, neste sentido as publicações consideram que a incumbência de definir a equação de tempo pode se tornar uma árdua tarefa para a equipa que pode vir a resultar em dificuldades na aplicação do método.

#### 5.4 THROUGHPUT ACCOUNTING

Desenvolvida por Eliyahu Goldratt e Robert Fox (Alsmadi, Almani, & Khan, 2014) a teoria das restrições (*Theory of constraints* - TOC) foi apresentada no livro a Meta de 1984, em forma de romance. A teoria deu origem ao *Throughput Accounting* também conhecida por contabilidade de ganhos, que visa maximizar os ganhos, reduzir o inventário e as despesas operacionais (Cogan, 2011).

A teoria das restrições procura melhorar os resultados das empresas através da identificação e redução das restrições contidas num sistema produtivo (Gupta & Kline, 2008). Um dos seus objetivos é identificar o recursos crítico no sistema produtivo e melhorar a utilização deste recursos para atingir o melhor nível de eficiência produtiva, sendo para isso necessário eliminar as restrições gradativamente (Afonso, 2002).

De acordo com Goldratt e Cox (2014), a utilização da teoria das restrições obedece a cinco etapas: **Identificar as limitações do sistema**, corresponde à identificação das restrições encontradas ao longo do processo produtivo. Nada mais é que a observação do sistema produtivo e o reconhecimento do ponto de estrangulamento (gargalo).

**Explorar as restrições do sistema**, maximizar a utilização do recurso que representa a restrição do sistema, ou seja, fazer com que este recurso produza o mais possível.

**Todas as ações são subordinadas às decisões tomadas no passo anterior**, em que todos os recursos estão subordinados ao recurso crítico. Neste sentido, admiti-se que o controlo da capacidade produtiva está ligado diretamente ao recurso gargalo e este, por sua vez, determina a cadência produtiva da organização como um todo.

**Elevar as restrições do sistema**, corresponde as mudanças que ocorrem corriqueiramente nos sistemas produtivos. Neste sentido pode ocorrer um aumento ou diminuição da capacidade do gargalo, assim como a mudança do recursos crítico para outra parte do sistema.

**Se uma nova restrição aparecer retornar ao passo 1**, regressar ao início dos cinco passos a partir do momento que surge uma nova restrição do processo produtivo. Este ciclo dá-se quando se consegue elevar a capacidade de um gargalo a ponto de este deixar de o ser (o gargalo passa a ser outro).

Em relação ao desempenho económico, a teoria das restrições propõe-se medir o lucro por hora no gargalo (Myrelid & Olhager, 2015). O conceito de *Throughput Accounting* como já mencionado anteriormente recorre a algumas medições para analisar o desempenho em sistemas produtivos, conhecidas como medidas operacionais:

**Ganho ou *Throughput***, contribuição resultante das vendas menos os custos variáveis associados aos materiais diretos, ou seja, é o montante obtido do preço de um produto subtraindo os seus custos totalmente variáveis (Myrelid & Olhager, 2015).

**Inventário**, todo o capital investido na compra de materiais que o sistema pretende beneficiar para vender, ou seja, corresponde a componentes e matéria-prima que são comprados de fornecedores e utilizados na fabricação dos bens (IMA, 1999). Considera-se também inventário os produtos acabados ou semiacabados em *stock* dentro do sistema produtivo (Gupta & Jain, 2013; Myrelid & Olhager, 2015).

**Despesas operacionais**, são todos os recursos que o sistema gasta transformando inventário em ganho. São despesas operacionais as despesas com mão-de-obra direta e indireta, fornecedores externos, depreciação e pagamentos de juros. Todos estes custos são considerados despesas operacionais, pois são responsáveis pela transformação do inventário em ganho (IMA, 1999).

Além destas três medidas de desempenho, duas outras medidas são mencionadas por Myrelid e Olhager (2015), nomeadamente investimento e lucro líquido.

Além destas medidas de desempenho, existem três medidas financeiras que auxiliam os gestores a visualizar o desempenho financeiro do processo, sendo estes o lucro líquido, o retorno sobre o investimento (ROI) e o fluxo de caixa.

**Lucro líquido**, aplicado no *Throughput Accounting* é diferente do lucro líquido contabilístico. Define-se como sendo o ganho menos as despesas operacionais e, neste sentido, esta medida apresenta o lucro que a empresa está gerando (IMA, 1999).

**Retorno sobre o investimento**, diz respeito ao esforço necessário para se alcançar um determinado nível de lucro, sendo definido como a razão entre o lucro líquido e o inventário (IMA, 1999).

**Fluxo de caixa**, corresponde a uma medida de liquidez que ajuda a avaliar a saúde financeira de uma empresa em cada período. Para o *Throughput Accounting*, o fluxo de caixa é considerado um indicador de sobrevivência da empresa, visto que, serve de fonte de informação confiável para avaliar o valor económico agregado da organização (IMA, 1999).

Em síntese, pode dizer-se que o *Throughput Accounting* é composto por um grupo de indicadores que fornecem à equipa de gestores, indicadores de desempenho operacional e financeiro para apoio e consolidação da TOC. O *Throughput Accounting*, utiliza o ganho, o inventário e as despesas operacionais para auxiliar na tomada de decisão substituindo assim os antigos relatórios e análises de gestão baseados nos indicadores de custos e indicadores financeiros tradicionais (IMA, 1999).

## 5.5 BACKFLUSH COSTING

O *Backflush Costing* surge a partir do designado *Just-in-time (JIT) Accounting*, que tem a sua origem na adequação dos métodos de contabilidade de custos ao processo de fabricação JIT.

O *JIT Accounting* sugere uma nova forma de custeio em processos de produção JIT fazendo uso do *Backflush Costing*, que foi desenvolvido para atender os requisitos da fabricação JIT (Grahame, 2006a, 2006b).

O método de custeio *Backflush Costing* consiste basicamente em registar os custos associados à produção de bens ou serviços depois que estes estão realmente concluídos, eliminando o acompanhamento detalhado dos custos ao longo do processo, característica comum dos métodos de custeio tradicionais (Bhimani & Bromwich, 1991; Calvasina, Eugene, & Calvasina, 1989).

Horngrén, Sundem, & Stratton (1999), retratam o *Backflush Costing* como um método de custeio preparado para atuar junto de processos JIT com compromisso de registar os custos dos produtos acabados quando estes são vendidos, tornando o *Backflush Costing* um método livre do processo de contabilização do custo ao longo do processo.

As publicações de Grahame (2006b) e Ward & Graves (2004) apresentam o *Backflush Costing* como um método dedicado ao apuramento dos custos depois de que todos os processos na produção de um produto são concluídos, realizando o registo dos custos com base no inventário utilizado durante o processo de fabricação.

O método de custeio *Backflush Costing*, elimina os registos diários desnecessários a longo do sistema produtivo, comumente utilizados pelos métodos de custeio tradicionais e simplifica o processo contabilístico (Bhimani & Bromwich, 1991; Horngren & Foster, 1987; Ward & Graves, 2004).

## 5.6 TARGET COSTING E KAIZEN COSTING

O *Target* e o *Kaizen Costings* são sistemas de gestão de custos desenvolvidos para atuar na redução dos custos, tanto na fase de desenvolvimento de um produto como na fase de produção.

De acordo com Monden e Hamada (1991), o *Target Costing* corresponde a um sistema que colabora com o processo de redução dos custos na fase de conceção e desenvolvimento de um novo produto, enquanto o *Kaizen Costing* suporta a redução de custos no decorrer da produção dos produtos.

Quando o *Target Costing* e *Kaizen Costing* são aplicados em conjunto constituem um sistema de gestão de custos total que atua em todas as fases do ciclo de vida do produto. A gestão de custos total é considerada como um processo onde estão envolvidas todas as pessoas e todos os departamentos da empresa (Gagne & Discenza, 1995; Hamood, Omar, & Sulaiman, 2011; Monden & Hamada, 1991).

No que diz respeito ao *Target Costing*, em termos gerais, considera-se um sistema de gestão de custos que procura, no processo de planeamento de um novo produto, responder às necessidades e contribuir para a satisfação do cliente e da empresa produtora através de um custo alvo, lucro alvo e preço de venda alvo adequados (Monden & Hamada, 1991). No processo de adequação dos custos de produção para atender ao preço alvo, o *Target Costing* recorre à engenharia de valor que permite comparar os custos teóricos como os custos alcançados (Burrows & Chenhall, 2012; Lee & Monden, 1996).

Monden e Hamada (1991) apresentam algumas características relevantes do *Target Costing* como: (i) utilização na fase de desenvolvimento e conceção, não se aplicando na fase de controlo dos custos durante a produção, (ii) não é um método de custeio tradicional, mas tem antes a intenção primordial de reduzir os custos, (iii) sistema depende da interação, cooperação e colaboração de muitos departamentos para que possa ser executado da melhor forma e (iv) aplicação necessita da utilização da gestão do conhecimento em várias áreas por aplicar-se no desenvolvimento do produto.

Já em relação ao *Kaizen Costing*, considera-se um procedimento que tem como finalidade pequenas melhorias incrementais e contínuas nos custos dos produtos já durante o processo de fabricação. Este procedimento abrange de forma mais ampla o conceito de controlo de custos, procurando investigar, analisar e reduzir os custos na fase de produção (Modarress, Ansari, & Lockwood, 2005; Monden & Hamada, 1991).

O *Kaizen Costing*, na visão de Pereira-Santos (2009) é considerado como um procedimento dedicado a redução e gestão dos custos, em que, são definidos planos para a diminuição dos custos em diversas áreas e setores da empresa.

Para, Modarress et al. (2005), o *Kaizen Costing* está diretamente relacionado a busca pela redução dos custos reais a fim de fabricar um produto abaixo do custo padrão estabelecido previamente pela administração da empresa.

De acordo com Monden e Hamada (1991), o *Kaizen Costing* é um procedimento adotado para reduzir custos no processo produtivo que pode ser aplicado de várias formas nos vários departamentos, de modo a conseguir-se exercer um controlo efetivo sobre os custos fixos e variáveis a fim de conseguir atingir as metas estabelecidas pela gestão de topo da empresa.

## 5.7 SÍNTESE CONCLUSIVA

Os métodos de custeio de acordo com as literaturas examinadas neste capítulo, são técnicas contabilísticas usadas para auxiliar a compreensão quanto à formação dos custos dos produtos e serviços.

A seleção do método a utilizar depende primeiramente de características relacionadas ao tipo de empresa, processo produtivo, produto produzido ou serviço ofertado. Neste sentido, o setor contabilístico buscará dentre os métodos aquele que melhor atenda às características supracitadas, fornecendo informações contabilísticas e financeiras mais precisas a fim de: identificar, classificar e atribuir os custos.

Em se tratando da especificidade de cada método de custeio, buscou-se o exame individualizado de cada um dos métodos apresentados por este capítulo, como, no caso do método de Custeio baseado em atividades. Que, pode ser compreendido como um sistema que encontra nas atividades a fonte para o consumo dos recursos que por sua vez geram custos.

Ao nível de estrutura, o custeio baseado em atividades é um sistema composto pelos seguintes elementos: recursos, indutores de custo, atividades, elementos de custo, indutores de atividades e de recursos e objetos do custo.

As principais publicações sobre o Custeio baseado em atividades, correspondem aos livros de Gary Cokins (Cokins, 2001) e Robert Kaplan e Robin Cooper (Kaplan & Cooper, 1998), em que, apresentam os fundamentos e conceitos na sua forma integral, enfatizando as etapas para a elaboração e aplicação do sistema.

Já para uma análise mais sintetizada do Custeio baseado em atividade, refira-se o IMA (2006) que contribui com uma explicação dos passos para a aplicação do método e expõe os desafios enfrentados para a sua aplicação.

Algumas outras publicações como Innes & Falconer (2002) e Qian & Ben-Arieh (2008) apresentam o Custeio baseado em atividades como um método que auxilia os gestores na otimização de negócios e suporte à tomada de decisão estratégica em áreas que influenciam diretamente o sucesso da empresa.

Neste sentido, Innes & Falconer (2002) e Qian & Ben-Arieh (2008) demonstram as vantagens do custeio baseado em atividades em melhorar a precisão e a relevância das informações de custos, fornecendo informações para a tomada de decisão permitindo um acompanhamento mais detalhado dos custos indiretos.

No que diz respeito à aplicação do Custeio baseado em atividade noutros domínios, como por exemplo a cadeia de abastecimento, podem ser considerados Schulze, Seuring, & Ewering, (2012); Lalonde & Pohlen (1996); Dekker & Goor (2000) e Pohlen & Coleman (2005), em que a ênfase é abordar o processo de custeio na cadeia de abastecimento concentrando-se nas atividades logísticas em conjunto com os custos das empresas.

Quanto às vantagens do método de Custeio baseado em atividades, considera-se particularmente a precisão das informações de custo em relação ao método de custeio por absorção, uma vez que a forma como se realiza a atribuição dos custos baseia-se no consumo de recursos pelas atividades as quais refletem melhor o processo de criação de valor dos processos de produção e de negócio, exigindo rigor na recolha das informações para a sua elaboração. Outras vantagens como: (i) permitir uma melhoria na precisão dos custos do produto, (ii) propiciar um custeio detalhado dos objetos de custo, por ser um método mais adequado de alocação dos custos indiretos, (iii) proporcionar entendimento e monitorização de processos em conjunto com uma estrutura de custos mais transparente, devido a assentar numa metodologia ajustada às operações da empresa e (iv) concentrar-se nas atividades e no processo produtivo fornecendo assim informações relevantes sobre a gestão - ver Ben-Arieh & Qian (2003), Qian & Ben-Arieh (2008), Pike et al. (2011) e Kaplan & Cooper (1998).



Em relação às desvantagens do custeio baseado em atividades, é enfatizado o esforço aplicado na fase de recolha das informações quanto ao consumo das atividades. Esta desvantagem acaba por representar uma limitação do ABC, pois torna o processo de elaboração lento e dispendioso, requerendo em alguns casos recursos adicionais para a sua manutenção, além de requerer constante revisão e atualização aquando da ocorrência de mudanças no processo. Outras desvantagens são apresentadas por Malta & Cunha (2011) e Stout & Propri (2011) sendo estas: (i) custo e o tempo elevado quando aplicado em processos ou serviços complexos originando dificuldades de aplicação, (ii) elevado custo de manutenção e (iii) necessidade de constante recolha de dados e atualização das informações, requerendo carga de trabalho elevada.

Na esfera das publicações mais recentes, o custeio baseado em atividade está a ser aplicado em: (i) logística interna com adaptações ao custeio baseado em atividades tradicional, procurando a melhoria na contabilização dos custos, procurando resolver problemas específicos da aplicação da contabilidade de custos nos serviços (Kujacic, Sarac, Blagojevic, & Vesovic, 2015), (ii) inovação na gestão da contabilidade de custos, fazendo referência a conjugação do custeio baseado em atividades com a análise de investimentos e a tomada de decisão (Feng & Ho, 2016) e (iii) modelos de decisão na área de desenvolvimento sustentável, aplicando o custeio baseado em atividades para o cálculo dos custos de emissão de CO<sub>2</sub> em construções verdes, alocando com maior precisão os custos dos recursos através dos direcionadores mais apropriados.

No que se refere ao método de custeio *Time-Driven Activity-Based Costing* – TDABC (considerado por alguns autores uma evolução do custeio baseado em atividades), constatar-se uma simplificação no processo de elaboração e aplicação do processo de custeio. Neste sentido, o TDABC procura mais facilmente atribuir os custos indiretos e diretos ao processo produtivo através do tempo, utilizando para isso a taxa de custo da capacidade obtida a partir do custo total da capacidade utilizada em relação ao tempo total disponível de produção.

Portanto, o TDABC, basicamente, custeia o processo através da utilização de uma taxa de custo da capacidade. Esta forma de custeio, por ser mais simples, pode ser aplicada com maior rapidez em processos produtivos. Além da simplicidade e rapidez de aplicação o TDABC oferece informações relevantes, incluindo o custo do consumo das atividades baseado no indutor utilizado e o custo da capacidade não utilizada.

Outra particularidade do TDABC corresponde as equações de tempo que podem proporcionar aos utilizadores a vantagem de simular futuras cargas sob o processo produtivo a fim de visualizar a influência dessas cargas sob os custos.

O método tem como referência principal o livro de Robert Kaplan e Steven Anderson (Kaplan & Anderson, 2007) que apresenta os conceitos base e o modo de utilização na aplicação do TDABC. Além disto, o livro traz exemplos de aplicação em casos reais fornecendo mais informações quanto à sua aplicação no mundo real.

Em termos de publicações mais recentes, estas destacam particularidades como a forma de utilização e os diferentes aspetos teóricos e práticos do TDABC, referindo-se por exemplo as publicações de Namazi (2016) e Siguenza-Guzman *et al.* (2013).

No que se refere à análise e à revisão da literatura existente em relação à aplicação, atribuição, vantagens e desvantagens do TDABC, refira-se Siguenza-Guzman *et al.* (2013) com um trabalho de pesquisa que é uma revisão crítica do método nos últimos dez anos, envolvendo a análise de mais de setenta artigos publicados nesse período.

Quanto às vantagens do TDABC, pode dizer-se que a principal se refere à redução drástica do tempo de aplicação quando comparado com os restantes sistemas de custeio existentes. Outras vantagens são elencadas e apresentadas por Kaplan & Anderson, (2007): (i) simplifica o processo de cálculo de custo, (ii) não requer entrevistas dispendiosas e demoradas, (iii) fornece informações relevantes para tomada de decisão, (iv) informa os montantes e valores relativos à eficiência do processo e à capacidade não utilizada de uma empresa, (v) pode ser aplicado em qualquer indústria ou empresa e (vi) é considerado um sistema de fácil manutenção e atualização.

Em termo específicos quanto as desvantagens do uso do TDABC, as publicações de Namazi (2016) e Sarokolaei *et al.* (2013) apresentam a trabalhosa aplicação do método em departamentos com mais de uma atividade, devido ao consumo dos recursos e atividades em diferentes proporções e os erros ocasionais na elaboração das equações de tempo, mediante a ineficiente conceção da equação e imprecisão associada aos dados utilizados para a sua elaboração.

No que se refere a aplicação do TDABC envolvendo estudos de casos, as publicações de, Everaert *et al.* (2008); Hoozée & Bruggeman (2010); Oztaysi, Baysan, & Akpınar (2007); Stout & Propri (2011) buscam apresentar algumas das vantagens do método, retratando os resultados positivos, como fornecimento de dados de custos precisos e eficaz e a influência dos custos de capacidade não utilizada sob a obtenção dos custos das atividades.

Em síntese as publicações afirmam ser o TDABC um método de fácil aplicação e sem restrições nos mais distintos setores. Quanto ao seu uso nas empresas convencionais ou nas empresas *Lean*

conclui-se, com base nas referências analisadas, que este método apresenta menos desvantagens em relação aos demais, considerando as particularidades de cada método de custeio.

Em relação ao exame do método *Throughput Accounting*, este é considerado por grande parte dos autores como um método que utiliza alguns parâmetros novos para a medição de desempenho operacional da empresa com o objetivo de otimização do lucro.

O método teve a sua origem na teoria das restrições (Goldratt, 1990) e, portanto, faz uso dos seus princípios que consistem em identificar as restrições no sistema produtivo e maximizar o lucro da organização. Na prática, a adoção do *Throughput Accounting* auxilia a gestão oferecendo informações para a tomada de decisão, através de indicadores de desempenho operacionais e financeiros, sem ser necessário alocar custos como se faz nos modelos tradicionais.

O *Throughput Accounting* é apresentado nas publicações do IMA (1999), John Freeman (Freeman, 2007), Eliyahu Godratt e Jeff Cox (Goldratt & Cox, 2014) de maneira mais detalhada. Estas publicações fazem referência aos fundamentos e princípios da teoria das restrições assim como ao *Throughput Accounting*, passando para a conceitualização e aplicação.

Orouji (2016), apresenta a teoria das restrições como uma ferramenta de gestão e esclarece que em qualquer processo existe ao menos uma única restrição, no qual, o uso da teoria das restrições em conjunto com outras ferramentas de gestão colabora em tornar processo produtivo mais eficiente. Tsou (2013) refere-se à teoria das restrições e as ferramentas de gestão como etapas para a melhoria do processo, em que, se aplica primeiramente a teoria das restrições no desenvolvimento de estratégias que identifiquem restrições e após, com a ajuda de ferramentas de gestão minimiza-se os impactos ocasionados pelas restrições.

Num sentido mais contabilístico a teoria das restrições dá origem ao método de custeio *Throughput Accounting*, que, de acordo com Hilmola & Gupta (2015) e Myrelid & Olhager (2015), corresponde a um método alternativo às práticas de contabilidade de custos tradicionais sendo visto como uma nova abordagem proporcionando uma melhor percepção e entendimento do processo de geração de lucro na empresa.

O *Throughput Accounting*, na visão de IMA (1999) oferece um conjunto definido de medidas de desempenho (rendimento, inventário, despesa operacional, lucro líquido, retorno sobre investimento e fluxo de caixa) que permitem relacionar os resultados operacionais com os resultados financeiros, permitindo compreender melhor a contribuição dos vários recursos para os processos e para a rentabilidade global da organização.

As publicações de Freeman (2007) Hilmola & Gupta (2015) e IMA (1999) referente ao *Throughput Accounting* sugerem como um método da contabilidade de custos que substitui a maioria dos relatórios tradicionais da gestão de custos, estando a sua aplicação direcionada apenas aos custos diretos de matéria-prima, excluindo, portanto, os custos da mão-de-obra no processo de custeio para a tomada de decisão. Por se tratar de um método baseado na teoria das restrições, este aborda apenas os recursos limitados do processo e procura otimizar o uso destes recursos, a fim de se obter uma rentabilidade máxima.

A vantagem do *Throughput Accounting* reside no seu contributo para que a empresa consiga obter lucros incrementais de curto prazo a partir das intervenções contínuas no processo (Alsmadi et al., 2014; Goldratt, 1990).

Quanto as limitações do método, Freeman (2007) e Lea & Min (2003) destacam, a falta de clareza com que *Throughput Accounting* proporciona vantagens competitivas em ambientes complexos de produção e a omissão quanto a custos mais específicos visto que o método apenas se dedica ao exame dos custos totais das operações.

Em síntese, o *Throughput Accounting* é um método que desconstrói os conceitos de custeio tradicional fazendo uso das medidas de rendimento e lucro como parâmetros decisórios para avaliar os ganhos provenientes dos produtos produzidos pela empresa. Nesta perspetiva parece fazer mais sentido que *Throughput Accounting* esteja mais direcionado para a gestão dos custos do que como método de custeio.

Em relação aos demais métodos, *Backflush Costing*, *Target Costing* e *Kaizen Costing*, estes são apresentados na literatura como alternativas eficazes à gestão dos custos em ambientes muito particulares. Estes métodos fornecem sobretudo informações para a tomada de decisão.

O *Backflush Costing*, o *Target Costing* e o *Kaizen Costing*, ao nível do referencial teórico apresentam bem menos publicações que os restantes métodos já apresentados e, conseqüentemente, estão bastante menos difundidos. Os trabalhos que fornecem uma melhor compreensão dos referidos métodos (*Backflush Costing*, *Target Costing* e *Kaizen Costing*) podem ser consultados em Bhimani & Bromwich, (1991), Burrows & Chenhall, (2012) e Monden & Hamada, (1991).

Nas publicações de Bhimani & Bromwich, (1991), Maher & Deakin (1994) e Grahame (2006b) o *Backflush Costing* é apresentado como um método de cálculo de custos utilizado para o sistema JIT associado à produção de produtos ou serviços, onde todos os custos são lançados numa conta

(produtos vendidos ou serviços prestados). No final de um período contabilístico os custos são contabilizados e são computados os produtos ou serviços realmente vendidos.

As vantagens e desvantagens da aplicação do *Backflush Costings* são apresentadas nas publicações de Needles, Powers, & Crosson, (2010), Roslender (1996) e Ward & Graves (2004) as quais retratam-no como um método útil para o custeio de produtos complexos que requerem vários estágios diferentes de fabricação simplificando os processos de contabilidade de custos. No entanto, nem todos os produtos ou sistemas produtivos são adequados à sua aplicação, nomeadamente em produtos personalizados ou produtos que apresentem longos processos de fabrico. Isto ocorre porque com o passar do tempo fica mais complexo atribuir os custos com precisão ao produto ou aos serviços e, em relação aos produtos personalizados, torna-se complicado criar inúmeras contas em separado para cada conjunto de materiais relacionados com cada produto.

As publicações referentes ao *Target Costing* e *Kaizen Costing* como as de Burrows & Chenhall, (2012), Monden & Hamada, (1991) e Pereira-Santos (2009) apresentam ambos os métodos como abordagens de apoio à gestão estratégica de custos e como métodos intimamente ligados e dedicados ao processo de desenvolvimento de novos produtos e serviços. O *Target Costing*, neste sentido, permite uma gestão dos custos de maneira pró-ativa auxiliando os gestores de projeto no que diz respeito à visualização dos custos no desenvolvimento de produtos ou serviços. Já o *Kaizen Costing* procura, através procedimentos assentes na melhoria continua, reduzir os custos durante a fase de produção.

As vantagens e desvantagens do *Target Costing* podem ser encontradas nas publicações de Burrows & Chenhall (2012), Kachalay (2012) e Monden & Hamada (1991) que descrevem o método como um sistema que contribui para a redução do custo de desenvolvimento do produto em cada etapa de criação do produto, a partir da inclusão de uma equipa responsável pela contabilidade do produto no processo de pesquisa e desenvolvimento, registando continuamente os custos do projeto à medida que este progride.

Quanto as desvantagens do *Target Costing*, Carr & Ng (1995) Cooper & Slagmulder (1999) e Cooper & Slagmulder (1995) destacam: (i) a probabilidade de diminuição na qualidade dos produtos ou serviços, devido à procura de elementos de menor custo, (ii) a complexidade de quantificação de alguns elementos e objetos de custo e (iii) a necessidade de informação detalhada dos custos no processo de desenvolvimento.

Em relação ao *Kaizen Costing* as suas vantagens de acordo com Modarress et al. (2005) e Monden & Hamada (1991) dizem respeito à eliminação de custos relacionados com os desperdícios de

processo e distribuição, bem como, a redução de custos com a extinção de atividades e setores que não agreguem valor ao produto ou aos serviços.

Quanto à desvantagem, Ellram (2006) e Monden & Hamada (1991), referem-se ao *Kaizen Costing* como um método secundário, que apresenta baixa redução de custos quando comparado com o *Target Costing* e demais métodos, devido à sua aplicação estar centrada na melhoria contínua objetivando a redução gradual dos custos já durante a fase de produção.

Em síntese o *Throughput Accounting*, *Backflush Costing*, *Target Costing* e o *Kaizen Costing* são sistemas singulares de gestão de custos de suporte à tomada de decisão, onde cada abordagem procura o cumprimento das métricas determinadas pela gestão topo ou pela área responsável a fim de melhorar a utilização dos recursos disponíveis na organização, contribuindo para a redução dos desperdícios e para o aumento da rentabilidade da organização.

Em relação aos demais métodos de custeio (e.g. custeio variável direto, *Standard costing*, custeio por absorção, etc.) não referidos por esta pesquisa, se esclarece, que, em virtude de apresentarem características singulares que não se ajustavam aos objetivos desta investigação optou-se pela exclusão preliminarmente das análises.

## **PARTE II – CONCEÇÃO, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM MODELO VISUAL PARA IDENTIFICAÇÃO E VALORIZAÇÃO ECONÓMICA DE DESPERDÍCIOS EM SISTEMAS PRODUTIVOS**

### **6. CONCEÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO MODELO VISUAL**

O modelo a ser apresentado neste capítulo considera que grande parte das ferramentas visuais dedicadas à análise e ao diagnóstico de sistemas produtivos e os sistemas de custeio difundidos pela gestão de custos, raramente apresentam qualquer integração, sobretudo no que diz respeito à informação económica dos processos produtivos e desperdícios propostos pela produção *Lean*.

Neste sentido, a partir desta constatação, também referida por alguns autores discutidos na revisão crítica da literatura, como por exemplo, Abuthakeer et al. (2010), propõe-se nesta tese um modelo visual que expresse sob a forma de unidades monetárias as informações provenientes do processo produtivo, fazendo uso dos conceitos, procedimentos e técnicas abordados na Parte I.

A conceção deste modelo visual para identificação e valorização económica de desperdícios em sistemas de produção tem os seus alicerces em quatro dimensões principais: ferramentas de representação para sistemas produtivos, *Lean accounting*, sistemas de custeio e desperdícios elencados pela produção *Lean*.

#### **6.1 ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS NA CONCEÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO MODELO VISUAL**

A partir da análise realizada às principais ferramentas de representação e, também, aos principais sistemas de custeio, procurou-se identificar os conceitos e ferramentas utilizados por estes métodos que são mais apropriadas ao desenvolvimento do modelo proposto, procurando atender aos objetivos previamente estabelecidos no Capítulo I.

Neste sentido, adotaram-se como critérios de seleção das ferramentas de representação visual, as seguintes características essenciais para atender aos objetivos deste projeto de investigação: (i) áreas de aplicação e finalidade da ferramenta de representação e (ii) capacidade de representação visual dos desperdícios. Já em relação aos sistemas de custeio, consideraram-se as seguintes características fundamentais: (i) propósito do sistema de

custeio, (ii) área de aplicação do sistema de custeio e (iii) adaptabilidade do sistema de custeio.

Para além destas características, e de forma secundária, foram considerados outros atributos que contribuíram para a seleção das ferramentas de representação e dos sistemas de custeio tais como: flexibilidade para aplicação em processos produtivos tradicionais e processos *Lean*, interpretação descomplicada, tanto nas informações quanto nas ilustrações, e facilidade na integração de dados entre as ferramentas de representação e os sistemas de custeio.

As secções 6.1.1 e 6.1.2 apresentadas a seguir fazem referência ao tratamento das informações recolhidas na Parte I da presente tese, apresentando resultados da análise destes instrumentos e indicando quais foram utilizados na conceção do modelo de identificação e valorização económica de desperdícios.

### **6.1.1 Análise das ferramentas de representação**

A análise das ferramentas de representação foi dividida em três etapas: a primeira etapa incidiu na avaliação das ferramentas quanto à área de aplicação e finalidade, a segunda etapa esteve relacionada com a análise da capacidade de representação dos desperdícios e na terceira etapa procedeu-se à análise das ferramentas.

O propósito desta análise restringe-se à seleção da ferramenta que apresente as características mais adequadas às exigências do modelo que se pretendia conceber.

O método adotado para a análise das ferramentas e consequente classificação, utilizou como referência os estudos de Dinis-Carvalho et al. (2014), Hines, Jones, & Rich (1997), Hines & Taylor (2000, e Pude, Naik, & Naik (2012), em que, se classificam as características relevantes das ferramentas de representação.

**Primeira etapa:** examinou-se a área de aplicação e a finalidade das ferramentas, ou seja, procurou-se compreender o propósito para o qual as ferramentas foram criadas e em que circunstâncias são utilizadas.

Considerando a área de aplicação identificaram-se dois grupos de ferramentas: ferramentas aplicadas no estudo dos métodos de trabalho integradas no planeamento do processo produtivo e ferramentas aplicadas na análise e diagnóstico em processos produtivos. O primeiro grupo é dedicado ao registo do processo de fabricação, correspondendo às atividades relacionadas com a interação homem-máquina ou homem-produto e o segundo é direcionado



ao registo do processo produtivo correspondendo ao fluxo de valor, dando ênfase à análise e diagnóstico do processo como um todo.

Em relação à categoria finalidade, classificaram-se as ferramentas de acordo com o objetivo de cada uma delas.

A partir destas duas categorias (área de aplicação e finalidade) elaborou-se a Tabela 8 para a classificação das ferramentas.

Tabela 8 – Área de aplicação e finalidade

<b>Ferramentas</b>	<b>Área de aplicação</b>	<b>Finalidade</b>
<i>Outline process chart</i>	Estudo dos métodos de trabalho integrados no planeamento do processo	Representar a sequência de atividades e precedências
<i>Flow process chart</i>		Representar o fluxo de operações e as atividades
<i>Two-Handed process chart</i>		Representar as atividades executadas manualmente
<i>Multiple activity Chart</i>		Representar a relação de interdependência entre recursos
<i>Flow diagram</i>		Representar o fluxo de materiais, pessoas ou documentos
<i>SIMO chart</i>		Representar os micros movimentos
<i>String diagram</i>		Representar o fluxo de materiais/pessoas
<i>Process activity mapping</i>	Análise e diagnóstico em processos produtivos	Mapear operações; análise e diagnóstico no sistema produtivo
<i>Model of supply chain waste</i>		Visualizar desperdícios e fluxo de materiais na cadeia de abastecimento
<i>Supply chain response matrix</i>		Mapear inventário e prazos de entrega na cadeia de abastecimento
<i>Production variety funnel</i>		Mapear o fluxo de valor dos produtos em quantidade, tipo e área de alocação
<i>Quality filter mapping</i>		Mapear a qualidade do produto no fluxo de valor
<i>Demand amplification mapping</i>		Mapear a amplificação da procura na cadeia de abastecimento
<i>Physical structure</i>		Representar a estrutura organizacional do processo e custos da cadeia de abastecimento
<i>Value adding time profile</i>		Mapear e apresentar os custos do processo produtivo
<i>Value Stream Mapping</i>		Mapear o sistema produtivo (fluxo de materiais e informação); análise e diagnóstico
<i>Waste Identification Diagram</i>		Mapear o sistema produtivo (fluxo de materiais, desperdícios e layout); análise e diagnóstico

A Tabela 8 sintetiza os dados recolhidos no Capítulo 3 que mostram que parte das ferramentas de representação visual não atende os requisitos e atributos essenciais pretendidos para o modelo visual proposto nesta tese.

A análise preliminar dos dados apresentados pela Tabela 8 demonstra que as ferramentas relacionadas com o estudo dos métodos de trabalho integrados no planeamento do processo produtivo são melhor aplicadas na gestão e análise das atividades laborais. Assim, o domínio

de aplicação é restrito sendo esse um fator limitativo para o uso deste tipo de ferramentas no modelo pretendido.

No que diz respeito às ferramentas para análise e diagnóstico, estas mostram-se mais aptas a servir de referência aos modelos de representação visual de desperdícios, pois grande parte delas se propõe a mapear o processo produtivo, permitir a sua análise e diagnóstico, e representá-lo de modo visual.

**Segunda etapa:** correspondeu à análise das ferramentas quanto à capacidade para fornecer informações relacionadas com os desperdícios. Consideram-se como desperdícios todas as atividades que não acrescentam valor ao produto podendo ser necessárias ou não ao processo produtivo (Hines & Rich, 1997).

Portanto, os critérios adotados nesta segunda etapa levaram em consideração os diferentes tipos de desperdícios a serem representados pelas ferramentas. Há oito desperdícios de maior relevância de acordo com a literatura: transporte, inventário, movimentação, espera, sobreprodução, sobreprocessamento e defeitos, estes elencados por Ohno (1997) e um oitavo, mais recente, denominado “não aproveitamento do potencial humano” (Ortiz, 2006), o qual foi adicionado à análise por se mostrar significativo e se destacar nas referências mais atuais.

Além dos tipos de desperdícios, adotou-se um sistema de classificação relacionado com a sua forma de apresentação, dividida em duas categorias: apresentação explícita e apresentação implícita.

A forma de apresentação explícita ocorre quando os desperdícios são diretamente identificados através de ilustrações ou símbolos contidos nas ferramentas. Na forma de apresentação implícita, a identificação de desperdícios não é direta e exige análise adicional das informações presentes na ferramenta de representação.

Os dados utilizados como referência para a análise da capacidade de cada ferramenta para representar desperdícios foram obtidos a partir do Capítulo 3, no qual se apresenta o referencial teórico das ferramentas de representação.

Quanto aos resultados da análise das ferramentas apresentados na Tabela 9, considerou-se primeiramente as informações transmitidas visualmente através das ilustrações ou símbolos, caracterizando estas informações como dados explícitos transmitidos pelas ferramentas.

Em seguida examinaram-se as informações, textos e números que transmitem características relevantes do processo produtivo (ou serviço) que permitem obter informações no sentido de uma determinada conclusão (considerada informação implícita).

A Tabela 9 apresenta o resultado da análise referente à capacidade de representação de desperdícios pelas ferramentas de representação.

Tabela 9 – Capacidade de representação de desperdícios por ferramenta

Ferramentas Visuais	Desperdícios							
	Sobreprodução	Espera	Transporte	Inventário	Defeitos	Sobrepesamento	Movimentação	Não aproveitamento do potencial humano
<i>Outline process chart</i>	I							
<i>Flow process chart</i>	E	E	E					
<i>Two-Handed process chart</i>	E	E				I	I	
<i>Multiple Activity Chart</i>	I							
<i>Flow Diagram</i>			E				I	
<i>SIMO</i>	E	E	E			I	I	
<i>String diagram</i>			E				E	
<i>Process Activity Mapping</i>	E	E	E			I	I	
<i>Model of Supply chain waste</i>			E		I			
<i>Supply Chain Response Matrix</i>	E		E					
<i>Production variety funnel</i>	I		E					
<i>Quality filter mapping</i>					E			
<i>Demand Amplification Mapping</i>	I	I		I				
<i>Physical Structure</i>								
<i>Value Adding Time Profile</i>		E	E	E				
<i>Value Stream Mapping</i>	I		I	E				
<i>Waste Identification Diagram</i>	I	E	E	E	I		E	

I = implícito E= explícito

Os resultados apresentados pela Tabela 9 revelam o número de desperdícios representados por cada ferramenta e identificam se são representados de forma implícita (i.e. a existência do desperdício é inferida) ou explícita (desperdício diretamente representado). A partir das informações contidas nesta tabela é possível salientar facilmente dois aspectos relevantes: ausência de ferramentas que representem o desperdício referente ao não aproveitamento do potencial humano e ausência de representação de desperdícios por parte da *ferramenta Physical Structure*. Quanto à capacidade de representação de desperdícios, destacam-se dentre as ferramentas aquelas que possuem a predisposição para fornecer dados que levem a identificar quatro ou mais desperdícios nomeadamente, *Two-handed process chart*, *SIMO*, *Process activity mapping* e *Waste Identification Diagram*.

As demais ferramentas possibilitam identificar de um a três desperdícios, sendo que as ferramentas *Outline process chart*, *Multiple Activity Chart* e *Quality filter mapping*, são as mais limitadas por apenas permitirem evidenciar um desperdício.

**Terceira etapa:** consistiu na análise das características específicas de cada ferramenta (o que implicou a definição de um conjunto de critérios) de modo a identificar o grau de relacionamento com os requisitos e atributos pretendidos para o modelo desenvolvido, nomeadamente, capacidade de: (i) representação visual, análise e diagnóstico de processos produtivos e (ii) representação explícita do maior número possível de desperdícios.

No que diz respeito ao exame das ferramentas quanto à capacidade de representação visual, análise e diagnóstico de processos produtivos, atribuíram-se dois níveis ao grau de relação com o modelo desenvolvido (elevado e reduzido). Para o efeito, considerou-se com grau de relacionamento elevado, as ferramentas com capacidade de representação visual de sistemas produtivos com características para mapear, analisar e fornecer diagnósticos. Por outro lado, atribuiu-se um grau de relacionamento reduzido às ferramentas que possuem representação visual dedicada a reproduzir apenas informações de execução de atividades ou operações específicas. No que diz respeito aos desperdícios, analisou-se o maior número de desperdícios explícitos representados por cada uma das ferramentas.

Portanto, baseando-se nos resultados anteriormente referidos pelas etapas 1 e 2, e utilizando os critérios definidos na terceira etapa chegou-se ao seguinte resultado apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Análise das ferramentas de representação

<b>Ferramentas</b>	<b>Grau de relação com o modelo desenvolvido</b>	<b>Número explícito de desperdício</b>
<i>Outline process chart</i>	<b>Reduzido</b>	0
<i>Flow process chart</i>	<b>Elevado</b>	3
<i>Two-handed process chart</i>	<b>Reduzido</b>	2
<i>Multiple activity chart</i>	<b>Reduzido</b>	0
<i>Flow diagram</i>	<b>Elevado</b>	1
<i>SIMO</i>	<b>Reduzido</b>	2
<i>String diagram</i>	<b>Reduzido</b>	2
<i>Process activity mapping</i>	<b>Elevado</b>	3
<i>Model of supply chain waste</i>	<b>Reduzido</b>	1
<i>Supply chain response matrix</i>	<b>Reduzido</b>	2
<i>Production variety funnel</i>	<b>Reduzido</b>	1
<i>Quality filter mapping</i>	<b>Reduzido</b>	1
<i>Demand amplification mapping</i>	<b>Reduzido</b>	0
<i>Physical structure</i>	<b>Reduzido</b>	0
<i>Value adding time profile</i>	<b>Elevado</b>	3
<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	<b>Elevado</b>	1
<i>Waste Identification Diagram (WID)</i>	<b>Elevado</b>	4

O resultado da análise patente na Tabela 10 permitiu destacar seis ferramentas (*Flow process chart*, *Flow diagram*, *Process activity mapping*, *Value adding time profile*, *Value Stream Mapping* e

*Waste Identification Diagram*) com características adequadas para servirem de base à concepção do modelo.

Estas ferramentas foram identificadas essencialmente por possuírem a capacidade de transmitir visualmente um conjunto de informações que permitem aos utilizadores mapear, analisar e diagnosticar o sistema produtivo, com exceção do *Flow process chart* e do *Flow diagram* que, apesar de representarem sistemas produtivos não foram concebidas para realizar diagnóstico.

As demais ferramentas foram classificadas com grau de relacionamento reduzido, uma vez que não vão ao encontro dos requisitos pretendidos para o modelo desenvolvido, apresentando, portanto, limitações ao nível da representação, porque apenas permitem representar atividades ou operações específicas, ou porque não permitem a análise e o diagnóstico dos sistemas produtivos.

No que diz respeito ao critério do maior número de desperdícios explícitos representados, a ferramenta *Waste Identification Diagram* destaca-se das restantes, já que consegue representar até quatro desperdícios sendo estes espera, transporte, inventário e movimentação.

Confrontando as características das ferramentas examinadas conclui-se que o *Waste Identification Diagram* se destaca por apresentar recursos para análise e diagnóstico de sistemas produtivos, por exibir explicitamente o maior número de desperdícios e por possuir uma representação visual de fácil compreensão, baseada no conceito da gestão visual associada à produção *Lean*.

Neste sentido, a representação visual no *Waste Identification Diagram* é na verdade uma característica única e inovadora em que se faz uso da dimensão física dos símbolos para transmitir, de forma visual e imediatamente perceptível, informações relativas ao estado do processo produtivo, oferecendo por isso facilidade de interpretação.

Portando, os resultados encontrados, sugeriram a ferramenta *Waste Identification Diagram* como a ferramenta com as melhores características quando comparada com as demais ferramentas. Neste sentido, encontrou-se conclusão similar no trabalho apresentado por Dinis-Carvalho et al. (2014) no qual se apresenta um comparativo entre um conjunto de ferramentas e o *Waste Identification Diagram*.

Logo, optou-se pela seleção do *Waste Identification Diagram* como ferramenta de referência à qual o modelo desenvolvido foi buscar algumas das suas características.

### 6.1.2 Análise dos sistemas de custeio

A análise dos sistemas de custeio teve como propósito, identificar um sistema de custeio em concordância com as exigências de concepção do modelo proposto e com capacidade de apurar os custos dos vários aspetos inerentes aos sistemas produtivos, nomeadamente: transporte de materiais, tempos de processamento, mão-de-obra, inventários e demais desperdícios considerados pelo paradigma *Lean*.

Os sistemas de custeio analisados foram o Custeio baseado em atividades, *Time-Driven Activity-Based Costing*, *Value Stream Costing*, *Throughput Accounting*, *Backflush Costing*, *Kaizen Costing* e *Target Costing*, apresentados na Parte I da presente tese.

O método utilizado para a análise dos sistemas de custeio examinou características essenciais relacionadas com o propósito da investigação e repartiu-se por três etapas: definição de atributos para a análise dos sistemas de custeio, grau de relação com o modelo desenvolvido, análise e seleção do sistema de custeio.

Encontram-se análises similares relacionadas com os sistemas de custeio na literatura, como por exemplo Schoute (2009), em que, se sugere um método de análise da complexidade dos sistemas de custeio baseado no exame das características dos sistemas ao nível do propósito e da complexidade.

No que diz respeito às etapas da análise, procedeu-se do seguinte modo.

**Primeira etapa:** definição dos atributos para a análise dos sistemas de custeio, neste sentido, foram definidas como relevantes três características indispensáveis:

- Propósito. Definido como o objetivo do sistema de custeio, ou seja, aquilo que o sistema de custeio pretende alcançar quando aplicado.
- Aplicação. Definida como o processo de utilização prática e aplicação do sistema de custeio.
- Adaptabilidade. Definida como a capacidade do sistema de custeio permitir a adaptação a diferentes ou novas condições de produção ou de mercado que acaba por interferir na aplicação das suas características à concepção do modelo.

**Segunda etapa:** grau de relação com o sistema desenvolvido, apresentado como: reduzido ou elevado grau de relação das características com os objetivos (secção 1.3) e atributos essenciais (secção 6.1) para a concepção do modelo.

- Para a característica **propósito** foi considerado um nível **Elevado**, se os sistemas têm como propósito principal o custeio, seja do produto, processo e/ou unidade produtiva.
- Para a característica **aplicação** foi considerado um nível **Elevado**, se os sistemas de custeio são de simples aplicação em processos produtivos, correspondendo a: simplicidade de uso, manutenção, implementação, adequação e integração do sistema.
- Para a característica **adaptabilidade** foi considerado um nível **Elevado**, se os sistemas de custeio não estão condicionados a procedimentos que interfiram ou condicionem a sua implementação e utilização.

O nível de relação **Reduzido** corresponde a negação das características apresentadas pelos atributos de nível elevado.

**Terceira etapa:** análise e seleção do sistema de custeio. Correspondeu ao exame das características, propósito, aplicação e adaptabilidade de cada sistema de custeio utilizando os critérios pré-definidos de grau de relação abordados pela segunda etapa desta análise.

- Característica propósito: considerando os critérios de grau relação concluiu-se que o Custeio Baseado em Atividades, o *Time-Driven Activity Based Costing*, *Value Stream Costing* e o *Backflush Costing* possuem elevado grau de relação com as características pretendidas para o modelo proposto. Já os demais sistemas de custeio (*Throughput Accounting*, *Kaizen Costing* e *Target Costing*) apresentaram reduzido grau de relação uma vez que os seus propósitos estão relacionados com a gestão de custos em termos mais latos e não com o processo de custeio propriamente dito.
- Característica aplicação: os sistemas de custeio, na sua maior parte, nomeadamente o Custeio baseado em atividades, *Value Stream Costing*, *Backflush Costing* e *Throughput Accounting*, apresentaram um reduzido grau de relação com a concepção do modelo proposto uma vez que estes sistemas requerem determinados processos, em grande parte específicos e trabalhosos para a sua aplicação. Por outro lado, os sistemas de custeio *Time-Driven Activity-Based Costing*, *Kaizen Costing* e *Target Costing* apresentam elevado grau de relação, já que são referidos na literatura como sistemas de custeio nos quais prevalecem a simplicidade, praticidade e flexibilidade sem que haja a necessidade de processos complexos ou pré-estabelecidos para a sua aplicação.

- Característica adaptabilidade: o Custeio baseado em atividade, o *Value Stream Costing*, o *Throughput Accounting*, o *Backflush Costing* e o *Target Costing* foram considerados de limitada adaptabilidade, uma vez que necessitam de procedimentos ou exigências indispensáveis aquando da sua implementação e utilização, recorrendo inclusive a condições de extensa e contínua recolha de dados e mesmo, em circunstâncias mais complexas, à exigência prévia de implantação de um modelo de produção específico. Neste sentido, considerou-se como reduzido o grau de relação com os objetivos pretendidos com a conceção do modelo proposto. o *Time-Driven Activity-Based Costing* e o *Kaizen Costing* mostram-se flexíveis, sendo facilmente adaptados aquando da sua implementação e utilização, considerando-se, portanto, como sendo sistemas de custeio possuidores de elevado grau de relação com o modelo proposto.

Os resultados obtidos após a análise das três características enunciadas revelaram que apenas um sistema de custeio apresentava as condições necessárias para integrar o modelo proposto nesta tese. Os resultados desta análise podem ser visualizados de forma resumida e simplificada na Tabela 11.

Tabela 11 – Análise do grau de relação com o modelo proposto

<b>Sistemas de custeio</b>	<b>Propósito</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Adaptabilidade</b>
Custeio baseado em atividade	Elevado	Reduzido	Reduzido
<i>Time-Driven Activity-Based Costing</i>	Elevado	Elevado	Elevado
<i>Value Stream Costing</i>	Elevado	Reduzido	Reduzido
<i>Throughput Accounting</i>	Reduzido	Reduzido	Reduzido
<i>Backflush Costing</i>	Elevado	Reduzido	Reduzido
<i>Kaizen Costing</i>	Reduzido	Elevado	Elevado
<i>Target Costing</i>	Reduzido	Elevado	Reduzido

Conclui-se, portanto, com base na análise dos sistemas de custeio a partir das suas características (Tabela 11), propósito, aplicação e adaptabilidade, que o *Time-Driven Activity-Based Costing* é o mais adequado para servir de referência à construção dos algoritmos de cálculo que materializem as equações de custos para sistemas produtivos.

De facto, o *Time-Driven Activity-Based Costing*, apresenta-se como um sistema que possui vantagens no que se refere: (i) à sua estrutura adaptável, permitindo atribuição dos custos em ambos os ambientes de produção e serviços, (ii) à sua flexibilidade e facilidade de atualização,



permitindo o acolhimento de novos produtos ou serviços sem necessidade constante e excessiva da recolha e inclusão de dados, e (iii) permite apurar o custo referente à ociosidade. Portanto, a partir dos resultados apresentados pela análise dos sistemas de custeio e também pela análise das ferramentas de representação (secção 6.1.1), integraram-se os conceitos e características abordados por estes instrumentos sob a forma de um modelo visual para identificação e valorização económica de desperdícios (secções seguintes).

## 6.2 MODELO VISUAL PARA IDENTIFICAÇÃO E VALORIZAÇÃO ECONÓMICA DE DESPERDÍCIOS

O modelo visual desenvolvido nesta investigação apresenta-se como uma ferramenta para a identificação e valorização económica de desperdícios (considerados pelo paradigma *Lean*) em sistemas produtivos. Entende-se por valorização económica de desperdícios, os custos a eles associados.

Portanto, o modelo visual para identificação e valorização económica de desperdícios denominado, a partir de agora, Diagrama de identificação económica de desperdícios ou *Waste Economic Identification Diagram* - (WID<sup>e</sup>) consiste num modelo que integra na sua base de conceção, características relacionadas com as ferramentas de representação, gestão visual e sistemas de custeio.

O WID<sup>e</sup> consiste num modelo que procura transmitir informação visual útil aos seus utilizadores, representando monetariamente os principais recursos e atividades do processo produtivo, quer essas atividades sejam ou não de valor acrescentado. Para isso, o modelo utiliza sobretudo os conceitos e definições procedentes do *Waste Identification Diagram* e do *Time-Driven Activity-Based Costing* a fim de representar as características do processo produtivo de um modo eficaz e eficiente.

No WID<sup>e</sup> faz-se uma atribuição de custos aos postos de trabalho com base no tempo consumido na execução das atividades que lhes estão associadas. O modelo permite, a partir da taxa de custo da capacidade, custear a capacidade utilizada e não utilizada do posto de trabalho assim como o custo associado às atividades de valor acrescentado e sem valor acrescentado.

Para que haja compreensão do WID<sup>e</sup> é necessário conhecer os principais elementos e definições que estão na base da sua elaboração, sendo estes definidos e apresentados de seguida em três componentes principais: modelo de cálculo, *inputs* e algoritmos.

Para estimar os custos da capacidade utiliza-se como referência o *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDBAC), que é o modelo de custeio mais adequado para a aplicação neste contexto, conforme o exercício de comparação e as análises realizadas e discutidas na secção anterior. O intuito do modelo de cálculo é permitir identificar e apurar através do modelo de custos baseado no TDABC, os custos da capacidade utilizada e da capacidade não utilizada do processo, particularmente o custo das atividades que não acrescentam valor (desperdícios). Os *inputs* estão divididos em dois grupos de informações:

- Informações do processo produtivo: provenientes do *Waste Identification Diagram* – WID (a ferramenta de representação que se mostrou a mais adequada para atender aos objetivos desta investigação), tais como: tempo útil de produção e tempos de processo (*Takt-time*, tempos de ciclo e tempo de *setup*), *Work In Process*, esforço de transporte e desperdícios associados à mão-de-obra (transporte, movimentação, espera e sobreprocessamento).
- Informação de custos: obtida da contabilidade analítica ou de custos da empresa. Corresponde aos custos de produção, i.e., com matérias-primas e componentes, custo da mão-de-obra direta e custos indiretos de produção.

Para além dos *inputs*, existe um conjunto de fórmulas e algoritmos que correspondem às regras adotadas para elaborar as equações que traduzem o processo produtivo em valores económicos (i.e., permitem apurar o custo das operações, atividades e processos).

Considerando que os dados (*inputs*) utilizados para a análise de um sistema produtivo são, em resumo, a representação do estado em que se encontra um determinado sistema, julga-se adequado aplicar esses dados em equações para atribuir custos aos aspetos inerentes aos sistemas produtivos.

Neste sentido, as subsecções desta secção apresentam equações de custo baseadas em três elementos fundamentais para a aplicação do WID<sup>e</sup>: custo ( $C$ ), tempo ( $T$ ) e taxa de custo ( $Tx$ ). O custo refere-se ao valor monetário resultante dos gastos incorporados no processo de produção. O tempo diz respeito ao tempo disponível dos recursos para a execução das atividades produtivas (i.e. a capacidade fornecida de recursos). A taxa corresponde à taxa de custo da capacidade apurada segundo os princípios do *Time-Driven Activity-Based Costing*.

### **6.2.1 Taxa de custo da capacidade**

A taxa de custo da capacidade, tal como referido anteriormente na secção 5.3 (equação 11) corresponde ao primeiro de dois parâmetros utilizados no processo de custeio proposto pelo

sistema *Time-Driven Activity-Based Costing*. A taxa resulta do quociente entre o custo da capacidade fornecida e a capacidade prática dos recursos fornecidos (normalmente representada pelo indutor tempo). Considerando Kaplan & Anderson (2007), a Taxa de custo da capacidade no posto  $j$  ( $T_x$ ) é apurada da seguinte forma:

$$\text{Taxa de custo da capacidade}_j = \frac{\text{Custo da capacidade fornecida}_j}{\text{Capacidade prática dos recursos fornecidos}_j} \quad (11)$$

O custo da capacidade fornecida no posto  $j$  diz respeito basicamente aos custos com a remuneração da mão-de-obra e encargos com custos indiretos imputados ao posto de trabalho  $j$  tais como: supervisão, equipamentos, administração, entre outros. Ou seja, os custos de transformação, como são normalmente designados pela contabilidade analítica da empresa.

A capacidade prática dos recursos fornecidos no posto  $j$  corresponde a uma percentagem da capacidade teórica, podendo este valor ser estimado ou apurado analiticamente conforme referido na secção 5.3.

### 6.2.2 Composição da capacidade prática dos recursos fornecidos

De acordo, com a informação supracitada, a capacidade prática dos recursos fornecidos refere-se a uma percentagem de tempo da capacidade teórica. Com base nesta perspetiva, assume-se que a composição da capacidade prática dos recursos diz respeito ao tempo efetivamente disponível para a execução das atividades.

Neste sentido, no WID<sup>e</sup>, para o posto de trabalho  $j$ , a capacidade prática dos recursos fornecidos diz respeito ao tempo disponível de utilização dos recursos associados a esse posto de trabalho, repartindo-se por capacidade utilizada e por capacidade não utilizada medidas em unidades de tempo (i.e., horas minutos ou segundos) respetivamente  $T_{CU,j}$  e  $T_{CNU,j}$ . Assim, tem-se:

#### Capacidade prática dos recursos fornecidos no posto $j$

$$T_j = T_{CU,j} + T_{CNU,j} \quad (13)$$

Onde:

$T_{CU,j}$  = Capacidade utilizada no posto  $j$  (unidades de tempo)

$T_{CNU,j}$  = Capacidade não utilizada no posto  $j$  (unidades de tempo)

Para o posto de trabalho  $j$ , a capacidade utilizada  $T_{CU,j}$  reparte-se por atividades de valor acrescentado  $T_{VA,j}$  e por atividades sem valor acrescentado  $T_{SVA,j}$ . A capacidade não utilizada é medida igualmente em unidades de tempo ( $T_{CNU,j}$ ) e corresponde à capacidade que por motivos diversos não é utilizada. Assim, tem-se:

### **Capacidade utilizada no posto $j$**

$$T_{CU,j} = T_{VA,j} + T_{SVA,j} \quad (14)$$

A capacidade utilizada,  $T_{CU,j}$  e não utilizada  $T_{CNU,j}$  num posto de trabalho, são obtidas de forma analítica a partir da amostra do processo produtivo, utilizando a técnica estatística da amostragem do trabalho referida na secção 3.3.10.1.

### **6.2.3 Custo da capacidade utilizada**

O custo da capacidade utilizada refere-se aos custos resultantes do uso dos recursos nas atividades de transformação da matéria-prima em produtos intermédios e/ou produtos acabados. Neste sentido, pode dizer-se que o custo da capacidade utilizada é, na verdade, o valor monetário dos recursos consumidos (homem, máquina e outros) no processo de elaboração de um produto. Para o posto de trabalho  $j$ , a atribuição dos custos à capacidade utilizada  $C_{CU,j}$  admite duas formas de cálculo, a primeira a partir do produto (do tempo) da capacidade utilizada  $T_{CU,j}$  pela taxa de custo da capacidade  $Tx_j$  e a segunda através da soma dos custos das atividades com valor acrescentado  $C_{VA,j}$  e sem valor acrescentado  $C_{SVA,j}$ . Assim, tem-se:

### **Custo da capacidade utilizada no posto $j$**

$$C_{CU,j} = T_{CU,j} \times Tx_j \quad (15)$$

Onde:

$T_{CU,j}$  = Capacidade utilizada no posto  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade do posto  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

Portanto,

$$C_{CU,j} = C_{VA,j} + C_{SVA,j} \quad (16)$$

Onde:

$C_{VA,j}$  = Custo das atividades de valor acrescentado no posto  $j$  (unidades monetárias)

$C_{SVA,j}$  = Custo das atividades sem valor acrescentado no posto  $j$  (unidades monetárias)

Para o posto de trabalho  $j$ , o custo das atividades de valor acrescentado  $C_{VA,j}$ , corresponde ao produto do tempo despendido em atividades que acrescentam valor ao produto ( $T_{VA,j}$ ) pela Taxa de custo da capacidade  $Tx_j$  e o custo das atividades sem valor acrescentado  $C_{SVA,j}$  corresponde ao produto do tempo despendido em atividades consideradas como desperdício ( $T_{SVA,j}$ ) pela Taxa de custo da capacidade  $Tx_j$ . Assim, tem-se:

### **Custo das atividades de valor acrescentado no posto $j$**

$$C_{VA,j} = T_{VA,j} \times Tx_j \quad (17)$$

Onde:

$T_{VA,j}$  = Capacidade utilizada em atividades de valor acrescentado no posto de trabalho  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

### **Custo das atividades sem valor acrescentado no posto $j$**

$$C_{SVA,j} = T_{SVA,j} \times Tx_j \quad (18)$$

Onde:

$T_{SVA,j}$  = Capacidade utilizada em atividades sem valor acrescentado no posto de trabalho  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

#### **6.2.4 Custo da capacidade não utilizada**

O custo da capacidade não utilizada diz respeito ao custo de se ter capacidade disponível, mas que, por motivos diversos, não é utilizada.

Num posto  $j$ , o custo da capacidade não utilizada  $C_{CNU,j}$  é o resultado do produto do tempo da capacidade não utilizada  $T_{CNU,j}$  pela Taxa de custo da capacidade  $Tx_{j,j}$ . Assim, tem-se:

#### **Custo da capacidade não utilizada no posto $j$**

$$C_{CNU,j} = T_{CNU,j} \times Tx_j \quad (19)$$

Onde:

$T_{CNU,j}$  = Capacidade não utilizada no posto de trabalho  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

#### **6.2.5 Custo do inventário**

No contexto desta tese, adota-se a definição apresentada por Hansen et al. (2009) e Slack et al. (2002) que se referem ao inventário no processo produtivo como sendo o investimento de capital materializado na forma de matéria-prima, *Work In Process*, e produtos acabados.

No WID<sup>e</sup>, o custo do inventário no posto  $j$  ( $C_{Inv,j}$ ) obtém-se somando o custo do WIP no posto  $j$  ( $C_{WIP,j}$ ) e o custo dos materiais posto  $j$  ( $C_{Mat,j}$ ) a incorporar no produto:

### **Custo do inventário no posto de trabalho $j$**

$$C_{Inv,j} = C_{WIP,j} + C_{Mat,j} \quad (20)$$

Onde:

$C_{WIP,j}$  = Custo do *Work In Process* no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias)

$C_{Mat,j}$  = Custo dos materiais à disposição no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias)

Por sua vez, o custo do *Work In Process* ( $C_{WIP,j}$ ) é dado pelo custo acumulado dos materiais à entrada do posto, somado ao custo de conversão das transformações a que esses mesmos materiais já foram sujeitos. Assim, tem-se:

### **Custo do WIP no posto de trabalho $j$**

$$C_{WIP,j} = n_{WIP,j} \sum_{k=1}^{j-1} (C_{UMatI,k} + C_{UCv,k}) \quad (21)$$

Onde:

$C_{UMatI,k}$  = Custo padrão dos materiais incorporados no posto  $k$  por unidade de produto (unidades monetárias/unidade de produto)

$C_{UCv,k}$  = Custo padrão de conversão no posto  $k$  por unidade de produto (unidades monetárias/unidade de produto)

$n_{WIP,j}$  = Número de produtos em curso de fabrico no posto de trabalho  $j$

$k \geq 1$

O custo unitário dos materiais incorporados, num dado posto, pode ser obtido a partir da ficha técnica do produto ou, a partir dos custos totais de materiais correspondentes a  $N$  produtos.

Se estiverem disponíveis os custos totais com materiais, o custo padrão dos materiais incorporados no posto  $k$  por unidade de produto ( $C_{UMatI,k}$ ), obtém-se da seguinte forma:

$$C_{UMatI,k} = \frac{C_{Mat.k}}{N} \quad (22)$$

Onde:

$C_{Mat,k}$  = O custo total dos materiais incorporados no posto de trabalho  $k$  (unidades monetárias)

$N$  = Número total de unidades produzidas no posto

O custo unitário de conversão no posto  $k$ , ( $C_{UCv,k}$ ) resulta do quociente entre o custo de conversão no posto  $k$ , ( $C_{Cv,k}$ ) e o número total de unidades produzidas. Assim, tem-se:

$$C_{UCv,k} = \frac{C_{Cv,k}}{N} \quad (23)$$

Onde:

$C_{Cv,k}$  = Custo de conversão no posto  $k$

$N$  = Número total de unidades a serem produzidas no posto

Se houver a necessidade de calcular o custo do inventário para o sistema, basta neste caso realizar a soma dos custos de inventário de cada posto de trabalho, sendo definido da seguinte forma:

### **Custo do inventário para o sistema**

$$C_{InvSist} = \sum_{j=1}^n C_{Inv,j} \quad (24)$$

#### **6.2.6 Custo do *setup***

O custo do *setup* diz respeito aos custos que ocorrem da execução do *setup* e podem fazer parte destes, os custos: (i) com a não utilização dos recursos por conta do *setup*, (ii) com equipa responsável pelo *setup* e (iii) outros custos específicos  $C_{ES,j}$  (e.g. materiais consumíveis). A equação para o cálculo do custo do *setup* pode ser definida da seguinte maneira:

#### **Custo do *setup* no posto de trabalho $j$**

$$C_{S,j} = T_{CRS,j} \times Tx_j + C_{ES,j} \quad (25)$$

Onde:

$T_{CRS,j}$  = Capacidade dos recursos referente à duração do *setup* no posto  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

$C_{ES,j}$  = Custos específicos do *setup* para o posto  $j$  (unidades monetárias)

Os custos específicos do *setup*  $C_{ES,j}$  podem incluir os custos com materiais consumíveis utilizados e, caso o *setup* seja realizado por pessoal externo ao posto (e.g. equipa de manutenção), devem considerar-se os custos com esse pessoal. Assim, tem-se:

#### **Custos específicos do *setup* no posto $j$**

$$C_{ES,j} = (T_{S,j} \times Tx_{Mn})X_{S,j} + C_{MatC,j} \quad (26)$$

Onde:

$T_{S,j}$  = Tempo de *setup* no posto  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_{Mn}$  = Taxa de custo da capacidade da manutenção (unidades monetárias/unidade de tempo)

$X_{S,j} = 1$ , quando o *setup* é realizado por pessoal externo ao posto.

$X_{S,j} = 0$ , quando o *setup* é realizado pelo pessoal do posto.

$C_{MatC,j}$  = Materiais consumíveis gastos na execução do *setup* (unidades monetárias)

O cálculo da taxa de custo da capacidade da manutenção ( $Tx_{Mn}$ ) resulta do quociente entre o custo da capacidade fornecida da manutenção e a respetiva capacidade prática disponível.

### 6.2.7 Custo do transporte

O custo do transporte diz respeito à identificação e atribuição dos custos à atividade de transporte, considerada pela filosofia *Lean* como uma das formas de desperdício presente nos processos industriais, sendo importante desenvolver estratégias eficazes para compreender os fatores e características que dão origem aos custos de transporte (Bowersox, Close, & Cooper, 2002).

No posto  $j$ , o custo do transporte  $C_{Tr,j}$  obtém-se somando os custos dos diversos tipos de transporte utilizados para abastecer esse posto (empilhador, porta-paletes, transporte manual, etc.). Para cada tipo de transporte, o respetivo custo resulta do produto do tempo de transporte pela respetiva taxa de custo. Assim, tem-se como se mostra a seguir.

#### Custo do transporte para abastecimento no posto $j$

$$C_{Tr,j} = \sum_{l=1}^{m(j)} T_{Tr,j,l} \times Tx_{Tr,l} \quad (27)$$

Onde:

$T_{Tr,j,l}$  = Tempo de execução do tipo de transporte  $l$  para o posto  $j$  (unidade de tempo)

$Tx_{Tr,l}$  = Taxa de custo da capacidade para o tipo de transporte  $l$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

$m(j)$  = Número de tipos de transporte que abastecem o posto  $j$

Por sua vez, a taxa de custo da capacidade do tipo de transporte  $l$ ,  $Tx_{Tr,l}$ , é o custo da utilização desse recurso por unidade de tempo, ou seja, é obtida pela divisão do custo da capacidade fornecida do tipo de transporte  $l$  pela capacidade prática disponível do tipo de transporte.

### 6.2.8 Custo dos defeitos

A ocorrência do desperdício defeito num produto, num dado posto de trabalho, pode dar origem a duas situações distintas: o produto é reparável implicando retrabalho ou o produto não é reparável (perda total). Portanto, num posto  $j$ , podem de facto estar envolvidos dois tipos de custos com defeitos: custo dos defeitos reparáveis  $C_{DRep,j}$  e custo dos defeitos não reparáveis  $C_{DNRep,j}$ .



### **Custo dos defeitos reparáveis ocorridos no posto $j$**

$$C_{DRep,j} = n_{DRep,j} \times C_{RetU} \quad (28)$$

Onde:

$n_{DRep,j}$  = Número de produtos retrabalhados no posto  $j$

$C_{RetU}$  = Custo padrão unitário do retrabalho (unidades monetárias/unidade de produto)

O custo padrão do retrabalho por unidade de produto  $C_{RetU}$  é dado pelo custo dos materiais utilizados nessa reparação, adicionado ao custo dos recursos envolvidos.

$$C_{RetU} = (T_{RetU} \times Tx_{Ret}) + C_{MatU} \quad (29)$$

Onde

$T_{RetU}$  = Tempo padrão unitário de reparação (unidade de tempo/unidade de produto)

$Tx_{Ret}$  = Taxa de custo de capacidade do posto de retrabalho (unidades monetárias/unidade de tempo)

$C_{MatU}$  = Custo padrão unitário de materiais de reparação (unidades monetárias)

Quando ocorre a perda total de um produto (por não ser reparável) num posto  $j$ , perdem-se todos os materiais incorporados nesse produto, bem como todos os custos de conversão.

Assim, tem-se:

### **Custo dos defeitos não reparáveis ocorridos no posto $j$**

$$C_{DNRep,j} = n_{DNRep,j} \sum_{k=1}^j (C_{UMatI,k} + C_{UCv,k}) \quad (30)$$

Onde:

$n_{DNRep,j}$  = Número de produtos defeituosos não reparáveis no posto de trabalho  $j$

$C_{UMatI,k}$  = Custo padrão dos materiais incorporados no posto  $k$  por unidade de produto (unidades monetárias)

$C_{UCv,k}$  = Custo padrão de conversão no posto  $k$  (unidades monetárias/unidade de produto)

#### **6.2.9 Custos dos desperdícios associados à utilização da mão-de-obra**

Os custos dos desperdícios associados à utilização da mão-de-obra referem-se especificamente ao cômputo dos custos individualizados de cada um dos desperdícios (i.e., transporte, movimentação, sobreprocessamento e esperas).

Neste sentido, para um dado posto de trabalho  $j$ , o custo específico do desperdício  $i$ , apresentado por  $C_{Dp,i,j}$ , obtém-se multiplicando o tempo despendido na atividade sem valor acrescentado  $i$ , pela taxa de custo da capacidade do posto  $j$ . Assim, tem-se:

### **Custos do desperdício $i$ associados à utilização da mão-de-obra no posto $j$**

$$C_{Dp,i,j} = T_{SVA,i,j} \times Tx_j \quad (31)$$

Onde:

$T_{SVA,i,j}$  = Tempo gasto no desperdício  $i$  no posto  $j$  (unidade de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

O tempo despendido em cada desperdício é proveniente da amostragem do trabalho anteriormente referida (secção 3.3.10.1).

### 6.3 REPRESENTAÇÃO VISUAL NO WID<sup>e</sup>

Componente fundamental para a conceção do diagrama de identificação económica de desperdícios (WID<sup>e</sup>), a representação visual é um dos elementos essenciais para a comunicação eficaz do conjunto de informações proveniente do processo produtivo e do sistema de custeio. Nesta perspetiva, o WID<sup>e</sup> toma como base as características provenientes do *Waste Identification Diagram*.

A abordagem utilizada pelo *Waste Identification Diagram* permite de maneira simples e fácil transmitir o maior número de características do processo produtivo (referido anteriormente na secção 3.3.10), mediante o uso dos atributos sugeridos pela gestão visual decorrentes da filosofia *Lean*, que, neste sentido, preconiza a compreensão facilitada das informações através da representação gráfica.

Portanto, apoiado na gestão visual e baseando-se em parte na simbologia de representação adotada pelo *Waste Identification Diagram*, o modelo WID<sup>e</sup> empregou características visuais com base em elementos considerados fundamentais para o modelo: figura geométrica bloco retangular, ícone seta plana, figura geométrica círculo, trapézio, gráfico circular e quadro com indicadores de desempenho a fim de representar as informações entendidas como relevantes a nível de processo e de custos.

Neste sentido, a simbologia utilizada na ferramenta *Waste Identification Diagram* passou por adequações conforme foi sendo conduzido o processo de conceção do modelo, tendo-se empreendido iterações quanto à forma de representação e aplicação destes elementos (símbolos).

As iterações, portanto, serviram para criar adaptar e integrar os dados de custos e os elementos visuais, retratando mais facilmente as informações do sistema em análise a fim de facilitar a interpretação por parte dos utilizadores.

As referidas iterações deram origem a dois modelos (simplificado e aperfeiçoado) que permitiram posteriormente chegar ao modelo designado WID<sup>e</sup>, que se acredita ser o modelo mais adequado aos objetivos desta investigação.

A fim de apresentar a evolução no processo de conceção do modelo WID<sup>e</sup>, as próximas subsecções apresentam de maneira individualizada as características mais relevantes dos modelos simplificado e aperfeiçoado (ensaios) e de seguida apresenta-se as características visuais do modelo WID<sup>e</sup> fruto do resultado destes ensaios.

### **6.3.1 Modelo simplificado**

O primeiro modelo concebido, denominado simplificado, recebeu esta designação por possuir características bastante similares ao *Waste Identification Diagram* no que diz respeito às informações do sistema produtivo e aos elementos de representação, e, além disto, por tratar os custos do processo produtivo de forma básica adotando apenas os custos diretos (matéria-prima e mão-de-obra) no sistema de atribuição de custos.

Basicamente, o modelo simplificado apresenta o consumo de unidades monetárias, em termos de matéria-prima, WIP, *setup*, esforço de transporte e mão-de-obra direta (Dinis-Carvalho et al., 2015). Os princípios e conceitos abordados pelo modelo simplificado estão baseados apenas no *Throughput Accounting*, que, por sua vez, se baseia na teoria das restrições de Goldratt (1990) e no custeio padrão, além de diferir totalmente do modo que atua o WID<sup>e</sup>.

O modelo simplificado adota, portanto, a mesma simbologia do *Waste Identification Diagram*, em que são representados nestes símbolos, os custos dos postos de trabalho através de blocos, os custos do esforço de transporte através de setas e os custos associados a utilização da mão-de-obra (valor acrescentado e desperdícios) através de um gráfico circular. Para além, destes símbolos utiliza-se também um quadro para representar os custos com indicadores diversos.

A simbologia do modelo simplificado é definida da seguinte forma:

- **Bloco**, equivale a um posto de trabalho e permite visualizar os custos de WIP e *setup*, e ainda os designados *takt-time* económico e tempo de ciclo económico (indicam, respetivamente, de quanto em quanto tempo o mercado solicita uma unidade

monetária e de quanto em quanto tempo o sistema produz/entrega uma unidade monetária). O modo de representação do bloco no modelo simplificado é similar ao *Waste Identification Diagram*, já que as suas dimensões se alteram em conformidade com o valor aplicado. A Figura 30 apresenta o bloco utilizado pelo modelo simplificado com as informações correspondentes em cada face do bloco.



Figura 30 – Representação visual bloco para o modelo simplificado

As faces do bloco (Figura 30) contêm informações específicas referentes aos custos de WIP e *setup*, e tempos referentes à procura do mercado e à resposta do sistema (não por unidade de produto, mas sim por unidade monetária).

O cálculo de custos referentes à representação bloco é descrito a seguir e diz respeito unicamente ao modelo simplificado. Algumas das equações podem parecer similares às equações anteriormente apresentadas na secção 6.2, mas, no entanto, não são, já que dizem respeito aos conceitos empregados unicamente no modelo simplificado, em que, se considerou como base os métodos de custeio *Throughput accounting* e o custeio padrão.

**Takt-time económico**

O *takt-time* económico é dado por:

$$T_{TE} = \frac{T_T}{C_{UMP}} \tag{32}$$

Onde:

$T_T = Takt-time$

$C_{UMP} =$  Custo unitário da matéria-prima

### Tempo de ciclo económico no posto $j$

O tempo de ciclo económico é dado por:

$$T_{CE,j} = \frac{T_{C,j}}{C_{MPS,j}} \quad (33)$$

Onde:

$T_{C,j}$  = Tempo de ciclo no posto  $j$

$C_{MPS,j}$  = Custo da matéria-prima à saída do posto  $j$

### Custo do WIP no posto $j$

Diz respeito unicamente aos custos da matéria-prima associada ao WIP que se encontra no posto de trabalho.

$$C_{WIP,j} = n_{WIP,j} \times C_{MPE,j} \quad (34)$$

Onde:

$n_{WIP,j}$  = Número de unidade de WIP que se encontram no posto  $j$

$C_{MPE,j}$  = Custo unitário da matéria-prima consumida até o posto  $j$

### Custo do *setup* no posto $j$

Corresponde aos custos referente ao processo de troca ou mudanças de ferramentas num determinado posto de trabalho. Para o modelo simplificado optou-se por adotar apenas o tempo despendido na realização do *setup* e o custo hora de execução do *setup*, sendo definido, portanto da seguinte forma:

$$C_{S,j} = T_{S,j} \times C_{US} \quad (35)$$

Onde:

$T_{S,j}$  = Duração do *setup* no posto  $j$

$C_{US}$  = Custo unitário do *setup*

- **Seta**, representa o custo do esforço de transporte de um determinado item de um ponto para outro.

A representação gráfica é similar à utilizada no *Waste Identification Diagram*, mas as ambas as dimensões da seta (Figura 31), são modificáveis de acordo com os dados atribuídos ao esforço de transporte e ao custo unitário do transporte.

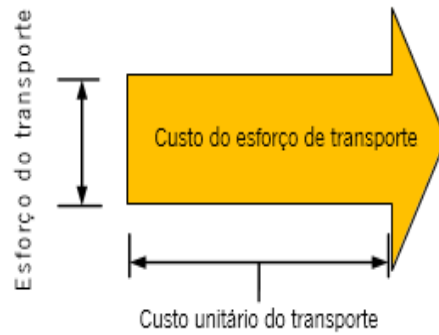


Figura 31 – Representação visual seta de esforço de transporte para o modelo simplificado

O custo do esforço de transporte representado pela Figura 31 difere do custo de transporte empregue pelo WID<sup>o</sup>; a forma de cálculo consiste basicamente no produto do esforço de transporte pelo custo unitário do transporte. Logo, não há qualquer relação com o cálculo de custo de transporte apresentado anteriormente pela secção pela secção 6.2.7. O custo do esforço de transporte é definido como:

#### **Custo do esforço de transporte entre os postos *i* e *j***

$$C_{ET,i,j} = E_{T,i,j} \times C_{UT} \quad (36)$$

Onde:

$E_{T,i,j}$  = Esforço de transporte realizado entre os postos *i* e *j*

$C_{UT}$  = Custo unitário do transporte

Repare-se que o esforço de transporte pode ser quantificado de formas diferentes consoante o sistema produtivo em estudo (e.g. Kg.m ou produtos.m)

- **Gráfico circular;** representa visualmente os custos associados à utilização da mão-de-obra (valor acrescentado e desperdícios) (Figura 32). Os dados referentes aos custos atribuídos ao gráfico circular estão baseados na percentagem de tempo despendido em atividades de valor acrescentado e não acrescentado, obtidos através da técnica estatística da amostragem do trabalho referida anteriormente na secção 3.3.10.1. A Figura 32 apresenta a forma de representação utilizada para ilustrar os custos associados à utilização da mão-de-obra (exemplo).

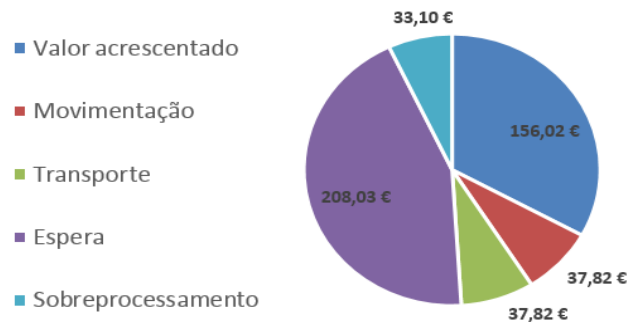


Figura 32 – Representação da utilização da mão-de-obra para o modelo simplificado

O gráfico circular (Figura 32), representação gráfica amplamente conhecida, representa os custos associados à mão-de-obra que no modelo simplificado que são atribuídos com base no número de trabalhadores, no custo unitário da mão-de-obra e na percentagem de tempo despendido na atividade:

#### Custos associados à mão-de-obra

$$C_{MO} = P_{TD} \times C_{UMO} \times n \quad (37)$$

Onde:

$P_{TD}$  = Percentagem de tempo despendido na atividade.

$C_{UMO}$  = Custo unitário da mão-de-obra

$n$  = Número de trabalhadores

- **Quadro com indicadores** (desempenho e processo); corresponde a um quadro informativo contendo indicadores de desempenho do processo produtivo com informações úteis e relevantes quanto ao desempenho do processo e de custos para a análise e tomada de decisão. O quadro de indicadores diversos está baseado no quadro de informações relevantes e indicadores de desempenho apresentado no *Waste Identification Diagram* (secção 3.3.10.2). No entanto, foram introduzidas algumas adaptações a fim de se apresentar mais informações.

Indicadores de performance	
Produtividade (Prod/Oper.dia)	92,92
Utilização da mão de obra (VA)	61,38%
Tempo de atravessamento (em horas)	10,57
Eficiencia do sistema	56%
Esforço de transporte diário (lotes/m)	542
Rácio de valor acrescentado	0,47%
Indicadores do processo	
Capacidade produtiva mês (Seg)	1684800
Custo da matéria prima	€ 1.587.822,75
Takt Time Económico (1 euro a cada)	1,06 seg
Takt Time	62,4 seg

Figura 33 – Representação visual do quadro de indicadores aplicada no modelo simplificado

As informações apresentadas no quadro podem ser calculadas ou apenas recolhidas dos relatórios de desempenho do processo produtivo (a quantidade de informações pode variar de acordo com o processo produtivo em análise).

A Figura 34 ilustra a aplicação dos símbolos anteriormente apresentados no modelo simplificado. Neste caso exibe-se um processo contendo apenas um posto de trabalho (bloco), setas referentes aos custos do esforço de transporte, gráfico circular representando os custos relacionados com a utilização da mão-de-obra e quadro com os indicadores de desempenho e processo.

Indicadores de performance	
Produtividade (Prod./Oper.dia)	92,92
Utilização da mão de obra (VA)	61,38%
Tempo de atravessamento (em horas)	10,57
Eficiência do sistema	56%
Esforço de transporte diário (lotes/m)	542
Rácio de valor acrescentado	0,47%
Indicadores do processo	
Capacidade produtiva mês (Seg)	1684800
Custo da matéria prima	€ 1.587.822,75
Takt Time Económico (1 euro a cada)	1,06 seg
Takt Time	62,4 seg

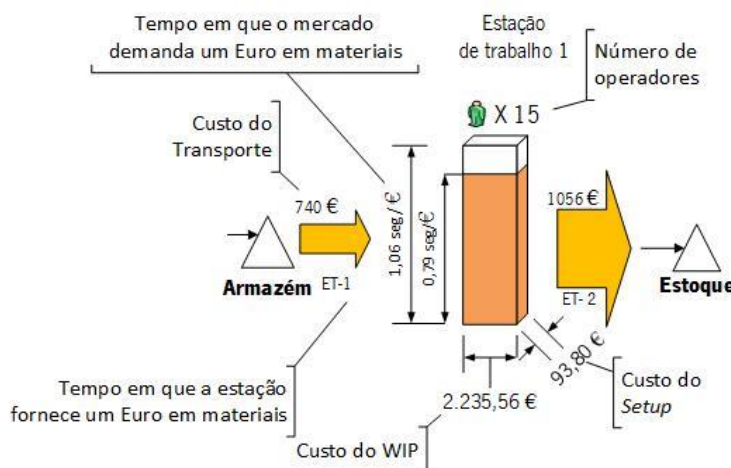


Figura 34 – Representação visual dos elementos que compõem o modelo simplificado

Em resumo, o modelo simplificado procura transmitir os custos dos materiais e mão-de-obra (custos diretos) em cada posto do processo produtivo. Além destas características, o modelo apresenta o *takt-time* económico e o tempo de ciclo económico (ambos expressos em €/s), referidos no início da presente secção. Em termos de gestão de custos, o método adotado pelo modelo simplificado apresenta desvantagens, uma vez que, atribui os custos ao processo produtivo de forma parcial desconsiderando no seu cálculo o uso dos custos indiretos de produção.



### 6.3.2 Modelo aperfeiçoado

O segundo modelo, denominado aperfeiçoado, resultou da procura pela melhoria da representação visual bloco e do quadro de indicadores. Adicionalmente, incluiu um símbolo para o inventário e melhorou a atribuição dos custos. Neste sentido, o modelo aperfeiçoado apresenta melhorias no conteúdo e na forma de representação do bloco, nos dados apresentados pelo quadro de indicadores, na representação visual dos custos do inventário (através de uma figura específica - retângulo) e na forma como são atribuídos os custos aos postos de trabalho.

As demais características visuais referentes à simbologia de representação, seta e gráfico circular permaneceram inalteradas, sendo, portanto, neste domínio, similares às do modelo simplificado.

A forma de atribuição de custos é uma das características diferenciadoras deste modelo, uma vez que a maior parte das equações de custos empregadas passa a ser concebida através da aplicação de conceitos abordados pelo método de custeio *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDABC).

Em síntese, o segundo modelo é resultado do aprimoramento das características que foram consideradas deficientes no primeiro modelo (simplificado), como por exemplo a atribuição dos custos aos postos de trabalho. Neste sentido, o primeiro ponto de mudança incorporado no modelo aperfeiçoado diz respeito à adoção do sistema de custeio *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDABC).

A utilização do TDABC proporcionou melhorias no método de atribuição de custos, que anteriormente se baseava apenas nos custos diretos de produção enquanto neste modelo passou a utilizar o conceito de taxa de custo da capacidade (referido anteriormente nas secções 5.3.1 e 6.2.1). Por outro lado, também houve necessidade da inclusão de novos conceitos de custos nomeadamente, o custo da capacidade utilizada e o custo da capacidade não utilizada e além disto, ocorreu a necessidade de adequação dos custos referentes ao *setup*, *Work-In-Process* e matéria-prima.

É importante salientar que algumas das equações de custos apresentadas no modelo aperfeiçoado são posteriormente utilizadas no modelo WID<sup>e</sup>.

No que diz respeito a mudanças ocorridas na representação gráfica (símbolos), no modelo aperfeiçoado tem-se:

- **Bloco**, equivale a um posto de trabalho e permite visualizar os custos de um posto de trabalho, nomeadamente: o custo da capacidade utilizada, o custo capacidade não utilizada, o custo do *setup* e a taxa de custo da capacidade.

Em relação à forma de representação, apenas a face frontal do bloco (Figura 35) é utilizada para representar informações.

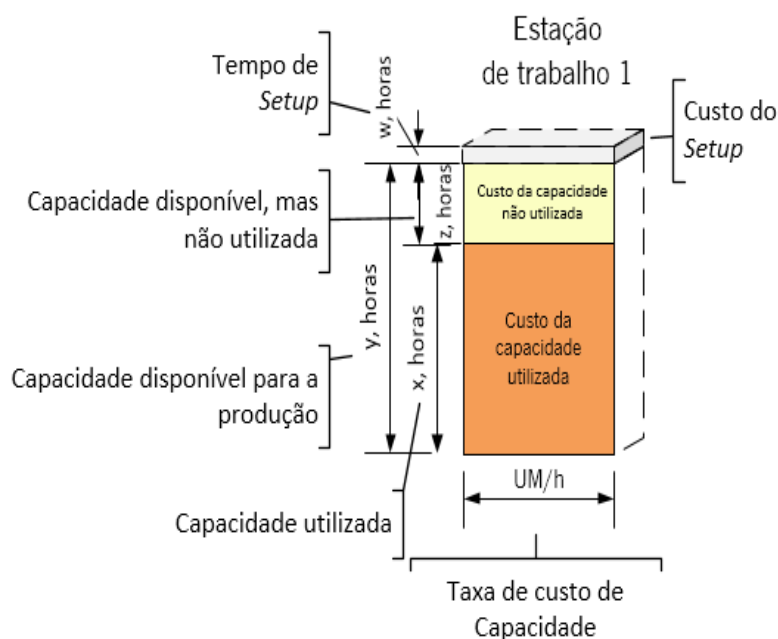


Figura 35 – Representação visual bloco no modelo aperfeiçoado

O bloco apresentado pela Figura 35 possui várias particularidades em relação à versão anterior incluída no modelo simplificado. A mais significativa corresponde às informações contidas na face frontal do bloco, em que se utiliza a área do retângulo para apresentar os custos da capacidade utilizada, da capacidade não utilizada e do *setup*.

A atribuição dos custos na representação visual bloco, bem como, nas demais representações abordadas pelo modelo aperfeiçoado, dá-se através do uso de equações de custo que consideram como dados essenciais, a taxa de custo da capacidade e o tempo despendido nas atividades, podendo em algumas circunstâncias ocorrer a inclusão de outros elementos.

As equações de custo aplicadas no modelo aperfeiçoado são apresentadas em grande parte na secção 6.2. Na verdade, as equações adotadas pelo WID<sup>e</sup> dizem respeito ao maior contributo prestado pelo modelo aperfeiçoado, que, a partir da inclusão do TDABC, deu origem a estas equações.

Portanto, com base nas informações da representação visual bloco (Figura 35) e nas equações de custos anteriormente referidas, passa-se a atribuir os custos presentes em cada posto de trabalho no modelo aperfeiçoado, dando início primeiramente ao cálculo da taxa de custo da capacidade e seguidamente o custo da capacidade utilizada, o custo da capacidade não utilizada e o custo do *setup*.

### Taxa de custo da capacidade no posto $j$

$$\text{Taxa de custo da capacidade}_j = \frac{\text{Custo da capacidade fornecida}_j}{\text{Capacidade prática dos recursos fornecidos}_j} \quad (11)$$

### Custo da capacidade utilizada no posto $j$

$$C_{CU,j} = T_{CU,j} \times Tx_j \quad (15)$$

Onde:

$T_{CU,j}$  = Capacidade utilizada no posto  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade do posto  $j$  (unidades monetárias/unidades de tempo)

### Custo da capacidade não utilizada no posto $j$

$$C_{CNU,j} = T_{CNU,j} \times Tx_j \quad (19)$$

Onde:

$T_{CNU,j}$  = Capacidade não utilizada no posto de trabalho  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias/unidades de tempo)

### Custo do *setup* no posto $j$

A equação de custo do *setup* no modelo aperfeiçoado considerou apenas o tempo de execução do *setup* e a taxa de custo da capacidade do *setup*.

$$C_{S,j} = T_{S,j} \times Tx_S \quad (38)$$

Onde:

$T_{S,j}$  = Tempo de realização do *setup* no posto de trabalho  $j$

$Tx_S$  = Taxa de custo da capacidade do *setup* (unidades monetárias/unidades de tempo)

No modelo aperfeiçoado, o custo do *setup* tem um tratamento mais simples, diferentemente das mudanças que foram aplicadas no WID<sup>e</sup>, já que se identificaram variáveis a serem consideradas na execução do *setup*, que, no momento de conceção do modelo aperfeiçoado não foram observadas.

- A figura plana, **retângulo** refere-se à conceção de uma nova representação visual (símbolo) destinada a representar os custos do inventário com materiais a incorporar e WIP. Neste sentido, passa-se a representar os custos de inventário em cada posto de trabalho através do empilhamento de retângulos, em que a base representa os custos do

WIP à entrada do posto e o topo representa os custos dos materiais disponíveis para utilização no posto (Figura 36).

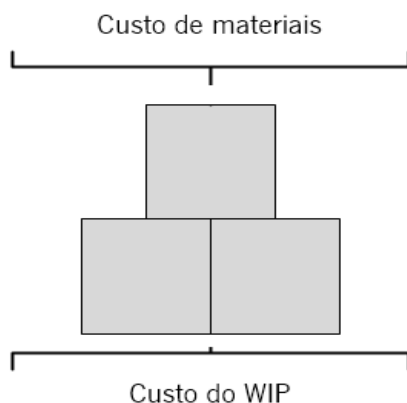


Figura 36 – Representação visual retângulo no modelo aperfeiçoado

A simbologia (retângulo) adotada para a representação dos custos do inventário apresentada pela Figura 36 é determinada pela seguinte equação:

**Custo do inventário no posto de trabalho  $j$**

$$C_{Inv,j} = C_{WIP,j} + C_{Mat,j} \quad (20)$$

Onde:

$C_{WIP,j}$  = Custo do *Work In Process* no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias)

$C_{Mat,j}$  = Custo com materiais a incorporar no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias)

O custo do inventário no posto  $j$  para o modelo aperfeiçoado, apenas considerou o custo do WIP e o custo dos materiais no posto. Por ser uma visão mais simples, no custo do inventário no modelo aperfeiçoado não se considerou a existência dos custos de conversão na confecção do componente ou produto; essa incorreção é retificada no modelo WID<sup>e</sup>.

- A representação visual **seta**, correspondente aos custos exercidos pelo esforço de transporte, não sofreu qualquer mudança quanto à forma de representação visual e método de atribuição de custos relativamente ao modelo simplificado.
- A forma de representação visual para os custos associados à utilização da mão-de-obra (**gráfico circular**) também não mudou neste modelo. No entanto, adotou-se a inclusão do gráfico circular para cada posto de trabalho, ao invés de apenas um para todo o sistema como antes estabelecido pelo modelo simplificado, e, modificou-se a forma de atribuição dos custos das atividades; o gráfico circular passou a adotar a taxa de custo da capacidade e tempo despendido nas atividades sem valor acrescentado. Neste sentido, a equação

para o custo do desperdício / associados à utilização da mão-de-obra no posto  $j$ , pode ser definida da seguinte forma:

**Custos do desperdício / associados à utilização da mão-de-obra no posto  $j$**

$$C_{Dp,ij} = T_{SVA,ij} \times Tx_j \tag{31}$$

Onde:

$T_{SVA,ij}$  = Tempo da atividade sem valor acrescentado (desperdício) / no posto  $j$

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto  $j$  (unidades monetárias/unidades de tempo)

O tempo despendido em cada desperdício é proveniente da amostragem do trabalho anteriormente referida (secção 3.3.10.1).

- **Quadro com indicadores**, neste modelo o quadro passou a apresentar apenas os indicadores de desempenho do processo, diferentemente do quadro de indicadores referido pelo modelo simplificado em que se apresentava informação de desempenho de processo e custos.

Figura 37 mostra a representação visual do quadro de indicadores adotada no modelo aperfeiçoado.

Descrição	
Produtividade (Prod/(Oper.dia))	92,92
Utilização da mão de obra (VA)	61,38%
Tempo de atravessamento (em horas)	10,57
Eficiência do sistema	56%
Esforço de transporte diário (lotes.m)	542
Rácio de valor acrescentado	0,47%

Indicadores de performance do processo

Figura 37 – Representação visual de quadro de indicadores adotada pelo modelo aperfeiçoado

A fim de ilustrar o uso dos elementos (nomeadamente, representação visual bloco, seta de esforço de transporte, figura plana retângulo, gráfico circular e quadro de indicadores) que compõem o modelo aperfeiçoado, elaborou-se um exemplo (Figura 38) contendo a representação de um sistema produtivo com um único posto de trabalho.

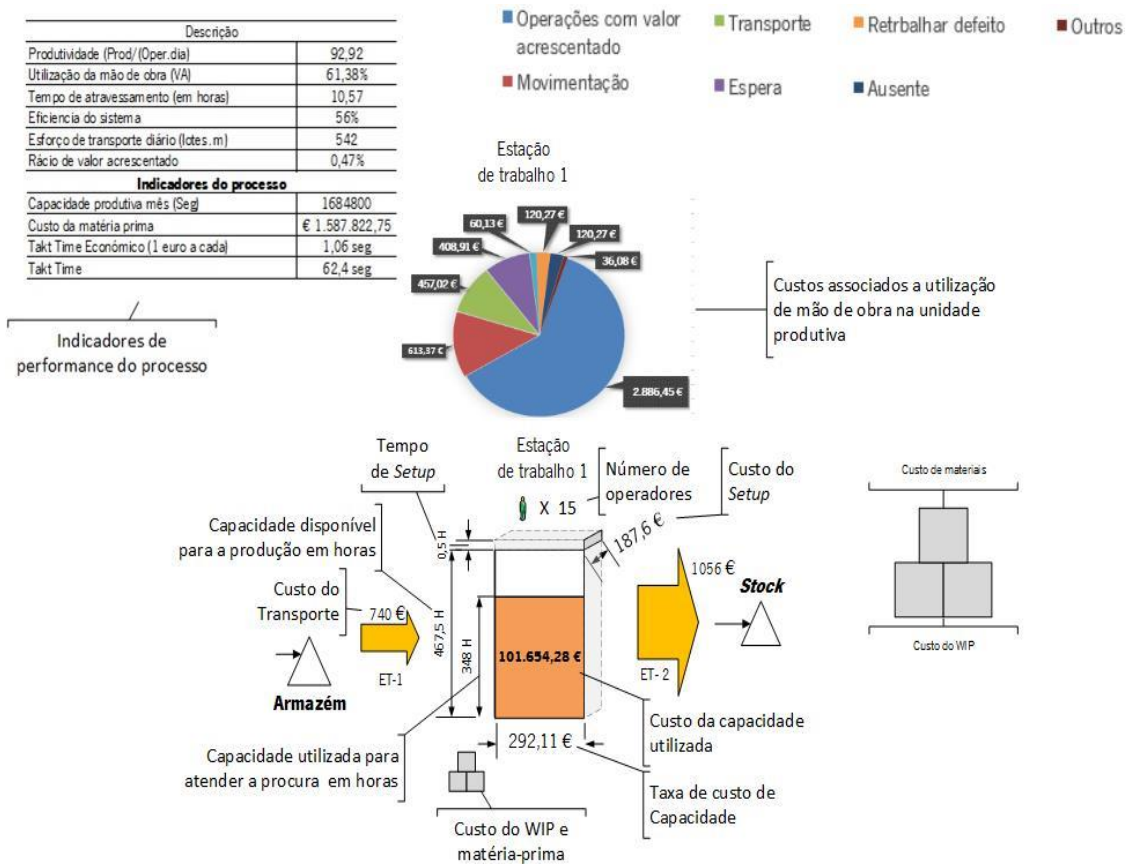


Figura 38 - Representação visual dos elementos que compõem o modelo aperfeiçoado

Nesta ilustração (Figura 38) as mudanças ocorridas nos elementos que se referem ao posto de trabalho e inventário são facilmente identificadas quando comparadas com a representação adotada pelo modelo simplificado.

As mudanças basicamente referem-se à forma de representação do bloco e à inclusão da figura do retângulo. No que diz respeito ao bloco (posto de trabalho), priorizou-se o uso da sua face frontal, que passou a representar e fornecer dados relacionados com o custo da capacidade utilizada, não utilizada, tempos disponíveis para a produção, *setup* e taxa de custo da capacidade. A figura plana do retângulo, ou empilhamento de retângulos, refere-se à representação dos custos relacionados com o WIP e materiais incorporados nos postos de trabalho, que basicamente correspondem aos custos com inventário.

Os demais elementos de representação apresentados pelo modelo aperfeiçoado permaneceram inalterados, com exceção do quadro de indicadores, que passou a ter menos informações, e do gráfico circular, que passou a representar, para cada posto de trabalho, as informações dos custos associados à mão-de-obra tornando as informações por posto mais detalhadas.

Em síntese, ambos os modelos (simplificado e aperfeiçoado) possuem características e elementos que transmitem informações do processo produtivo e dos custos associados, embora com limitações. Neste sentido ambos os modelos, passaram a ser considerados ensaios que contribuíram com as características e elementos relevantes para o desenvolvimento de um modelo mais completo e adequado, denominado Diagrama de identificação económica de desperdícios - WID<sup>e</sup>.

O WID<sup>e</sup> considerou algumas das características e elementos dos modelos anteriores (simplificado e aperfeiçoado) adequando-os e combinando-os à prática da gestão visual, fornecendo informações acessíveis do processo produtivo e de custos. A utilização deste recurso (gestão visual) pelo WID<sup>e</sup> procurou proporcionar aos utilizadores clareza na identificação das informações (custos e processo) para a tomada de decisão.

O WID<sup>e</sup> é descrito na subsecção seguinte, onde são apresentadas as suas características mais relevantes, tais como: os principais *inputs*, os ícones e a aparência visual de representação.

### **6.3.3 Diagrama de identificação económica de desperdícios – WID<sup>e</sup>**

O Diagrama de identificação económica de desperdícios (WID<sup>e</sup>) é constituído basicamente pelos ícones já apresentados nos modelos anteriores (simplificado e aperfeiçoado) com adaptações a fim de melhor transmitir os aspetos e custos do processo produtivo, através da gestão visual e também pelas equações de atribuição dos custos apresentadas na secção 6.2.

No que diz respeito à representação visual, nas próximas subsecções são apresentados os ícones (símbolos) que compõem WID<sup>e</sup>.

#### **6.3.3.1 Representação gráfica do posto de trabalho**

A representação gráfica adotada para o posto de trabalho no WID<sup>e</sup> consiste na figura geométrica bloco retangular. As informações contidas no bloco permitem compreender os custos envolvidos nestas unidades. Neste sentido, a representação do bloco permite, através do seu volume, fornecer os custos relativos às informações reproduzidas pela altura, comprimento e largura, referentes respetivamente, ao tempo despendido, taxa de custo da capacidade e número de recursos envolvidos em cada posto de trabalho.

Em termos de custos, são representados: custo da capacidade utilizada e custo da capacidade não utilizada. O custo da capacidade utilizada está dividido em dois tipos: custo das atividades de

valor acrescentado e custo das atividades sem valor acrescentado (comumente conhecidas como desperdícios).

A origem das informações representadas pelos blocos pode ser obtida através de duas fontes, sendo elas, o processo produtivo (dados provenientes das características do processo) e as equações de custos.

No que diz respeito aos dados do processo produtivos, estes, referem-se aos tempos despendidos nas atividades no posto de trabalho e ao número de recursos envolvidos. Já em relação as equações de custos, estas dizem respeito à aplicação das equações referidas nas secções 6.2,1, 6.2.3 e 6.2.4, nomeadamente, (i) taxa de custo da capacidade (equação 11), (ii) custo das atividades de valor acrescentado (equação 17), (iii) custo das atividades sem valor acrescentado (equação 18) e (iv) custo da capacidade não utilizada (equação 19).

A Figura 39 ilustra a representação visual das informações contidas no bloco e respetivas equações para obtenção desses dados.

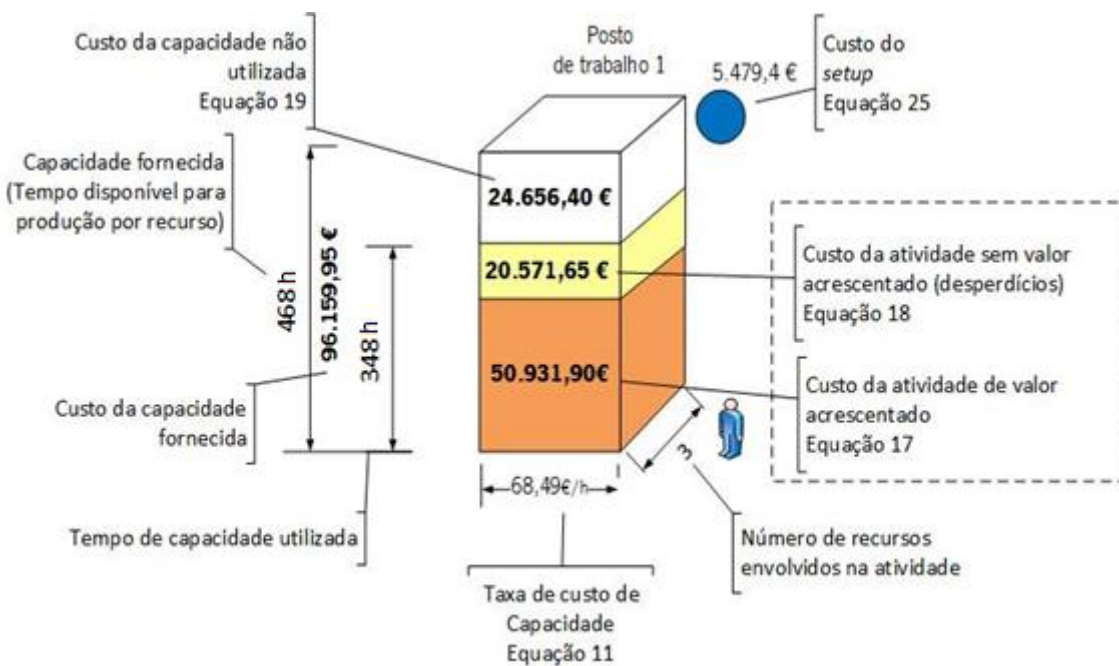


Figura 39 – Representação visual das informações contidas no bloco

Em termos de custos e informação visual, os custos apresentados pelo bloco correspondem ao produto dos dados contidos no comprimento, largura e altura do bloco (respetivamente, taxa de custo de capacidade, número de recursos e tempo). Em termos de informação visual, julga-se que a variação visual do volume e dimensão do bloco retangular fornece aos utilizadores um rápido diagnóstico visual.



### 6.3.3.2 Representação gráfica do custo do *setup*

No WID<sup>e</sup> a representação gráfica custo do *setup* corresponde à figura geométrica círculo, situada na parte superior direita da representação do posto de trabalho (Figura 39).

A dimensão deste símbolo no WID<sup>e</sup> depende do custo obtido pela equação do custo do *setup* (equação 25). A fim de facilitar a inclusão desta figura, sugere-se a adoção de um quadro com círculos de diferentes dimensões admitindo vários níveis conforme apresentados pela Figura 40. Como os custos com *setup* podem assumir valores com ordens de grandeza muito diferentes, (dificultando/impedindo a representação de círculos com dimensões proporcionais a esses custos), acredita-se que a utilização de um quadro de referência com vários níveis de representação pode auxiliar inclusão do referido símbolo no modelo, mantendo as características de representação dimensional em relação aos custos.

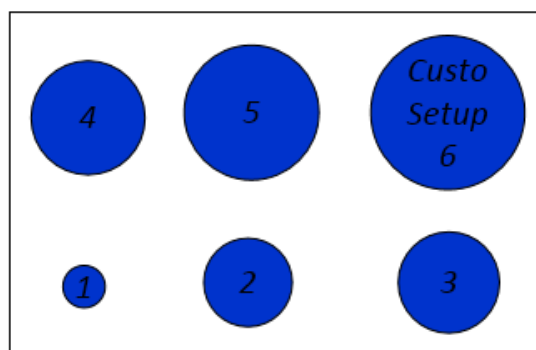


Figura 40 – Níveis de representação, custo do *setup*.

A Figura 40 serve apenas como modelo de referência para ajudar a inserir a representação círculo no WID<sup>e</sup>. É fundamental perceber que este é apenas um conceito que visa facilitar a inclusão da representação dos custos do *setup* através de níveis; no entanto em casos com ocorrência de vários custos de *setup*, podem ser necessários mais níveis de representação para evitar incerteza na interpretação dos custos do *setup* no modelo.

Em termos de atribuição dos custos do *setup* (secção 6.2.6), admitem-se duas possíveis situações. Na primeira presume-se que o *setup* é realizado pelos elementos do posto de trabalho, e em alternativa quando o *setup* é realizado por uma equipa dedicada a esse fim (e.g. equipa de manutenção). Portanto, o custo do *setup* pode ser definido aplicando-se as equações 25 e 26.

### 6.3.3.3 Representação gráfica do custo do transporte

O custo do transporte no WID<sup>e</sup> é retratado pela representação gráfica seta, conforme referido anteriormente pelos modelos simplificado e aperfeiçoado. A sua função é representar o sentido e o fluxo dos materiais transportados no processo produtivo e além disso apresentar visualmente o custo de transporte a partir da dimensão do próprio símbolo.

A representação gráfica do transporte adota o corpo da seta para representar o custo do transporte. Neste sentido, considera-se que o corpo da seta é a área da figura plana do retângulo indicado na Figura 41. Portanto, o custo do transporte passa a ser representado por essa área do retângulo, que tem as seguintes características: comprimento, que corresponde à taxa de custo da capacidade do transporte, e, altura, que corresponde ao tempo utilizado na execução da atividade transporte.

A Figura 41 apresenta um exemplo da representação gráfica da seta de transporte com as informações anteriormente referidas.

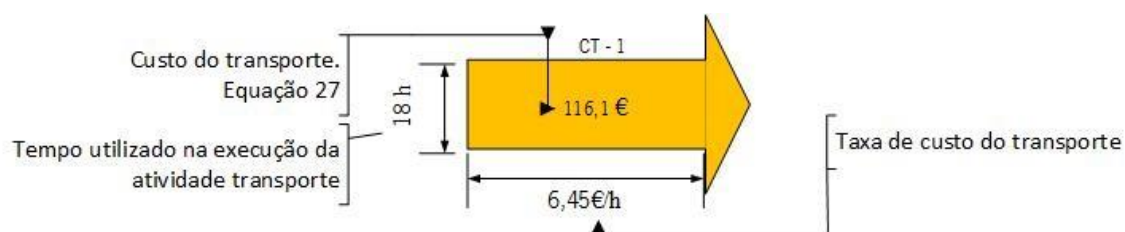


Figura 41 – Seta de custo do transporte

O corpo da seta representa a informação mais significativa desta representação gráfica, já que representa o custo do transporte (referido anteriormente na secção 6.2.7 pela equação 27), fornecendo informação visual a partir da variação dimensional da sua área.

### 6.3.3.4 Representação gráfica do custo com a utilização da mão-de-obra

A representação gráfica adotada para representar os custos com a utilização da mão-de-obra, corresponde a um gráfico circular aplicado a cada posto de trabalho.

A elaboração do gráfico circular no WID<sup>e</sup> está sujeita aos dados de custos provenientes das equações 17 (secção 6.2.3) e 31 (secção 6.2.9), que compreendem elementos baseados na taxa de custo de capacidade e tempo. O tempo, para esta equação, corresponde ao tempo despendido nas atividades de valor acrescentado e sem valor acrescentado exercidas pelos recursos, obtido

a partir da técnica estatística da amostragem do trabalho referida anteriormente na secção 3.3.10.

A Figura 42 apresenta um gráfico circular em que são exibidos os dados de custos associados à utilização da mão-de-obra num dado posto de trabalho.

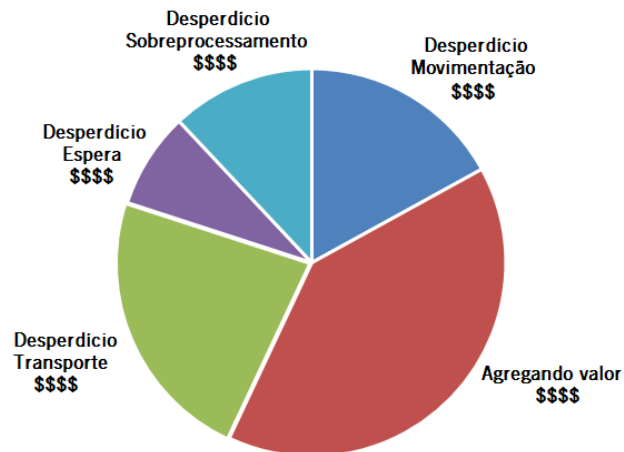


Figura 42 – Representação dos custos associados à utilização da mão-de-obra

A função do gráfico circular (Figura 42), no WID<sup>e</sup>, é representar os custos associados à utilização da mão-de-obra, sendo, portanto, elaborado um gráfico para cada posto de trabalho. Assim, os utilizadores podem identificar, em cada posto, as atividades com maior custo.

#### 6.3.3.5 Representação gráfica do custo do inventário, Work In Process e materiais

A representação gráfica do inventário, *Work In Process* (WIP) e materiais no WID<sup>e</sup> é realizada através da figura geométrica plana do trapézio, adotando o uso de dois trapézios empilhados (Figura 43) onde são representados os custos dos materiais, o custo do WIP e o custo do inventário de um posto.

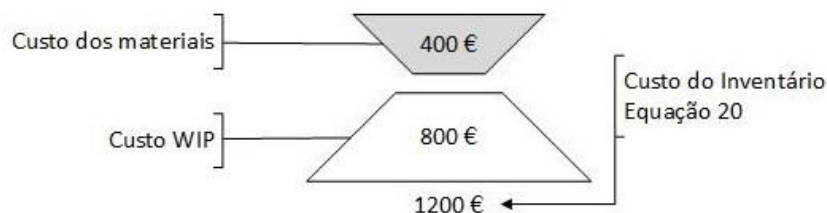


Figura 43 – Representação gráfica do custo do inventário, *Work In Process* e materiais

A Figura 43 mostra um trapézio localizado na base referindo-se aos custos com WIP à entrada do posto de trabalho e um trapézio superior invertido diz respeito ao custo dos materiais

alocados no posto de trabalho. A soma dos custos (WIP e materiais) apresentado pelos trapézios corresponde ao custo do inventário no posto em análise; nos casos em que ocorra a ausência de um destes custos, a representação incluirá apenas um trapézio.

O processo de atribuição de custos ao inventário no WID<sup>e</sup> corresponde ao uso da equação 20, referida anteriormente na secção 6.2.5.

Em termos de análise visual de cada trapézio, interessa apenas a sua dimensão. A fim de facilitar a inclusão dos trapézios no WID<sup>e</sup>, sugere-se a criação de um conjunto de representações com vários níveis dimensionais (Figura 44) servindo de referência para a inclusão dos custos do WIP e materiais.

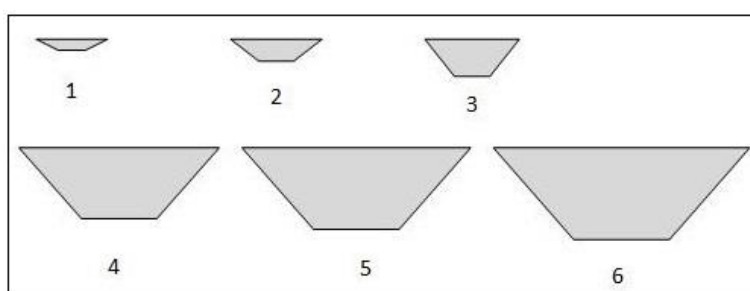


Figura 44 – Dimensão do trapézio, formas de representação

O processo de escolha da dimensão está condicionado aos resultados dos custos atribuídos ao WIP e materiais; obtidos os custos, basta apenas adotar um dos trapézios (Figura 44) para inclusão no diagrama.

#### 6.3.3.6 Quadro de indicadores

O quadro de indicadores no WID<sup>e</sup> representa um quadro informativo com dados adicionais fornecendo uma visão geral dos indicadores de desempenho do processo e indicadores contabilísticos, não diferente, em termos conceptuais, dos quadros de indicadores apresentados anteriormente pelos modelos simplificado e aperfeiçoado.

Os indicadores contidos no quadro são adicionados conforme a necessidade. No WID<sup>e</sup> o quadro de indicadores adotou a forma de representação no quadro conforme a Figura 45.

Indicadores de desempenho do processo	
Indicadores de custo	

Figura 45 – Quadro de indicadores

A quantidade de indicadores de desempenho do processo e de custos presentes no quadro de indicadores (Figura 45) deve, sempre que possível, ser minimizada, a fim de evitar informações em demasia, causando poluição visual no modelo.

De seguida, tendo sido apresentados todos os elementos gráficos que compõe o Diagrama de identificação económica de desperdícios (WID<sup>e</sup>), julga-se adequado apresentar estes elementos a partir de um único exemplo (Figura 46) que inclui: (i) quadro com os indicadores, (ii) bloco representando o posto de trabalho, (iii) seta referente ao custo do transporte, (iv) gráfico circular referente aos custos associados à utilização da mão-de-obra, (v) círculo referente ao custo do *setup* e (vi) par de trapézios relacionado com o custo do inventário, *Work In Process* e materiais.

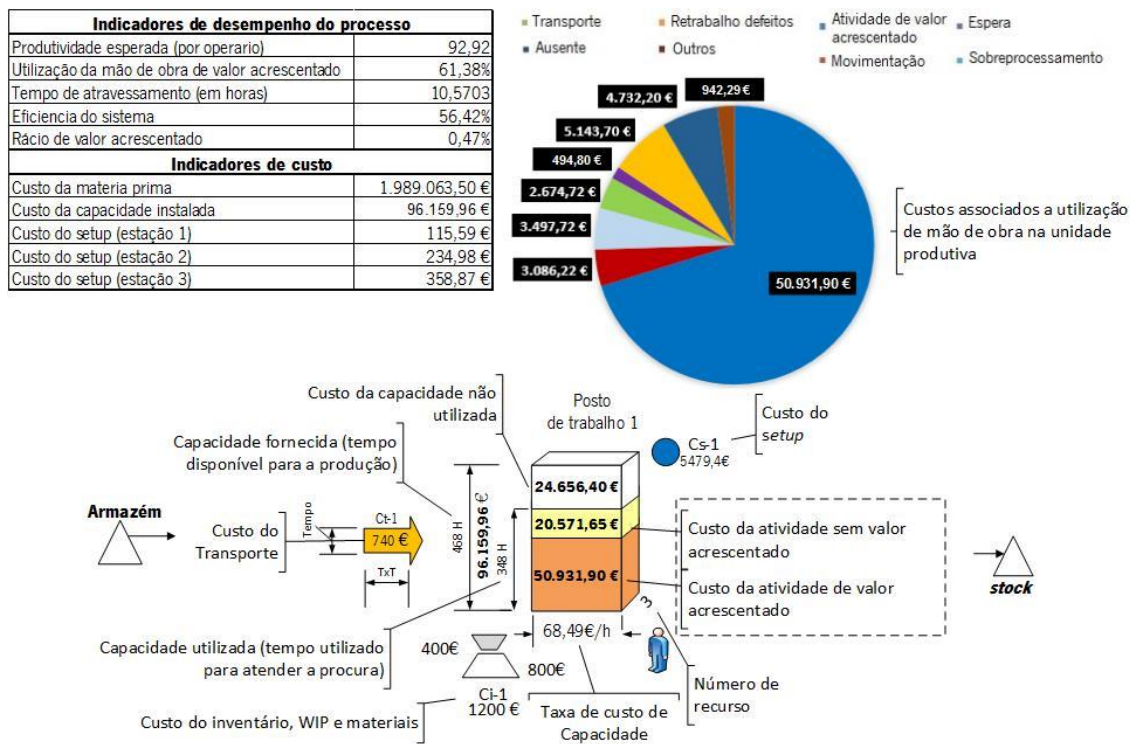


Figura 46 – Representação visual dos elementos que compõem o modelo final

O exemplo apresentado pela Figura 46 consiste na aplicação do diagrama de identificação económica de desperdícios (WID<sup>e</sup>) num sistema com um único posto de trabalho, proporcionando a possibilidade da visualização específica dos custos incorridos nesse posto.

No exemplo, é possível identificar de maneira descomplicada os custos dos desperdícios associados à utilização da mão-de-obra (e, entre estes, qual é o maior), os custos relacionados com o posto de trabalho (divididos em custo da capacidade utilizada de valor acrescentado e sem valor acrescentado) e o custo da capacidade não utilizada. São também visualizados os custos com transporte, *setup* e inventário (WIP e materiais) e ainda o quadro com os indicadores do processo.

- **Análise dos modelos desenvolvidos**

Relativamente os três modelos apresentados (simplificado, aperfeiçoado e WID<sup>e</sup>), pode-se, em síntese, afirmar que qualquer um deles é aplicável, desde que sejam consideradas as limitações particulares de cada um. Consideram-se limitações particulares, as características que restringem a aplicação do modelo mediante a forma de representação e/ou abordagem de custo empregada. Neste sentido, no modelo simplificado representam-se os custos do processo considerando apenas os custos diretos de produção (matéria-prima e mão-de-obra direta). No modelo aperfeiçoado, representam-se os custos específicos do posto de trabalho considerando o TDABC. Por fim, no WID<sup>e</sup> apresentam-se os custos dos vários aspetos do processo produtivo, sobretudo relacionados com os postos de trabalho e com os desperdícios associados à utilização da mão-de-obra, aplicando neste sentido equações de custo baseadas no TDABC, considerando-se apenas os custos de conversão (custos de mão-de-obra direta e custos indiretos).

As principais vantagens apresentadas pelo WID<sup>e</sup> em relação ao modelo aperfeiçoado, são: (i) equações de custos mais abrangentes e precisas e (ii) elementos de representação gráfica, que fornecem melhores características visuais e transmitem maior quantidade de informação.

A fim de minorar eventuais dúvidas quanto ao processo de aplicação do modelo WID<sup>e</sup> o capítulo a seguir ilustra a sua utilização a partir de dados recolhidos numa empresa de fabrico de aparelhos eletrónicos.

O principal propósito do próximo capítulo consiste na apresentação da sistemática adotada para elaboração e representação do WID<sup>e</sup> a partir dos dados recolhidos do processo produtivo e contabilístico de um caso real.

## 7. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO WID<sup>e</sup>: IMPLEMENTAÇÃO E UTILIZAÇÃO

A metodologia de aplicação do WID<sup>e</sup> diz respeito às etapas necessárias para a implementação e utilização do modelo. Neste capítulo são esclarecidos os procedimentos indispensáveis para a aplicação do WID<sup>e</sup> e discutem-se aspetos relacionados com a sua implementação e utilização.

A fim de facilitar a compreensão acerca da implementação e utilização do WID<sup>e</sup>, este capítulo está estruturado em função das etapas adotadas na aplicação do modelo (Figura 47). As etapas correspondem à: (i) análise do sistema produtivo em estudo, (ii) recolha das informações do sistema produtivo (*inputs*), (iii) recolha das informações da contabilidade de custos (*inputs*), (iv) aplicação das equações subjacentes ao WID<sup>e</sup> e (v) construção da representação visual do WID<sup>e</sup>.

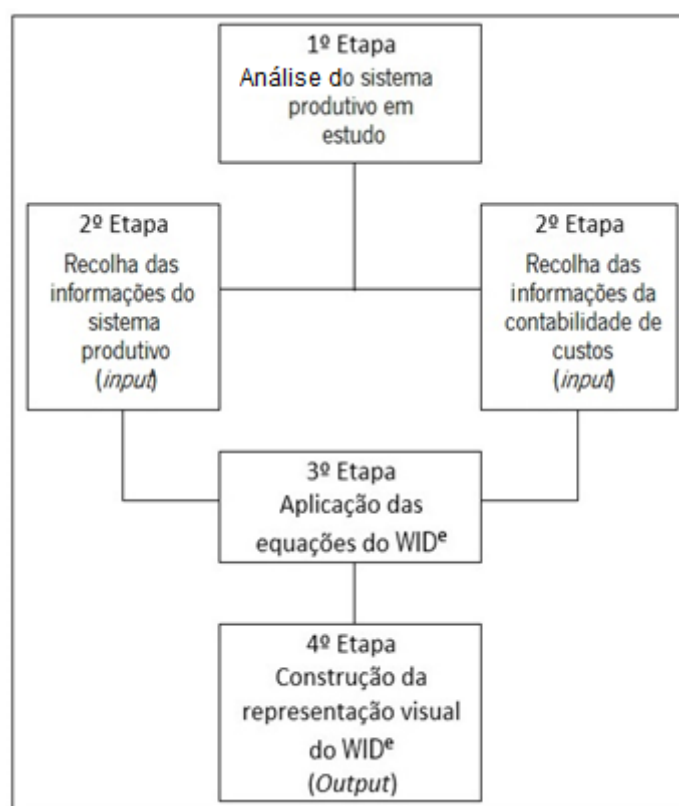


Figura 47 – Etapas de implementação do WID<sup>e</sup>

A Figura 47 ilustra as etapas da metodologia de aplicação do WID<sup>e</sup>, em que:

- Primeira etapa; diz respeito à análise do sistema de produção em causa, nomeadamente a compreensão do processo produtivo e das atividades associadas. Nesta etapa é importante que o responsável pela elaboração do WID<sup>e</sup> tenha capacidade de clarificar eventuais questões que podem comprometer a aplicação do modelo, como por exemplo, quantidade mensal produzida, capacidade mensal disponível, tipos de operações, quantidade de postos de trabalho, etc.

- Segunda etapa; corresponde ao processo de recolha da informação (*inputs* do modelo) relacionada com os setores produtivo e da contabilidade de custos da empresa, nomeadamente: produção mensal, tempos de processo (*takt-time* e tempo de ciclo), nível de utilização da mão-de-obra, custos totais, custos com a mão-de-obra direta, custos com matéria-prima, custos indiretos, entre outros (estes *inputs* podem ser consultados na secção 7.2.2 e 7.2.3).
- Terceira etapa; diz respeito à aplicação das equações de custos do WID<sup>e</sup>, procurando atribuir custos às atividades com base nos dados recolhidos (*inputs*) na etapa anterior.
- Quarta etapa; construção do modelo visual do WID<sup>e</sup>, empregando a representação visual (símbolos do WID<sup>e</sup>) e as informações de custo.

Deste modo, o presente capítulo está dividido em quatro secções (7.1 a 7.4), referentes à metodologia de aplicação do WID<sup>e</sup> e uma secção (7.5) referente às condições de aplicabilidade, vantagens e limitações de uso do WID<sup>e</sup>.

## 7.1 ANÁLISE DO SISTEMA PRODUTIVO EM ESTUDO

Nesta etapa inicial procuram-se compreender os regimes e os processos aos quais estão submetidos os elementos que fazem parte do processo de fabrico da empresa.

Neste capítulo, esta etapa será ilustrada com informações recolhidas numa empresa do setor eletrónico (fabricante de telemóveis) inserida no polo industrial de Manaus, no Estado do Amazonas, Brasil. Estes dados foram obtidos através de pesquisa de campo para recolha de informações a fim de ilustrar a aplicação do WID<sup>e</sup>.

A literatura usualmente aborda a utilização de dados e casos reais para ilustrar e discutir a aplicação de modelos, técnicas e ferramentas a fim de validar ou representar a sua utilidade, como no caso de Afonso & Santana (2016), que empregaram os dados recolhidos num centro de distribuição logístico para mostrar a aplicação de um modelo de custos logísticos baseado no TDABC e, também, Arbulo-Lopez et al. (2013) que aplicaram os dados recolhidos num processo de fabricação de caixas registadoras em ambiente *Lean* para ilustrar a utilização do VSC.

A empresa na qual foram recolhidos os dados para a aplicação do WID<sup>e</sup> integrou o grupo das cinco principais marcas mundiais de fabricação de telemóveis no ano de 2016. A empresa possui várias unidades produtivas em diversos pontos do globo, sendo que, no continente americano, estão inseridas uma na América do Norte (México) e duas na América do Sul (Brasil e Argentina).



A unidade produtiva situada no Brasil está dirigida à procura interna e de países da América do Sul, possuindo como clientes as grandes operadoras de serviços móveis, estabelecimentos de venda direta e o consumidor final.

A empresa apresenta uma linha de produtos bastante diversificada, com um total de 12 modelos atendendo aos vários segmentos do mercado, desde de telemóveis básicos a *smartphones*.

O sistema produtivo da empresa conta com três tipos de *layout* produtivo: *layout* de produção em série (para produtos de elevado volume de produção e baixo custo), *layout* de produção por processo (considerado sistema misto, admitindo produtos de baixo e alto volume de produção) e *layout* de produção em células (para produtos de baixo volume de produção e alto custo).

O processo produtivo investigado possui estações de trabalho, assim como máquinas, que estão agrupadas numa área dedicada à produção de uma determinada família de produtos. O produto em relação ao qual os dados foram recolhidos é um *smartphone* com um volume médio mensal de produção de 27.000 unidades. A empresa, para este produto, opera em média 24 dias por mês, em três turnos de 8 horas, assumindo-se uma capacidade prática de apenas 6,5 horas por turno. O processo analisado conta com 12 funcionários por turno em 5 postos de trabalho. A este processo são atribuídos 3.645.000,00 € das receitas mensais e 2.257.083,50 € dos custos totais incorridos pela empresa.

Esta empresa foi escolhida por ter aceitado o pedido de investigação e por permitir a recolha de dados do sistema produtivo e da contabilidade de custos sem que houvesse a necessidade de sistemáticas autorizações por parte da gestão de topo da organização.

## 7.2 RECOLHA DE DADOS, SISTEMA PRODUTIVO E CONTABILIDADE DE CUSTOS

A recolha de dados do sistema produtivo e contabilístico diz respeito à obtenção dos dados que refletem as características operacionais da empresa. Neste sentido, considera-se que estes dados são informações fundamentais (*inputs*) para elaboração do WID<sup>e</sup>.

Os dados são classificados em dois tipos: dados do sistema produtivo, consistindo em informações do sistema de produção e dados da contabilidade de custos, correspondendo à informação de custos e relativa à demonstração de resultados económico-financeiros da empresa. Estes dados serão apresentados com mais detalhe nas subsecções 7.2.1 e 7.2.2.

### 7.2.1 Dados do sistema produtivo (*inputs*)

Os dados do sistema produtivo (Tabela 12) referem-se a características do processo de fabrico, podendo ser obtidos de diferentes formas, i.e., através da equipa de gestão da produção, do departamento de engenharia responsável ou através de agentes externos à empresa. Os dados provenientes do sistema produtivo são a fonte de informação (*inputs*) para a construção do WID<sup>e</sup>.

Tabela 12 – Características do processo produtivo

Descrição	Postos de trabalho					Total
	Montagem 1	Montagem 2	Teste 1	Teste 2	Embalagem	
Número de recursos no processo						36
Produção mensal (unidades)	-	-	-	-	-	27000
Produção diária (unidades)	-	-	-	-	-	1125
Dias de trabalho	-	-	-	-	-	24
Capacidade prática fornecida/dia (h)	-	-	-	-	-	19,5
Capacidade prática fornecida/mês (h)	-	-	-	-	-	468
<i>Takt-time</i> (segundos)	-	-	-	-	-	62,4
Tempo de ciclo (segundos)	46,5	32,5	27,3	24,8	49,6	-
<i>Work In Process</i> (média diária)	0	10	12	12	13	-
<i>Setup</i> (h)	2	2	4	8	2	-
Capacidade não utilizada (h)	2	3	125	75	1,5	-
Manutenção máquinas (h)		-	125	75	-	

Os dados apresentados na Tabela 12 correspondem às informações referentes ao processo de fabrico de um determinado produto, condicionado a um sistema produtivo com cinco postos de trabalho: montagem 1, montagem 2, teste 1, teste 2 e embalagem. Cada posto possui características singulares tais como, tempo de ciclo, *Work In Process*, tempo de *setup*, capacidade não utilizada e tempo de manutenção das máquinas. Para além destas informações, cada posto tem as suas especificidades, como: (i) tipo de operação realizada pelo posto, (ii) atividades desenvolvidas e (iii) número de trabalhadores. Estes dados podem ser consultados na Tabela 13.

Tabela 13 – Descrição das atividades nos postos de trabalho

Posto de trabalho	Descrição da atividade	Nr**
Montagem 1	Realiza a montagem de componentes em subconjuntos do telemóvel, como por exemplo: estrutura externa com componentes periféricos e ecrã com dispositivo tátil	5
Montagem 2	Realiza a montagem dos subconjuntos provenientes do posto anterior em conjunto com a placa do telemóvel (transcetor de rádio).	3
Teste 1	Testa a funcionalidade do telemóvel ao nível da interface do utilizador e transmissões de RF	1
Teste 2	Personaliza o telemóvel inserindo o sistema operativo e as configurações da operadora de serviços móveis	1
Embalagem	Embala o telemóvel em conjunto com os componentes restantes como bateria, tampa traseira, manuais de utilizador e acessórios.	2

\* Número de recursos por turno

Além de apresentar os dados específicos de cada posto de trabalho no processo produtivo, a Tabela 13 proporciona informações úteis para a elaboração do WID<sup>e</sup>, fornecendo, o número de trabalhadores e, em cada posto, o tipo de atividade exercida por cada operador por turno.

Para além das informações relacionadas com os postos de trabalho, são recolhidos dados que ajudam a avaliar o desempenho do processo produtivo, permitindo criar indicadores de desempenho (Tabela 14).

Os indicadores são representados no WID<sup>e</sup> através do quadro de indicadores. Para esta análise, recorreu-se aos indicadores mais comumente utilizados pelo *Waste Identification Diagram* para avaliar o desempenho de um sistema produtivo. Assim, a Tabela 14 apresenta o conjunto de indicadores adotados para representar o desempenho do processo produtivo em análise.

Tabela 14 – Indicadores de desempenho do processo produtivo

<b>Indicadores de desempenho</b>	<b>Valor</b>
Produtividade esperada (unidades/h.homem)	4,8077
Utilização da mão-de-obra em valor acrescentado	65,77%
Tempo de atravessamento (h)	0,8131
Eficiência observada do sistema	57,88%
Rácio de valor acrescentado	6,17%

A informação apresentada na Tabela 14 está mais detalhada no Anexo I e resulta da aplicação das equações apresentadas na secção 3.3.10 a partir das informações recolhidas do processo produtivo, como referido anteriormente.

Identificou-se neste processo, que a operação logística de transporte de matéria-prima, materiais e produtos acabados é realizada por uma empresa prestadora de serviços, que assegura assim a operação de transporte interno entre os postos de trabalho e o armazém.

A empresa subcontratada optou por fornecer informações genéricas que apenas permitiram a visualização dos dados associados à percentagem de utilização de transporte entre os postos e o armazém e aos custos da operação de transporte.

De acordo com a empresa subcontratada, a capacidade de operação para a atividade interna de transporte corresponde a 468 horas por mês. Esta capacidade de operação permite que a empresa realize as atividades de abastecimento e distribuição de matéria-prima, materiais e produtos acabados no processo produtivo e entre o processo e o armazém.

Segundo a empresa, a atividade de transporte interno é executada através de 6 diferentes rotas de transporte, distribuídas conforme os dados apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Rotas da operação transporte

Rotas	Origem e destino	Porcentagem de tempo despendido
Transporte 1	Transporte entre o armazém - posto 1 e posto 1 - posto 2	13,79%
Transporte 2	Transporte entre o armazém - posto 2 e posto 2 - posto 3	17,24%
Transporte 3	Transporte entre o posto 3 - posto 4	17,24%
Transporte 4	Transporte entre o armazém - posto 4 e posto 4 - posto 5	20,69%
Transporte 5	Transporte entre o armazém - posto 5	20,69%
Transporte 6	Transporte entre o posto 5 e o armazém	10,34%

As rotas de transporte, a descrição de origem e destino, assim como o tempo despendido na realização do transporte pelo período analisado são descritos na Tabela 15, a partir dos dados fornecidos pela empresa subcontratada.

No que diz respeito aos dados relacionados com a utilização da mão-de-obra no processo produtivo, a sua recolha deu-se mediante um processo de amostragem conforme a técnica estatística da amostragem do trabalho apresentada na subsecção 3.3.10. O resultado pode ser visto na Tabela 16 correspondendo ao processo de amostragem realizado em cada posto de trabalho a partir das observações efetuadas dos colaboradores (trabalhadores) no exercício das suas atividades.

Tabela 16 – Representação da utilização de mão-de-obra

postos de trabalho	Operações com valor acrescentado	Movimentação	Transporte	Espera	Sobreprocessamento	Ausente	Outros	Total de observações
<b>Montagem 1</b>	<b>188</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>250</b>
%	75,20%	8,00%	5,60%	3,20%	6,40%	0,80%	0,80%	100,00%
<b>Montagem 2</b>	<b>65</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>123</b>
%	52,85%	11,38%	13,01%	9,76%	9,76%	1,63%	1,63%	100,00%
<b>Teste 1</b>	<b>76</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>123</b>
%	61,79%	7,32%	8,13%	12,20%	3,25%	0,00%	7,32%	100,00%
<b>Teste 2</b>	<b>60</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>123</b>
%	48,78%	13,82%	13,01%	17,89%	5,69%	0,81%	0,00%	100,00%
<b>Embalagem</b>	<b>99</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>123</b>
%	80,49%	8,13%	5,69%	2,44%	1,63%	0,81%	0,81%	100,00%
<b>Total geral</b>	<b>488</b>	<b>70</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>41</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>742</b>
%	65,77%	9,43%	8,49%	8,09%	5,53%	0,81%	1,89%	100%

O número total de observações em cada posto de trabalho (Tabela 16) foi determinado através da equação 1 (referida anteriormente na subsecção 3.3.10) para um nível de confiança de

95%, margem de erro de 5% e grau de certeza (probabilidade de ocorrência da atividade) de 20% nos postos com número superior a 3 operários e 10% para postos com número igual ou inferior a 3 operários.

Estes dados estão de acordo com o cenário analisado tomando como base o número de operários e o reduzido número de operações a serem observadas (por posto de trabalho), o que não justificaria uma análise com maior rigor.

Os Anexos I e II apresentam informações mais detalhadas referentes aos dados da amostragem.

### **7.2.2 Dados da contabilidade de custos (*Inputs*)**

Os dados da contabilidade de custos estão representados na demonstração de resultados (Tabela 17) para o período em análise. Neste sentido, são disponibilizadas as informações referentes a: (i) receita do período (neste caso, correspondente a um mês), (ii) custos com mão-de-obra, (iii) custos com materiais, (iv) gastos gerais de fabrico e (v) margem de lucro.

Tabela 17 – Demonstração dos resultados

<b>Vendas (€)</b>	<b>3.645.000,00</b>
<b>Custos industriais (€)</b>	<b>1.674.083,50</b>
Mão-de-obra direta (€)	18.810,00
Materiais (€)	1.489.063,50
Custos indiretos de fabrico (€)	166.210,00
Margem bruta (€)	1.970.916,50
<b>Custos não industriais (€)</b>	<b>583.000,00</b>
<b>Resultado (€)</b>	<b>1.387.916,50</b>
<b>Percentagem</b>	<b>38,08%</b>

Os resultados apresentados na Tabela 17 são dados globais considerando as 27.000 unidades do produto, sendo, portanto, necessário apresentar de maneira mais distintiva a composição dos custos industriais, sobretudo os custos individualizados em cada etapa do processo produtivo (posto de trabalho).

Neste sentido, são apresentadas informações mais específicas acerca dos custos de produção a partir de informações disponibilizados pela empresa para o período analisado (um mês de produção). A Tabela 18 apresenta a composição dos custos industriais de produção.

O custo industrial de produção é composto pelos custos de materiais, custos com mão-de-obra direta e gastos gerais de fabrico.

Tabela 18 - Composição dos custos industriais de produção

	Montagem 1	Montagem 2	Teste 1	Teste 2	Embalagem	Custos totais
Quantidade	27000	27000	27000	27000	27000	
Custo dos materiais (€/unidade)	9,03	33,97	-	4,02	8,13	
<b>Custo dos materiais €</b>	<b>243.816,75</b>	<b>917.257,50</b>	<b>-</b>	<b>108.580,50</b>	<b>219.408,75</b>	<b>1.489.063,50</b>
Número de recursos (MOD*)	15	9	3	3	6	
Remuneração MOD* (€)	522,50	522,50	522,50	522,50	522,50	
<b>Custos da MOD (€)</b>	<b>7.837,50</b>	<b>4.702,50</b>	<b>1.567,50</b>	<b>1.567,50</b>	<b>3.135,00</b>	<b>18.810,00</b>
Manutenção (€)	78,44	78,44	5.059,40	3.255,28	78,44	8.550,00
Depreciação (€)	-	-	1.225,00	1.650,00	-	2.875,00
Engenharia (€)	1.957,50	1.957,50	3.915,00	3.915,00	1.305,00	13.050,00
Supervisão (€)	1.307,25	933,75	373,50	373,50	747,00	3.735,00
Qualidade (€)	1.710,00	1.710,00	-	-	5.130,00	8.550,00
Subcontratação armazém (€)	3.862,07	4.827,59	4.827,59	5.793,10	8.689,66	28.000,00
Outros (€)	26.012,82	18.208,97	15.607,69	13.873,50	27.747,01	101.450,00
<b>Gastos gerais de fabrico (€)</b>	<b>34.928,08</b>	<b>27.716,25</b>	<b>31.008,18</b>	<b>28.860,39</b>	<b>43.697,10</b>	<b>166.210,00</b>
<b>Custos de conversão (€)</b>	<b>42.765,58</b>	<b>32.418,75</b>	<b>32.575,68</b>	<b>30.427,89</b>	<b>46.832,10</b>	<b>185.020,00</b>
<b>Total geral (€)</b>						<b>1.674.083,50</b>

\*Mão-de-Obra Direta

Os dados apresentados pela Tabela 18 correspondem ao conjunto de custos obtidos pela contabilidade de custos da empresa, no qual são referidos os custos do processo produtivo em cada posto de trabalho, considerando que:

- Os custos da mão-de-obra direta correspondem aos custos com a remuneração dos funcionários que operam nos postos de trabalho que suportam a fabricação do produto analisado.
- Os custos com materiais dizem respeito aos custos da matéria-prima e dos vários componentes que constituem o produto para uma produção de 27.000 unidades.
- Os gastos gerais de fabrico correspondem aos custos indiretos de produção, incluindo custos como: manutenção, depreciação, engenharia, supervisão, qualidade, subcontratação de armazém, entre outros custos.

Em que:

- Manutenção corresponde aos custos com a conservação das máquinas, equipamentos e realização de *setup*.
- Depreciação diz respeito aos custos com a depreciação das máquinas e equipamentos.
- Engenharia, supervisão e qualidade correspondem aos custos com estas equipas no suporte às atividades do processo produtivo.
- Subcontratação de armazém corresponde ao custo da equipa subcontratada responsável pelo transporte, movimentação e libertação de materiais e produtos no processo produtivo.

- Outros custos dizem respeito aos demais custos indiretos ocorridos no processo produtivo.

### 7.3 APLICAÇÃO DAS EQUAÇÕES DO WID<sup>e</sup>

A aplicação das equações do WID<sup>e</sup> consiste no uso das informações referidas pela secção 7.2 a fim de atribuir custos às atividades do processo produtivo. O processo de aplicação das equações apresentadas pelo WID<sup>e</sup> depende inicialmente do cálculo da taxa de custo da capacidade (equação 11).

Neste sentido, optou-se primeiramente por calcular a taxa de custo da capacidade utilizada nos postos de trabalho, consistindo basicamente no resultado da divisão entre o custo da capacidade fornecida e capacidade prática dos recursos fornecidos.

No caso analisado:

- O custo da capacidade fornecida diz respeito aos custos da mão-de-obra direta e gastos gerais de fabrico excluindo destes os custos com a realização do *setup* e os custos de subcontratação com armazém (custos estes considerados externos às atividades do posto de trabalho com equações dedicadas aos seus cálculos).
- A capacidade prática dos recursos fornecidos diz respeito ao tempo efetivamente disponível dos recursos associados a cada posto de trabalho.

Os custos com a subcontratação armazém podem ser encontrados Tabela 18, enquanto os custos de *setup* são apresentados mais adiante na subsecção 7.3.2. Logo, para o cálculo do custo da capacidade fornecida em cada posto de trabalho serão considerados apenas os centros de custo apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Custo da capacidade fornecida no posto de trabalho

	Montagem 1	Montagem 2	Teste 1	Teste 2	Embalagem	Custos
<b>Mão de obra Direta (€)</b>	7.837,50	4.702,50	1.567,50	1.567,50	3.135,00	18.810,00
<b>Gastos gerais de fabrico</b>						
Manutenção (€)	-	-	4.902,52	2.941,51	-	7.844,04
Depreciação (€)	-	-	1.225,00	1.650,00	-	2.875,00
Engenharia (€)	1.957,50	1.957,50	3.915,00	3.915,00	1.305,00	13.050,00
Supervisão (€)	1.307,25	933,75	373,50	373,50	747,00	3.735,00
Qualidade (€)	1.710,00	1.710,00	-	-	5.130,00	8.550,00
Outros (€)	26.012,82	18.208,97	15.607,69	13.873,50	27.747,01	101.450,00
<b>Total custos (€)</b>	<b>38.825,07</b>	<b>27.512,72</b>	<b>27.591,22</b>	<b>24.321,02</b>	<b>38.064,01</b>	<b>156.314,04</b>

O total de custos acumulados em cada posto de trabalho (Tabela 19) passa a corresponder aos custos da capacidade fornecida, que incluem os custos da mão-de-obra direta e os gastos gerais

de fabrico, tendo sido excluídos os custos de *setup* e a subcontratação armazém como referido anteriormente.

Em relação à capacidade prática dos recursos fornecidos as informações são apresentadas pela Tabela 20.

Tabela 20 – Capacidade prática dos recursos fornecidos

<b>Descrição</b>	<b>Montagem 1</b>	<b>Montagem 2</b>	<b>Teste 1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Embalagem</b>
CPF* (h)			468		
Número de recursos	15	9	3	3	6
CPRD** (h)	<b>7020</b>	<b>4212</b>	<b>1404</b>	<b>1404</b>	<b>2808</b>

\*Capacidade prática fornecida, \*\*Capacidade prática dos recursos fornecidos.

A capacidade prática fornecida (Tabela 20) consiste basicamente na capacidade disponível para produção, enquanto a capacidade prática dos recursos fornecidos corresponde ao somatório das capacidades individuais dos recursos contidos no posto.

Considerando as informações apresentadas, aplica-se a equação 11 referida anteriormente na subsecção 6.3.1, a fim de calcular a taxa de custo da capacidade referente aos recursos de cada posto de trabalho. O resultado apresenta-se na Tabela 21.

- Taxa de custo da capacidade:

$$Taxa\ de\ custo\ da\ capacidade_j = \frac{Custo\ da\ capacidade\ fornecida_j}{Capacidade\ prática\ dos\ recursos\ fornecidos_j} \quad (11)$$

Tabela 21 – Taxa de custo da capacidade dos postos de trabalho

<b>Descrição</b>	<b>Montagem 1</b>	<b>Montagem 2</b>	<b>Teste 1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Embalagem</b>
Custo da capacidade fornecida (€)	38.825,07	27.512,72	27.591,22	24.321,02	38.064,01
CPRD* (h)	7020	4212	1404	1404	2808
Taxa de custo da capacidade (€/h)	<b>5,53064</b>	<b>6,53199</b>	<b>19,65186</b>	<b>17,32266</b>	<b>13,55556</b>

\*Capacidade prática dos recursos fornecidos

As taxas de custo de capacidade (Tabela 21) empregadas no WID<sup>e</sup> têm como finalidade atribuir custos às atividades. Neste sentido, as subsecções seguintes apresentam a aplicação das taxas de custo da capacidade a fim de se obter o custo da capacidade utilizada nas atividades (com valor acrescentado e sem valor acrescentado) e o custo da capacidade não utilizada dos postos de trabalho.

Admitiu-se nos cálculos dos custos o valor aproximado da taxa de custo de capacidade, com até cinco casas decimais. Qualquer mínima diferença apontada na representação visual tem relação com o fundo de escala utilizado.



### 7.3.1 Cálculo do custo da capacidade utilizada e não utilizada

O cálculo do custo da capacidade refere-se aos custos aplicados na representação gráfica “bloco” e resulta da aplicação das equações de custos do WID<sup>e</sup> com base nas taxas de custo de capacidade apresentadas anteriormente na Tabela 21, considerando os tempos despendidos em atividades de valor acrescentado, atividades sem valor acrescentado e tempo referente à não utilização da capacidade nos postos de trabalho.

As equações utilizadas para este cálculo correspondem às equações 17, 18 e 19, aqui repetidas por conveniência:

- Custo das atividades de valor acrescentado no posto  $j$

$$C_{VA,j} = T_{VA,j} \times Tx_j \quad (17)$$

Onde:

$T_{VA,j}$  = Capacidade utilizada em atividades de valor acrescentado no posto de trabalho  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias/unidades de tempo)

- Custo das atividades sem valor acrescentado no posto  $j$

$$C_{SVA,j} = T_{SVA,j} \times Tx_j \quad (18)$$

Onde:

$T_{SVA,j}$  = Capacidade utilizada em atividades sem valor acrescentado no posto de trabalho  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

- Custo da capacidade não utilizada no posto  $j$

$$C_{CNU,j} = T_{CNU,j} \times Tx_j \quad (19)$$

Onde:

$T_{CNU,j}$  = Capacidade não utilizada no posto de trabalho  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

Os custos da representação gráfica “bloco” são calculados com base nos dados da Tabela 16 e Tabela 21 e estão apresentados na Tabela 22 referente aos custos da capacidade nos postos de trabalho.

Tabela 22 – Custo da capacidade utilizada e não utilizada nos postos de trabalho

<b>Descrição</b>	<b>Montagem 1</b>	<b>Montagem 2</b>	<b>Teste 1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Embalagem</b>
Capacidade utilizada (h)	464	463	339	385	464,5
Capacidade não utilizada (h)	2	3	125	75	1,5
Número de recursos	15	9	3	3	6
Capacidade utilizada dos recursos (h)	6960	4167	1017	1155	2787
Capacidade não utilizada dos recursos (h)	30	27	375	225	9
Atividade valor acrescentado (%)	75,20%	52,85%	61,79%	48,78%	80,49%
Tempo despendido em atividades de VA* (h)	5233,92	2202,073171	628,3902439	563,4146341	2243,195122
Atividade sem valor acrescentado (%)	24,80%	47,15%	38,21%	51,22%	19,51%
Tempo despendido em atividades SVA** (h)	1726,08	1964,926829	388,6097561	591,5853659	543,804878
Taxa de custo de capacidade (€/h)	5,53064	6,53199	19,65186	17,32266	13,55556
<b>Custo das atividades de VA* (€)</b>	<b>28.946,91</b>	<b>14.383,91</b>	<b>12.349,04</b>	<b>9.759,84</b>	<b>30.407,76</b>
<b>Custo das atividades SVA** (€)</b>	<b>9.546,32</b>	<b>12.834,87</b>	<b>7.636,91</b>	<b>10.247,83</b>	<b>7.371,58</b>
<b>Custo da capacidade não utilizada (€)</b>	<b>165,92</b>	<b>176,36</b>	<b>7.369,45</b>	<b>3.897,60</b>	<b>122,00</b>
<b>Custo da capacidade fornecida (€)</b>	<b>38.659,15</b>	<b>27.395,15</b>	<b>27.355,39</b>	<b>23.905,27</b>	<b>37.901,34</b>

\* Valor Acrescentado, \*\* Sem Valor Acrescentado

Os custos apresentados na representação gráfica “bloco” baseiam-se na Tabela 22 – Custo da capacidade utilizada e não utilizada nos postos de trabalho representando, portanto, os custos atribuídos aos postos de trabalho tendo como referência o tempo de utilização e não utilização dos recursos na execução das atividades.

O tempo de utilização dos recursos está baseado na representação da utilização da mão-de-obra (Tabela 16) obtida através da técnica da amostragem do trabalho, correspondendo, portanto, a um valor médio das observações realizadas no processo produtivo.

O tempo de não utilização dos recursos diz respeito ao tempo que poderia ser utilizado pelo sistema produtivo, mas, que por algum motivo, não utiliza.

Os custos das atividades de valor acrescentado, custos da capacidade sem valor acrescentado e da capacidade não utilizada foram obtidos através das seguintes etapas:

1. Calculou-se a capacidade prática dos recursos fornecidos com base no número de recursos e total de horas de capacidade prática fornecida.
2. Calculou-se a capacidade utilizada dos recursos com base no número de recursos e no total de horas de capacidade utilizada.
3. Calculou-se a capacidade não utilizada dos recursos com base no número de recursos e no total de horas de capacidade não utilizada.

4. Calculou-se o tempo despendido nas atividades de valor acrescentado e sem valor acrescentado contido no total de horas de capacidade utilizada com base na percentagem obtida pela técnica de amostragem do trabalho.
5. Aplicaram-se as equações de custo 17, 18, e 19 do WID<sup>e</sup>, referentes ao custo das atividades de valor acrescentado, custo das atividades sem valor acrescentado e custo da capacidade utilizada.

Realizadas estas etapas e com os custos obtidos bastou aplicar os valores na representação gráfica “bloco”, conforme referido na subsecção 6.3.3.1.

### 7.3.2 Cálculo do custo do *setup*

O cálculo do custo do *setup* no posto de trabalho diz respeito aos custos envolvidos aquando da realização do *setup*, sendo considerados os custos com recursos inativos durante a execução do *setup*, os custos com materiais utilizados no *setup* e custo da equipa responsável pela execução do *setup*.

Conforme referido, o custo do *setup* no WID<sup>e</sup> é representado pelo símbolo gráfico “círculo” e obtém-se a partir da aplicação das equações 11, 25 e 26, que envolvem o cálculo da taxa de custo de capacidade (para a manutenção), do custo do *setup* e dos custos específicos do *setup*.

Para este estudo, o cálculo do custo do *setup* decorre inicialmente do cálculo da distribuição dos custos com manutenção e *setup*, uma vez que o *setup* é realizado pela equipa de manutenção. O cálculo para a distribuição dos custos é realizado a partir da aplicação da equação 11, com base nos dados apresentados na Tabela 12 e Tabela 18, referentes aos tempos despendidos na realização da manutenção e no *setup*.

Tabela 23 – Distribuição dos custos com manutenção e *setup*

<b>Descrição</b>	<b>Montagem 1</b>	<b>Montagem 2</b>	<b>Teste 1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Embalagem</b>
Custo de capacidade fornecida (€)			8.550,00		
Capacidade prática do recurso (h)			218		
Taxa de custo da capacidade (€/h)			39,22		
Capacidade utilizada manutenção (h)	0	0	125	75	
<b>Custo aplicado a manutenção (€)</b>	-	-	4.902,52	2.941,51	-
Capacidade utilizada <i>setup</i> (h)	2	2	4	8	2
<b>Custo aplicado ao <i>setup</i> (€)</b>	78,44	78,44	156,88	313,76	78,44

Os resultados da distribuição dos custos do *setup* apresentados na Tabela 23 com base na taxa de custo de capacidade da manutenção, são aplicados nas equações 25 e 26 (a seguir repetidas por conveniência) para o cálculo do custo do *setup* no posto.

- Custo do *setup* no posto de trabalho  $j$

$$C_{S,j} = T_{CRS,j} \times Tx_j + C_{ES,j} \quad (25)$$

Onde:

$T_{CRS,j}$  = Capacidade dos recursos referente à duração do *setup* no posto  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

$C_{ES,j}$  = Custos específicos do *setup* para o posto  $j$  (unidades monetárias)

- Custos específicos do *setup* no posto  $j$

$$C_{ES,j} = (T_{S,j} \times Tx_{Mn})X_{S,j} + C_{MatC,j} \quad (26)$$

Onde:

$T_{S,j}$  = Tempo de *setup* no posto  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_{Mn}$  = Taxa de custo da capacidade da manutenção (unidades monetárias/unidade de tempo)

$X_{S,j} = 1$ , quando o *setup* é realizado por pessoal externo ao posto.

$X_{S,j} = 0$ , quando o *setup* é realizado pelo pessoal do posto.

$C_{MatC,j}$  = Materiais consumíveis gastos na execução do *setup* (unidades monetárias)

O cálculo dos custos do *setup* no posto de trabalho para o caso em análise refere-se, portanto, aos custos dos recursos não utilizados durante o período de execução do *setup*, mais os custos específicos do *setup* anteriormente referidos pela Tabela 23.

Portanto, o custo do *setup* no posto é exibido pela Tabela 24 com base nos dados apresentados pela Tabela 21 e Tabela 23.

Tabela 24 – Custo do *setup* nos postos de trabalho

Descrição	Montagem 1	Montagem 2	Teste 1	Teste 2	Embalagem
Capacidade dos recursos (h)	30	18	12	24	12
Taxa de custo da capacidade (€/h)	5,53064	6,53199	19,65186	17,32266	13,55556
Custo da capacidade não utilizada no posto (€)	165,92	117,57	235,82	415,75	162,66
Custo específicos do <i>setup</i> (€)	78,44	78,44	156,88	313,76	78,44
<b>Custo do <i>setup</i> (€)</b>	<b>244,36</b>	<b>196,01</b>	<b>392,70</b>	<b>729,51</b>	<b>241,10</b>

O custo do *setup* apresentado pela Tabela 24 corresponde aos resultados da aplicação da equação 25 e 26, compreendendo, portanto, os custos referentes à equipa de execução do *setup* e custos relacionados aos recursos não utilizados em virtude do *setup*.

O custo do *setup* foi obtido através das seguintes etapas:

1. Calculou-se a distribuição dos custos de manutenção e *setup*, caso o *setup* seja realizado por equipa de manutenção.

2. Atribui-se o tempo de não utilização dos recursos em virtude do *setup* com base no tempo de execução do *setup*.
3. Aplicou-se a taxa de custo de capacidade do posto, sob a capacidade dos recursos na execução do *setup* no posto (capacidade não utilizada em virtude do *setup*).
4. Calculou-se os custos específicos. Nesta análise utilizou-se o custo da equipa de manutenção com a realização do *setup* referido pela Tabela 23.
5. Obteve-se o resultado do custo do *setup* com aplicação da equação 25.

Obtidos os custos de *setup* bastou aplicar os valores na representação gráfica “círculo”, conforme referido na subsecção 6.3.3.2.

### 7.3.3 Cálculo do custo do transporte

Calculados os custos de capacidade (representação gráfica “bloco”) e de *setup* (representação gráfica “círculo”), calculam-se os custos do transporte referentes à representação gráfica “seta”. O custo do transporte envolve os custos internos de transporte no processo produtivo, calculados com base na equação 27 referida anteriormente na subsecção 6.2.7 e aqui repetida por conveniência.

- Custo do transporte para abastecimento no posto  $j$

$$C_{Tr,j} = \sum_{l=1}^{m(j)} T_{Tr,j,l} \times Tx_{Tr,l} \quad (27)$$

Onde:

$T_{Tr,j,l}$  = Tempo de execução do tipo de transporte  $l$  para o posto  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_{Tr,l}$  = Taxa de custo da capacidade para o tipo de transporte  $l$  (unidades monetárias/unidade de tempo)

$m(j)$  = Número de tipos de transporte que abastecem o posto  $j$

Neste caso em particular está envolvido um único tipo de transporte e foi fornecida, pela empresa analisada, a seguinte informação:

- A operação logística de transporte interno é realizada por uma empresa subcontratada.
- Os custos da operação de transporte interno são de 28.000,00 €.
- O número de rotas realizadas e tempo consumido entre o armazém e os postos de trabalho encontra-se na Tabela 15.

Os dados referentes aos custos do transporte com base nas informações recolhidas na empresa subcontratada são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 – Custo do transporte

Descrição	Rota - 1	Rota - 2	Rota - 3	Rota - 4	Rota - 5	Rota - 6
Custo da capacidade fornecida (€)			28.000,00			
CPRD* (h)			468			
Taxa de custo do transporte (€/h)			59,8291			
Tempo de execução do transporte (h)	64,5517	80,6897	80,6897	96,8276	96,8276	48,4138
<b>Custo do transporte (€)</b>	<b>3.862,07</b>	<b>4.827,59</b>	<b>4.827,59</b>	<b>5.793,10</b>	<b>5.793,10</b>	<b>2.896,55</b>

\*Capacidade prática dos recursos disponíveis

No que se refere aos custos do transporte, é fundamental compreender que estas informações servem de referência para o conhecimento dos custos envolvidos nas rotas de transporte, uma vez que no rateio dos custos indiretos, estes custos são imputados diretamente aos produtos ou departamentos (postos de trabalho) e não às rotas.

Para o cálculo dos custos do transporte foram adotadas as seguintes etapas:

1. Recolha do custo da capacidade fornecida para a atividade transporte.
2. Recolha da capacidade prática da equipa de transporte, neste caso em particular da empresa subcontratada.
3. Recolha dos tempos despendidos na execução da atividade transporte.
4. Aplicação da equação 27 referente ao cálculo do custo do transporte.

Obtidos os custos do transporte basta aplicar os valores na representação gráfica “seta”, conforme referido na subsecção 6.3.3.3.

### 7.3.4 Cálculo do custo com o inventário

O cálculo do custo com o inventário recorre às quantidades de materiais e de WIP associados a cada posto no processo produtivo. Estes custos são calculados com base na equação 20 e com o auxílio da equação 21, referidas anteriormente na subsecção 6.2.5 e de novo aqui apresentadas.

- Custo do inventário no posto de trabalho  $j$

$$C_{Inv,j} = C_{WIP,j} + C_{Mat,j} \quad (20)$$

Onde:

$C_{WIP,j}$  = Custo do *Work In Process* no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias)

$C_{Mat,j}$  = Custo com materiais a incorporar no posto de trabalho  $j$  (unidades monetárias)

Sendo que  $C_{WIP,1} = 0$

No posto  $j$ , o custo do *Work In Process* ( $C_{WIP,j}$ ) obtém-se somando os custos de todos os materiais incorporados nos postos anteriores e os correspondentes custos de conversão. Assim, tem-se:

- Custo do WIP no posto de trabalho  $j$

$$C_{WIP,j} = n_{WIP,j} \sum_{k=1}^{j-1} (C_{UMatI,k} + C_{UCv,k}) \quad (21)$$

Onde:

$C_{UMatI,k}$  = Custo padrão dos materiais incorporados no posto  $k$  por unidade de produto (unidades monetárias/unidade de produto)

$C_{UCv,k}$  = Custo padrão de conversão no posto  $k$  por unidade de produto (unidades monetárias/unidade de produto)

$n_{WIP,j}$  = Número de produtos em curso de fabrico no posto de trabalho  $j$

$k \geq 1$

O custo do inventário inclui os custos referentes aos materiais colocados à disposição do posto e os do WIP. A Tabela 26 apresenta o resultado do custo do inventário como base na aplicação das equações 20 e 21.

Tabela 26 - Custo do inventário

Descrição	Montagem 1	Montagem 2	Teste 1	Teste 2	Embalagem
<b>Custo de materiais no posto <math>j</math> (€)</b>	<b>2.509,47</b>	<b>7.120,54</b>	-	<b>1.508,06</b>	<b>638,07</b>
<b>Número de produtos em curso de fabrico no posto <math>j</math></b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Custo padrão unitário dos materiais no posto $k$ (€)	9,03	33,97	-	4,02	8,13
Custo de conversão (€)	42.765,58	32.418,75	32.575,68	30.427,89	46.832,10
Quantidade produzida			27000		
Custo padrão unitário de conversão no posto $k$ (€)	1,58	1,20	1,21	1,13	1,73
<b>Custo de WIP no posto <math>j</math> (€)</b>	-	106,14	549,45	563,93	677,85
<b>Custo do inventário (€)</b>	<b>2.509,47</b>	<b>7.226,68</b>	<b>549,45</b>	<b>2.071,99</b>	<b>1.315,92</b>

O custo do inventário (Tabela 26) permite analisar o montante de capital investido no processo produtivo em termos de materiais e produtos semiacabados à espera de serem processados. Os dados oferecem uma compreensão mais particular dos custos do WIP e dos materiais em cada posto de trabalho, assim como o custo adicionado (custo de conversão) ao produto em cada fase do processo. Os dados para a elaboração dos resultados da equação aplicada, assim como informações mais detalhadas, podem ser observados nos Anexos III e IV.

Para o cálculo dos custos do inventário foram adotadas as seguintes etapas:

1. Recolha dos custos com materiais no posto de trabalho.
2. Recolha do número de produtos em curso de fabrico no posto de trabalho (WIP).
3. Recolha do custo padrão unitário dos materiais no posto de trabalho.
4. Recolha do custo padrão unitário de conversão no posto de trabalho  $j(n-1)$ .
5. Aplicação da equação 21, referente ao cálculo do custo do WIP no posto em análise.
6. Aplicação da equação 20, referente ao cálculo do custo do inventário para o posto em análise.

Obtidos os custos de inventário para cada posto de trabalho basta aplicar os valores na representação gráfica “trapézio”, conforme referido na subsecção 6.3.3.5.

### **7.3.5 Cálculo dos custos dos desperdícios associados à utilização da mão-de-obra**

O cálculo dos custos dos desperdícios associados à utilização da mão-de-obra está baseado na amostragem estatística do trabalho (subsecção 3.3.10.1) e diz respeito a aplicação da equação 31 referida anteriormente pela subsecção 6.2.9 com base nos dados apresentados pela Tabela 16.

Os custos dos desperdícios associados à utilização da mão-de-obra para cada posto de trabalho são apresentados Tabela 27 e correspondem ao produto do tempo da atividade sem valor acrescentado no posto pela taxa de custo de capacidade do posto, conforme apresentado a seguir pela equação 31.

Ressalta-se que o resultado dos custos dos desperdícios associados a utilização da mão-de-obra apresentados pela Tabela 27, se referem, aos custos específicos para cada desperdício em cada posto de trabalho e além destes, também para outros tipo de atividades consideradas sem valor acrescentado que, carecem de ser mensuradas e demonstradas.

Portanto, a equação para o cálculo do custo do desperdício  $i$  associados à utilização da mão-de-obra no posto  $j$ , é a equação 31 aqui repetida por conveniência.

$$C_{Dp,ij} = T_{SVA,ij} \times Tx_j \quad (31)$$

Onde:

$T_{SVA,ij}$  = Tempo gasto no desperdício  $i$  no posto  $j$  (unidades de tempo)

$Tx_j$  = Taxa de custo da capacidade no posto  $j$  (unidades monetárias/unidade de tempo)



Tabela 27 – Custo dos desperdícios associados à mão de obra

<b>Descrição</b>	<b>Montagem 1</b>	<b>Montagem 2</b>	<b>Teste 1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Embalagem</b>
Taxa de custo de capacidade (€/h)	5,531	6,532	19,652	17,323	13,556
Capacidade Utilizada (h)	6960	4167	1017	1155	2787
Atividades sem valor acrescentado					
Desperdício movimentação (%)	8,00%	11,38%	7,32%	13,82%	8,13%
Desperdício movimentação (horas)	556,8	52,70	24,80	53,21	37,76
<b>Custo do desperdício movimentação (€)</b>	<b>3.079,46</b>	<b>3.098,07</b>	<b>1.462,39</b>	<b>2.765,29</b>	<b>3.071,49</b>
Desperdício transporte (%)	5,60%	13,01%	8,13%	13,01%	5,69%
Desperdício transporte (h)	389,76	60,23	27,56	50,08	26,43
<b>Custo do desperdício transporte (€)</b>	<b>2.155,62</b>	<b>3.540,65</b>	<b>1.624,87</b>	<b>2.602,62</b>	<b>2.150,04</b>
Desperdício espera (%)	3,20%	9,76%	12,20%	17,89%	2,44%
Desperdício espera (h)	222,72	45,17	41,34	68,86	11,33
<b>Custo do desperdício espera (€)</b>	<b>1.231,78</b>	<b>2.655,49</b>	<b>2.437,31</b>	<b>3.578,61</b>	<b>921,45</b>
Desperdício sobreprocessamento (%)	6,40%	9,76%	3,25%	5,69%	1,63%
Desperdício sobreprocessamento (h)	445,44	45,17	11,02	21,91	7,55
<b>Custo do desperdício sobreprocessamento (€)</b>	<b>2.463,57</b>	<b>2.655,49</b>	<b>649,95</b>	<b>1.138,65</b>	<b>614,30</b>
Ausente (%)	0,80%	1,63%	0,00%	0,81%	0,81%
Ausente (h)	55,68	7,53	0,00	3,13	3,78
<b>Custo de ausência (€)</b>	<b>307,95</b>	<b>442,58</b>	<b>-</b>	<b>162,66</b>	<b>307,15</b>
Outros (%)	0,80%	1,63%	7,32%	0,00%	0,81%
Outros (h)	55,68	7,53	24,80	0,00	3,78
<b>Custo de outros (€)</b>	<b>307,95</b>	<b>442,58</b>	<b>1.462,39</b>	<b>-</b>	<b>307,15</b>
<b>Custo das atividades sem valor acrescentado (€)</b>	<b>9.546,32</b>	<b>12.834,87</b>	<b>7.636,91</b>	<b>10.247,83</b>	<b>7.371,58</b>

Para o cálculo dos custos associados à utilização da mão-de-obra foram adotadas as seguintes etapas:

1. Identificação do tempo despendido em cada uma das atividades sem valor acrescentado com o auxílio da amostragem estatística do trabalho.
2. Identificação da taxa de custo de capacidade aplicada a cada posto de trabalho.
3. Aplicação da equação 31, a partir da taxa de custo da capacidade e do tempo despendido na atividade em análise, apurando-se o custo do desperdício.

Calculados os custos dos desperdícios basta aplicá-los no gráfico circular, referido pela subsecção 6.3.3.4, de cada posto de trabalho, em conjunto com o custo das atividades de valor acrescentado.

Desta forma é possível visualizar a influência dos custos dos desperdícios nos postos de trabalho.

## 7.4 CONSTRUÇÃO DA REPRESENTAÇÃO VISUAL DO WID<sup>e</sup>

A construção da representação visual do WID<sup>e</sup> faz-se após o cálculo de todos os custos referidos na secção 7.3. A construção da representação visual consiste na última etapa de aplicação do modelo WID<sup>e</sup> e corresponde a transmitir as informações de custos para as respetivas representações gráficas no diagrama visual, conforme apresentado na Figura 48.

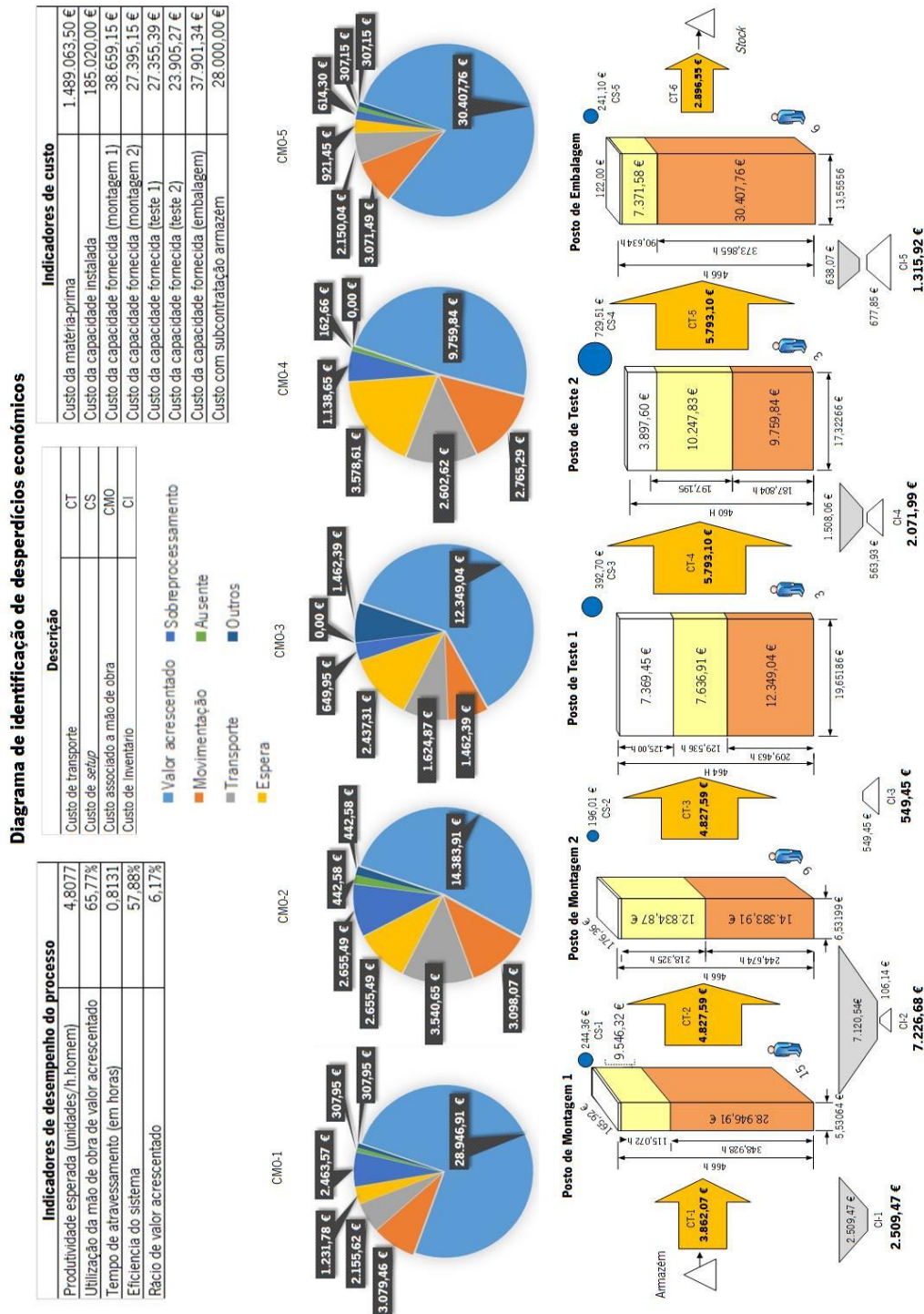


Figura 48 – Diagrama de identificação económica de desperdícios (WID<sup>e</sup>)

O WID<sup>e</sup> do caso apresentado (Figura 48) permite fazer uma leitura e interpretação visual dos dados de custos do sistema produtivo:

Em relação aos postos de trabalho, o posto de embalagem, quando comparado com os demais, apresenta o maior custo com atividades de valor acrescentado, uma vez que o volume do bloco que o representa é maior de todos. Em sentido oposto, o menor custo com atividades de valor acrescentado encontra-se no posto de teste 2, uma vez que o volume do bloco para essa informação é menor que os restantes.

O maior custo com atividades sem valor acrescentado (desperdício) corresponde ao posto de montagem 2 e diz respeito ao bloco com maior volume, enquanto o bloco com menor volume, correspondente ao posto de embalagem que possui o menor custo com atividades sem valor acrescentado.

O maior custo com capacidade não utilizada encontra-se no posto de teste 1 e o menor no posto de embalagem.

No que diz respeito ao custo de transportes, O maior custo de transporte, conforme se pode observar pela dimensão da seta de transporte, encontra-se associado aos transportes 4 e 5 (CT-4 e CT-5) e o menor custo, diz respeito ao transporte 6 (CT-6).

Quanto ao custo do *setup*, destaca-se o custo do *setup* 4 representado pelo círculo maior em relação aos demais da mesma categoria.

Os custos com inventário correspondem aos custos com materiais no posto de trabalho, e WIP disponível para ser processado no posto. Neste sentido o maior custo com inventário, encontra-se no inventário 2, sendo os materiais a maior parcela destes custos.

Ainda em relação aos custos com inventário, percebe-se a ausência de custos com o WIP no posto de montagem 1 (custo com inventário 1) e ausência de custos com materiais no posto de teste 1 (custo com inventário 3). No que diz respeito ao maior custo com WIP, este verifica-se no posto de embalagem (custo com inventário 5)

No que diz respeito aos custos com os desperdícios associados à mão-de-obra estes estão representados no WID<sup>e</sup> através do gráfico circular (para cada posto de trabalho). Tem-se o desperdício mais problemático em relação a custos, o desperdício transporte no posto de montagem 2. Já o desperdício menos problemático em relação a custos, se encontra no posto de embalagem e corresponde ao sobreprocessamento.

Várias outras análises podem ser realizadas quanto aos custos dos desperdícios associados à utilização da mão-de-obra, como análises individualizadas por cada posto de trabalho ou comparativos entre os postos.

No que diz respeito às Informações desempenho do processo e de custos estas podem ser consultadas nos quadros indicadores respetivos. A Figura 48 pode ser encontrada também no anexo IX com maior resolução.

## 7.5 APLICABILIDADE, VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO WID<sup>e</sup>

O WID<sup>e</sup> é um modelo criado para transmitir informação visual de custos dos principais recursos e atividades que suportam um processo produtivo, sejam atividades de valor acrescentado ou atividades sem valor acrescentado, desta forma identificando e quantificando os desperdícios.

**Condições de aplicabilidade:** o WID<sup>e</sup> está orientado para sistemas produtivos de bens ou de serviços, em que os dados para aplicação dependem inicialmente das informações recolhidas junto dos sistemas de gestão da produção e da contabilidade de custos da empresa. Posteriormente são utilizadas as equações de custos para se obterem os custos dos principais recursos e atividades no processo.

### **Vantagens e pontos fortes apresentados pelo modelo WID<sup>e</sup>:**

- Integra conceitos e técnicas de áreas do conhecimento distintas sendo estas a engenharia industrial e a contabilidade de gestão.
- Assume-se como uma alternativa à representação de custos através de tabelas e outros meios semelhantes, recorrendo antes a uma representação gráfica (diagrama) que faz uso de conceitos inerentes à designada gestão visual.
- Apresenta uma grande quantidade de informação numa única representação, sem que a quantidade de dados expostos cause um exaustivo trabalho de análise.
- Suporta-se numa perceção e aplicação simples das equações de custos.
- É uma ferramenta de suporte à de tomada de decisão que se propõe como alternativa às existentes.
- Apresenta uma visão particular dos custos do processo com base na utilização ou não utilização da capacidade disponível dos recursos.

**Desvantagens, limitações e dificuldades:** O modelo limita-se a representar apenas informações correspondentes ao processo produtivo ou serviços, mais precisamente os custos dos recursos e atividades utilizados nestes, recorrendo a conceitos analíticos.

Podem ser consideradas limitações do modelo WID<sup>e</sup>:

- Estar focado apenas na gestão dos custos no processo de elaboração do produto ou serviço.

- Os custos associados à utilização da mão-de-obra são apurados recorrendo à amostragem estatística do tempo consumido, o que torna o modelo fortemente dependente dos dados recolhidos, podendo apresentar variação de resultados devido à perceção particular dos agentes (colaboradores internos ou externos a empresa) envolvidos neste processo.
- Os desperdícios são identificados considerando apenas os preceitos apresentados pela filosofia *Lean*.
- Está condicionado a uma recolha prévia de dados do sistema produtivo e da contabilidade de custos.
- Implica a adoção de pressupostos para a elaboração e aplicação da taxa de custo de capacidade em cada processo que é analisado.
- Complexidade de elaboração e de apresentação da representação gráfica em casos que o sistema produtivo apresente grande quantidades de postos de trabalho tornando a aplicação da ferramenta mais complexa e menos eficiente
- Aplicação de valores de custos com pequena diferença entre si, sob as dimensões das representações visuais tornam a distinção e interpretação mais trabalhosa, tanto na elaboração quanto na leitura.



## **PARTE III – VALIDAÇÃO DO WID<sup>e</sup>: EXPERIÊNCIA, CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **8. EXPERIÊNCIA**

Experiência é um termo derivado da palavra “*experiri*” em latim, que significa tentar ou pôr à prova. No seu sentido lato, a palavra experiência corresponde ao ato de observar passivamente limitando qualquer ação ativa do investigador (Hansson, 2015b). Em termos científicos, a expressão diz respeito ao procedimento através do qual um objeto de estudo é submetido a intervenções (Hansson, 2015a).

Schulz (1999) refere-se à experiência como a essência da pesquisa experimental, na qual reside a manipulação das variáveis independentes de acordo com o interesse da investigação, evidenciando a relação e os resultados sobre as variáveis dependentes.

As experiências são frequentemente utilizadas com o intuito de se obter resultados no mínimo previsíveis (Vanderstoep & Johnston, 2009), através da ação de agentes em eventos controlados (Habermas, 1978). Este tipo de ação intencional, através da manipulação das condições (variáveis), visa obter resultados que venham a confirmar ou refutar hipóteses (Herschel, 1831) sendo, portanto, correto afirmar que as experiências fornecem um mecanismo eficaz para testar hipóteses (Habermas, 1978; Herschel, 1831).

A abordagem experimental pode ser classificada como estudos experimentais, não experimentais e quase-experimentais. Os estudos experimentais são considerados experiências verdadeiras, onde o investigador tem pleno controle sobre a configuração experimental (Vanderstoep & Johnston, 2009). Os estudos não experimentais estão relacionados com a observação das variáveis pelo investigador, sem que este as manipule em seu interesse ou benefício (Ranjit, 2011). Já os estudos quase-experimentais possuem ambas as características dos estudos experimentais e não experimentais (Greenstone & Gayer, 2009).

A principal característica que diferencia um estudo quase-experimental de um estudo experimental reside na ausência de aleatoriedade da amostra estudada e do ambiente (não laboratorial) no qual o estudo é realizado. Por outro lado, estudos quase-experimentais apresentam grandes semelhanças em relação aos estudos não experimentais no que se refere à interferência de fatores externos por conta do ambiente no qual se executa uma quase-experiência (Bryman, 2005; Greenstone & Gayer, 2009; Hansson, 2015a; Ranjit, 2011; Vanderstoep & Johnston, 2009).

O propósito de uma investigação experimental é realizar declarações a respeito do objeto de estudo, sobretudo da causalidade entre variáveis. A capacidade de estabelecer a causalidade entre variáveis torna a investigação experimental numa importante estratégia de investigação para fins explicativos e descritivos; no entanto, este tipo de abordagem apresenta vantagens e desvantagens.

No que diz respeito às vantagens de se optar pela aplicação da experiência, Chatterji, Findley, Jensen, Meier e Nielson (2016) descrevem que esta encontra-se sobretudo na capacidade de controlo que se pode possuir ao realizá-la. Vanderstoep e Johnston (2009) vão além e esclarecem que o controlo faz parte dos procedimentos utilizados na realização de uma experiência, devido à variável independente ser sistematicamente controlada pelo investigador a fim de se produzirem resultados.

Já em relação às desvantagens citam-se os possíveis erros humanos ocasionados na condução da experiência, os ambientes artificiais que muitas vezes podem afetar a interação dos participantes, falsos resultados por falta de compreensão dos participantes, etc. (Bryman, 2005; Chatterji et al., 2016; Hansson, 2015b; Saunders et al., 2009).

Diante destas condições deve-se, previamente, ao realizar qualquer tipo de experiência, definir o objetivo que se espera atingir, para que o conhecimento posto à prova conduza ao resultado esperado. Na sequência, a próxima etapa deste capítulo corresponde à compreensão do objetivo de uma experiência.

## 8.1 OBJETIVO DA EXPERIÊNCIA

A estratégia de investigação abordada pela experiência procura estabelecer empiricamente uma relação causal entre uma variável independente e uma variável dependente, sendo esse o objetivo principal da realização de experiências. Neste caso em particular, pretende-se realizar uma quase-experiência para avaliar o modelo (diagrama de identificação económica de desperdícios - WID<sup>e</sup>) desenvolvido nesta investigação. Procura-se sobretudo analisar a relação causal entre a capacidade de representação da ferramenta visual e o efeito quanto à perceção dos indivíduos no que se refere à capacidade de interpretação das informações fornecidas.

Nesta perspetiva, a interpretação da experiência está condicionada à ação ou, melhor dizendo, trata-se de uma experiência orientada para a ação, o que, de acordo com Hansson (2015a) é um tipo de experiência que procura obter os efeitos da intervenção sob o objeto estudado, ao invés de



apenas observar passivamente o funcionamento ou o comportamento do objeto no meio em que este se encontra inserido, sem interferir na sua natureza.

## 8.2 PERGUNTA DE INVESTIGAÇÃO E HIPÓTESES

Tendo sido o objetivo fundamental desta investigação o desenvolvimento de um modelo que recorresse ao conceito da gestão visual integrando os princípios das ferramentas de representação e de gestão de custos, é notória a necessidade de validar a eficácia deste modelo quanto à capacidade de transmitir visualmente aos intervenientes de forma rápida e intuitiva as informações apresentadas. Neste sentido, procura-se compreender a eficácia do modelo através da perceção que os utilizadores têm dele, a partir da forma como identificam, compreendem e agem com as informações apresentadas visualmente. O foco desta experiência, portanto, não se concentrou no novo modelo em si, com as suas características inovadoras, mas sim, na relação do utilizador com a ferramenta, procurando evidenciar e discutir sobretudo os fatores que influenciam a capacidade de interpretação e de representação visual do utilizador e da ferramenta, como realizado nos trabalhos de Tory & Möller (2004) e Ware (2012).

Assim, julgou-se necessário avaliar e comprovar a partir da experimentação da aplicação do modelo concebido por esta investigação, a seguinte questão:

**Q – Um modelo que permita representar de forma visual os custos do sistema produtivo, em particular os desperdícios, é uma ferramenta eficaz para a comunicação dos custos e conseqüentemente para a tomada de decisão?**

O propósito da experiência prendeu-se com a necessidade de comprovar se o modelo visual proposto (WID<sup>e</sup>), com as características de representação e valorização económica dos desperdícios discutidas nos capítulos 6 e 7, traz efetivamente benefícios para a tomada de decisão para quem o venha a utilizar e particularmente, se este modelo apresenta qualidade no que se refere à capacidade de representação, interpretação das informações apresentadas e melhor desempenho de análise género de informação.

A fim de ajudar a responder a esta pergunta de investigação e validar a capacidade de representação visual do modelo desenvolvido neste projeto de investigação formularam-se as seguintes hipóteses:

*H1 – O WID<sup>e</sup> permite transmitir uma grande quantidade de informação de custos de um processo produtivo de forma prática e acessível.*

*H2 – Os diagramas visuais utilizados no WID<sup>e</sup> facilitam a compreensão dos dados económicos do processo.*

*H3 – O modelo de representação patente WID<sup>e</sup> proporciona maior celeridade na análise e aquisição de informação.*

Espera-se com estas hipóteses provar a eficácia da comunicação dos custos através da representação visual adotada pelo modelo WID<sup>e</sup>.

A primeira hipótese (*H1*), diz respeito ao exame da variável representatividade, ou seja, a capacidade que o modelo possui para representar informações. A hipótese procura avaliar se do ponto de vista do observador, o WID<sup>e</sup> apresenta informações visuais de forma prática e acessível.

A segunda hipótese (*H2*), corresponde ao exame da variável interpretação, procurando-se avaliar a interpretação das informações presentes nos diversos símbolos do WID<sup>e</sup>, ou seja, procura-se validar se a informação presente nos diagramas visuais é corretamente identificada e interpretada.

A terceira hipótese (*H3*) diz respeito ao exame da variável celeridade, procurando-se aferir o desempenho em termos do tempo necessário para analisar a informação representada.

### 8.3 VARIÁVEIS, REPRESENTATIVIDADE, INTERPRETAÇÃO E CELERIDADE

Dentre as etapas da pesquisa experimental, identificar as variáveis a serem investigadas e adotar um método para mensurá-las, são fases de extrema importância para que se possam alcançar resultados com um maior nível de confiabilidade (Bryman, 2005; Ranjit, 2011; Vanderstoep & Johnston, 2009). As variáveis são propriedades que assumem valores diferentes (Kerlinger, 1986) podendo ser enumeradas e mensuradas. De acordo com Ranjit (2011) as variáveis podem ser interpretadas como uma classificação ou medida, com a possibilidade de assumir um conjunto de valores que podem ser medidos através de escalas de medição.

Nesta experiência avaliou-se o nível de representatividade, a capacidade de interpretação e a celeridade de análise associada ao WID<sup>e</sup>, sendo consideradas estas três as principais variáveis necessárias para apurar o nível de eficiência do modelo enquanto ferramenta de visualização para apoio à gestão dos processos produtivos.

As ferramentas de visualização consistem num mecanismo externo de suporte à decisão que está baseado na representação gráfica de dados ou de conceitos (Ware, 2012). O maior benefício advindo da utilização de ferramentas de visualização reside na grande quantidade de informação que pode ser interpretada rapidamente (Blascheck & Ertl, 2013; Larkin & Simon, 1987; Tory & Möller, 2004).

Pretendeu-se, portanto, nesta experiência, recolher informações quanto às três dimensões (representatividade, capacidade de interpretação e celeridade de análise) a fim de se obter dados suficientes para analisar as hipóteses apresentadas anteriormente e, deste modo, validar o modelo desenvolvido nesta investigação.

#### 8.4 DELIMITAÇÃO DA POPULAÇÃO E AMOSTRA

População, de acordo com Bryman (2005), refere-se a um grupo (geralmente pessoas) sobre o qual se procura tirar conclusões. Usualmente a população é composta por um número demasiado grande de indivíduos (ou dados) que acaba por impossibilitar o estudo de todos os elementos que a compõem. Portanto, sugere-se a investigação de um pequeno grupo denominado amostra (Babbie, 2008) que corresponde uma parte representativa do universo analisado.

O uso da amostra, segundo Ranjit (2011), pode proporcionar economia de tempo e de recursos, sejam eles financeiros ou humanos, pode também oferecer capacidade para estimar ou prever características da população, sem comprometer o nível de precisão da investigação. Neste sentido, adotar o tipo de amostragem mais adequado à investigação proporciona uma maior precisão na recolha dos dados e reflete as propriedades da população com maior integridade.

A amostragem na estatística corresponde ao processo de obtenção da amostra (Spiegel, Schiller, & Srinivasan, 2009) e pode ser classificada em dois tipos, amostragem aleatória e amostragem não aleatória. A amostragem de natureza aleatória é conhecida como amostragem probabilística sendo caracterizada pelo facto de cada membro da população ter hipóteses iguais de ser escolhido para integrar a amostra (Bryman, 2005; Vanderstoep & Johnston, 2009). Por outro lado, amostragem não aleatória é conhecida como amostragem não probabilística e caracteriza-se pela seleção dos membros conforme as suas características ou disponibilidade (Vanderstoep & Johnston, 2009).

As amostragens aleatórias e não aleatórias, apresentadas na literatura são as seguintes: amostragem aleatória simples, amostragem aleatória estratificada, amostragem aleatória sistemática, amostragem aleatória em *cluster*, amostragem não aleatória por conveniência, amostragem não aleatória por quota, amostragem não aleatória acidental, amostragem não aleatória por julgamento, amostragem não aleatória *snowball* (Babbie, 2008; Vanderstoep & Johnston, 2009).

Para a realização desta experiência foi escolhida a técnica de amostragem mais adequada, i.e. do tipo não aleatória de conveniência que, segundo Vanderstoep e Johnston (2009), corresponde à

seleção de pessoas disponíveis para a realização do estudo na ocasião definida para esse propósito, envolvendo, muitas vezes, pessoas que estão próximas do local da investigação.

A vantagem de se adotar este tipo de amostragem reside na facilidade com que os participantes podem ser recrutados; já a desvantagem está na eventual falta de representatividade da amostra em relação à população em geral.

Quanto à delimitação da população, optou-se por utilizar os alunos universitários do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho, uma vez que estes alunos estão mais familiarizados com os conceitos abordados pelos sistemas produtivos e ferramentas da engenharia industrial.

A amostra referente a esta população, especificamente chamada de participantes. Os participantes da experiência (quase-experiência) eram na altura estudantes finalistas do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho (MIEGI), num total de 38 participantes, 22 do sexo masculino e 16 do sexo feminino.

Por se tratar de um grupo formado por estudantes do último ano era expectável que todos os participantes tivessem os conhecimentos sobre sistemas produtivos assim como noções de custeio para além de já terem tido contacto com ferramentas de representação visual e de custos tais como: VSM, WID, CBA, TDABC entre outras.

No que diz respeito à utilização de estudantes em experiências, esta é uma abordagem bem difundida na investigação e patente na literatura, sobretudo no que se refere a avaliar o comportamento dos indivíduos e as ações destes para a tomada de decisão (Marriott, 2013). Segundo Alm, McKee e Beck (1990), Eriksen e Fallan (1996) e Plott (1987) os resultados obtidos em experiências nas quais se utilizam estudantes universitários não apresentam diferenças significativas com indivíduos fora do contexto estudantil.

Por este ângulo julga-se admissível o uso dos alunos do MIEGI na quase-experiência, uma vez que estes estudantes se tornarão profissionais atuantes nos processos industriais e poderão fazer uso do WID<sup>e</sup> e de instrumentos similares para a tomada de decisão.

## 8.5 RECOLHA DOS DADOS

A recolha dos dados para esta experiência foi realizada através de questionários, tendo sido pedido aos participantes para responder a um conjunto de perguntas seguindo uma ordem estabelecida. Por se tratar de uma experiência com base na percepção cognitiva dos participantes, o questionário

mostra-se como uma estratégia adequada e de fácil aplicação, facilitando igualmente a recolha dos dados.

A aplicação de questionários contribui efetivamente para a investigação, pois segundo Gill e Johnson (2002), os questionários são bem aplicados em estudos explicativos, onde a sua aplicação contribui para elucidar acerca da relação causal entre as variáveis estudadas.

Ao se estabelecer o uso de questionários é primordial identificar o tipo de questionário que melhor atende o propósito e a metodologia de investigação. Neste sentido, esta investigação utilizou para recolha de dados um questionário do tipo autoadministrado o que, segundo Saunders et al. (2009), se traduz, na prática, em questionários que são entregues aos participantes na experiência e que são recolhidos posteriormente.

Após a escolha do tipo de questionário, é essencial elaborar adequadamente as perguntas que nele vão constar de modo a obterem-se resultados com elevado nível de confiabilidade. As questões devem ser apresentadas de forma clara para que não existam dúvidas no momento em que os inquiridos respondem ao questionário. Perante esta questão procurou-se elaborar questões caracterizadas por textos reduzidos, mas com conteúdo claro, apresentadas seguindo uma ordem lógica, com questões e respostas fechadas sendo estas últimas de múltipla escolha e com uma escala de classificação (útil quando se procura obter informações quantitativas e baseadas na perceção ou opinião dos inquiridos).

As respostas de múltipla escolha permitem que o inquirido escolha uma de entre as várias respostas presentes no questionário para uma determinada pergunta.

A escala de classificação adotada é do tipo Likert e o padrão utilizado é de género ordinal de ordem crescente, variando de um valor mínimo de 1 a um valor máximo de 6, correspondendo aos extremos da escala (discordo totalmente e concordo totalmente, respetivamente).

A escala Likert de classificação corresponde a uma escala psicométrica utilizada para recolher dados de opinião (Ranjit, 2011; Saunders et al., 2009). Neste tipo de escala os inquiridos informam qual o nível de concordância ou discordância com o objeto em análise (Vanderstoep & Johnston, 2009).

No caso do presente projeto, as perguntas que compõem o questionário estão agrupadas em dois blocos que recolhem informações quanto à compreensão e perceção dos participantes em relação às variáveis representatividade e interpretação. As perguntas estão associadas às

variáveis apresentadas, as quais, por sua vez, procuram atender às hipóteses apresentadas na secção 8.2.

Uma versão inicial do inquérito foi elaborada com o objetivo de testar a sua eficácia. Para este teste recorreu-se a dois estudantes do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho.

Aos participantes foram solicitados comentários e críticas que deram origem a um segundo inquérito (versão final) com modificações no texto e na ordem das perguntas.

A versão final do inquérito contém 17 perguntas repartidas por dois blocos, em que o primeiro é dedicado a obter a perceção dos participantes quanto ao nível de representatividade dos modelos e o segundo bloco dedicado a avaliar a capacidade de interpretação das informações apresentadas pelos modelos.

Os dois blocos de perguntas, em formato de inquérito aplicados à experiência, podem ser visualizados nos anexos V e VI da presente tese. Já o conjunto de informações relacionado com estes blocos de perguntas é apresentado nas Tabela 28 e Tabela 29.

Tabela 28 – Perguntas do inquérito referentes à dimensão representatividade

Perguntas	Variável	Hipótese	Escala de medição
Consegue identificar facilmente o custo da capacidade não utilizada?	Representatividade	<i>H1 – O WID<sup>o</sup> permite transmitir uma grande quantidade de informação de custos de um processo produtivo de forma prática e acessível</i>	1. Discordo totalmente, 2. Discordo bastante, 3. Discordo pouco, 4. Concordo pouco, 5. Concordo bastante, 6. Concordo totalmente
Consegue identificar facilmente o custo com o desperdício movimentação?			
Consegue identificar facilmente o custo com atividades sem valor acrescentado no posto de trabalho?			
Consegue identificar facilmente o custo do inventário?			
Consegue identificar facilmente a taxa de custo da capacidade utilizada?			
Consegue identificar facilmente o custo do <i>Setup</i> ?			
Consegue identificar facilmente o custo do transporte?			
Consegue identificar facilmente o custo da capacidade fornecida (instalada)?			

A Tabela 29 apresenta aspetos relacionados com a dimensão interpretação, em que são visualizadas as perguntas submetidas aos participantes, a hipótese relacionada e a escala de medição utilizada.

Tabela 29 - Perguntas do inquérito referentes à variável interpretação

Perguntas	Variável	Hipótese	Múltipla escolha
Qual é o posto com maior custo do <i>setup</i> ?	Interpretação	<i>H2 – Os diagramas visuais utilizados no WID<sup>e</sup> facilitam a compreensão dos dados económicos do processo.</i>	Postos, 1; 2; 3; 4 e 5; Não sei.
Qual é o posto com maior custo da capacidade não utilizada?			
Qual é o posto com menor custo de capacidade fornecida?			
Qual é o posto com maior custo de inventário?			
Qual é o posto com a menor taxa de custo da capacidade?			
Qual é o posto com maior custo com atividades sem valor acrescentado?			
Qual é o posto com o menor custo com o desperdício movimentação?			
Qual é o posto com o maior custo em atividade de valor acrescentado			Transportes 1; 2; 3; 4 e 5; Não sei.
Qual é o maior custo de transportes?			

As questões apresentadas pela Tabela 29 são do tipo múltipla escolha, diferente da escala Likert de medição utilizada nas questões apresentadas na Tabela 28. A adoção desta forma de recolha, permite ao participante indicar apenas uma resposta para cada questão dando agilidade à execução do inquérito.

## 8.6 DESENHO E ELABORAÇÃO DA EXPERIÊNCIA

Desenhar e elaborar uma experiência é uma das fases mais complexas da abordagem experimental (Schulz, 1999). O sucesso de uma boa experiência reside em executá-la da forma mais realista possível; desta maneira os resultados obtidos serão o mais próximo do real.

Ao desenhar-se uma experiência é essencial fazer um esboço das etapas necessárias, tendo cuidado para que as atividades a executar sejam, sempre que possível, praticadas de forma simples, de modo a evitar dúvidas por parte dos participantes.

A experiência realizada nesta investigação baseou-se na recolha de informação quanto à perceção dos participantes em relação às formas de representação de custos através de tabelas *versus* diagrama (i.e. WID<sup>e</sup>). O contexto da experiência é simples e consiste em submeter os participantes à análise dos custos e informações do processo produtivo e avaliar as suas opiniões utilizando-se um inquérito com perguntas e resposta fechadas.

A experiência foi dividida em 4 etapas:

- Na primeira etapa os participantes receberam uma formação introdutória a fim de nivelar o conhecimento sobre os principais conceitos de custeio e de valorização económica a serem abordados pelos instrumentos alvo de avaliação (e.g., custo da capacidade

utilizada, taxa de custo da capacidade, custo do *setup*, valorização económica dos desperdícios associados à mão-de-obra).

- A segunda etapa consistiu na aplicação de um teste a respeito dos conceitos abordados na etapa anterior, possibilitando a recolha de informação particular quanto ao nível de compreensão dos participantes submetidos à experiência.
- A terceira etapa compreendeu a apresentação genérica aos participantes dos dois instrumentos de representação (tabelas e diagrama) dando, portanto, conhecimento a respeito das características e informações relevantes de cada uma das formas de representação, a fim de extinguir qualquer dúvida no que se refere à apreciação dos dados a serem representados.
- A quarta etapa consistiu na experiência propriamente dita, onde foram disponibilizadas aos grupos de alunos as informações de custos de um determinado processo produtivo, sob duas formas de representação (tabelas e diagramas, sendo esta última através do modelo desenvolvido neste estudo), juntamente com um inquérito para recolha de informação quanto à perceção dos participantes acerca da informação apresentada, para aferir o nível de representatividade, a capacidade de interpretação e a celeridade de análise no WID<sup>e</sup>.

O procedimento adotado para a aplicação da experiência implica repartir os participantes por dois grupos homogêneos. Um dos grupos avaliou a forma de representação por tabelas (tabular) e o outro a forma de representação em diagrama, neste caso o WID<sup>e</sup>.

Cada participante de ambos os grupos recebeu um questionário contendo perguntas iguais e condições iguais para a execução da experiência. A execução da experiência deu-se com a constituição de dois grupos, em que um é o grupo de controlo dedicado a avaliar a representação tabular e o outro é o grupo experimental que servirá para avaliar o modelo desenvolvido (WID<sup>e</sup>).

Ao grupo de controlo foram disponibilizadas tabelas a cada participante contendo as informações referentes aos custos de um processo produtivo. Cada participante do grupo experimental (confrontado com a representação em diagrama) recebeu um diagrama de identificação económica de desperdícios (WID<sup>e</sup>), contendo as mesmas informações do processo produtivo apresentado ao grupo de controlo.

A execução da experiência realizou-se numa sala de aula, na qual foram colocados os participantes dos dois grupos (controlo e experimental), fornecendo a estes a projecção de um cronómetro em local visível. A projecção do cronómetro serviu para recolha de dados para avaliação da variável



celeridade de análise relacionada com a terceira hipótese ( $H_3$ ). O procedimento adotado para o registro dos tempos foi realizado através do ato de preenchimento do inquérito registrando o tempo de resposta para cada pergunta, sendo este preenchimento, de preferência, seguindo a sequência de perguntas proposta pelo inquérito.

No que diz respeito à interferência de qualquer variável relacionada com o nível de conhecimento do conteúdo abordado pelas formas de representação, procurou-se com a aplicação da primeira etapa da experiência, nivelar a compreensão e discernimento dos inquiridos fornecendo, portanto, a base necessária para conhecimento e análise das informações apresentadas.

A análise quantitativa dos dados obtidos e a discussão das hipóteses são apresentadas no capítulo seguinte (capítulo 9).



## 9. CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS DA AMOSTRA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 9.1 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS DA AMOSTRA

A caracterização dos dados da amostra, corresponde à apresentação e exame de dados quantitativos, onde, de acordo com Neuman (2007), corresponde a organização, apresentação e a manipulação dos dados para o alcance de resultados com apoio de técnicas de estatísticas. Para esta tese, a organização das informações, assim como a manipulação e a análise dos dados quantitativos corresponde ao exame das informações provenientes dos grupos controlo e experimental respetivamente relacionados com os modelos de representação em forma de tabela e em forma de diagrama (WID<sup>e</sup>).

A análise diz respeito ao exame das dimensões representatividade, interpretação e celeridade e teve como objetivo avaliar a perceção dos participantes quanto à utilização do WID<sup>e</sup> e do modelo de representação tabular. O modelo de representação tabular corresponde a um modelo genérico que, neste contexto, apresenta um conjunto de indicadores de custos.

Em termos de resultados, os dados quantitativos são apresentados e analisados com o suporte do programa informático SPSS *Statistic 22*, nomeadamente, recorrendo a estatística descritiva e o teste estatístico não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney para amostras independentes. O teste estatístico de Wilcoxon-Mann-Whitney, conhecido como teste de Mann-Whitney ou teste da soma dos postos de Wilcoxon, corresponde ao teste não paramétrico utilizado para comparar a diferença entre dois grupos de uma mesma população para uma variável categórica em que ocorre não normalidade da distribuição (Rahardja, Zhao, & Qu, 2009).

A seleção do teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney para o teste das hipóteses  $H_1$ ,  $H_2$  e  $H_3$  está relacionada em primeiro lugar com o tamanho da amostra investigada e pela constatação da não normalidade da distribuição da amostra submetida a análise prévia, e, por outro lado, pela possibilidade do teste proporcionar a comparação entre amostras independentes, sem que haja a necessidade de homogeneidade dos dados e imposição do uso de variáveis intervalares e contínuas.

As subsecções a seguir dizem respeito aos dados recolhidos pela experiência com base nos blocos de perguntas correspondente às dimensões representatividade, interpretação e celeridade.

Os dados recolhidos foram examinados através da estatística descritiva, tendo-se considerado as medidas de tendência central moda e média e as medidas de dispersão frequência e desvio padrão.

### **9.1.1 Dimensão representatividade**

A dimensão representatividade diz respeito à capacidade de representação eficaz das informações apresentadas pelos modelos. Com a realização da experiência, procurou-se avaliar o nível de percepção dos participantes em relação às informações representadas através das características próprias de ambos os modelos (tabular e WID<sup>e</sup>).

A análise desta dimensão está baseada nos dados do inquérito e na escala do tipo Likert, em que os participantes da experiência forneceram as suas respostas com base nos níveis de opinião em discordância ou concordância definidos pela escala, e que são: discordo totalmente, discordo bastante, discordo pouco, concordo pouco, concordo bastante e concordo totalmente.

Em relação aos critérios para análise da escala Likert, Boone & Boone (2012), consideram que esta pode ser analisada como uma escala de medição ordinal, na qual se utiliza a moda ou mediana como medidas de tendência central e a frequência como medida de variabilidade; ou como uma escala de medição do intervalo na qual se utiliza a média como medida de tendência central e o desvio padrão como medida de variabilidade.

Neste sentido, para esta análise, considerou-se mais adequado a utilização da escala Likert como uma escala de medição ordinal, fazendo uso da moda e da frequência para se referir aos dados recolhidos da experiência, proporcionando a facilidade de interpretação com resultados mais práticos.

Os resultados são apresentados a partir das informações recolhidas para os grupos controlo e experimental através da caracterização dos dados provenientes de cada uma das perguntas do inquérito, sendo por fim realizada uma análise global.

A Tabela 30 apresenta os resultados recolhidos da experiência para ambos os grupos (controlo e experimental) com base na medida de tendência central moda e medida de variabilidade frequência.

Tabela 30 – Resultados da percepção dos grupos controlo e experimental quanto à dimensão representatividade

<b>Inquérito quanto à representatividade dos modelos em relação a identificar facilmente:</b>		<b>Grupo</b>	<b>Frequência</b>	<b>Discordo totalmente</b>	<b>Discordo bastante</b>	<b>Discordo pouco</b>	<b>Concordo pouco</b>	<b>Concordo bastante</b>	<b>Concordo totalmente</b>	<b>Moda</b>
O custo da capacidade não utilizada	E	Absoluta	0	0	0	0	3	16	Concordo totalmente	
		Relativa	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	15,79%	84,21%		
	C	Absoluta	0	5	1	6	5	2	Concordo pouco	
		Relativa	0,00%	26,32%	5,26%	31,58%	26,32%	10,53%		
O custo com o desperdício movimentação	E	Absoluta	2	1	1	1	3	11	Concordo totalmente	
		Relativa	10,53%	5,26%	5,26%	5,26%	15,79%	57,89%		
	C	Absoluta	0	2	3	8	4	2	Concordo pouco	
		Relativa	0,00%	10,53%	15,79%	42,11%	21,05%	10,53%		
O custo com atividades sem valor acrescentado	E	Absoluta	0	0	0	0	3	16	Concordo totalmente	
		Relativa	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	15,79%	84,21%		
	C	Absoluta	0	0	2	8	7	2	Concordo pouco	
		Relativa	0,00%	0,00%	10,53%	42,11%	36,84%	10,53%		
O custo do inventário	E	Absoluta	0	0	1	1	3	14	Concordo totalmente	
		Relativa	0,00%	0,00%	5,26%	5,26%	15,79%	73,68%		
	C	Absoluta	0	1	2	6	8	2	Concordo bastante	
		Relativa	0,00%	5,26%	10,53%	31,58%	42,11%	10,53%		
A taxa de custo da capacidade	E	Absoluta	0	0	2	1	5	11	Concordo totalmente	
		Relativa	0,00%	0,00%	10,53%	5,26%	26,32%	57,89%		
	C	Absoluta	0	1	2	11	3	2	Concordo pouco	
		Relativa	0,00%	5,26%	10,53%	57,89%	15,79%	10,53%		
O custo do <i>setup</i>	E	Absoluta	0	0	0	0	1	18	Concordo totalmente	
		Relativa	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,26%	94,74%		
	C	Absoluta	0	0	2	7	8	2	Concordo bastante	
		Relativa	0,00%	0,00%	10,53%	36,84%	42,11%	10,53%		
O custo do transporte	E	Absoluta	0	0	0	0	2	17	Concordo totalmente	
		Relativa	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,53%	89,47%		
	C	Absoluta	0	0	1	6	9	3	Concordo bastante	
		Relativa	0,00%	0,00%	5,26%	31,58%	47,37%	15,79%		
O custo da capacidade instalada (fornecida)	E	Absoluta	0	0	0	0	0	19	Concordo totalmente	
		Relativa	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%		
	C	Absoluta	0	4	6	4	4	1	Discordo pouco	
		Relativa	0,00%	21,05%	31,58%	21,05%	21,05%	5,26%		
Resultado global	E	Absoluta	2	1	4	3	20	122	Concordo totalmente	
		Relativa	1,32%	0,66%	2,63%	1,97%	13,16%	80,26%		
	C	Absoluta	0	13	19	56	48	16	Concordo pouco	
		Relativa	0,00%	8,55%	12,50%	36,84%	31,58%	10,53%		

C = grupo de controlo, E = grupo experimental

Os resultados referentes à percepção dos grupos de controlo e experimental (Tabela 30), respetivamente relacionados com o modelo de representação tabular e com o modelo de representação por diagrama (WID<sup>e</sup>), são descritos com base nas questões investigadas a seguir:

- Identificar facilmente o custo da capacidade não utilizada

Os resultados apresentados indicam que 84,21% dos participantes do grupo experimental concordaram totalmente quando questionados se conseguiam identificar facilmente o custo da capacidade não utilizada no modelo WID<sup>e</sup>, enquanto apenas 10,53% dos participantes do grupo de controlo demonstraram idêntico nível de concordância no que concerne a identificar facilmente o custo da capacidade não utilizada usando as tabelas fornecidas.

Em termos de moda e medidas de dispersão, o grupo experimental apresentou a moda na opção concordo totalmente e o grupo de controlo apresentou a moda na opção concordo pouco, quanto à dispersão, essa se mostra bastante menor no grupo experimental.

No que diz respeito a fiabilidade dos resultados, pode-se inferir que os resultados apresentados pelo grupo experimental se mostram mais fiáveis do que os do grupo de controlo, uma vez que apresenta maior uniformidade de opiniões. Isto leva a concluir que a perspetiva apresentada pelos participantes do grupo experimental em relação ao modelo WID<sup>e</sup> é mais consistente que as do grupo de controlo.

- Identificar facilmente o custo com desperdício movimentação

Os resultados apresentados indicam que 57,89% dos participantes do grupo experimental concordaram totalmente em identificar facilmente o custo com desperdício movimentação no modelo WID<sup>e</sup>, enquanto apenas 10,53% dos participantes do grupo de controlo demonstraram idêntico nível de concordância no que concerne a identificar facilmente o custo com desperdício movimentação usando as tabelas fornecidas.

Em termos de moda e medidas de dispersão, o grupo experimental apresentou a moda na opção concordo totalmente e o grupo de controlo apresentou a moda na opção concordo pouco, quanto à dispersão, essa se mostra maior no grupo experimental.

Em relação à fiabilidade dos resultados, o grupo experimental mostra-se melhor que o grupo de controlo pois concentra cerca de 57,89% das opiniões dos participantes sob a moda. Conclui-se, portanto, que para a questão em análise, apesar da percepção dos participantes do grupo experimental se mostrar melhor que a do grupo de controlo, ambos os modelos sofreram grande variabilidade de opiniões dentre os participantes.

- Identificar facilmente o custo com atividades sem valor acrescentado

Os resultados apresentados indicam que 84,21% dos participantes do grupo experimental concordaram totalmente em identificar facilmente o custo com atividades sem valor acrescentado no modelo WID<sup>e</sup>, enquanto apenas 10,53% dos participantes do grupo de controlo demonstraram idêntico nível de concordância no que concerne a identificar facilmente o custo com atividades sem valor acrescentado usando as tabelas fornecidas.

Em termos de moda e medidas de dispersão, o grupo experimental apresentou a moda na opção concordo totalmente e o grupo de controlo apresentou a moda sobre a opção concordo pouco, quanto a dispersão, essa se mostra menor no grupo experimental.

Em relação à fiabilidade dos resultados, pode-se inferir que os resultados apresentados pelo grupo experimental se mostram mais fiáveis que os do grupo de controlo, uma vez que o primeiro apresenta menor discordância de opinião entre os participantes e possui cerca de 84,21% das opiniões concentradas num único nível da escala, podendo-se afirmar que a opinião apresentada pelo grupo experimental em relação ao modelo WID<sup>e</sup> é mais consistente que a do grupo de controlo para a questão em análise.

- Identificar facilmente o custo do inventário

Os resultados apresentados indicam que 73,68% dos participantes do grupo experimental concordaram totalmente em identificar facilmente o custo do inventário no modelo WID<sup>e</sup>, enquanto apenas 10,53% dos participantes do grupo de controlo demonstraram idêntico nível de concordância no que concerne a identificar facilmente o custo do inventário usando as tabelas fornecidas.

Em termos de moda e medidas de dispersão, o grupo experimental apresentou a moda na opção concordo totalmente e o grupo de controlo apresentou a moda sobre a opção concordo bastante, quanto a dispersão, essa se mostra menor no grupo experimental.

Em relação à fiabilidade dos resultados, pode-se inferir que os resultados apresentados pelo grupo experimental se mostram mais fiáveis que os do grupo de controlo, uma vez que revelam menor variabilidade de opiniões. Em resumo, pode-se afirmar, com base nos dados recolhidos, que a percentagem de participantes que concorda totalmente que é mais fácil identificar o custo do inventário é maior no grupo experimental (modelo WID<sup>e</sup>) do que no grupo de controlo (modelo tabular).

- Identificar facilmente a taxa de custo da capacidade

Os resultados apresentados indicam que 57,89% dos participantes do grupo experimental concordaram totalmente identificar facilmente a taxa de custo da capacidade no modelo WID<sup>e</sup>,

enquanto que apenas 10,53% dos participantes do grupo de controlo demonstraram idêntico nível de concordância no que concerne a identificar facilmente a taxa de custo da capacidade usando as tabelas fornecidas.

Em termos de moda e medidas de dispersão, o grupo experimental apresentou a moda na opção concordo totalmente e o grupo de controlo apresentou a moda sobre a opção concordo pouco, quanto a dispersão, essa se mostra menor no grupo experimental.

Em relação à fiabilidade dos resultados, pode-se inferir que os resultados apresentados pelo grupo experimental se mostram mais fiáveis que os do grupo de controlo, além de demonstrar que a maior parte dos participantes do grupo experimental concorda totalmente que consegue identificar com facilidade a taxa de custo de capacidade no modelo WID<sup>e</sup>, e que também mostra que a maior parte dos participantes do grupo de controlo concorda pouco que é fácil identificar essa mesma taxa no modelo tabular.

- Identificar facilmente o custo do *setup*

Os resultados apresentados indicam que 94,74% dos participantes do grupo experimental concordaram totalmente identificar facilmente o custo do *setup* no modelo WID<sup>e</sup>, enquanto apenas 10,53% dos participantes do grupo de controlo demonstraram idêntico nível de concordância no que concerne a identificar facilmente o custo do *setup* usando as tabelas fornecidas.

Em termos de moda e medidas de dispersão, o grupo experimental apresentou a moda na opção concordo totalmente e o grupo de controlo apresentou a moda sobre a opção concordo bastante, quanto a dispersão, essa se mostra menor no grupo experimental.

Em relação à fiabilidade dos resultados, pode-se inferir que os resultados apresentados pelo grupo experimental se mostram mais fiáveis que os do grupo de controlo, uma vez que estão mais concentrados e revelam maior uniformidade de opiniões; isto leva a concluir que a perspetiva apresentada pelos participantes do grupo experimental em relação ao modelo WID<sup>e</sup> é mais consistente que a do grupo de controlo.

- Identificar facilmente o custo do transporte

Os resultados apresentados indicam que 89,47% dos participantes do grupo experimental concordaram totalmente identificar facilmente o custo do transporte a no modelo WID<sup>e</sup>, enquanto apenas 15,79% dos participantes do grupo de controlo demonstraram idêntico nível de concordância no que concerne a identificar facilmente o custo do transporte usando as tabelas fornecidas.



Em termos de moda e medidas de dispersão, o grupo experimental apresentou a moda na opção concordo totalmente e o grupo de controlo apresentou a moda sobre a opção concordo bastante, quanto a dispersão, essa se mostra menor no grupo experimental.

Em relação à fiabilidade dos resultados, pode-se inferir que os resultados apresentados pelo grupo experimental se mostram mais fiáveis que os do grupo de controlo, uma vez apresentam menor variabilidade de opiniões. Levando a crer com base nos dados recolhidos que há no grupo experimental mais participantes que concordam totalmente ser mais fácil identificar o custo do transporte (modelo WID<sup>e</sup>) do que no grupo de controlo (modelo tabular).

- Identificar mais facilmente o custo da capacidade instalada (fornecida)

Os resultados apresentados indicam que 100% dos participantes do grupo experimental concordaram totalmente identificar facilmente o custo da capacidade instalada no modelo WID<sup>e</sup>, enquanto apenas 5,26% dos participantes do grupo de controlo demonstraram idêntico nível de concordância no que concerne a identificar facilmente o custo da capacidade instalada usando as tabelas fornecidas.

Em termos de moda e medidas de dispersão, o grupo experimental apresentou a moda na opção concordo totalmente e o grupo de controlo apresentou a moda sobre a opção discordo pouco. Quanto à dispersão, essa não existe no grupo experimental, no entanto, é bem maior no grupo de controlo.

Em relação à fiabilidade dos resultados, o resultado apresentado pelo grupo experimental (100% dos participantes em concordância) dispensa qualquer forma de comparação.

- Análise global dos resultados

A análise global dos resultados consiste no exame de cada modelo com base na medida de tendência central moda; neste sentido tem-se para o modelo WID<sup>e</sup>, em termos de resultado geral, o custo da capacidade instalada como a informação mais bem identificada por todos os participantes do grupo experimental. Por outro lado, o custo dos desperdícios movimentação e a taxa de custo de capacidade são informações com menor facilidade de perceção entre os dados transmitidos pela representação visual do WID<sup>e</sup>.

As restantes informações de custos se mostraram melhor percebidas através da representação visual por 73,68% a 84,21% dos participantes do grupo experimental.

Já em relação ao modelo tabular, os resultados apontam que das informações apresentadas nas tabelas, a taxa de custo de capacidade foi melhor percebida por 57,89% dos participantes. Por outro lado, o custo da capacidade instalada foi a informação que menos favoreceu a perceção

pelos participantes do grupo de controlo. As restantes informações de custos se mostraram percebidas através dos dados contidos nas tabelas por 31,58% a 42,11% dos participantes do grupo de controlo.

Para além destes resultados individuais, o resultado global da experiência para ambos os grupos (experimental e controlo), demonstram que o grupo experimental apresenta resultados mais consistentes que o grupo de controlo. A conclusão está baseada na comparação das informações da moda e frequência das respostas entre ambos os grupos.

Neste sentido, pode-se afirmar que o grupo experimental apresenta melhores resultados gerais, uma vez que, em termos de moda, apresenta o resultado sob o nível de opinião concordo totalmente, enquanto o grupo de controlo se encontra no nível de opinião concordo pouco.

Em termos de frequência, os resultados apresentados deixam em evidência a imensa diferença entre a perceção de cada grupo e os modelos analisados. No grupo experimental (usou o modelo WID<sup>e</sup>) verificaram-se 122 opiniões em acordo resultando na maior frequência de respostas para esse grupo, com a percentagem de 80,26%. No grupo de controlo (usou modelo tabular) tem-se apenas 56 opiniões em acordo sendo esta a maior frequência de respostas em acordo (36,84%). No que diz respeito à dispersão dos resultados, a Figura 49 demonstra uma clara diferença da perceção dos participantes do grupo de controlo e do grupo experimental relativamente aos modelos de representação (WID<sup>e</sup> e Tabular). Os resultados podem ser analisados de duas formas; a primeira, pela variabilidade de escolha de opções na escala de Likert e a segunda, pela frequência de opiniões aplicadas a cada uma das opções dessa mesma escala.

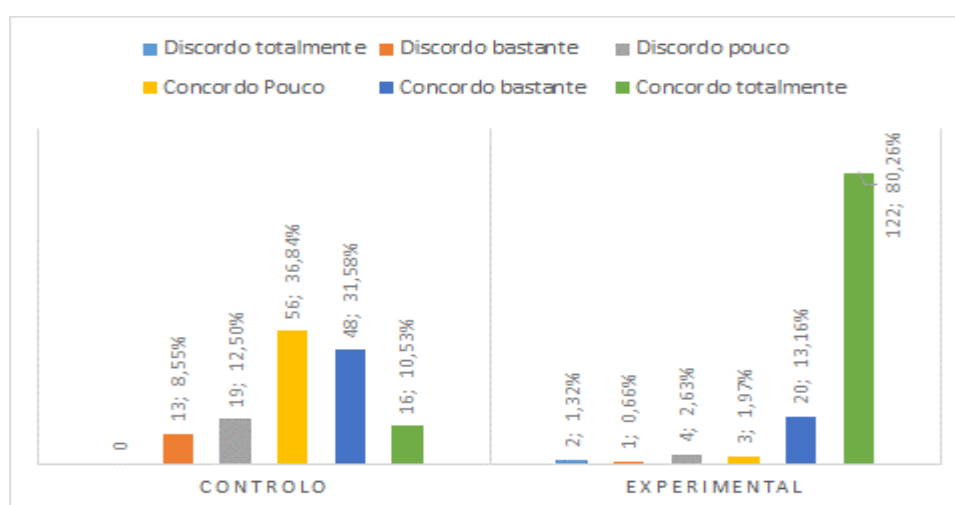


Figura 49 - Dispersão das respostas nos grupos controlo e experimental

Quanto à variabilidade de escolha, o grupo de controlo apresenta menor dispersão quando comparado com o grupo experimental; de facto, o grupo de controlo concentra as suas respostas em 5 níveis de opiniões, ao passo que o grupo experimental se concentra em 6 níveis.

Já em relação à frequência das opiniões, há maior dispersão no grupo de controlo que no grupo experimental; a percentagem total das frequências divergentes à moda do grupo de controlo corresponde a 63,26%, enquanto no grupo experimental é de apenas 19,74%.

Em resumo, pode-se dizer que no grupo experimental há mais participantes com opiniões em acordo e menor dispersão em relação as questões apresentadas pelo inquérito e que no grupo de controlo há menos participantes compartilhando a mesma opinião, resultando numa maior dispersão e divergência de opinião quanto às questões apresentadas e ao modelo em análise. Portanto, os dados recolhidos, colocam em evidência as desigualdades entre a percepção do grupo de controlo e do grupo experimental; facilmente se verifica o maior consenso de opiniões nos participantes do grupo experimental quanto à melhor representatividade do modelo WID<sup>e</sup> quando comparado com o grupo de controlo, que usou o modelo tabular. Logo, pode-se concluir que o modelo de representação WID<sup>e</sup> possui características mais facilmente identificadas em termos de representatividade o que pode ser confirmado pelos resultados apresentados.

### **9.1.2 Dimensão interpretação**

A dimensão interpretação corresponde à capacidade de interpretação das informações presentes nos modelos de representação (WID<sup>e</sup> e Tabela) pelos participantes da experiência de ambos os grupos (controlo e experimental).

A caracterização dos dados quantitativos para a dimensão interpretação consiste basicamente em mensurar a capacidade de interpretação dos participantes através dos resultados apresentados pela aplicação de um questionário que visa mostrar à compreensão do conteúdo apresentado pelos modelos de representação (de facto, pode dizer-se que uma coisa é identificar a presença de um conteúdo e outra coisa é interpretá-lo corretamente).

Em termos de análise de resultados, são considerados os resultados gerais apresentados por ambos os grupos (controlo e experimental), em que são observadas as frequências das respostas corretas às questões do inquérito bem como a respetiva percentagem.

Além da análise referente às respostas corretas e às frequências relacionadas, também se empregou a estatística descritiva com base nas medidas de tendência central, como: média, moda

e mediana, e a medida de dispersão de desvio padrão, a fim de se realizar uma comparação entre os grupos investigados.

A Tabela 31 apresenta os resultados recolhidos para as medidas de estatística descritiva enunciadas.

Tabela 31 – Frequência absoluta e relativa para a dimensão interpretação

<b>Grupo de controlo (representação por tabula)</b>	<b>Frequência de respostas corretas</b>		<b>Grupo experimental (WID<sup>e</sup>)</b>	<b>Frequência de respostas corretas</b>	
	<b>Absoluta</b>	<b>Relativa</b>		<b>Absoluta</b>	<b>Relativa</b>
Participante 1	8	88,90%	Participante 1	9	100,00%
Participante 2	7	77,80%	Participante 2	9	100,00%
Participante 3	7	77,80%	Participante 3	9	100,00%
Participante 4	9	100,00%	Participante 4	7	77,80%
Participante 5	6	66,70%	Participante 5	6	66,70%
Participante 6	8	88,90%	Participante 6	7	77,80%
Participante 7	9	100,00%	Participante 7	8	88,90%
Participante 8	7	77,80%	Participante 8	8	88,90%
Participante 9	7	77,80%	Participante 9	9	100,00%
Participante 10	9	100,00%	Participante 10	7	77,80%
Participante 11	9	100,00%	Participante 11	8	88,90%
Participante 12	8	88,90%	Participante 12	7	77,80%
Participante 13	9	100,00%	Participante 13	6	66,70%
Participante 14	9	100,00%	Participante 14	6	66,70%
Participante 15	8	88,90%	Participante 15	8	88,90%
Participante 16	5	55,60%	Participante 16	8	88,90%
Participante 17	5	55,60%	Participante 17	7	77,80%
Participante 18	6	66,70%	Participante 18	7	77,80%
Participante 19	9	100,00%	Participante 19	8	88,90%
Resultado geral	145	84,80%	Resultado geral	144	84,21%
Média	7,63		Média	7,57	
Mediana	8		Mediana	8	
Moda	9		Moda	8	
Desvio Padrão	1,382		Desvio Padrão	1,017	

Os dados apresentados pelo inquérito referente a dimensão interpretação (Tabela 31) sugerem que, no geral, 84,80% das respostas dos participantes do grupo de controlo foram corretas, totalizando 145 repostas. No grupo experimental os dados apresentados foram minimamente inferiores, com uma percentagem de 84,21%, totalizando 144 respostas corretas.

Neste sentido, pode-se inferir que os resultados apresentados mostram uma pequena diferença na capacidade de interpretação dos participantes relativamente aos modelos analisados, sendo mais positiva a interpretação dos participantes no grupo de controlo (por apenas possuir uma resposta correta a mais).

Em termos de análise descritiva estatística, os dados recolhidos da experiência podem ser descritos e analisados a partir do resultado geral referente ao conjunto de respostas dos grupos controlo e experimental através das medidas de tendência central e dispersão.

Os resultados apresentam-se de formas distintas com diferenças diminutas entre os grupos (controlo e experimental), em que: (i) a média para o grupo de controlo apresenta um valor de 7,63 e o grupo experimental apresenta média de 7,57 mostrando que há uma pequena diferença no total de respostas corretas apresentadas pelos participantes em ambos os grupos; (ii) no que diz respeito a mediana, ambos os grupos possuem o valor 8, o que indica que dentro da amostra recolhida, metade dos valores recolhidos estão abaixo do valor 8 e a outra metade acima; (iii) para a moda, o grupo de controlo apresentou o valor 9 e grupo experimental valor 8, podendo-se inferir que para o grupo de controlo houve mais participantes com resultado de 9 acertos, enquanto no grupo experimental houve mais participantes com valor 8 acertos.

Em termos de dispersão dos dados, o grupo experimental apresenta menor dispersão que o grupo de controlo; tem-se um desvio padrão de 1,07 para o grupo experimental e 1,38 para o grupo de controlo.

Em síntese, a partir dos resultados gerais e com o auxílio das medidas de tendência e dispersão, pode dizer-se que a interpretação dos participantes confrontados com o modelo WID<sup>e</sup> mostrou ser similar (ainda que ligeiramente inferior) à interpretação dos participantes do grupo de controlo (modelo tabular).

### **9.1.3 Dimensão celeridade**

O estudo da dimensão celeridade tem como propósito apresentar os tempos médios despendidos pelos participantes do experimento no exame das dimensões representatividade e interpretação em ambos os modelos de representação (WID<sup>e</sup> e tabular).

A Tabela 32 apresenta os resultados dos tempos de análise para as dimensões representatividade e interpretação, assim como o tempo total, acompanhado das medidas de tendência central e dispersão (média e desvio padrão).

Tabela 32 – Tempo despendido na análise das dimensões representatividade e interpretação

<b>Participantes de ambos os grupos (controle e experimental)</b>	<b>Tempo de análise Dimensão representatividade</b>		<b>Tempo de análise Dimensão Interpretação</b>		<b>Tempo total de análise</b>	
	<b>Controlo</b>	<b>Experimental</b>	<b>(Segundos)</b>		<b>Controlo</b>	<b>Experimental</b>
			<b>Controlo</b>	<b>Experimental</b>		
Participante 1	261,0	177,0	704,0	253,0	965,0	430,0
Participante 2	155,0	113,0	534,0	490,0	689,0	603,0
Participante 3	230,0	129,0	736,0	246,0	966,0	375,0
Participante 4	453,0	68,0	512,0	352,0	965,0	420,0
Participante 5	212,0	140,0	498,0	360,0	710,0	500,0
Participante 6	276,0	195,0	681,0	360,0	957,0	555,0
Participante 7	433,0	180,0	467,0	270,0	900,0	450,0
Participante 8	306,0	130,0	417,0	305,0	723,0	435,0
Participante 9	230,0	61,0	314,0	188,0	544,0	249,0
Participante 10	257,0	215,0	650,0	377,0	907,0	592,0
Participante 11	260,0	231,0	397,0	352,0	657,0	583,0
Participante 12	245,0	139,0	435,0	221,0	680,0	360,0
Participante 13	255,0	89,0	405,6	231,0	660,6	320,0
Participante 14	245,0	189,0	465,0	336,0	710,0	525,0
Participante 15	230,0	87,0	400,0	222,0	630,0	309,0
Participante 16	250,0	120,0	376,0	419,0	626,0	539,0
Participante 17	287,0	223,0	407,0	342,0	694,0	565,0
Participante 18	254,0	72,0	424,0	177,0	678,0	249,0
Participante 19	239,0	72,0	514,0	178,0	753,0	250,0
Média	267,26	138,42	491,40	298,89	758,66	437,31
Desvio Padrão	69,27	56,06	120,19	87,41	136,91	122,78

Em termos de resultados (Tabela 32), o menor tempo médio, despendido para a análise da dimensão representatividade, ocorreu no grupo experimental e corresponde a apenas 51,79% do tempo médio que o grupo de controlo necessitou. Em termos de dispersão de dados, apesar da diferença pequena entre os grupos, o grupo experimental também se mostra com menos variabilidade e com menor desvio padrão.

Em resumo, pode-se dizer que o tempo médio de análise para a dimensão representatividade no modelo WID<sup>e</sup> é 48,21% menor que o necessário no caso do modelo tabular.

No que diz respeito à análise da dimensão interpretação, a menor média de tempo ocorreu no grupo experimental e correspondeu a 60,82% do tempo médio que o grupo controlo despendeu.

Em termos de dispersão de dados, o grupo experimental apresentou menor desvio padrão que

o grupo de controlo (87,41 e 120,19 segundos, respetivamente), mostrando, portanto, menor dispersão.

Em termos de conclusão geral, com base nos resultados para o tempo médio total para a conclusão do inquérito, cada participante do grupo de controlo precisou, em média, de 758,66 segundos para analisar as duas dimensões, enquanto no caso do grupo experimental esse valor foi apenas de cerca de 437,32 segundos. Ou seja, o tempo de análise do modelo WID<sup>e</sup> representa apenas 57,64% do tempo despendido na análise do modelo tabular.

No que diz respeito à dispersão, os dados no geral revelam semelhança na variabilidade do tempo, sendo esta ligeiramente menor no grupo experimental.

Em resumo, pode-se afirmar, com base nos resultados apresentados, que o modelo WID<sup>e</sup> apresenta melhor desempenho em termos de tempo de análise (melhoria de 42,35% em relação ao modelo tabular).

Conclui-se, portanto, através da estatística descritiva a respeito da análise quantitativa das dimensões representatividade, interpretação e celeridade, que o modelo WID<sup>e</sup> apresentou melhor desempenho quanto à primeira e última, em relação ao modelo de representação tabular, e similar a este no que diz respeito a dimensão interpretação.

## 9.2 TESTES DE HIPÓTESES

O teste de hipótese é um procedimento estatístico que se destina ao julgamento acerca de afirmações com base em dados recolhidos de uma amostra. Para essa investigação aplicou-se como procedimento estatístico o teste estatístico não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney a fim de admitir ou refutar as hipóteses apresentadas por este estudo.

Portanto, para testar a **hipótese H1** – “*O WID<sup>e</sup> permite transmitir uma grande quantidade de informação de custos de um processo produtivo de forma prática e acessível*”, adotaram-se as seguintes regras de decisão:

O teste foi realizado sobre a variável representatividade dos modelos estudados (tabular e WID<sup>e</sup>) através da perceção dos grupos de controlo e experimental, admitindo-se como regra de decisão para o teste estatístico.

- Hipótese nula ( $H_0$ ); não existir diferença de perceção quanto à representatividade nos modelos tabular e WID<sup>e</sup> em transmitir grande quantidade de informação de forma prática e acessível.

- Hipótese alternativa ( $H_a$ ); existe diferença significativa entre os modelos de representação visual indicando que o modelo de representação WID<sup>e</sup> permite transmitir uma grande quantidade informação de forma prática e acessível.

A Tabela 33 apresenta o resultado da aplicação do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney para os dados recolhidos de ambos os grupos (experimental e controlo) em relação à dimensão representatividade (os dados podem ser consultados no anexo VII).

Tabela 33 – Resultado do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney para a dimensão representatividade

Representatividade do modelo para o grupo	Classificações		Soma de Classificações
	N	Classificação média dos postos	
Controlo	19	11,55	219,50
Experimental	19	27,45	521,50
Total	38		
	Estatísticas de teste*		Resultado
	U de Mann-Whitney		29,500
	Wilcoxon W		219,500
	Z		-4,704
	Significância - Sig. (2 extremidades)		,000
	Sig exata [2*(Sig. de 1 extremidade)]**		,000**

\*Variável de agrupamento: Representatividade do modelo para os grupos.

\*\*Não corrigido para vínculos.

Os resultados do teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney (Tabela 33) procedentes do *software* informático SPSS, podem ser descritos da seguinte forma:

No que diz respeito à classificação média dos postos, o grupo com menor classificação corresponde ao grupo com maior número de pontuações mais baixas e o grupo com maior classificação corresponde ao grupo com maior número de pontuações mais altas (Field, 2009).

Logo, conclui-se inicialmente que o grupo de controlo possuiu mais pontuação baixa que o grupo experimental, e que, o grupo experimental possuiu mais pontuações altas que o grupo de controlo. Portanto, pode-se dizer que a perceção dos participantes no grupo experimental teve níveis de opiniões mais elevados que no grupo de controlo.

No que diz respeito aos resultados para estatística teste, em que são fornecidos os valores da estatística U de Mann-Whitney, W de Wilcoxon e o *score-Z*, serão analisados apenas os resultados de U de Mann-Whitney e o *score-Z*, já que o W de Wilcoxon apresentará resultados similares para análise. De acordo com Arndt et al., (1999), o resultado da estatística teste U de Mann-Whitney é obtido através do valor crítico para rejeição ou admissão das hipóteses, baseando-se na regra de decisão



para rejeitar a hipótese nula - a hipótese nula é rejeitada se o valor de U calculado for menor do que  $U_o$  observado, ( $H_0$ )  $U < U_o$ .

O valor de  $U_o$  observado é obtido através da tabela de valores críticos de Mann-Whitney U (Anexo VIII). Neste caso, para área de rejeição bilateral, com  $\alpha = 0,05$ , para um número de 19 dados na amostra para ambos os grupos, tem-se o valor de  $U_o$  observado de 113.

Portanto, o resultado para o teste de hipótese com base na estatística teste U de Mann-Whitney é de rejeitar a hipótese nula, uma vez que o valor de  $U = 29,500$  é inferior ao resultado  $U_o = 113$  enfatizando a diferença entre os resultados dos grupos (controlo e experimental).

Em termos de análise para o valor do *score-Z*, para um nível de confiança de 95% com um P valor  $< 0,05$ , área de rejeição do teste de hipótese bilateral abaixo do valor Z de -1,96 ou acima do valor Z 1,96. O resultado apresentado pelo *score-z* de -4,07 sugere um nível de significância inferior a -1,96, portanto, dentro da área de rejeição, o que leva a declarar que existe significativa diferença entre a percepção dos participantes dos grupos de controlo e experimental em relação à variável representatividade para os modelos.

Em termos de significância do teste, o resultado apresentado para o teste bilateral foi de 0,000, ou seja,  $P < 0,05$ , o que conduz a uma rejeição da hipótese nula, em que se pode admitir a diferença entre a percepção de representatividade entre os modelos de representação. Para o teste unilateral, o resultado foi também de 0,000, ou seja,  $P < 0,05$  que também indica uma rejeição da hipótese nula, em que se pode afirmar que o modelo de representação WID<sup>e</sup> permite transmitir uma grande quantidade de informação em relação ao modelo tabular examinado pelo grupo de controlo.

Portanto, com base nos resultados apresentados pelo teste de hipótese conclui-se que o modelo de representação WID<sup>e</sup> permite transmitir uma grande quantidade de informação de custos de um processo produtivo de forma prática e acessível.

Para o teste da **hipótese H2** – “*Os diagramas visuais utilizados no WID<sup>e</sup> facilitam a compreensão dos dados económicos do processo*”, adotaram-se as seguintes regras de decisão:

O teste desta hipótese foi realizado para a variável interpretação através da percepção dos grupos de controlo e experimental através da média das respostas corretas apresentadas pelos participantes de ambos os grupos, neste sentido admite-se como regra de decisão para o teste estatístico:

- Hipótese nula ( $H_0$ ); a interpretação do modelo WID<sup>e</sup> com base na média de respostas corretas é semelhante a interpretação do modelo tabular.

- Hipótese alternativa ( $H_a$ ); a interpretação do modelo WID<sup>e</sup> com base na média de respostas corretas apresenta diferenças em relação ao modelo tabular.

A Tabela 34 apresenta o resultado da aplicação do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney para os dados recolhidos de ambos os grupos (experimental e controlo) em relação a dimensão interpretação.

Tabela 34 – Resultado do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney para a dimensão interpretação

Interpretação do modelo para o grupo		Classificações		
		N	Classificação média dos postos	Soma de Classificações
Interpretação Quanto as respostas corretas	Controlo	19	20,21	384,00
	Experimental	19	18,79	357,00
	Total	38		
		Estatísticas de teste*		Resultado
		U de Mann-Whitney		167,000
		Wilcoxon W		357,000
		Z		-0,407
		Significância Sig. (2 extremidades)		0,684
		Sig exata [2*(Sig. de 1 extremidade)]**		0,708**

\*Variável de agrupamento: Interpretação do modelo para os grupos.

\*\*Não corrigido para vínculos.

Assim como anteriormente analisado na primeira hipótese, os resultados do teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney (Tabela 34) são procedentes do *software* informático SPSS e podem ser descritos da seguinte forma:

No que diz respeito à classificação média dos postos, conclui-se inicialmente que o grupo de controlo possuiu mais pontuação alta que o grupo experimental, e que o grupo experimental possuiu mais pontuações baixas que o grupo de controlo. Portanto, pode-se dizer que os participantes no grupo de controlo tiveram maior média de acertos nas respostas do inquérito, conseqüentemente levando a crer um melhor nível de interpretação que o grupo experimental.

Em relação aos resultados para estatística teste, o valor crítico para rejeição ou admissão das hipóteses baseando-se na regra de decisão anteriormente referida e aqui repetido por conveniência, diz que, a hipótese nula é rejeitada se o valor de U calculado for menor do que  $U_o$  observado, ( $H_0$ )  $U < U_o$ , em que o valor de  $U_o$  observado foi de 113.

Portanto, o resultado para o teste de hipótese com base na estatística teste U de Mann-Whitney é de admitir a hipótese nula, uma vez que o valor de  $U = 167,00$  é maior que o resultado  $U_o = 113$ .

Em termos de análise para o valor do *score-Z*, para um nível de confiança de 95% com um P valor  $< 0,05$ , área de rejeição do teste de hipótese bilateral abaixo do valor Z de -1,96 ou

acima do valor Z 1,96. O resultado apresentado pelo *score-z* de -0,407 sugere um nível de significância superior a -1,96 sendo maior que o valor crítico, portanto, fora da área de rejeição, que leva a declarar que não existe diferença significativa nos dados interpretados pelos participantes do grupo experimental em relação aos participantes do grupo de controlo. Em termos de significância do teste, o resultado apresentado para o teste bilateral foi de 0,684, ou seja,  $P > 0,05$ , o que conduz a admitir a hipótese nula, em que se pode admitir a semelhança entre a perceção de interpretação entre os modelos de representação com base na média de respostas de ambos os grupos. Já para o teste unilateral, o resultado foi de 0,708, ou seja,  $P > 0,05$ , o que também indica admitir a hipótese nula, em que se pode afirmar que a variável interpretação para o modelo de representação WID<sup>e</sup> é semelhante não sendo expressiva em relação à perceção dos participantes do grupo de controlo.

Portanto, para a hipótese *H2*, conclui-se que os participantes do grupo experimental interpretaram as informações presentes nos diagramas contidos no WID<sup>e</sup> de maneira similar à representação tabular, não perdendo eficácia, facilitando a compreensão dos dados económicos do processo.

Para o teste da **hipótese H3** – “*O modelo de representação do WID<sup>e</sup> proporciona maior celeridade na interpretação e análise da informação*”, adotaram-se as seguintes regras de decisão:

Com o teste realizado sobre a variável celeridade pretendeu-se julgar qual dos modelos de representação (Tabela ou WID<sup>e</sup>) permite uma maior rapidez no tempo de análise, admitindo-se como regra de decisão para o teste estatístico:

- Hipótese nula ( $H_0$ ); o modelo de representação do WID<sup>e</sup>, em relação ao modelo tabular, apresenta o mesmo consumo de tempo para interpretação e análise de informação.
- Hipótese alternativa ( $H_a$ ); o modelo de representação do WID<sup>e</sup> e o modelo de representação tabular apresentam diferentes consumos de tempo para interpretação e análise de informação, em que, o WID<sup>e</sup> apresenta menor tempo.

A Tabela 35 apresenta o resultado da aplicação do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney para os dados recolhidos de ambos os grupos (experimental e controlo), referentes ao tempo de análise e resolução do inquérito apresentado pela Tabela 32.

Tabela 35 - Resultado do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney para eficiência no tempo de análise

Tempo de análise dos modelos para o grupo		Classificações		
		N	Classificação média dos postos	Soma de Classificações
Análise quanto ao tempo	Controlo	19	28,74	546,00
	Experimental	19	10,26	195,00
	Total	38		
		Estatísticas de teste*		Resultado
		U de Mann-Whitney		5,000
		Wilcoxon W		195,000
		Z		-5,125
		Significância Sig. (2 extremidades)		0,000
		Sig exata [2*(Sig. de 1 extremidade)]**		0,000**

\*Variável de agrupamento: tempo de análise dos grupos.

\*\*Não corrigido para vínculos.

Os resultados do teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney (Tabela 35) procedentes do *software* informático SPSS, para a terceira hipótese ( $H_3$ ) podem ser descritos da seguinte forma:

No que diz respeito a classificação média dos postos, conclui-se inicialmente que o grupo de controlo possuiu mais pontuação alta que o grupo experimental, e que o grupo experimental possuiu mais pontuações baixas que o grupo de controlo. Portanto, pode-se dizer que os participantes no grupo de controlo tiveram valores de tempo maiores que o grupo experimental quanto à análise das informações contidas no modelo.

Em relação aos resultados para estatística teste, o valor crítico para rejeição ou admissão das hipóteses baseando-se na regra de decisão anteriormente referida e aqui repetido por conveniência, diz que, a hipótese nula é rejeitada se o valor de U calculado for menor do que  $U_o$  observado, ( $H_0$ )  $U < U_o$ , em que o valor de  $U_o$  observado foi de 113.

Portanto, o resultado para o teste de hipóteses com base na estatística teste U de Mann-Whitney é de rejeitar a hipótese nula, uma vez que o valor de  $U = 5,000$  é inferior ao resultado  $U_o = 113$ , enfatizando a diferença na eficiência no tempo de análise e aquisição de informação entre os resultados apresentados pelos grupos de controlo e experimental.

Em termos de análise para o valor do *score-Z*, para um teste de hipótese bilateral com um nível de confiança de 95% (P valor  $< 0,05$ ), as áreas de rejeição estão situadas abaixo do valor Z de -1,96 ou acima do valor Z 1,96. Neste sentido, pode-se inferir que o resultado apresentado pelo *score-z* de -5,125 tem um nível de significância inferior a -1,96, portanto, dentro da área de rejeição, podendo-se declarar existir diferença significativa entre a eficiência nos tempos de análise dos grupos de controlo e experimental.

Em termos de significância do teste, o resultado apresentado para o teste bilateral foi de 0,000, ou seja,  $P < 0,05$ , o que conduz a uma rejeição da hipótese nula, em que se pode admitir a diferença entre a eficiência no tempo de análise entre os modelos de representação. Já para o teste unilateral, o resultado foi de 0,000, ou seja,  $P < 0,05$  que também indica uma rejeição da hipótese nula, em que, se pode afirmar que o modelo de representação WID<sup>e</sup> apresenta diferença no tempo de análise com menor tempo para análise e aquisição de informação.

Portanto, como base nos resultados apresentados pelo teste de hipótese conclui-se que a afirmação apresentada pela hipótese  $H3$  é plausível, e que, o modelo de representação WID<sup>e</sup> proporciona maior celeridade na análise e aquisição de informação quando comparado com o modelo de representação tabular.

### 9.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De uma forma geral, pode-se afirmar, a partir dos resultados recolhidos nas secções 9.1 e 9.2, que a ferramenta desenvolvida por este projeto (WID<sup>e</sup>) se mostra melhor que o modelo de representação tabular, isto devido o WID<sup>e</sup> conseguir fornecer aos seus utilizadores uma maior variedade de informações sem perder capacidade de interpretação e, sobretudo com menor consumo de tempo de análise, o que sugere tratar-se de uma ferramenta mais eficiente neste sentido.

Os dados recolhidos na experiência foram examinados estatisticamente, fundamentando assim as conclusões obtidas em relação ao modelo de representação visual WID<sup>e</sup>. Estudos semelhantes relacionados com modelos de representação visual seguiram a mesma abordagem experimental baseando-se na análise de resultados através de testes estatísticos, como (i) que procuraram compreender a perceção de estudantes quanto a técnicas de visualização de informações através de ferramentas visuais; (ii) Knodel, Muthig, & Naab (2008) estudaram o poder da informação transmitida pelos elementos gráficos facilitando desse modo a compreensão dos utilizadores; e (iii) Homer & Plass (2010) analisaram a influência do conhecimento adquirido, nas informações provenientes das representações gráficas discutindo aspetos relacionados com o desenvolvimento cognitivo e com outros fatores.

Neste sentido, certifica-se que na literatura há inúmeros exemplos de investigações com aplicação experimental relacionados com a interação entre utilizadores e modelos visuais ou representações visuais, que procuram avaliar e aprimorar os modelos e/ou ferramentas desenvolvidas.

Os resultados apresentados neste estudo, em relação a utilização do WID<sup>e</sup> no acesso as informações para tomada de decisão, demonstram clara vantagem neste sentido, uma vez que foi constatado que as características visuais presentes no modelo fornecem acesso as informações de maneira mais rápida e acessível.

Nesta linha admite-se a posição de Lurie & Mason (2007) que afirmam ser a imagem um instrumento que vale mais do que mil linhas de dados. Neste sentido os participantes da experiência que utilizaram o WID<sup>e</sup> tiveram melhores resultados para análise e no acesso às informações e conseqüentemente melhor tempo e uma variedade de informações para tomada de decisão quando comparado com o modelo analisado pelo grupo de controle.

Portanto, entende-se que representação visual do WID<sup>e</sup> favorece a tomada de decisão, já que, conforme Tegarden (1999) explica, os modelos visuais ou representações visuais ampliam de forma significativa a habilidade de resolução de problemas uma vez que estes modelos permitem com mais facilidade processar uma maior quantidade de dados sem sobrecarregar a capacidade de análise do tomador de decisão.

No que diz respeito, à percepção dos custos através da representação visual através de modelos para a representação de sistemas produtivos, percebe-se que o WID<sup>e</sup> representa um avanço nesta linha de investigação, já que, para além de realizar a gestão e a representação de custos, integra as suas características nos atributos presentes nas ferramentas de representação em sistemas produtivos, procurando transmitir informação aos utilizadores a fim de facilitar a tomada de decisão. Os estudos de Sobczyk & Koch (2008; 2005), En-nhaili, Meddaoui, & Bouami (2015), Gracanin et al. (2014) e Gottmann, Pfeffer, & Sihn (2013), procuram fornecer esta perspectiva. No entanto, o foco não é o desenvolvimento de um modelo visual para a representação de custos, mas sim representar os custos do processo produtivo através de ferramentas de representação existentes sem que seja dada ênfase a capacidade de transmissão das informações através das características visuais de representação desses instrumentos.

Quanto à validade do uso das dimensões representatividade e capacidade de interpretação aplicadas na experiência para avaliação do modelo WID<sup>e</sup>, considera-se esta em conformidade com as características principais que fundamentam a representação visual, uma vez que dizem respeito a atributos como a perspectiva visual, interatividade e informação contextual transmitida pelo modelo (Green, 1998; Lurie & Mason, 2007; Wainer & Velleman, 2001).

Num contexto mais amplo, a representação visual trata da forma como se apresentam e são visualizados os dados, contribuindo significativamente para a compreensão e a exploração das

informações a serem transmitidas, de tal maneira que uma das suas características principais diz respeito à conversão de dados em elementos visuais (Lurie & Mason, 2007). Neste sentido, o WID<sup>e</sup> apresenta esta característica, já que converte os dados de custos das atividades e desperdícios do processo produtivo em elementos visuais de maneira a que o processo de análise seja mais fácil para os utilizadores.

Para além da visualização dos dados, a representação visual também propõe que se deva interpretar as informações de maneira a que se obtenha o máximo de compreensão dos elementos visuais (Bederson & Shneiderman, 2003). Assim, pode dizer-se que de acordo com os resultados recolhidos a partir da experiência desenvolvida, que o modelo WID<sup>e</sup> mostrou-se eficiente, já que os utilizadores lograram êxito em interpretar os elementos visuais de forma equiparada ao modelo tabular.

Nesta perspetiva, o exame das dimensões representatividade e interpretação apresentados na secção 9.1 e 9.2 são perfeitamente adequados, relacionando-se com o conceito e características apresentadas por Lurie & Mason (2007) que sustentam a validade dos testes feitos no WID<sup>e</sup> e corroboram as afirmações anteriormente apresentadas por Green (1998) e Wainer & Velleman (2001).

No que diz respeito a avaliação do desempenho, quanto ao tempo de análise do WID<sup>e</sup>, a investigação não diferiu dos demais estudos que adotam o tempo como medida de desempenho. Exemplo disso é o estudo de Norman et al. (2004), que apresenta os resultados de melhoria no desempenho a partir da utilização do tempo, mensurando os resultados obtidos numa experiência de comparação entre os sentidos visão e toque num estudo de modelos 3-D naturais.

Portanto, enfatiza-se com base nos resultados apresentados por esta investigação que o modelo visual WID<sup>e</sup> em particular apresenta características que favorecem a tomada de decisão de forma mais rápida, possuindo melhor desempenho em termos de tempo de análise, maior quantidade de informação e eficácia similar no processo de interpretação e compreensão das informações.

No que diz respeito às informações de custos, o modelo se propõe realizar a gestão de custos e a representação visual de custos dos vários aspetos inerentes aos sistemas produtivos, proporcionando melhor eficiência no tempo de análise, através das informações representadas visualmente a fim de obtê-las de forma rápida e intuitiva.

Numa visão global, pode concluir-se com base nos resultados apresentados por esta investigação, que o modelo WID<sup>e</sup> possui a capacidade de representação visual das características de um sistema

produtivo em termos de custos, reconhecendo a capacidade do modelo e consequentemente atendendo inclusive à pergunta de investigação apresentada no primeiro capítulo desta tese.



## 10. CONCLUSÃO

### 10.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Este projeto de investigação incidu num processo de conceção, desenvolvimento e análise de um modelo de representação visual que evidenciasse os custos das atividades consideradas desperdícios pela filosofia *Lean*.

Neste sentido, preliminarmente, o processo de conceção e desenvolvimento do modelo implicou um estudo aprofundado de duas áreas de conhecimento distintas, a engenharia industrial e a gestão ou contabilidade de custos, com vista à seleção das ferramentas e métodos que mais se adequariam aos objetivos deste projeto de investigação.

Os resultados obtidos foram apresentados nesta tese em três partes distintas. A Parte I corresponde ao objetivo geral de conceção do modelo, onde são identificadas e apresentadas as ferramentas de análise do processo produtivo e os sistemas de custeio que podem suportar um modelo visual de identificação e análise económica de desperdícios em sistemas produtivos. As Partes II e III explicam o desenvolvimento do modelo e a aplicação experimental.

Assim, na Parte I desta tese mostram-se um número amplo de ferramentas direcionadas à representação visual, análise e diagnóstico de processos industriais, assim como sistemas de custeio enquadráveis na problemática em estudo. No entanto, nenhuma das ferramentas investigadas, tomadas individualmente, apresentavam características que combinassem a representação visual, a representação dos custos e as atividades de análise de processos.

Com base nessa análise crítica apresentam-se na Parte II as ferramentas e os métodos que serviram de base para a criação do modelo de identificação e análise económica de desperdícios em sistemas produtivos; concluiu-se que os que melhor serviriam para esse propósito seriam o *Waste Identification Diagram* e o *Time-Driven Activity-Based Costing*.

As ferramentas utilizadas para a elaboração do modelo deram origem inicialmente a dois modelos (simplificado e aperfeiçoado) e a equações de custos que evoluíram até ao modelo final, denominado diagrama de identificação económica de desperdícios ou *Waste Economic Identification Diagram* - (WID<sup>e</sup>), que possui, portanto, características visuais do *Waste Identification Diagram* e características do método de custeio *Time-Driven Activity Based*

*Costing*. O modelo final WID<sup>e</sup> e a metodologia de implementação que lhe está associada foram testados em contexto real numa linha de produção de produtos eletrónicos.

Finalmente, procedeu-se a uma aplicação experimental para validar e discutir as características do modelo proposto - correspondente à Parte III desta tese.

A Parte III referente à aplicação experimental baseou-se na estratégia de investigação quase-experiência, na qual se procurou averiguar a eficácia do modelo WID<sup>e</sup> nas dimensões representatividade, interpretação e celeridade. A resposta à pergunta de investigação assentou essencialmente na capacidade de representação do modelo, na capacidade de interpretação dos utilizadores e na celeridade da análise.

A avaliação das três dimensões está baseada nos resultados obtidos a partir da experiência a qual envolveu um grupo experimental e um grupo de controlo, o que expôs existirem diferenças significativas na perceção desses grupos em relação ao nível de representatividade das duas soluções que foram alvo de comparação (representação tabular e em diagrama). Constatou-se, portanto, que a representação propiciada pelo modelo WID<sup>e</sup> apresenta níveis de representatividade mais elevados do que a representação tabular (modelo de controlo).

No que se refere à capacidade de interpretação, os teste aplicados permitem inferir o mesmo nível de compreensão considerando a resposta dos grupos submetidos à experiência. No que respeita à celeridade de análise, constatou-se um melhor desempenho por parte do grupo experimental em relação ao grupo de controlo, uma vez que o primeiro necessitou apenas 57,64% do tempo utilizado pelo grupo de controlo para efetuar a análise da informação apresentada.

Para comprovar estes resultados foram aplicados testes de hipóteses, com auxílio da estatística descritiva e do teste estatístico não paramétrico para amostras independentes de Wilcoxon-Mann-Whitney. Deste modo, foi possível testar as hipóteses experimentais e a pergunta de investigação, tendo sido revelada a significativa vantagem do modelo desenvolvido nesta investigação, em relação ao modelo de controlo (representação tabular).

O modelo oferece vantagens visuais face à representação tabular, disponibilizando aos seus utilizadores uma maior quantidade de informação num único ambiente, tornando mais reduzido o tempo de análise, melhorando a interpretação dos custos e das características dos sistemas produtivos, contribuindo para uma melhor tomada de decisão.

## 10.2 CONTRIBUTOS

Este estudo teve como contributo principal o desenvolvimento de um modelo de representação visual dos custos associados aos desperdícios presentes em processos produtivos (WID<sup>e</sup>), permitindo aos seus utilizadores identificar eficazmente áreas e atividades que carecem de intervenção prioritária, sem necessitar despende muito tempo em análises laboriosas.

Em termos de contribuição complementar, aponta-se, ao nível teórico, a identificação de grupos de ferramentas de representação com áreas de aplicação distintas, divididas entre as ferramentas para o estudo dos métodos de trabalho integrados no planeamento do processo e as ferramentas para análise e diagnóstico de processos produtivos.

Em termos práticos, os contributos dividem-se no desenvolvimento de equações de custos que correspondem a uma componente fundamental para a aplicação do modelo WID<sup>e</sup> e numa combinação de abordagens conceituais e de técnicas ou ferramentas (gestão visual, ferramentas de representação e sistemas de custeio). Em relação às equações de custos, trata-se de uma contribuição relevante a elaboração de expressões matemáticas dedicadas a representar e mensurar os custos dos desperdícios e demais aspetos dos sistemas produtivos contidos no modelo desenvolvido.

O WID<sup>e</sup> desenvolvido neste projeto de investigação pode ainda motivar o desenvolvimento de modelos similares que venham a utilizar a representação visual para simplificar a distribuição dos custos nos processos industriais e de serviços.

Por fim, espera-se como contributo final deste estudo o incentivo ao aprimoramento da representação dos custos em processos produtivos através de modelos visuais, a fim de se eliminar as análises tradicionais que exigem tempo e trabalho excessivo.

## 10.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

As limitações relevantes deste estudo compreendem principalmente o processo de desenvolvimento do modelo e podem ser divididas em dois aspetos principais. Em relação ao primeiro aspeto, constatou-se o quase inexistente referencial teórico dedicado à temática das ferramentas de representação de processos industriais que incluam uma dimensão económica ou de custos. O segundo aspeto está relacionado com os critérios de seleção

das ferramentas de representação e dos sistemas de custeio utilizados na conceção do WID<sup>e</sup>.

De forma a ultrapassar a primeira limitação procedeu-se a um estudo individualizado das diferentes ferramentas que poderiam contribuir para a construção do modelo pretendido, de cada uma das áreas do conhecimento consideradas (i.e. engenharia industrial e gestão de custos). Neste processo, foram excluídas as ferramentas de representação e os sistemas de custeio que não se adequavam ao objetivo deste projeto de investigação e foram identificadas ferramentas que podem suportar o desenvolvimento de modelos visuais de identificação e análise económica de desperdícios em sistemas produtivos. Deste modo, oferece-se um *framework* teórico que ainda não existia de suporte a modelos desta natureza. Quanto ao segundo aspeto, relacionado com os critérios de seleção das ferramentas de representação e dos sistemas de custeio, optou-se por não submeter o conjunto de ferramentas de representação e sistemas de custeio apresentados na revisão crítica da literatura à apreciação de especialistas por considera-se desnecessário e fora do âmbito deste projeto de investigação. Porém, a análise das características das ferramentas de representação visual e de gestão de custos para a identificação e valorização económica de desperdícios poderá beneficiar de um estudo exploratório de natureza qualitativa recorrendo, por exemplo, a painéis de especialistas, *focus groups*, metodologias Delphi ou outras. Apesar das dificuldades e limitações apresentadas, considera-se que esta investigação obteve êxito ao conceber um modelo visual para representação dos custos dos desperdícios em sistemas produtivos contribuindo de forma significativa para a literatura, servindo de referencial para futuras pesquisas relacionada com modelos desta natureza.

#### 10.4 RECOMENDAÇÕES PARA INVESTIGAÇÕES FUTURAS

As oportunidades para futuras investigações dizem respeito particularmente à usabilidade do modelo, propondo-se a aplicação do modelo em diferentes indústrias recorrendo a aplicações computacionais para *desktop* ou dispositivos móveis, para facilitar a obtenção e tratamento dos dados e a apresentação dos resultados. Uma ferramenta destas contribuiria para elevar o nível de automação industrial das indústrias assumindo um papel relevante no novo paradigma da indústria 4.0 e da IoT (*Internet of Things*) que irá marcar a economia nos próximos anos.

Também vislumbra-se como oportunidade futura:

- O desenvolvimento de outras equações para atribuir os custos as atividades e desperdícios distintos aos apresentados por esta tese, proporcionando conjuntamente a inclusão de novos indicadores e formas de representação visuais. Neste sentido, o modelo passaria a representar mais dados dos sistemas produtivos ou serviços em venha ser aplicado.
- Associar o modelo de gestão visual desenvolvido para representar a valorização económica de desperdícios em sistemas produtivos ou outros sistemas de custos que possam aprimorar a dinâmica de aquisição de valores e custos incorridos nos sistemas produtivos.



## BIBLIOGRAFIA

- Abdulmalek, F. a., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Abuthakeer, S. S., Mohanram, P. V, & Kumar, G. M. (2010). Activity Based Costing in Value Stream Mapping. *Lean Thinking*, 1(2).
- Adalı, M. R., Kiraz, A., Akyüz, U., & Halk, B. (2017). Using value stream mapping technique through the lean production transformation process: An implementation in a large-scaled tractor company. *Sakarya University Journal of Science*, 21(2), 242–251. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.283787>
- Afonso, P. (2002). *Sistemas de custeio no âmbito da contabilidade de custos: o custeio baseado nas actividades, um modelo e uma metodologia de implementação*. Universidade do Minho.
- Afonso, P., & Santana, A. (2016). Application of the TDABC model in the logistics process using different capacity cost rates. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(5), 1003–1019. <https://doi.org/10.3926/jiem.2086>
- Alm, J., McKee, M., & Beck, W. (1990). Amazing grace: Tax amnesties and compliance. *National Tax Journal*, 43(23), 47.
- Alsmadi, M., Almani, A., & Khan, Z. (2014). Implementing an integrated ABC and TOC approach to enhance decision making in a Lean context: A case study. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 31(8), 906–920.
- Anderson, S. (1997). Should More Companies Practice their ABCs. *Harvard Business Review*.
- Arbulo-López, P. R., & Fortuny-Santos, J. (2010). An accounting system to support process improvements: Transition to lean accounting. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 3(3), 576–602. <https://doi.org/10.3926/jiem.2010.v3n3.p576-602>
- Arbulo-Lopez, P. R., Fortuny-Santos, J., & Cuatrecasas-Arbós, L. (2013). Lean manufacturing: costing the value stream. *Industrial Management & Data Systems*, 113(5), 647–668. <https://doi.org/10.1108/02635571311324124>
- Arndt, S., Turvey, C., & Andreasen, N. C. (1999). Correlating and predicting psychiatric symptom ratings: Spearman's  $\rho$  versus Kendall's tau correlation. *Journal of Psychiatric Research*, 33(2), 97–104. [https://doi.org/10.1016/S0022-3956\(98\)90046-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3956(98)90046-2)
- Askarany, D., Yazdifar, H., & Askary, S. (2010). Supply chain management, activity-based costing and organisational factors. *International Journal of Production Economics*, 127(2), 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.08.004>
- Atkinson, A. A., Kaplan, R. S., Matsumura, E. M., & Young, S. M. (2011). *Management Accounting: Information for Decision-Making and Strategy Execution* (6th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Babbie, E. (2008). *The Basic of Social Research* (4th ed.). Belmont: Thomson Wadsworth.
- Babu, V. R. (2012). *Industrial engineering in apparel production*. New Delhi: Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857095541>
- Baldwin, A., & Bordoli, D. (2014). *Handbook for Construction Planning and Scheduling*. Oxford: John Wiley & Sons.
- Bannard, W. (1920). Popular Science. *Popular Science*, 96(1).
- Bargerstock, A., & Shi, Y. (2016). Leaning away from standard costing: Lean companies need value stream costing and new performance metrics. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsgao&AN=edsgcl.455989856>
- Barnes, R. M. (1968). *Motion and time study: design and measurement of work* (6th ed.). New York: John Wiley & Sons.

- Barros, L. (1997). *Organização do Trabalho* (First). Lisboa: IEFP-ISQ.
- Baxendale, S. J. (2001). Activity-based costing for the small business: a primer. *Business Horizons*, 44(1), 61–68. [https://doi.org/10.1016/S0007-6813\(01\)80010-0](https://doi.org/10.1016/S0007-6813(01)80010-0)
- Bederson, B. B., & Shneiderman, B. (2003). *The Craft of Information Visualization Readings and Reflections*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Bell, J. (2005). *Doing your Research Project Fourth edition* (4th ed.). Berkshire: Open university Press.
- Ben-Arieh, D., & Qian, L. (2003). Activity-based cost management for design and development stage. *International Journal of Production Economics*, 83(2), 169–183. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00323-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00323-7)
- Bhimani, A., & Bromwich, M. (1991). ACCOUNTING FOR JUST - IN - TIME MANUFACTURING SYSTEMS. *CMA Magazine*, 65(1), 31.
- Blascheck, T., & Ertl, T. (2013). Techniques for analyzing empirical visualization experiments through visual methods. *CEUR Workshop Proceedings*, 1055, 44–51.
- Blocher, E. J., Stout, D. E., & Cokins, G. (2010). *Cost Management: a strategic emphasis* (5th ed.). New York: Mcgraw-Hill.
- Boone, H. N. J., & Boone, D. A. (2012). Analyzing Likert data. *Journal of Extension*, 50(2), 30. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2004.02012.x>
- Bowersox, D. J., Close, D. J., & Cooper, M. B. (2002). *Supply Chain Logistics Management. The McGraw-Hill* (1st ed.). New York: McGraw-Hill.
- Braglia, M., Carmignani, G., & Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 44(18–19), 3929–3952. <https://doi.org/10.1080/00207540600690545>
- Brosnahan, J. P. (2008). Unleash the Power of Lean Accounting., 206(1 OP-Journal of Accountancy. Jul2008, Vol. 206 Issue 1, p60-66. 5p.), 60. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=bth&AN=32993233>
- Bruggeman, W., Everaert, P., Anderson, S. R., & Levant, Y. (2005). Modeling Logistics Costs using Time-Driven ABC : A Case in a Distribution Company. *Faculteit Economie En Bedrijfskunde*, 01–51.
- Bryman, A. (2005). *Research Methods and Organization Studies*. New York: Routledge.
- Burch, M., Bott, F., Beck, F., & Diehl, S. (2008). Cartesian vs. radial—a comparative evaluation of two visualization tools. *Advances in Visual Computing*, 151–160. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-89639-5\\_15](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-89639-5_15)
- Burrows, G., & Chenhall, R. H. (2012). Target costing: first and second comings. *Accounting History Review*, 22(2), 127–142. <https://doi.org/10.1080/21552851.2012.681124>
- Calvasina, R. V, Eugene, J., & Calvasina, G. E. (1989). Beware the new accounting myths - the backflush is a dressed-up version of the periodic system. *Management Accounting*, 71(6), 41–45.
- Carli, G., & Canavari, M. (2013). Introducing Direct Costing and Activity based Costing in a Farm Management System: A Conceptual Model. *Procedia Technology*, 8(Haicta), 397–405. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.11.052>
- Carmichael, D. C. (2013). *A problem solving for engineers*. Boca Raton: CRC Press, Taylor&Francis group.
- Carr, C., & Ng, J. (1995). Total cost control: Nissan and it's UK supplier partnerships. *Management Accounting Research*, 6, 347–365.
- Charles, S. L., & Hansen, D. R. (2008). An evaluation of activity-based costing and functional-based costing: a game-theoretic approach. *International Journal of Production Economics*, 113, 480–494.



- Chatterji, A. K., Findley, M., Jensen, N. M., Meier, S., & Nielson, D. (2016). Field experiments in strategy research. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=heh&AN=112004481&site=eds-live>
- Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: from the tools of the Toyota Production System to lean Office*. Milão: Springer Milan.
- Cogan, S. (2011). Teoria das restrições. *Revista de Administração de Empresas*, 51, 515–515. <https://doi.org/10.1590/S0034-75902011000500010>
- Cokins, G. (2001). *Activity-based Cost Management an executive's guide*. New York: Wiley.
- Cooper, R. (1997a). The Two Stage Procedure in Cost Accounting: Part One. *Journal of Cost Management*, 1(2), 43–51.
- Cooper, R. (1997b). The Two Stage Procedure in Cost Accounting: Part Two. *Journal of Cost Management*, 2(Outono), 39–45.
- Cooper, R., & Kaplan, R. (1991). Profit Priorities from Activity-Based Costing. *Harvard Business Review*, 69(june), 130–135.
- Cooper, R., & Maskell, B. (2008). How to Manage Throught Worse-Before-Better. *MIT Sloan Management Review*, 49(4), 58–65.
- Cooper, R., & Slagmulder, R. (1995). *Target Costing and Value Engineering*. Portland: Productivity Press.
- Cooper, R., & Slagmulder, R. (1999). *Supply Chain Development for the Lean Enterprise*. Portland: Productivity Press.
- Cruz, N. M. P. da. (2013). *Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos*. Universidade do Minho.
- Cudney, E. (2009). *Using Hoshin Kanri to Improve the Value Stream*. New York: Productivity Press.
- De-Steur, H., Wesana, J., Dora, M. K., Pearce, D., & Gellynck, X. (2016). Applying Value Stream Mapping to reduce food losses and wastes in supply chains: A systematic review. *Waste Management*, 58, 359–368. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.025>
- Debusk, G. K. (2012). Use Lean Accounting to Add Value to the Organization. *The Journal of Corporate Accounting & Finance*, (March/Apri), 35–42. <https://doi.org/10.1002/jcaf>
- Deif, A. M. (2012). Dynamic analysis of a lean cell under uncertainty. *International Journal of Production Research*, 50(4), 1127–1139. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.556154>
- Demeere, N., Stouthuysen, K., & Roodhooft, F. (2009). Time-driven activity-based costing in an outpatient clinic environment: Development, relevance and managerial impact. *Health Policy*, 92(2–3), 296–304. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.healthpol.2009.05.003>
- Dierks, P. A., & Cokins, G. (2001). The CAM-I Glossary of Activity-Based Management. *Journal of Cost Management*, (January/February), 34–43.
- Dinis-Carvalho, J. (2014). *Waste Identification Diagrams*. Guimarães.
- Dinis-Carvalho, J., Ferrete, L. F., Sousa, R. M., Medeiros, H., Magalhães, A. J., & Ferreira, J. P. (2015). Process mapping improvement: Extending value stream maps with waste identification diagrams. *FME Transactions*, 43(4), 287–294. <https://doi.org/10.5937/fmet1504287D>
- Dinis-Carvalho, J., Guimarães, L., Moreira, F., Rodrigues, J., & Lima, R. (2014). Waste Identification Diagrams with OEE data. In *8th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management XX International Conference on Industrial Engineering*. Malaga.
- Dinis-Carvalho, J., Moreira, F., Bragança, S., Costa, E., & Alves, A. (2014). Waste identification diagrams. *Production Planning & Control*, (March), 1–13. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.891059>

- Dombrowski, U., Mielke, T., & Engel, C. (2012). Knowledge Management in Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 3, 436–441. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2012.07.075>
- Drury, C. (2001). *Management Accounting for Business Decisions* (2nd ed.). London: Thomson Learning.
- Drury, C. (2004). *Management and Cost Accounting* (Sixth ed.). London: Thomson Wadsworth.
- Ellram, L. M. (2006). The implementation of target costing in the United States: Theory versus practice. *Journal of Supply Chain Management*, 42(1), 13–26. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2006.04201003.x>
- En-nhaili, A., Meddaoui, A., & Bouami, D. (2015). A new tool for maintenance performance measurement using value stream mapping and time-driven activity-based costing., 5(2 OP-International Journal of Process Management & Benchmarking. 2015, Vol. 5 Issue 2, p171-193. 23p.), 171. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2015.068665>
- Eriksen, K., & Fallan, L. (1996). Tax knowledge and attitudes towards taxation; A report on a quasi-experiment. *Journal of Economic Psychology*, 17(3), 387–402. [https://doi.org/10.1016/0167-4870\(96\)00015-3](https://doi.org/10.1016/0167-4870(96)00015-3)
- Everaert, P., Bruggeman, W., Sarens, G., Anderson, S., & Levant, Y. (2008). Cost Modeling in Logistics Using Time-driven ABC: Experiences from a Wholesaler. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 8(3), 172–191.
- Feng, S., & Ho, C.-Y. (2016). The real option approach to adoption or discontinuation of a management accounting innovation: the case of activity-based costing, 47(3 OP-Review of Quantitative Finance and Accounting. Oct 2016, Vol. 47 Issue 3, p835, 22 ), 835. <https://doi.org/10.1007/s11156-015-0522-4>
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS. Statistics* (3rd ed., Vol. 58). London: SAGE Publications. [https://doi.org/10.1111/insr.12011\\_21](https://doi.org/10.1111/insr.12011_21)
- Forno, A., Pereira, F., Forcellini, F., & Kipper, L. (2014). Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(5–8), 779–790. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5712-z>
- Forrester J. (1958). Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, July-Augus, 37–66.
- Freeman, J. (2007). Theory of constraints and throughput accounting. *Topic Gateway Series*, (26), 1–10.
- Fullerton, R. R., Kennedy, F. a., & Widener, S. K. (2013). Management accounting and control practices in a lean manufacturing environment. *Accounting, Organizations and Society*, 38(1), 50–71. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2012.10.001>
- Gagne, M. L., & Discenza, R. (1995). Target Costing. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 10(1), 16–22.
- Geiger, T. S., & Dilts, D. M. (1996). Automated design-to-cost: integrating costing into the design decision. *Computer-Aided Design*, 28(6–7), 423–438. [https://doi.org/10.1016/0010-4485\(94\)00030-1](https://doi.org/10.1016/0010-4485(94)00030-1)
- Gill, J., & Johnson, P. (2002). *Research Methods for Managers* (3rd ed.). London: Paul Chapman.
- Goal, T. (2011). Throughput accounting and the theory of constraints. *Acca*, 8.
- Goebel, D. J., Marshall, G. W., & Locander, W. B. (1998). Activity-Based Costing: Accounting for a Market Orientation. *Industrial Marketing Management*, 27(6), 497–510. [https://doi.org/10.1016/s0019-8501\(98\)00005-4](https://doi.org/10.1016/s0019-8501(98)00005-4)
- Goldratt, E. M. (1990). *Theory of Constraints*. Massachusetts: North River Press.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2014). *A Meta - Um Processo de Melhoria Contínua* (2nd ed.). São Paulo: Nobel.

- Gottmann, J., Pfeffer, M., & Sihm, W. (2013). Process Oriented Production Evaluation. *Procedia CIRP*, 12, 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.09.058>
- Gracanin, D., Buchmeister, B., & Lalic, B. (2014). Using Cost-time Profile for Value Stream Optimization. *Procedia Engineering*, 69, 1225–1231. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.113>
- Grahame, S. (2006a). Management Accounting - Performance Evaluation. Traditional accounting methods still have their place in a modern manufacturing environment. *Financial Management*, (May), 54–56. Retrieved from [http://www.cimaglobal.com/Documents/ImportedDocuments/fm\\_sept07\\_p54-56.pdf](http://www.cimaglobal.com/Documents/ImportedDocuments/fm_sept07_p54-56.pdf)
- Grahame, S. (2006b). Management Accounting – Performance Evaluation. *Management Accounting*, (May), 43–44.
- Green, M. (1998). Toward a perceptual science of multidimensional data visualization: Bertin and beyond. *ERGO/GERO Human Factors Science*, 8, 1–30. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.378.3579&rep=rep1&type=pdf> %5Cn[http://graphics.stanford.edu/courses/cs448b-06-winter/papers/Green\\_Towards.pdf](http://graphics.stanford.edu/courses/cs448b-06-winter/papers/Green_Towards.pdf)
- Greenstone, M., & Gayer, T. (2009). Quasi-experimental and experimental approaches to environmental economics. *Journal of Environmental Economics and Management*, 57(1), 21–44. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2008.02.004>
- Grunow, A., Sabadin, A. L., Fernandes, F. C., & Fassina, P. H. (2005). Custeio e gestão baseado em atividade : o caso Sadia S . A . In *IX Congresso Internacional de Custos - Florianópolis, SC, Brasil - 28 a 30 de novembro de 2005* (Vol. d). Florianópolis.
- Gunasekaran, A. (1999). A framework for the design and audit of an activity-based costing system. *Managerial Auditing Journal*, 14(3), 118–127. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1108/02686909910259095>
- Gunasekaran, A., & Sarhadi, M. (1998). Implementation of activity-based costing in manufacturing. *International Journal of Production Economics* 56-57 (1998) 231-242, 5273(97).
- Gupta, M., & Kline, J. (2008). Managing a community mental health agency: a theory of constraints based framework. *Total Quality Management & Business Excellence*, 19(3), 281–294.
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- Habermas, J. (1978). *Knowledge and human interests (J. J. Shapiro, Trans)* (2nd ed.). London: Heinemann.
- Hamood, H. H., Omar, N., & Sulaiman, S. (2011). Target Costing Practices: a Review of Literature. *Asia-Pacific Management Accounting Journal*, 6(1), 25–46. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=70138188&lang=pt-br&site=ehost-live>
- Hansen, D. R., Mowen, M. M., & Guan, L. (2009). *Cost management accounting & control* (6th ed.). Mason: South-Western Cengage Learning.
- Hansson, S. O. (2015a). Experiments: Why and How? *Science and Engineering Ethics*, 22, 613–632. <https://doi.org/10.1007/s11948-015-9635-3>
- Hansson, S. O. (2015b). *The Role of Technology in Science: Philosophical Perspectives* (Vol. 18). Stockholm: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9762-7>
- Harris, R. L. (1996). *Information graphics: A comprehensive illustrated reference*. Atlanta: Management Graphics.
- Haskin, D. (2010). Teaching special decisions in a lean accounting environment. *American Journal of Business Education*, 3(6), 91–96. Retrieved from <http://proxy1.ncu.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=>

ehh&AN=51358912&site=ehost-live

- Herschel, W. (1831). A preliminary discourse on the study of natural philosophy. In *Cabinet Cyclopaedia*. Chicago: Cabinet Cyclopaedia.
- Hicks, C., Heidrich, O., McGovern, T., & Donnelly, T. (2004). A functional model of supply chains and waste. *International Journal of Production Economics*, 89(2), 165–174. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00045-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00045-8)
- Hilmola, O.-P., & Gupta, M. (2015). Throughput accounting and performance of a manufacturing company under stochastic demand and scrap rates. *Expert Systems with Applications*, 42(22), 8423–8431. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.06.056>
- Hines, P., Found, P. A., Harrison, R., & Griffiths, G. (2011). *Staying lean: thriving, not just surviving*. (2nd ed.). New York: Productivity Press. Retrieved from <http://www.taylorandfrancis.com/books/details/9781439826188/>
- Hines, P., Jones, D. T., & Rich, N. (1997). Lean Logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 27(3/4), 153–173. <https://doi.org/10.1108/09600039710170557>
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46–64. <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Hines, P., Rich, N., & Esain, A. (1999). Value stream mapping A distribution industry application. *Benchmarking: An International Journal*, 6(1), 60–77.
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going lean*. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre.
- Homer, B. D., & Plass, J. L. (2010). Expertise reversal for iconic representations in science visualizations. *Instructional Science*, 38(3), 259–276. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9108-7>
- Hoozée, S., & Bruggeman, W. (2010). Identifying Operational Improvements During the Design Process of a Time driven ABC System: The Role of Collective Worker Participation and Leadership Style. *Management Accounting Research*, 21(3), 185–198.
- Horngren, C. T., & Foster, G. (1987). JIT: Cost Accounting and Cost Management. *Management Accounting*, (June), 19.
- Horngren, C. T., Sundem, G. L., & Stratton, W. O. (1999). *Introduction to Management Accounting* (11th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- IMA. (1999). Theory of Constraints ( TOC ) Management System Fundamentals. *Statements on Management Accounting. Strategic cost management*.
- IMA. (2006). Implementing Activity-Based Costing. *Statments on Management Accountings, Strategic Cost Management*, 1–35.
- IMAI, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. (2nd ed.). New York: Mcgraw-hill Education.
- Innes, J., & Falconer, M. (2002). *Custeio baseado em atividade* (1st ed.). Lisboa: Monitor.
- Jiménez, E., Tejada, a., Pérez, M., Blanco, J., & Martínez, E. (2012). Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector. *International Journal of Production Research*, 50(7), 1890–1904. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.561370>
- Kachalay, V. (2012). Modern techniques of product costing at industrial enterprises. *Šiuolaikiniai Produktų Savikainos Nustatymo Metodai Pramonės Įmonėse*, 34(5), 66–73.
- Kachru, U. (2007). *Production & Operations Management*. New Delhi: Excel Books.
- Kadota, T., & Sakamoto, S. (1992). *Handbook of industrial engineering* (2nd ed.). New York: Wiley.
- Kanawaty, G. (1992). *Introduction to work study* (4th ed.). Geneva: International Labour Oraganisation.
- Kaplan, R. (2014). Improving value with TDABC. *Healthcare Financial Management*, (june), 77–83.

- Kaplan, R., & Anderson, S. (2007). *Time-Driven Activity-Based Costing: a simpler and more powerful path to higher profits*. Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Kaplan, R., & Cooper, R. (1998). *Cost & Effect Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance*. Cambridge: Harvard Business School Press.
- Kee, R. (2008). The sufficiency of product and variable costs for production-related decisions when economies of scope are present. *International Journal of Production Economics*, 114, 682–696.
- Kennedy, F. a., & Brewer, P. C. (2006). The lean enterprise and traditional accounting - is the honeymoon over? *The Journal of Corporate Accounting & Finance*, 20(september/October), 59–74.
- Kennedy, F. a., & Huntzinger, J. (2005). Lean Accounting: Measuring and Managing the Value Stream. *Cost Management*, (October), 31–38.
- Kennedy, F., Maskell, B., & Brewer, P. (2006). *Accounting for the Lean Enterprise: Major Changes to the Accounting Paradigm Statements on Management Accounting - Strategic cost management*. Montvale: Institute of Management Accountants.
- Kennedy, F., Maskell, B., Brewer, P., Cokins, G., & Cunningham, J. (2014). *Accounting for the Lean enterprise: Major change to the accounting Paradigm. Statements on Management Accounting*. Montvale: Institute of Management Accountants. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kerlinger, F. (1986). *Foundations of Behavioral Research* (3rd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Khann, R. B. (2007). *Production and operations management* (3rd Edn). New Delhi: PHI learning private limited.
- Knodel, J., Muthig, D., & Naab, M. (2008). *An experiment on the role of graphical elements in architecture visualization. Empirical Software Engineering* (Vol. 13). <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9069-5>
- Kroll, K. M. (2004). The Lowdown on Lean Accounting. *Journal of Accountancy*, 198(1), 69–76. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=13603816&site=ehost-live>
- Kujacic, M., Sarac, D., Blagojevic, M., & Vesovic, V. (2015). The modified activity-based costing method in universal postal service area: Case study of the montenegro post, 26(2), 142–151. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.26.2.2818>
- Kumar, S. A., & Suresh, N. (2009). *Production and Operations Management (with skill Development, caselets and cases)* (2nd ed.). New Age International.
- Larkin, J., & Simon, H. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 99, 65–99. [https://doi.org/10.1016/s0364-0213\(87\)80026-5](https://doi.org/10.1016/s0364-0213(87)80026-5)
- Latshaw, C. A., & Cortese-Danile, T. M. (2002). Activity-Based Costing: Usage and Pitfalls. *Review of Business*, 23(1), 30.
- Lawrence, S. A. (2000). *Work Measurement and Methods Improvement*. New York: John Wiley & Sons.
- Lea, B.-R., & Min, H. (2003). Selection of management accounting systems in Just-In-Time and Theory of Constraints-based manufacturing. *International Journal of Production Research*, 41(13), 2879–2910. <https://doi.org/10.1080/0020754031000109134>
- Lee, J. Y., & Monden, Y. (1996). An international comparison of manufacturing-friendly cost management systems. *The International Journal of Accounting*, 31(2), 197–212. [https://doi.org/10.1016/S0020-7063\(96\)90004-7](https://doi.org/10.1016/S0020-7063(96)90004-7)
- Lee, T., & Kao, J. (2001). Application of simulation technique to activity-based costing of agricultural systems : a case study. *Agricultural Systems*, 67(August), 71–82.

- Lehtinen, U., & Torkko, M. (2005). The Lean concept in the food industry: a case study of a contract manufacturer. *Journal of Food Distribution Research*, 36(3), 57–67. Retrieved from [http://www.researchgate.net/publication/23943939\\_The\\_Lean\\_Concept\\_in\\_the\\_Food\\_Industry\\_A\\_Case\\_Study\\_of\\_Contract\\_a\\_Manufacturer/file/504635147456513a5f.pdf](http://www.researchgate.net/publication/23943939_The_Lean_Concept_in_the_Food_Industry_A_Case_Study_of_Contract_a_Manufacturer/file/504635147456513a5f.pdf)
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New Jersey: McGraw-Hill.
- Little, J. D. C. (1961). A Proof for the Queuing Formula:  $L = \lambda W$ . *Little, J. D. C.*, 9(3), 383–387.
- Locher, D. A. (2008). *Value Stream Mapping for Lean Development: a how-to guide for streamlining time to market*. New York: A productivity press book.
- Luo, J., & Brozovsky, J. (2013). Lean accounting and information adjustment efficient industries: Assimilation Ahead?, *174 OP-Academy of Accounting & Financial Studies Journal*. 2013, Vol. 17 Issue 4, p1-10. 10p.), 1. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=bth&AN=92564687>
- Lurie, N. H., & Mason, C. H. (2007). Visual Representation: Implications for Decision Making. *Journal of Marketing*, 71(1), 160–177. <https://doi.org/10.1509/jmkg.71.1.160>
- Lysons, K., & Farrington, B. (2006). *Purchasing and Supply Chain Management* (7th ed.). Harlow: Pearson Education Limited.
- Maher, M., & Deakin, E. (1994). *Solutions Manual for Cost accounting: Creating Value for Management* (5th ed.). Boston: University of California, Davis.
- Malta, J., & Cunha, P. F. (2011). A new approach for cost modelling and performance evaluation within operations planning. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(3), 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2011.07.001>
- Manotas, D. F. D., & Cadavid, L. R. (2007). Lean manufacturing measurement: the relationship between lean activities and lean metrics. *Estudios Gerenciales*, 23(105), 69–83. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(07\)70026-8](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(07)70026-8)
- Marriott, L. (2013). Using student subjects in experimental research: a challenge to the practice of using students as a proxy for taxpayers. *International Journal of Social Research Methodology*, 17(5), 503–525. <https://doi.org/10.1080/13645579.2013.786900>
- Martins, E. (2003). *Contabilidade de Custos. Business* (9Th ed.). São Paulo: Atlas.
- Maskell, B. (2000). Lean accounting for lean manufacturers. *Manufacturing Engineering*, 125(6), 46–53.
- Maskell, B. (2004). What is Lean Accounting? Retrieved May 25, 2015, from [http://www.maskell.com/lean\\_accounting/subpages/lean\\_accounting/components/What\\_is\\_Lean\\_Accounting.pdf](http://www.maskell.com/lean_accounting/subpages/lean_accounting/components/What_is_Lean_Accounting.pdf)
- Maskell, B., & Baggaley, B. (2004). *Practical lean accounting: a proven system for measuring and managing the lean enterprise* (Vol. 2004). New York: Productivity Press.
- Maskell, B., & Baggaley, B. (2005). Lean accounting: What's it all about? In *Association for Manufacturing Excellence's Target Magazine* (Vol. 22, pp. 35–43). Detroit: AME - Association for Manufacturing Excellence.
- Maskell, B., Baggaley, B., & Grasso, L. (2011). *Practical Lean Accounting. Productivity Press* (2nd ed.). New York: CRC Press.
- Maskell, B., & Katko, N. (2015). *Value Stream Costing: The Lean Solution To Standard Costing Complexity and Waste*. <https://doi.org/10.1002/9781119196808.ch7>
- Maskell, B., & Kennedy, F. (2007). Why do we need Lean accounting and how does it work? *The Journal of Corporate Accounting & Finance*, 20(March/April), 59–66. <https://doi.org/10.1002/jcaf>
- Mason, R. J., & Lalwani, C. (2006). Transport integration tools for supply chain management. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 9(1), 57–74.

- <https://doi.org/10.1080/13675560500534599>
- Maynard, R. (2008). Lean Accounting. *Finacial Management*, (March), 34–36.
- McVay, G., Kennedy, F., & Fullerton, R. (2013). *Accounting in the Lean Enterprise: Providing Simple, Practical, and Decision-Relevant Information*. New York: Productivity Press.
- Meghiorine, E. (2012). *Custos: análise e gestão* (3° ed). São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(June), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Merwe, A. van der, & Thomson, J. (2007). The Lowdown on Lean accounting - Should management accounting get on the bandwagon or not? *Strategic Finance*, (february), 26–33.
- Miles L. (1961). *Techniques of Value Analysis and Engineering*. New York: Mcgraw-Hill.
- Modarress, B., Ansari, A., & Lockwood, D. L. (2005). Kaizen costing for lean manufacturing: a case study. *International Journal of Production Research*, 43(9), 1751–1760. <https://doi.org/10.1080/00207540500034174>
- Moghadam, S. K., Amiri, S. P., & Shasavand, M. (2016). Observing the Analysis of Lean Manufacturing and Lean Accounting Approaches in Management Accounting., 49 OP-International Journal of Scientific Management & Development. Sep2016, Vol. 4 Issue 9, p325-329. 5p.), 325. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=bth&AN=118456058>
- Moinuddin, K., Collins, T., & Bansal, A. (2007). Process Activity Mapping - Activity Based Costing for Semiconductor Enterprises. *Cost Management*, mar/apr, 29–33.
- Monden, Y., & Hamada, K. (1991). Target Costing and Kaizen Costing in Japanese Automobile Companies. *Journal of Management Accounting Research*, 3, 16–34.
- Monroy, C. R., Nasiri, A., & Peláez, M. Á. (2014). Annals of Industrial Engineering 2012. *Annals of Industrial Engineering*, (Chapert 2), 11–18. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5349-8>
- Murray R. Spiegel, John J. Schiller, R. A. S. (2009). *Probability and Statistics*.
- Myrelid, A., & Olhager, J. (2015). Applying modern accounting techniques in complex manufacturing. *Industrial Management & Data Systems*, 115(3), 402–418.
- Nair, N. G. (2008). *Production and operatinos management* (17Th ed.). New Delhi: Tata Mcgraw-Hill.
- Namazi, M. (2016). Time-driven activity-based costing: Theory, applications and limitations, 93 OP-Iranian Journal of Management Studies. Summer, 2016, Vol. 9 Issue 3, p457, 26 ), 457. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsgao&AN=edsgcl.473160951>
- Needles, B., Powers, M., & Crosson, S. (2010). *Financial and Managerial Accounting* (9th ed.). Cengage Learning.
- Neuman, W. L. (2007). *Basic of Social Research: Qualitative and Quantitative Approaches* (2nd ed.). Harlow: Pearson Education.
- Neumann, C. (2015). *Engenharia de produção: curso preparatório para concursos*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- New, C. (1974). The production funnel: a new tool for operations analysis,. *Management Decision*, 12(3), 167–178.
- New, C. (1993). The use of throughput efficiency as a key performance measure for the new manufacturing era. *The International Journal of Logistics Management*, 4(2), 95–104.
- Norman, J. F., Norman, H. F., Clayton, A. M., Lianekhammy, J., & Zielke, G. (2004). The visual and haptic perception of natural object shape. *Perception & Psychophysics*, 66(2), 342–351. <https://doi.org/10.1068/p5504>

- Ofileanu, D. (2015). Considerations Regarding Lean Approach Within Management Accounting., *15(2) OP-Ovidius University Annals, Series Economic Sciences*. 2015, Vol. 15 Issue 2, p520-525. 5p.), 520. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=bth&AN=113732286>
- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Oker, F., & Adiguzel, H. (2010). Time-Driven Activity-Based Costing: An Implementation in a Manufacturing Company. *The Journal of Corporate Accounting & Finance, November-December 2010*. <https://doi.org/10.1002/jcaf>
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. New York: CRC Press, Taylor&Francis group.
- Özbayrak, M., Akgün, M., & Türker, a. K. (2004). Activity-based cost estimation in a push/pull advanced manufacturing system. *International Journal of Production Economics, 87(1)*, 49–65. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00067-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00067-7)
- Oztaysi, B., Baysan, S., & Akpinar, F. (2007). Effects of RFID on Tourism Sector: A Hypothetical Case Study. In *Tourism, Mobility, and Technology, Proceedings of the Travel and Tourism Research Association Europe* (pp. 263–269). Nice, France.
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control, 17(1)*, 77–86. <https://doi.org/10.1080/09537280500414991>
- Patel, N., & Chauhan, P. N. (2014). A Review: Value stream mapping implementation in manufacturing industry., *4(11) OP-International Journal of Engineering Research and Applications, Vol 4, Iss 11, Pp 75-79 (2014)*, 75. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsdoj&AN=edsdoj.87e3f45e5c894f93830b350412c9966d>
- Patrocinio, E. (2015). Value Stream Mapping: Operationalizing Lean Manufacturing. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=bth&AN=110233302> OP - SMT: Surface Mount Technology. Oct2015, p12-18. 4p.
- Pereira-Santos, A. (2009). *Kaizen Costing: Extensão da Gestão de Custos no Desenvolvimento de Novos Produtos aos Fornecedores Antônio Carlos Pereira dos Santos Kaizen Costing: Extensão da Gestão de Custos no Desenvolvimento de Novos Produtos aos*. Universidade Minho.
- Perry, H. (2001). *Statistics Explained: A Guide for Social Science Students* (3rd ed.). New York: Routledge.
- Pike, R. H., Tayles, M. E., & Mansor, N. N. A. (2011). Activity-based costing user satisfaction and type of system: A research note. *The British Accounting Review, 43(1)*, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2010.12.001>
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean* (6ª edição). Lisboa: Lidel edições técnicas.
- Plott, C. (1987). Dimensions of parallelism: Some policy applications of experimental methods. In *Laboratory Experimentation in Economics: Six Points of View* (pp. 193–219). Cambridge: Cambridge University Press.
- Porter, D. B., Varga, G. M., Allan, R. W., Barnes, R. M., Cox, C. H., Gilbreth, L. M., ... Piacitelli, J. A. (1947). *Operation and flow process charts*. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Pude, G. C., Naik, G. R., & Naik, P. G. (2012). Application Of Process Activity Mapping For Waste Reduction A Case Study In Foundry Industry. *International Journal of Modern Engineering Research, 2(5)*, 3482–3496.
- Pycraft, M., Singh, H., Pihlela, K., Slack, N., Chambers, S., Harland, C., ... Johnston, R. (2010).



- Operation Management* (2nd ed.). Cape Town: Pearson Education.
- Qian, L., & Ben-Arieh, D. (2008). Parametric cost estimation based on activity-based costing: A case study for design and development of rotational parts. *International Journal of Production Economics*, *113*(2), 805–818. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.08.010>
- Raffish, N., & Turney, P. B. (1991). The CAM-I Glossary of Activity-Based Management. *Journal of Cost Management*, (Outubro), 53–63.
- Rahardja, D., Zhao, Y. D., & Qu, Y. M. (2009). Sample Size Determinations for the Wilcoxon-Mann-Whitney Test: A Comprehensive Review. *Statistics in Biopharmaceutical Research*, *1*(3), 317–322. Retrieved from <http://gateway.isiknowledge.com/gateway/Gateway.cgi?&GWVersion=2&SrcAuth=EBSCO&SrcApp=EDS&DestLinkType=CitingArticles&KeyUT=000207974900009&DestApp=WOS>
- Ramamurphy, P., & Panneerselvam, R. (2012). *Production and Operations Management* (3rd Edn). New Delhi: New Age International.
- Ranjit, K. (2011). *Research methodology a step-by-step guide for beginners* (3rd ed.). London: SAGE Publications.
- Roslender, R. (1996). Relevance lost and found: Critical perspectives on the promise of management accounting. *Critical Perspectives on Accounting*, *7*(5), 533–561. <https://doi.org/10.1006/cpac.1996.0054>
- Rother, M., & Shook, J. (1998). *Aprendendo a enxergar*. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- Rother, M., & Shook, J. (2009). *Learning to See: Value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Cambridge: Lean Enterprise Institute.
- Sá, J. C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2011). Waste identification diagrams. *Waste Identification Diagrams - 3 Congresso de Engenharia de Moçambique Maputo, 29 Ago - 3 Set 2011*. Retrieved from <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/23930>
- Sá, J. C. V. (2010). *Modelo de Análise e Diagnóstico de uma Unidade Produtiva*. Universidade do Minho.
- Santos, J. L. do, Fernandes, L. A., Pinheiro, P. R., Schmidt, P., & Leal, R. (2010). O time driven-activity based-costing (TDABC) dentro da gestão do lean thinking. *Revista de Negócios, Numero 9 Março de 2010*, *9*(Business Review), 1–17.
- Saraiva-Júnior, A. F. (2010). *Decisão de mix de produtos sob a ótica do custeio baseado em atividades e tempo*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Sarokolaei, M. A., Saviz, M., Moradloo, M. F., & Dahaj, N. S. (2013). Time Driven Activity based Costing by Using Fuzzy Logics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *75*, 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.04.038>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5th ed.). Harlow: Pearson Education.
- Schoute, M. (2009). The relationship between cost system complexity, purposes of use, and cost system effectiveness. *British Accounting Review*, *41*(4), 208–226. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2009.10.001>
- Schulz, A. K. D. (1999). Experimental research method in a management accounting context. *Accounting & Finance*, *39*(1), 29. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=1845198>
- Schulze, M., Seuring, S., & Ewering, C. (2012). Applying activity-based costing in a supply chain environment. *International Journal of Production Economics*, *135*(2), 716–725. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.10.005>
- Seth, D., Seth, N., & Dhariwal, P. (2017). Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study. *Production Planning & Control*, *28*(5), 398–419. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1300352>

- Seth, D., Seth, N., & Goel, D. (2008). Application of value stream mapping (VSM) for minimization of wastes in the processing side of supply chain of cottonseed oil industry in Indian context. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(4), 529–550.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing : context , practice bundles , and performance. *Journal of Operations Management*, 21, 129–149.
- Shannon, P. (1997). The value-added ratio. *Quality Progress*, 30(3), 94–97.
- Shingo, S., & Dillon, A. . (1988). *A study of the Toyota production system*. New York: Productivity Press.
- Siguenza-Guzman, L., Van den Abbeele, A., Vandewalle, J., Verhaaren, H., & Cattrysse, D. (2013). Recent evolutions in costingsSystems: A literature review of Time-driven Activity-based Costing. *ReBEL - Review of Business and Economic Literature*, 58(1), 34–64.
- Skipworth, H., & Harrison, A. (2006). Implications of form postponement to manufacturing a customized product. *International Journal of Production Research*, 44(8), 1627–1652. <https://doi.org/10.1080/00207540600844076>
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da produção* (2nd ed.). Atlas.
- Slack, N., Chambers, S., & Jonhston, R. (2007). *Operations management* (5th Edn.). Harlow: Pearson Education Limited.
- Smyth, J. (2003). Work smarter not harder! - ergonomics in a lean business environment. In *Contemporary Ergonomics 2003* (p. 632). London: Taylor & Francis.
- Sobczyk, T., & Koch, T. (2008). A method for measuring operational and financial performance of a production value stream. *IFIP International Federation for Information Processing*, 257, 151–163. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-77249-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-0-387-77249-3_16)
- Somapa, S., Cools, M., & Dullaert, W. (2012). Unlocking the potential of time-driven activity-based costing for small logistics companies. *International Journal of Logistics: Research & Applications*, 15(5), 303–322. <https://doi.org/10.1080/13675567.2012.742043>
- Sousa, J. M., & Baptista, S. C. (2011). *Como fazer investigação, dissertações, teses e relatórios segundo bolonha* (4ª Edição). Lisboa: Pactor.
- Staats, B. R., & Upton, D. M. (2011). Lean knowledge work. *Harvad Business Review*, (October).
- Stenzel, J. (2007). *Lean accounting: best practices for sustainable integration*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Stevenson, A. (2010). *Oxford Dictionary of English* (Third edit). Oxford: Oxford university press.
- Stout, D. E., & Propri, J. M. (2011). Implementind Time-Driven Activity-Based Costing at a Medium-Size Electronics Company. *Management Accounting Quarterly*, 12(3), 1–11.
- Sullivan, W. G., McDonald, T. N., & Van Aken, E. M. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3–4), 255–265. [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(02\)00016-9](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(02)00016-9)
- Sultani, L. J. M. (2009). *Aplicação do Modelo TDABC à Supervisão do Mercado de Valores Mobiliários Brasileiro*. Instituto universitario de Lisboa.
- Szychta, A. (2010). Time-Driven Activity-Based Costing in Service Industries. *Management*, 1(1), 49–60.
- Taylor, D., & Brunt, D. (2002). *Manufacturing Operations and Supply Chain Management: The Lean Approach* (2nd ed.). London: Thomson.
- Taylor, P., Rahman, A., & Karim, A. (2013). Application of lean production to reducing operational waste in a tile manufacturing process. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 9653(February 2015), 37–41. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.798948>
- Tegarden, D. P. (1999). Business Information Visualization. *Communications of the AIS*, 1, 1–37. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=374113>

- Teichgräber, U. K., & Bucourt, M. de. (2012). Applying value stream mapping techniques to eliminate non-value-added waste for the procurement of endovascular stents. *European Journal of Radiology*, *81*(1), e47-52. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.12.045>
- Telsang, M. T. (1999). *Industrial Engineering and Production Management* (2nd ed.). New Delhi: S. Chand.
- Thyssen, J., Israelsen, P., & Jørgensen, B. (2006). Activity-based costing as a method for assessing the economics of modularization—A case study and beyond. *International Journal of Production Economics*, *103*(1), 252–270. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.07.004>
- Tory, M., & Möller, T. (2004). Human Factors In Visualization Research. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *10*(1), 1–13.
- Tsai, W. H., Lai, C. W., Tseng, L. J., & Chou, W. C. (2008). Embedding management discretionary power into an ABC model for a joint products mix decision. *International Journal of Production Economics*, (115), 210–220.
- Tsai, W. H., Shen, Y. S., Lee, P. L., Chen, H. C., Kuo, L., & Huang, C. C. (2012). Integrating information about the cost of carbon through activity-based costing. *Journal of Cleaner Production*, *36*(March), 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.024>
- Tse, M. S. C., & Gong, M. Z. (2009). Recognition of Idle Resources in Time-Driven Activity-Based Costing and Resource Consumption Accounting Models. *Journal of Applied Management Accounting Research*, *7*(2), 41–54.
- Turney, P. B. B. (1997). *Activity Based Costing: The performance breakthrough* (Reprinted). London: Kogan Page.
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X., & Yang, K. (2015). Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, *160*, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.002>
- Vanderstoep, S. w., & Johnston, D. D. (2009). *Research Methods for Every Life: Blending Qualitative and Quantitative Approaches*. San Francisco: John Wiley & Sons.
- Venkataraman, K., Ramnath, B. V., Kumar, V. M., & Elanchezhian, C. (2014). Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process. *Procedia Materials Science*, *6*(Icmcp), 1187–1196. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.192>
- Villa, A., & Taurino, T. (2013). From JIT to Seru, for a Production as Lean as Possible. *Procedia Engineering*, *63*, 956–965. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.172>
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, *11*(Iceei), 1292–1298. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.327>
- Wainer, H., & Velleman, P. F. (2001). Statistical graphics: Mapping the Pathways of Science. *Annual Review of Psychology*, *52*, 305–335.
- Wang, L., & Yuan, Q. (2009). Lean Accounting Based on Lean Production. *2009 International Conference on Management and Service Science*, (September), 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICMSS.2009.5302766>
- Ward, Y., & Graves, A. (2004). A New Cost Management & Accounting Approach For Lean. *Management*.
- Ware, C. (2012). *Information visualization perception for design. Information Visualization: Perception for Design* (3rd ed.). San Francisco: Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381464-7.00001-6>
- White, R. E., & Prybutok, V. (2001). The relationship between JIT practices and type of production system. *Omega*, *29*(2), 113–124. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(00\)00033-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(00)00033-5)
- Wisner, J., & Stanley, L. (2008). *Process Management Creating Value Along the Supply Chain*. Mason: Thomson South-Western.

- Womack, J., & Jones, D. (2003a). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* (1st ed.). New York: Free Press.
- Womack, J., & Jones, D. (2003b). *Seeing the Whole: mapping the extended value stream*. Massachusetts: Bookline.
- Womack, J., & Jones, D. (2004). *A mentalidade enxuta nas empresas lean thinking: elimine o desperdício e crie riqueza*. São Paulo: Campus.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1991). *The machine that changed the world: The Story of Lean Production*. New York: HarperCollins.
- Zandin, K. B. (2001). *Maynard's industrial engineering handbook* (5th Edn). New York: Mcgraw-Hill.
- Zanievicz, M., Beuren, I. M., Almeida dos Santos, P. S., & Roberto Kloeppe, N. (2013). Costing Methods: meta-analysis of articles presented in the Brazilian Congress of Costs over the 1994-2010 period. In *Brazilian Congress of Costs over the 1994-2010 period* (Vol. 15). <https://doi.org/10.7819/rbgn.v15i49.1062>

## ANEXOS

ANEXO I – Tabela com dados sobre indicadores de desempenho do processo produtivo

<b>Produtividade esperada (<math>P_{E,a} = \frac{Q_{PI}}{n \times T_D}</math>, consultar equação 3)</b>	
Quantidade de produtos bons efetivamente produzidos (dia de produção)	1125
Número de operadores	36
Tempo disponível (h)	6,5
Produtividade (unidades/h.homem)	4,8077/h.t
<b>Utilização da mão de obra de valor acrescentado – Ver anexo II</b>	
65,77%	
<b>Tempo de atravessamento em hora (<math>T_A = \sum_{j=1}^m (WIP_j \times T_T)</math>, consultar equação 5)</b>	
Takt Time (h)	0,0173
WIP-1	0
WIP-2	10
WIP-3	12
WIP-4	12
WIP-5	13
Tempo de atravessamento do sistema (em horas)	0,8131 h
<b>Eficiência do sistema observada (<math>E_{OS} = \frac{Q_{Pr} \times \sum_{j=1}^m T_{C,j}}{T_D \times m}</math>, consultar equação 8)</b>	
Quantidade de produtos produzidos (Dia)	1125
Tempo operação Montagem 1 (segundos)	46,5
Tempo operação Montagem 2 (segundos)	32,5
Tempo da operação Teste 1 (segundos)	27,3
Tempo da operação Teste 2 (segundos)	24,8
Tempo da operação Embalagem (segundos)	49,5
Tempo disponível para produção (segundos)	70200
Número de postos de trabalho	5
Total	57,88%
<b>Rácio de valor acrescentado (<math>Rva = \frac{\sum_{j=1}^m T_{C,j}}{T_A}</math>, consultar equação 10)</b>	
Soma dos tempos das operações dos postos (em hora)	0,0501
Tempo de atravessamento do sistema	0,8131
Total	6,17%

ANEXO II – Tabela de utilização da mão de obra processo produtivo de empresa de telemóveis

Recolha de dados a partir da amostra da utilização da mão de obra										
Unidade Produtiva	Data	Quantidade de rotas	Operações com valor acrescentado	Movimentação	Transporte	Espera	Sobreprocessamento	Ausente	Outros	Total de observações
Montagem 1	16/03/2015	50	30	4	2	2	3	1		42
	17/03/2015		31	3	3	1	4	0		42
	19/03/2015		32	4	3	2	2	0		43
	21/03/2015		30	3	1	1	4	1	1	41
	24/03/2015		32	3	4	1	2	0		42
	26/03/2015		33	3	1	1	1	0	1	40
<b>Total</b>		<b>250</b>	<b>188</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>250</b>
<b>%</b>			<b>75,20%</b>	<b>8,00%</b>	<b>5,60%</b>	<b>3,20%</b>	<b>6,40%</b>	<b>0,80%</b>	<b>0,80%</b>	<b>100,00%</b>
Montagem 2	16/03/2015	41	9	3	4	2	2	0	0	20
	17/03/2015		11	2	3	0	3	0	1	20
	19/03/2015		10	3	4	3	0	0	0	20
	21/03/2015		11	3	1	3	1	1	1	21
	24/03/2015		12	1	3	2	2	0	0	20
	26/03/2015		12	2	1	2	4	1	0	22
<b>Total</b>		<b>123</b>	<b>65</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>123</b>
<b>%</b>			<b>52,85%</b>	<b>11,38%</b>	<b>13,01%</b>	<b>9,76%</b>	<b>9,76%</b>	<b>1,63%</b>	<b>1,63%</b>	<b>100,00%</b>
Teste 1	16/03/2015	123	12	2	1	2	0	0	1	18
	17/03/2015		14	1	2	3	2	0	1	23
	19/03/2015		11	1	3	2	0	0	2	19
	21/03/2015		12	2	1	3	1	0	2	21
	24/03/2015		14	1	2	2	0	0	1	20
	26/03/2015		13	2	1	3	1	0	2	22
<b>Total</b>		<b>123</b>	<b>76</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>123</b>
<b>%</b>			<b>61,79%</b>	<b>7,32%</b>	<b>8,13%</b>	<b>12,20%</b>	<b>3,25%</b>	<b>0,00%</b>	<b>7,32%</b>	<b>100,00%</b>
Teste 2	16/03/2015	123	10	2	2	5	1	0	0	20
	17/03/2015		11	4	3	2	1	0	0	21
	19/03/2015		9	3	4	4	1	0	0	21
	21/03/2015		11	3	2	2	2	0	0	20
	24/03/2015		9	2	2	5	1	0	0	19
	26/03/2015		10	3	3	4	1	1	0	22
<b>Total</b>		<b>123</b>	<b>60</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>123</b>
<b>%</b>			<b>48,78%</b>	<b>13,82%</b>	<b>13,01%</b>	<b>17,89%</b>	<b>5,69%</b>	<b>0,81%</b>	<b>0,00%</b>	<b>100,00%</b>
Embalagem	16/03/2015	62	16	2	1	1	1	0	0	21
	17/03/2015		17	1	2	0	0	0	0	20
	19/03/2015		17	2	1	0	0	0	0	20
	21/03/2015		16	2	1	1	0	0	0	20
	24/03/2015		16	2	1	0	1	1	0	21
	26/03/2015		17	1	1	1	0	0	1	21
<b>Total</b>		<b>123</b>	<b>99</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>123</b>
<b>%</b>			<b>80,49%</b>	<b>8,13%</b>	<b>5,69%</b>	<b>2,44%</b>	<b>1,63%</b>	<b>0,81%</b>	<b>0,81%</b>	<b>100,00%</b>
<b>Total Geral</b>			<b>488</b>	<b>70</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>41</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>742</b>
<b>%</b>			<b>65,77%</b>	<b>9,43%</b>	<b>8,49%</b>	<b>8,09%</b>	<b>5,53%</b>	<b>0,81%</b>	<b>1,89%</b>	<b>100,00%</b>

ANEXO III – Custo dos materiais e WIP – Parte A

<b>Montagem 1</b>							
Descrição dos materiais		Custos dos materiais e WIP no processo					
Materiais	Quantidade	Preço	Total	Quantidade de lotes fornecidos	Quantidade produzida dia	Quantidade diária de material no processo	Custo Diário no processo
Componente A1	27000	3,62 €	97.625,25 €	1500		375	1.355,91 €
Componente A2	27000	0,47 €	12.791,25 €	2000		875	414,53 €
Componente A3	27000	0,62 €	16.733,25 €	450	1125	225	139,44 €
Componente A4	27000	0,86 €	23.294,25 €	450		225	194,12 €
Componente A5	27000	3,09 €	83.511,00 €	300		75	231,98 €
Componente A6	27000	0,37 €	9.861,75 €	800		475	173,49 €
Total		9,0303 €	243.816,75 €				
WIP médio diário							- €
Materiais média diária							<b>2.509,47 €</b>

<b>Montagem 2</b>							
Descrição dos materiais		Custos dos materiais e WIP no processo					
Materiais	Quantidade	Preço	Total	Quantidade de lotes fornecidos	Quantidade produzida dia	Quantidade diária de material no processo	Custo Diário no processo
Componente B1	27000	20,16 €	544.252,50 €	200		275	5.543,31 €
Componente B2	27000	0,01 €	202,50 €	3000		1875	14,06 €
Componente B3	27000	0,01 €	351,00 €	180		135	1,76 €
Componente B4	27000	7,66 €	206.928,00 €	250	1125	125	958,00 €
Componente B5	27000	3,96 €	106.866,00 €	1200		75	296,85 €
Componente B6	27000	2,15 €	58.117,50 €	250		125	269,06 €
Componente B7	27000	0,02 €	540,00 €	3000		1875	37,50 €
Subconjunto A	27000	9,03 €	243.816,75 €	60		10	90,30 €
Total		43,00 €	<b>1.161.074,25 €</b>				
WIP médio diário (Subconjunto A)							<b>90,30 €</b>
Materiais média diária							<b>7.120,54 €</b>

ANEXO IV – Custo dos materiais e WIP – Parte B

<b>Teste 1</b>							
Descrição dos materiais		Custos dos materiais e WIP no processo					
Materials	Quantidade	Preço	Total	Quantidade de	Quantidade produzida dia	Quantidade diária de material no processo	Custo Diário no processo
Componente C1 = (Subconjunto A + Subconjunto B)	27000	43,00 €	1.161.074,25 €	60	1125	12	<b>516,03 €</b>
WIP médio diário (A+B)							<b>516,03 €</b>
Materials média diária							<b>- €</b>

<b>Teste 2</b>							
Descrição dos materiais		Custos dos materiais e WIP no processo					
Materials	Quantidade	Preço	Total	Quantidade de lotes fornecidos	Quantidade produzida dia	Quantidade diária de material no processo	Custo Diário no processo
Componente D1	27000	0,0128 €	344,25 €	1500		375	4,78 €
Componente D2	27000	0,0128 €	344,25 €	1500		375	4,78 €
Componente D3	27000	0,0128 €	344,25 €	1500	1125	375	4,78 €
Componente D4	27000	3,98 €	107.547,75 €	500		375	1.493,72 €
Subconjunto C	27000	43,00 €	1.161.074,25 €	60		12	516,03 €
Total	27000	47,0243 €	1.269.654,75 €				
WIP médio diário (Subconjunto C)							<b>516,03 €</b>
Materials média diária							<b>1.508,06 €</b>

<b>Embalagem</b>							
Descrição dos materiais		Custos dos materiais e WIP no processo					
Materials	Quantidade	Preço	Total	Quantidade de lotes	Quantidade produzida	Quantidade diária de material no processo	Custo Diário no processo
Componente E1	27000	4,19 €	113.035,50 €	200		75	313,99 €
Componente E2	27000	2,00 €	53.946,00 €	300		75	149,85 €
Componente E3	27000	0,17 €	4.657,50 €	200		75	12,94 €
Componente E4	27000	0,01 €	351,00 €	1500		375	4,88 €
Componente E5	27000	0,01 €	351,00 €	1000	1125	875	11,38 €
Componente E6	27000	0,01 €	351,00 €	500		375	4,88 €
Componente E7	27000	0,01 €	351,00 €	2000		875	11,38 €
Componente E8	27000	1,72 €	46.365,75 €	200		75	128,79 €
subconjunto D	27000	47,02 €	1.269.654,75 €	60		13	611,32 €
Total	27000	55,15 €	1.489.063,50 €				
WIP médio diário (subconjunto D)							<b>611,32 €</b>
Materials média diária							<b>638,07 €</b>



ANEXO V – Inquérito para avaliação da variável representatividade

**Questionário de avaliação 1**

**Nome** \_\_\_\_\_

	Discordo totalmente	Discordo bastante	Discordo pouco	Concordo pouco	Concordo bastante	Concordo totalmente
Consegue identificar facilmente o custo da capacidade não utilizada?	( )	( )	( )	( )	( )	( )
					tempo	_____
Consegue identificar facilmente o custo com o desperdício movimentação?	( )	( )	( )	( )	( )	( )
					tempo	_____
Consegue identificar facilmente o custo da atividade sem valor acrescentado?	( )	( )	( )	( )	( )	( )
					tempo	_____
Consegue identificar facilmente o custo do <i>Work In Process</i> e da matéria-prima?	( )	( )	( )	( )	( )	( )
					tempo	_____
Consegue identificar facilmente a taxa de custo da capacidade?	( )	( )	( )	( )	( )	( )
					tempo	_____
Consegue identificar facilmente o custo do <i>setup</i> ?	( )	( )	( )	( )	( )	( )
					tempo	_____
Consegue identificar facilmente os custos do transporte?	( )	( )	( )	( )	( )	( )
					tempo	_____
Consegue identificar facilmente o custo da capacidade instalada (fornecida)?	( )	( )	( )	( )	( )	( )
					tempo	_____

ANEXO VI – Inquérito para avaliação da variável interpretação

**Questionário de avaliação 2**

Qual é a maior valorização económica de setup?					
CS-1 ( )	CS-2 ( )	CS-3 ( )	CS-4 ( )	CS5 ( )	Não sei ( )
					Tempo _____
Qual é o posto com maior custo da capacidade não utilizada?					
Montagem 1 ( )	Montagem 2 ( )	Teste 1 ( )	Teste 2 ( )	Embalagem ( )	Não sei ( )
					Tempo _____
Qual é o posto com menor custo de capacidade instalada?					
Montagem 1 ( )	Montagem 2 ( )	Teste 1 ( )	Teste 2 ( )	Embalagem ( )	Não sei ( )
					Tempo _____
Qual é a maior valorização económica de inventário?					
CI-1 ( )	CI-2 ( )	CI-3 ( )	CI-4 ( )	CI-5 ( )	Não sei ( )
					Tempo _____
Qual é o posto com a menor taxa de custo da capacidade?					
Montagem 1 ( )	Montagem 2 ( )	Teste 1 ( )	Teste 2 ( )	Embalagem ( )	Não sei ( )
					Tempo _____
Qual é o posto com maior custo da capacidade utilizada sem valor acrescentado?					
Montagem 1 ( )	Montagem 2 ( )	Teste 1 ( )	Teste 2 ( )	Embalagem ( )	Não sei ( )
					Tempo _____
Qual é o posto com o menor custo com o desperdício movimentação?					
Montagem 1 ( )	Montagem 2 ( )	Teste 1 ( )	Teste 2 ( )	Embalagem ( )	Não sei ( )
					Tempo _____
Qual é o posto com o maior custo em adição de valor?					
Montagem 1 ( )	Montagem 2 ( )	Teste 1 ( )	Teste 2 ( )	Embalagem ( )	Não sei ( )
					Tempo _____
Qual é a maior valorização económica de transporte?					
CT-1 ( )	CT-2 ( )	CT-3 ( )	CT-4 ( )	CT-5 ( )	CT-6 ( )
					Não sei ( )
					Tempo _____

ANEXO VII – Medidas de tendência central referente a dimensão representatividade

<b>Dados referente a dimensão representatividade</b>			
<b>Grupo de Controle</b>	Média	Mediana	Modo
Participante 1	2,3750	2,0000	2,00
Participante 2	2,7500	3,0000	3,00
Participante 3	3,1250	3,0000	3,00 <sup>a</sup>
Participante 4	3,3750	4,0000	4,00
Participante 5	3,5000	4,0000	4,00
Participante 6	3,7500	4,0000	4,00
Participante 7	3,8750	4,0000	4,00
Participante 8	4,0000	4,0000	4,00
Participante 9	4,0000	4,0000	4,00
Participante 10	4,2500	4,0000	4,00
Participante 11	4,5000	4,5000	4,0 <sup>a</sup>
Participante 12	4,5000	4,5000	4,00 <sup>a</sup>
Participante 13	4,6250	5,0000	5,00
Participante 14	4,7500	5,0000	5,00
Participante 15	5,0000	5,0000	5,00
Participante 16	5,0000	5,0000	5,00
Participante 17	5,1250	5,0000	5,00
Participante 18	5,8750	6,0000	6,00
Participante 19	6,0000	6,0000	6,00

a. Há várias Modas. O menor valor é mostrado

<b>Dados referente a dimensão representatividade</b>			
<b>Grupo Experimental</b>	Média	Mediana	Modo
Participante 1	4,1250	5,0000	5,00
Participante 2	4,3750	5,0000	5,00
Participante 3	4,8750	5,0000	5,00 <sup>a</sup>
Participante 4	5,3750	6,0000	6,00
Participante 5	5,5000	6,0000	6,00
Participante 6	5,7500	6,0000	6,00
Participante 7	5,7500	6,0000	6,00
Participante 8	5,7500	6,0000	6,00
Participante 9	6,0000	6,0000	6,00
Participante 10	6,0000	6,0000	6,00
Participante 11	6,0000	6,0000	6,00
Participante 12	6,0000	6,0000	6,00
Participante 13	6,0000	6,0000	6,00
Participante 14	6,0000	6,0000	6,00
Participante 15	6,0000	6,0000	6,00
Participante 16	6,0000	6,0000	6,00
Participante 17	6,0000	6,0000	6,00
Participante 18	6,0000	6,0000	6,00
Participante 19	6,0000	6,0000	6,00

a. Há várias Modas. O menor valor é mostrado

ANEXO VIII – Tabela de valores críticos para estatística U de Mann-Whitney

		Size of largest sample ( $n_2$ )																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Size of smallest sample ( $n_1$ )	1																				
	2								0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	3						0	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8
	4				0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	13
	5			0	1	2	3	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	17	18	19	20
	6			1	2	3	5	6	8	10	11	13	14	16	17	19	21	22	24	25	27
	7			1	3	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	8	0	2	4	6	8	10	13	15	17	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	41
	9	0	2	4	7	10	12	15	17	20	23	26	28	31	34	37	39	42	45	48	48
	10	0	3	5	8	11	14	17	20	23	26	29	33	36	39	42	45	48	52	55	55
	11	0	3	6	9	13	16	19	23	26	30	33	37	40	44	47	51	55	58	62	62
	12	1	4	7	11	14	18	22	26	29	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69	69
	13	1	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41	45	50	54	59	63	67	72	76	76
	14	1	5	9	13	17	22	26	31	36	40	45	50	55	59	64	67	74	78	83	83
	15	1	5	10	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	70	75	80	85	90	90
	16	1	6	11	15	21	26	31	37	42	47	53	59	64	70	75	81	86	92	98	98
	17	2	6	11	17	22	28	34	39	45	51	57	63	67	75	81	87	93	99	102	102
	18	2	7	12	18	24	30	36	42	48	55	61	67	74	80	86	93	99	106	112	112
	19	2	7	13	19	25	32	38	45	52	58	65	72	78	85	92	99	106	113	119	119
	20	2	8	13	20	27	34	41	48	55	62	69	76	83	90	98	105	112	119	127	127

Fonte: (Perry, 2001)

**Diagrama de identificação de desperdícios económicos**

Indicadores de desempenho do processo	
Produtividade esperada (unidades/h.homem)	4,8077
Utilização da mão de obra de valor acrescentado	65,77%
Tempo de atravessamento (em horas)	0,8131
Eficiencia do sistema	57,88%
Rácio de valor acrescentado	6,17%

Descrição	
Custo de transporte	CT
Custo de <i>setup</i>	CS
Custo associado a mão de obra	CMO
Custo de Inventário	CI

Indicadores de custo	
Custo da matéria-prima	1.489.063,50 €
Custo da capacidade instalada	185.020,00 €
Custo da capacidade fornecida (montagem 1)	38.659,15 €
Custo da capacidade fornecida (montagem 2)	27.395,15 €
Custo da capacidade fornecida (teste 1)	27.355,39 €
Custo da capacidade fornecida (teste 2)	23.905,27 €
Custo da capacidade fornecida (embalagem)	37.901,34 €
Custo com subcontratação armazém	28.000,00 €

- Valor acrescentado
- Sobreprocessamento
- Movimentação
- Ausente
- Transporte
- Outros
- Espera

