

APLICAÇÃO DO MULTI-LAYER STREAM MAPPING PARA A GESTÃO DA EFICIÊNCIA DE RECURSOS E PRODUTIVIDADE DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO.

António Augusto Gaspar Fraga

Dissertação de Mestrado

Orientador: João Augusto de Sousa Bastos

Coorientador: António José Caetano Baptista



Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização Gestão Industrial

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2014

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização Gestão Industrial

Candidato: António Augusto Gaspar Fraga, Nº 1070525, 1070525@isep.ipp.pt

Orientação científica: João Augusto de Sousa Bastos, jab@isep.ipp.pt

INEGI:

Coorientação: António José Caetano Baptista, abaptista@inegi.up.pt



Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização Gestão Industrial

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

30 de novembro de 2014

À minha família, e amigos.

Agradecimentos

Queria agradecer ao Orientador Engenheiro João Bastos do ISEP e ao coorientador Engenheiro António Baptista do INEGI por todo o apoio prestado durante as várias fases da elaboração da dissertação.

À disponibilidade dos colaboradores da empresa IDEPA que me forneceram todos os dados necessários para uma boa elaboração da aplicação da ferramenta *Multi-layer Stream Mapping* - MSM[®].

Aos meus pais que sempre me apoiaram em todas as decisões e tudo fizeram para a possível realização do meu curso.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo e me ajudaram atravessar os obstáculos que às vezes parecem intransponíveis.

Resumo

No âmbito da unidade curricular Dissertação/Estágio do 2º ano do Mestrado em Engenharia mecânica – Ramo Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto, o presente trabalho de dissertação foi enquadrado na aplicação de uma ferramenta - *Multi-layer Stream Mapping* (MSM[®]) num caso prático de produção de uma empresa da indústria têxtil. O trabalho foi desenvolvido no Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI) e aplicado na empresa IDEPA.

A realização deste projeto teve como objetivo o desenvolvimento e adequação da ferramenta MSM[®] para apoio à gestão da empresa e controlo do processo produtivo – IDEPA.

A aplicação desta ferramenta no âmbito da produção permite trazer muitos benefícios, pois cada vez mais se pretende diminuir desperdícios e caminhar no sentido da otimização de operações. Este caminho de aumento da eficiência é seguido pela minimização dos tempos de espera e paragem das máquinas e operadores e com o aumento do desempenho. Com este desígnio em mente, esta ferramenta permite e possibilita uma oportunidade para a empresa de racionalizar recursos e melhorar o processo produtivo de forma a competir com sucesso com outras empresas do ramo pelo mercado.

Em virtude da empresa do caso de estudo possuir um sistema de gestão de operações ERP habilitado à recolha de dados da planta fabril e a controlar as encomendas dos clientes, a aplicação da ferramenta MSM[®] apresenta-se como uma mais-valia para o tratamento e processamento dos dados e controlo e monitorização dos processos.

O presente projeto de investigação iniciou-se com uma adaptação à organização em estudo em paralelo com a revisão da literatura com o objetivo de se obter o conhecimento da metodologia *lean* e suas ferramentas. Prosseguiu com o levantamento da situação inicial da organização e com a identificação dos problemas existentes. De seguida aplicou-se a ferramenta MSM[®] ao processo produtivo para obtenção dos resultados. Após a aplicação

da ferramenta foram gerados os mapas de análise de eficiência e com resultados estabeleceram-se propostas de melhoria para a empresa.

A concretização deste trabalho resultou na transformação da ferramenta MSM[®], para aplicação da mesma à área da produção. Esta ferramenta torna o processo de gestão da empresa mais simples e fácil de controlar, requerendo apenas *os dados de entrada* das máquinas através de parte do sistema ERP (após a devida parametrização). Esta ferramenta tem como base de inspiração a metodologia *Value Stream Mapping* (VSM) enquadrado nos princípios *lean*. Enquadrada nestes princípios, o MSM[®] está vocacionado para reduzir o desperdício, promover a melhoria contínua e o aumento do desempenho global dos vários atores no processo produtivo de modo a gerar maior valor e qualidade superior a menores custos. Acima de tudo, a metodologia procura valorizar o trabalho dos colaboradores, possibilitando que eles se tornem mais eficientes, eficazes, motivados e comprometidos com a organização, com o foco na melhoria da eficiência dos processos produtivos.

Palavras-Chave

Multi-layer Stream Mapping (MSM[®]), Gestão do Processo Produtivo, Gestão da Empresa, Desenvolvimento de Produto, Princípios *Lean*, Melhoria Contínua, Respeito pela Humanidade, Gestão Operacional.

Abstract

Within the course Thesis / Internship 2nd year of the Masters in Mechanical Engineering - Industrial Business Management from Instituto Superior de Engenharia do Porto, this dissertation work was framed in the implementation of a tool - Multi-layer Stream Mapping (MSM[®]) a case study of a production company in the textile industry. The work was developed at the Institute of Mechanical Engineering and Industrial Management (INEGI) and applied to the company IDEPA.

This project aimed to the development and adaptation of MSM[®] tool to support the management of the company and control of the production process - IDEPA.

The application of this tool within the production let's bring many benefits, it is increasingly wants to reduce waste and move towards the optimization of operations. This way of increasing efficiency is followed by minimizing wait times and stopping of machines and operators and with increased performance. With this purpose in mind, this tool enables and allows an opportunity for the company to rationalize resources and improve the production process in order to compete successfully with other companies in the industry by the market.

Because of the case study company has a management system in ERP operations enabled the collection of data the manufacturing plant and to control customers' orders, the application of MSM[®] tool appears as an asset for the treatment and data processing and control and monitoring of processes.

This research project began with an adaptation to the organization being studied in parallel with the review of the literature with the aim of obtaining knowledge of lean methodology and its tools. Continued with the lifting of the initial situation of the organization and identifying the existing problems. Then applied to the tool MSM[®] production process for obtaining the results. After application of the tool maps of

efficiency analysis and results were established improvement proposals were generated for the company.

The completion of this work resulted in the transformation of MSM[®] tool for applying it to the area of production. This tool makes the management process more simple and easy to control the company, requiring only the input data of the machines through part of the ERP system (after proper parameterization). This tool is based on inspiration from the Value Stream Mapping (VSM) framed in lean principles. Framed by these principles, the MSM[®] is geared to reduce waste, promote continuous improvement and increase the overall performance of the various actors in the production process to generate greater value and higher quality at lower costs. Above all, the methodology tries to make the work of employees, enabling them to become more efficient, effective, motivated and committed to the organization, with a focus on improving the efficiency of production processes.

Keywords

Multi-layer Stream Mapping (MSM[®]) Productive Process Management, Enterprise Management, Product Development, Lean Principles, Continuous Improvement, Respect for Humanity, Operation Management.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
SIGLAS	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. METODOLOGIA	4
1.4. CALENDARIZAÇÃO	6
1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	8
2. APRESENTAÇÃO DO INEGI E DA IDEPA	9
2.1. APRESENTAÇÃO DO INEGI	9
2.1.1. <i>Missão</i>	12
2.1.2. <i>Visão</i>	12
2.1.3. <i>Política de Qualidade</i>	12
2.2. ORGANIZAÇÃO	13
2.3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	15
2.4. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DA PRODUTECH	17
2.4.1. <i>Missão</i>	17
2.5. APRESENTAÇÃO DA IDEPA	18
2.5.1. <i>Localização da Empresa</i>	19
2.5.2. <i>Área de implementação</i>	19
2.5.3. <i>Linha de Produtos</i>	20
3. REVISÃO DA LITERATURA	21
3.1. <i>PERFORMANCE MEASUREMENT</i> (MEDIÇÃO DO DESEMPENHO)	21
3.1.1. <i>KPI's (Indicadores de Desempenho)</i>	22
3.2. <i>PERFORMANCE MANAGEMENT</i> (GESTÃO DE DESEMPENHO)	25
3.3. METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING	28
3.3.1. <i>Origem e definição da metodologia</i>	29

3.3.2.	<i>Objetivos da metodologia</i>	33
3.3.3.	<i>3 Mu's</i>	36
3.3.4.	<i>Caracterização do conceito Valor vs Desperdício</i>	38
3.4.	FERRAMENTAS DE AUXÍLIO AO <i>LEAN MANUFACTING</i>	40
3.4.1.	<i>VSM - value stream mapping</i>	41
3.4.2.	<i>OEE – Overall Equipment Effectiveness</i>	43
3.4.3.	<i>MSM® - Multi-layer Stream Mapping</i>	45
3.5.	ECOEFICIÊNCIA	51
4.	MODELO DE REFERÊNCIA	53
4.1.	MODELO HIERÁRQUICO DA INFORMAÇÃO.....	55
4.2.	ESTRUTURA FUNCIONAL	57
4.3.	ESTRUTURA DIMENSIONAL DOS INDICADORES	60
4.4.	VISTA CONCETUAL DO MODELO DE REFERÊNCIA	62
5.	IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA NO CASO DE ESTUDO	65
5.1.	ESTADO INICIAL PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	65
5.2.	CASO DE APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO	69
5.3.	ANÁLISE ESTRUTURADA DA EFICIÊNCIA.....	82
5.3.1.	<i>Vista da Máquina/Operação</i>	82
5.3.2.	<i>Vista Linha ou Produto</i>	86
5.3.3.	<i>Vista da Fábrica</i>	89
5.4.	QUADROS DEMONSTRATIVOS DE RESULTADOS.....	90
5.4.1.	<i>Dashboard Efficiency por Máquina</i>	90
5.4.2.	<i>Dashboard Efficiency Produto</i>	93
5.4.3.	<i>Dashboard Efficiency por Período Tático e Estratégico</i>	96
5.5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	98
5.6.	PROPOSTAS DE MELHORIA	104
6.	CONCLUSÕES	105
6.1.	TRABALHO FUTURO	107
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	ANEXO A: FOLHAS DE CÁLCULO MODELO MSM	111
	ANEXO B: DASHBOARD GERAL	115
	ANEXO C: TABELA PARA OBTENÇÃO DOS GRÁFICOS DAS FIGURAS (43 E 44)	116

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema da metodologia aplicada.....	5
Figura 2: Mapa da calendarização	6
Figura 3: Organização do documento.....	8
Figura 4: Organigrama do INEGI.....	13
Figura 5: Exemplos de projetos desenvolvidos no INEGI	16
Figura 6: Imagem do Layout da empresa (Departamento Têxtil).	19
Figura 7: Linha de produtos fabricados na IDEPA	20
Figura 8: Demonstração da interação dos KPI's com o sistema.	23
Figura 9: Os três M's identificados pelo sistema TPS (<i>Toyota Production System</i>).....	37
Figura 10: Os 8 tipos de desperdício	39
Figura 11: Mapa exemplo da ferramenta VSM.....	42
Figura 12: Abordagem <i>Multi-Layer Stream Mapping</i>	47
Figura 13: Escala de cores do diagrama MSM®.....	48
Figura 14: Exemplo de um <i>dashboard</i> final do MSM®	49
Figura 15: Abordagem detalhada (<i>drilldown</i>) do MSM®.....	50
Figura 16: Pirâmide de agregação dos KPI's por ordem temporal.....	55
Figura 17: Estrutura Funcional nível de aglomeração dos KPI's.....	57
Figura 18: Operações a executar no TEAR 1	58

Figura 19: Linha de produção para o produto (Setor Automóvel).....	59
Figura 20 – Exemplo dos KPI’s em folha de cálculo.....	60
Figura 21: Modelo conceptual da aplicação da ferramenta MSM®.	62
Figura 22: <i>Layout</i> do departamento da fábrica em estudo	66
Figura 23: Folha “MSM® expandido” para uma Máquina/Operação	83
Figura 24: Folha “MSM® Expandido por máquina” – Desempenho global por etapa na máquina.....	84
Figura 25: Folha “MSM® Expandido por máquina” – Eficiência por variável	84
Figura 26: Folha “MSM® Expandido por máquina” – Valores em bruto de cada variável por etapa na máquina	85
Figura 27: Folha “MSM® expandido” por Linha/Produto	86
Figura 28: Folha “MSM® Expandido” – Desempenho global por máquina/operação	87
Figura 29: Folha “MSM® Expandido” – Eficiência por variável.....	87
Figura 30: Folha “MSM® Expandido” – Valores em bruto de cada variável por máquina/operação	88
Figura 31: Folha “MSM® Expandido” – Ponderação temporal	88
Figura 32: Folha “ <i>Dashboard efficiency</i> variáveis de Operação”	90
Figura 33: Folha “ <i>Dashboard efficiency</i> variáveis de Recursos”	91
Figura 34: Folha “ <i>Dashboard efficiency</i> variáveis de Fluxos”	92
Figura 35: Folha “ <i>Dashboard efficiency</i> variáveis de Operação”	93
Figura 36: Folha “ <i>Dashboard efficiency</i> variáveis de Recursos”	94

Figura 37: Folha “ <i>Dashboard efficiency</i> variáveis de Fluxos”	94
Figura 38: Folha “ <i>Dashboard efficiency</i> período Tático”	96
Figura 39: Folha “ <i>Dashboard efficiency</i> período Estratégico”	97
Figura 40 – Gráfico de comparação (Nº Clientes vs Ordens de Fabrico).	99
Figura 41 – Gráfico de comparação entre (Nº de Clientes vs Variedade de produtos)	100
Figura 42 – Gráfico de barras de comparação da produção	101
Figura 43 – Gráfico de comparação AV vs NAV	102
Figura 44 – Gráfico circular	103

Índice de Tabelas

Tabela 1: Comparação entre sistemas de produção.....	35
Tabela 2: Modelo para representação das variáveis (KPI's).....	60
Tabela 3: Descrição da figura 22.....	67
Tabela 4: Apresenta as Variáveis de Operação.....	70
Tabela 5: Apresenta as Variáveis dos Recursos.....	75
Tabela 6: Variáveis de Fluxos.....	77
Tabela 7: Variáveis medidas a médio e longo prazo.....	79

Siglas

AV	–	Acrescenta valor
CEO	–	<i>Chief Executive Officer</i>
ERP	–	<i>Enterprise Resource Planning</i>
GM	–	General Motors
INEGI	–	Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
ISEP	–	Instituto Superior de Engenharia do Porto
KPI	–	<i>Key Performance Indicator</i>
MSM	–	<i>Multi-Layer Stream Mapping</i>
NAV	–	Não acrescenta valor
NVA	–	<i>Non value added</i>
OEE	–	<i>Overall equipment effectiveness</i>
PDCA	–	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PD-Tools	–	<i>Product development tools</i>
PM	–	<i>Performance Management</i>
TPS	–	<i>Toyota Production System</i>
VA	–	<i>Value Added</i>
VSM	–	<i>Value stream mapping</i>

1. INTRODUÇÃO

A presente tese de mestrado integra a componente final de avaliação do curso de Mestrado em Engenharia Mecânica - Especialização em Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Foi desenvolvida no Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI) e aplicada na empresa IDEPA com o acompanhamento e orientação contínua da unidade de Desenvolvimento de Produto e sistemas (DPS), integrada na atividade desenvolvimento de ferramentas de apoio à produção – PRODUTECH PSI PPS5 – “Eficiência Energética e Ambiental dos Sistemas de Produção” do Pólo de Competitividade Produtech (Pólo das Tecnologias de Produção).

O presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento e melhoria da ferramenta MSM[®], destinada ao controlo e melhoria da produção.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Esta dissertação enquadra-se no seguimento da cooperação ISEP-INEGI em que estudantes do ISEP desenvolveram as suas teses integrados em projetos INEGI, nomeadamente os trabalhos de dissertação de mestrado com os títulos «Aplicação da metodologia “*Lean Management*” no processo de desenvolvimento de produto» (Ribeiro 2013) e «Gestão de Multi-Projeto no processo de desenvolvimento de produto» (Soares 2013) respetivamente.

No primeiro trabalho que se focou na gestão de projetos em organizações, foram descritos os problemas e a ineficiência que o autor identificou dentro da organização e apresentou medidas que permitiam à instituição reduzir desperdício e aumentar a produtividade por acrescentar valor aos seus produtos e serviços.

Uma das medidas propostas consistiu na criação de uma ferramenta de auxílio à gestão de projetos na unidade DPS. Esta ferramenta no final dos trabalhos encontrava-se numa versão de teste e validação e não abrangia a gestão multi-projetos.

Logo houve necessidade de dar continuação ao desenvolvimento dessa ferramenta, o que conduziu ao segundo trabalho que consistiu na aplicação e desenvolvimento de ferramentas de apoio à gestão multi-projetos.

Estas ferramentas visaram dotar os vários atores do processo de gestão de projetos com a informação necessária que permitisse o correto planeamento das atividades, a respetiva alocação de recursos, o acompanhamento da sua execução com a implementação de medidas de controlo que corrijam desvios e o posterior cálculo de indicadores de desempenho.

Como impacto final do desenvolvimento deste projeto, procurou-se dotar as organizações com ferramentas de apoio à gestão de projetos de inovação e desenvolvimento de produtos ou sistemas que suportassem e promovessem: o aumento da eficiência das atividades, o incremento da eficácia no cumprimento dos prazos e a disponibilização de mecanismos de controlo de execução de projetos, de modo a maximizar o valor dos mesmos e eliminar os

desperdícios na organização como um todo, tendo sido aplicada de modo inovador a ferramenta MSM[®] aplicada à gestão de projetos.

O âmbito da presente dissertação surgiu na prossecução dos trabalhos anteriores e manteve-se imbuído dos princípios da metodologia *Lean* e do objetivo permanente de se obter mais e melhores resultados com diminuição do desperdício na utilização dos recursos.

O desenvolvimento do presente trabalho, baseou-se na ferramenta MSM[®] aplicada à produção, de maneira a controlar e monitorar todo o processo produtivo e assim fornecer informação relevante aos gestores da empresa nos vários níveis desde a componente operacional até a gestão de topo com os níveis táticos e estratégicos. Acima de tudo o propósito da ferramenta é proporcionar aos gestores, indicadores adequados que permitam o controlo do processo produtivo e a identificação das variáveis críticas responsáveis pelo combate ao desperdício e o aumento da produtividade.

Como corolário do presente trabalho de investigação, pretendeu-se verificar junto dos gestores dos processos produtivos, as vantagens da aplicação da ferramenta MSM[®] na identificação dos desperdícios inerentes ao sistema produtivo e no suporte à aplicação de metodologias e ferramentas *Lean*. Esta validação consistiu numa comparação temporal do “antes” e o “depois” da aplicação da ferramenta MSM[®].

1.2. OBJETIVOS

O presente trabalho partiu do propósito do INEGI na adaptação da metodologia de análise integrada à produção MSM[®]-*Multi-layer Stream Mapping*, e respetiva tradução da metodologia num protótipo de uma aplicação informática desenvolvida especificamente para o caso de estudo de uma empresa de produção industrial.

Assim, partindo desse propósito, o presente projeto de dissertação pretendeu avaliar o impacto da aplicação de metodologia desenvolvida no INEGI (MSM[®]), numa empresa da

área têxtil (IDEPA). Esta avaliação incluiu a caracterização do processo produtivo da empresa nas diferentes perspectivas de eficiência com a quantificação de indicadores relevantes. Envolveu também o suporte à construção de planos de melhoria tomando por base a metodologia *Lean* no combate ao desperdício e o aumento da eficiência e eficácia.

Em consonância com a visão original, os objetivos principais do presente trabalho consistiram no:

- Mapeamento do processo do processo produtivo do caso de estudo;
- Identificação e criação dos indicadores chave de desempenho (KPI's) que ajudem a identificar os problemas e o desperdício no processo produtivo;
- Tratamento dos dados recolhidos na planta fabril através da ferramenta MSM[®] com a posterior criação de planos de melhoria dos problemas detetados.

1.3. METODOLOGIA

Para permitir que os objetivos definidos fossem alcançados o presente trabalho seguiu uma metodologia de investigação ativa que se dividiu nas seguintes fases:

- ✓ Pesquisa bibliográfica sobre *Lean Management* e ferramentas pioneiras desenvolvidas com o mesmo objetivo do MSM[®].
- ✓ Estudo do processo produtivo da empresa IDEPA e verificação do estado inicial para a aplicação da ferramenta MSM[®].
- ✓ Visitas à fábrica para recolha de dados e posterior criação dos indicadores de desempenho (KPI's).
- ✓ Aplicação da ferramenta MSM[®] às máquinas e produtos selecionados, de forma a verificar mediante os indicadores escolhidos como o processo todo se comporta a nível de eficiência.
- ✓ Avaliação dos resultados em termos de custos consistiu numa análise comparativa da solução teoricamente prevista com a situação atual.

- ✓ Demonstração dos resultados obtidos pela ferramenta. Partindo dos problemas identificados, criaram-se propostas de melhoria para o futuro com o propósito de motivar todos os atores envolvidos.
- ✓ Mentalização dos operários para as mudanças a serem implementadas no processo produtivo e parametrização das máquinas de modo a autonomizar o processo para uma melhoria contínua.

Na Figura 1 é apresentado o esquema da metodologia aplicada, baseada no ciclo PDCA.

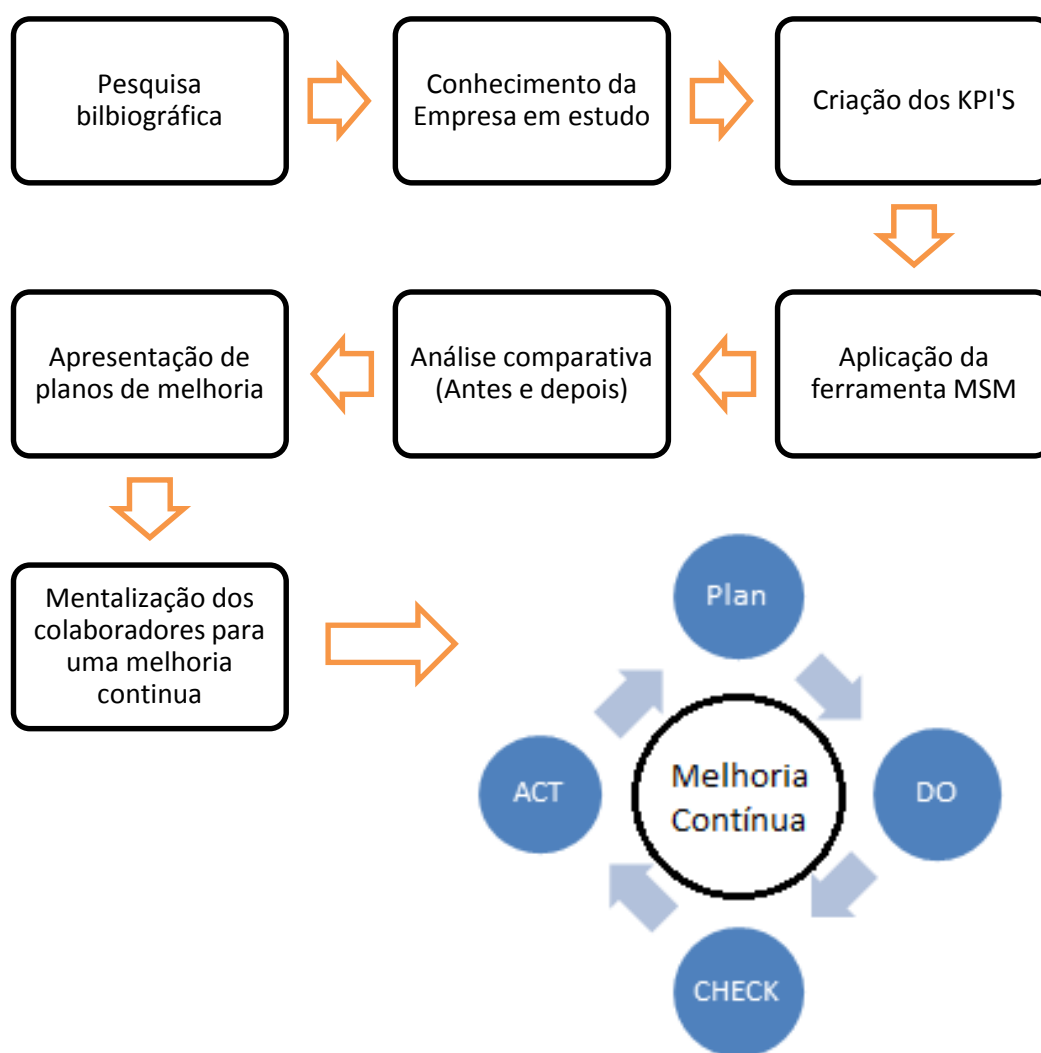


Figura 1: Esquema da metodologia aplicada

1.4. CALENDARIZAÇÃO

A figura 2 ilustra o mapa da calendarização seguido no projeto e com as datas propostas e seguidas na execução do trabalho de Dissertação.

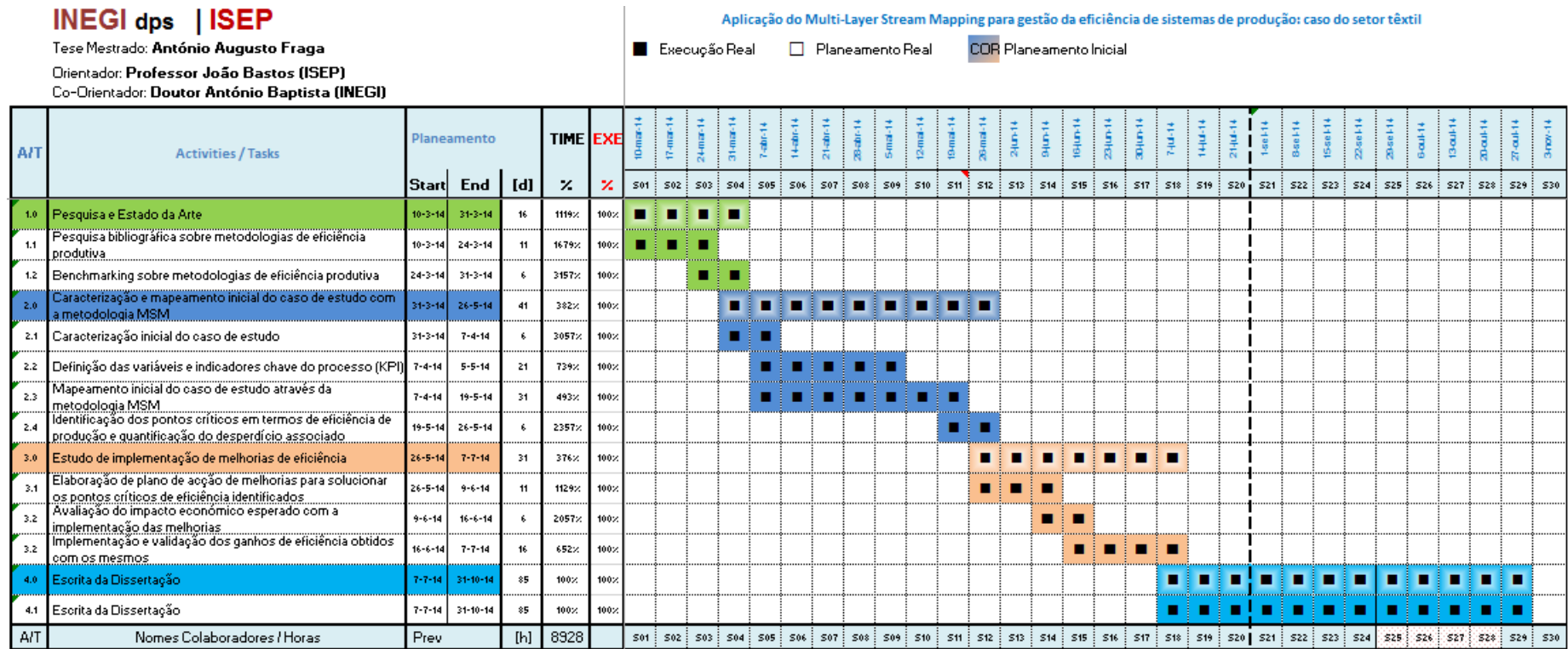


Figura 2: Mapa da calendarização

De acordo com a calendarização, os trabalhos do presente projeto de investigação iniciaram-se pela pesquisa do estado da arte que é composto pela pesquisa bibliográfica e também por um *benchmarking* das metodologias semelhantes à escolhida neste caso. Esta fase inicial teve a duração de um mês (mês de Março).

Após toda a pesquisa bibliográfica deu-se início à caracterização e mapeamento inicial do caso de estudo com a metodologia MSM[®]. Esta etapa dividiu-se em vários passos, alguns deles com necessárias visitas à IDEPA (caso de estudo), o que decorreu durante os meses de abril de maio de 2014.

Posteriormente após a aplicação da ferramenta, foi necessário a análise dos dados e o fornecimento de propostas de melhoria com a apresentação de comparações entre o antes e o depois da aplicação da ferramenta MSM[®] o que correspondeu a todo o mês junho e início do mês de Julho.

Para finalização do trabalho, procedeu-se a escrita da tese durante os meses de Julho, Setembro e Outubro.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

No primeiro capítulo será feita uma introdução à presente dissertação;

No segundo capítulo é feita uma apresentação do INEGI (onde foi cumprido o plano de estágio curricular) e também a empresa IDEPA (caso de estudo para a dissertação);

O terceiro capítulo apresenta a revisão da literatura, neste ponto é feita a introdução às bases da ferramenta MSM[®] e toda a matéria envolvente para o caso de estudo;

No quarto capítulo é apresentado o Modelo de Referência para a execução da ferramenta MSM[®] adaptada ao caso de estudo;

O quinto capítulo demonstra como foi feita a implementação da metodologia ao caso de estudo (produção industrial na IDEPA);

No sexto capítulo é terminada a dissertação com os comentários finais e conclusões ao trabalho no seu todo.

O presente relatório encontra-se estruturado de acordo com a Figura 3:

1º Capítulo	•Introdução
2º Capítulo	•Apresentação do INEGI e da IDEPA
3º Capítulo	•Revisão da Literatura
4º Capítulo	•Modelo de Referência
5º Capítulo	•Implementação da Metodologia no caso de estudo
6º Capítulo	•Conclusões

Figura 3: Organização do documento

2. APRESENTAÇÃO DO INEGI E DA IDEPA

2.1. APRESENTAÇÃO DO INEGI

O INEGI é uma Instituição de interface entre a Universidade e a Indústria vocacionada para a realização de Atividade de Inovação e Transferência de Tecnologia orientada para o tecido industrial. Nasceu em 1986 no seio do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (DEMEGI) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Com a figura jurídica de Associação Privada sem Fins Lucrativos e com o estatuto de «Utilidade Pública», assume-se como um agente ativo no desenvolvimento do tecido industrial Português e na transformação do modelo competitivo da indústria nacional.

O INEGI detém um conjunto de competências científicas e tecnológicas que servem de base à sua atividade de investigação, inovação, transferência de tecnologia e consultoria:

- Análise de Vibrações e Ruído
- Análise Experimental de Tensões e Ensaio Não Destrutivos
- Combustão
- Desenho Técnico e Design
- Energia e Térmica Industrial
- Energias Renováveis
- Gestão de Energia
- Gestão Industrial
- Integridade e Simulação Estrutural
- Materiais e Estruturas Compósitas
- Medição e Tratamento de Efluentes Industriais
- Metodologias e Ferramentas de Desenvolvimento de Produto
- Novas Tecnologias de Fundição
- Prototipagem Rápida e Fabrico Rápido de Ferramentas
- Qualificação de Equipamentos para o Espaço
- Reação dos Materiais ao Fumo e Fogo
- Simulação de Processos de Fabrico
- Tribologia e Manutenção Industrial

O INEGI possui um conjunto muito completo de meios para suportar a sua Atividade, nomeadamente, laboratórios destinados à realização de trabalho experimental, oficinas para desenvolvimento de componentes e pré-séries e um vasto conjunto de ferramentas informáticas para suportar o trabalho de engenharia como sejam CAD 3D (*Computer Aided Design*), CAE (*Computer Aided Engineering*), ferramentas de simulação estrutural, como o *software* ABAQUS, simulação de processos de fundição, conformação plástica, injeção de polímeros, CAM (*Computer Aided Manufacturing*) e ferramentas de suporte ao trabalho do Instituto na área da energia eólica, simulação de escoamentos atmosféricos (WAsP e WindFarmer) e sistemas de informação geográfica (ArcGIS).

- Ferramentas Computacionais
- Laboratórios
- Meios Oficinas

O INEGI tem um total de 293 pessoas a colaborar regularmente, das quais cerca de 27% são professores universitários que trabalham em tempo parcial, no âmbito dos protocolos entre a Universidade e o Instituto. O pessoal próprio é composto por 148 funcionários, cerca de 66% têm um contrato de trabalho e os restantes 34% estão ativos em contratos de investigação e desenvolvimento sob Bolsas de Investigação atribuídas pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) ou em projetos de I&D cofinanciados pelo programa QREN.

A força de trabalho é composta por três categorias principais que garantem as necessidades do Instituto nas suas áreas de atividade nucleares. A força de trabalho contratada garante uma resposta dinâmica às necessidades dos clientes industriais, os investigadores dão apoio às atividades de projetos de pesquisa sob orientação de pessoal interno e da universidade. As equipas universitárias são, na sua maioria, investigadores do Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP. No entanto, o INEGI conta também com a participação regular de outros departamentos da FEUP, de outras faculdades da Universidade do Porto e de outras universidades e institutos politécnicos. O Instituto é também a casa de estudantes pós-graduados da

Universidade, cursos de tecnologia e estudantes que pretendem iniciar atividades na área científica e tecnológica.¹

2.1.1. MISSÃO

Contribuir para o aumento da competitividade da indústria nacional através da investigação e desenvolvimento, demonstração, transferência de tecnologia e formação nas áreas de concepção e projeto, materiais, produção, energia, manutenção, gestão industrial e ambiente.

2.1.2. VISÃO

Ser uma Instituição de referência, a nível nacional, e um elemento relevante do Sistema Científico e Tecnológico Europeu, com mérito e excelência na Inovação de base Tecnológica e Transferência de Conhecimento e Tecnologia.

2.1.3. POLÍTICA DE QUALIDADE

Promover a melhoria contínua do desempenho da Organização na concretização dos seus objetivos estratégicos e operacionais, procurando permanentemente elevar o nível de satisfação de todas as partes interessadas, e assumindo o Sistema de Gestão da Qualidade como um instrumento essencial a esse desiderato.

¹ Descrição adaptada do *Curriculum INEGI 2014*.

2.2. ORGANIZAÇÃO

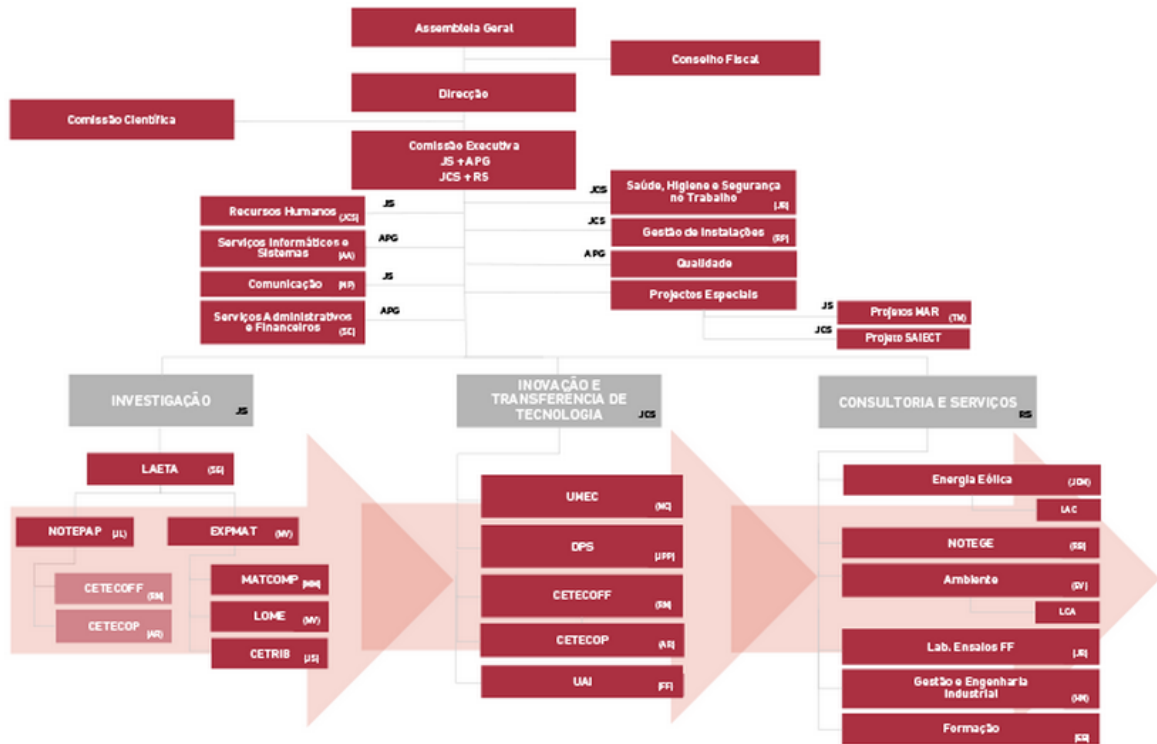


Figura 4: Organograma do INEGI²

A estrutura organizativa foi centrada na criação de três pilares de especialização da sua Atividade, Investigação, Inovação e Transferência de Tecnologia e Consultoria e Serviços, e na alteração do modelo de gestão executiva, com a criação de uma Comissão Executiva constituída por quatro elementos. Foi ainda instituída uma Comissão Científica para dar suporte à gestão da Atividade de investigação.

A estrutura organizativa mantém um forte pendur matricial. Tem na sua base um conjunto de unidades especializadas por tipo de área científica e tecnológica,

² Figura adaptada do site <http://www.inegi.pt/inegi_detalhe.asp?idm=1&idsubm=5&id=19&LN=>

suportando a Atividade de investigação. Transversalmente a estas funciona a Atividade de IDI e Consultoria direcionada ao desenvolvimento de soluções para as empresas. Esta estrutura organizacional revela-se particularmente ajustada a projetos de desenvolvimento e Inovação cuja complexidade tecnológica requer a integração de conhecimentos e competências multidisciplinares.

As unidades científicas e tecnológicas estão agrupadas em duas unidades e Financiamento Plurianual no âmbito da Fundação para a Ciência e Tecnologia, a Unidade de Novas Tecnologias e Processos Avançados de Produção e a Unidade de Mecânica Experimental e Novos Materiais, constituindo a base do Pilar de Investigação da Instituição.

O INEGI é uma Unidade de Investigação do LAETA – Laboratório Associado de Energia, Transportes e Aeronáutica, que agrega também o Instituto de Engenharia Mecânica - Polo IST, o Instituto de Engenharia Mecânica - Polo FEUP, o Centro de Ciência e Tecnologia em Aeronáutica e Espaciais do IST e o Laboratório de Aeronáutica Industrial da Universidade de Coimbra. O Instituto mantém também relações privilegiadas com outras Unidades de Investigação nomeadamente o CEeA – Centro de Estudos de Energia Eólica e Escoamentos Atmosféricos e o CEFT – Centro de Estudos de Fenómenos de Transporte, ambos, formalmente sedeados na FEUP.

2.3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O processo de desenvolvimento de produtos compreende o conjunto de atividades e as competências necessárias à criação de novos produtos e sistemas. Abrange a totalidade do ciclo de vida dos produtos, desde a identificação de uma oportunidade de mercado ou necessidade, até ao seu fim de vida útil.

O INEGI tem, na unidade DPS (Desenvolvimento de Produtos e Sistemas), uma estrutura dedicada ao processo de concepção e projeto de produtos e sistemas. Esta estrutura está presente em todas as suas fases, desde as mais conceptuais até à produção de protótipos e arranque da produção e tem como principais competências:

- Projeto e concepção de produtos e sistemas com especial incidência nos sistemas mecânicos e eletromecânicos complexos;
- Simulação estrutural, dinâmica e otimização recorrendo ao método dos elementos finitos;
- Desenvolvimento de metodologias e ferramentas para o desenvolvimento de produtos e sistemas, entre as quais, o *Eco Design* com o desenvolvimento de produtos que obedeçam a critérios de sustentabilidade, a concepção modular e a concepção por plataformas, e análise de eficiências de sistemas;
- Prototipagem rápida e produção de protótipos funcionais ou não funcionais recorrendo a diversas tecnologias e materiais;
- Capacidade de reunir competências avançadas e equipas multidisciplinares capazes de gerar soluções inovadoras e de elevado potencial disruptivo.

Os projetos podem ser contratualizados diretamente com as empresas, financiados em co-promoção com outras entidades e podem ser de curta ou longa duração. Alguns dos projetos são realizados através de interações com outras unidades do INEGI (parcerias internas) de forma a reunir as várias componentes necessárias à atividade em desenvolvimento.

Na Figura 5 encontram-se alguns projetos que fazem parte do portfólio da atividade do INEGI.

- O autocarro elétrico (Caetano 2500EL) para o qual foram desenvolvidos componentes em materiais compósitos de forma a reduzir o peso do veículo, o autocarro Caetano SC01 (desenvolvimento de chassis Caetano) e o autocarro Caetano eCOBUS (estudo de eficiência de utilização e gestão de carregamentos de baterias);
- Os bancos ferroviários (iSeat);
- A (Biomodelação 3D), utilizando este método torna-se possível produzir próteses à medida do paciente;
- O Projeto de investigação (L.I.F.E.) desenvolvimento e industrialização de soluções técnicas e funcionais para o interior de aeronaves mais Eco eficientes, mais leves, mais confortáveis, de forma integrada e com um design inovador;
- Projeto WASIS, um desafio para o desenvolvimento de uma fuselagem estrutural e funcionalmente integrada. O sistema em estudo neste projeto real é um dirigível rígido com propulsão vetorial e tem como objetivo o transporte de 6 passageiros mais 21 kg de bagagem por pessoa.



Figura 5: Exemplos de projetos desenvolvidos no INEGI

2.4. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DA PRODUTECH

O PRODUTECH - Pólo de Competitividade das Tecnologias de Produção – é uma iniciativa dinamizada pela fileira das tecnologias de produção, que integra empresas que desenvolvem e comercializam produtos e serviços capazes de responder aos desafios e aos requisitos de competitividade e sustentabilidade da indústria transformadora nacional e internacional, com soluções inovadoras, flexíveis, integradas e competitivas.

Surgindo no contexto da implementação de estratégias de eficiência coletiva que visam a inovação, a qualificação e a modernização das empresas produtoras e utilizadoras de tecnologias de produção, o PRODUTECH dinamiza, de forma estruturada, a cooperação entre as empresas da fileira e entre estas e outros atores relevantes, assumindo-se como um parceiro chave no reforço da competitividade internacional da economia portuguesa.

2.4.1. MISSÃO

A missão da PRODUTECH passa por promover o desenvolvimento sustentável e a internacionalização da fileira nacional das tecnologias de produção - fabricantes de máquinas, equipamentos e sistemas, integradores de sistemas, empresas de desenvolvimento de aplicações informáticas, empresas de engenharia e consultoria industrial, entre outros - em estreita colaboração com os principais sectores da indústria transformadora portuguesa e com o Sistema Científico e Tecnológico (SCT).

2.5. APRESENTAÇÃO DA IDEPA

Fundada em 1965, a IDEPA³ acumulou experiência familiar ao longo de três gerações e especializou-se na fabricação de etiquetas tecidas e não tecidas. Sendo a sua principal estratégia a melhoria contínua dos serviços e produtos, a IDEPA apostou na área das tecnologias de informação adquirindo para a sua empresa o Sistrade[®] Print, uma solução integrada de gestão industrial. A IDEPA recorre ao uso do Sistrade[®] Print em todas as secções da empresa, desde a orçamentação de um trabalho, facturação, administrativa e financeira, compras a fornecedores, gestão de *stocks*, *e-business*, gestão das ordens de fabrico até à recolha de dados fabris via terminais fabris e aquisição de dados automática (via autómatos).

O Sistrade[®] Print é um ERP | MIS desenvolvido pela empresa SISTRADE SA com base nas mais recentes ferramentas de engenharia informática, permitindo o acesso a todas as funcionalidades através de um acesso internet, facilitando a gestão da empresa a partir de qualquer lugar.

Certificações:

Tipo: ISO 9001:2008 - Sistemas de Gestão da Qualidade

Número: SGS ICS - Serviços Internacionais de Certificação

Tipo: ISO 9001:2008 - Sistemas de Gestão da Qualidade

Número: IPAC - Instituto Português de Acreditação

³ Indústria de Passamanarias, Lda. Com o site <[Http://idepa.com/pt/sobre-nos](http://idepa.com/pt/sobre-nos)>

2.5.1. LOCALIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa IDEPA - Indústria de Passamanarias, Lda. Tem a seguinte morada Avenida 1º de Maio, 71, 3700-227 - São João da Madeira distrito de Aveiro

2.5.2. ÁREA DE IMPLEMENTAÇÃO

Na figura 6 está presente o Layout da empresa na qual o estudo incidiu.

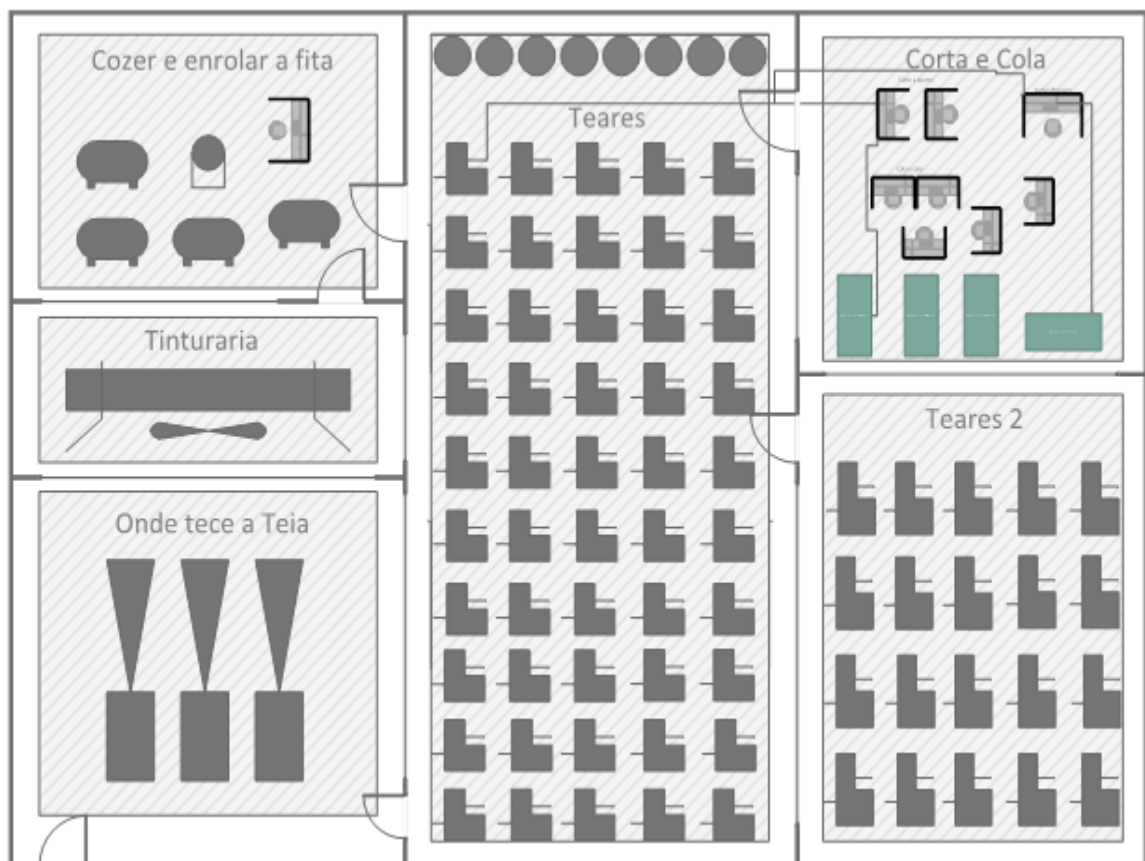


Figura 6: Imagem do Layout da empresa (Departamento Têxtil).

2.5.3. LINHA DE PRODUTOS

Na figura 7 está presente grande a diversidade dos produtos disponibilizados pela IDEPA. Estes produtos encontram-se no catálogo do *site* da empresa para consulta e encomenda dos clientes.

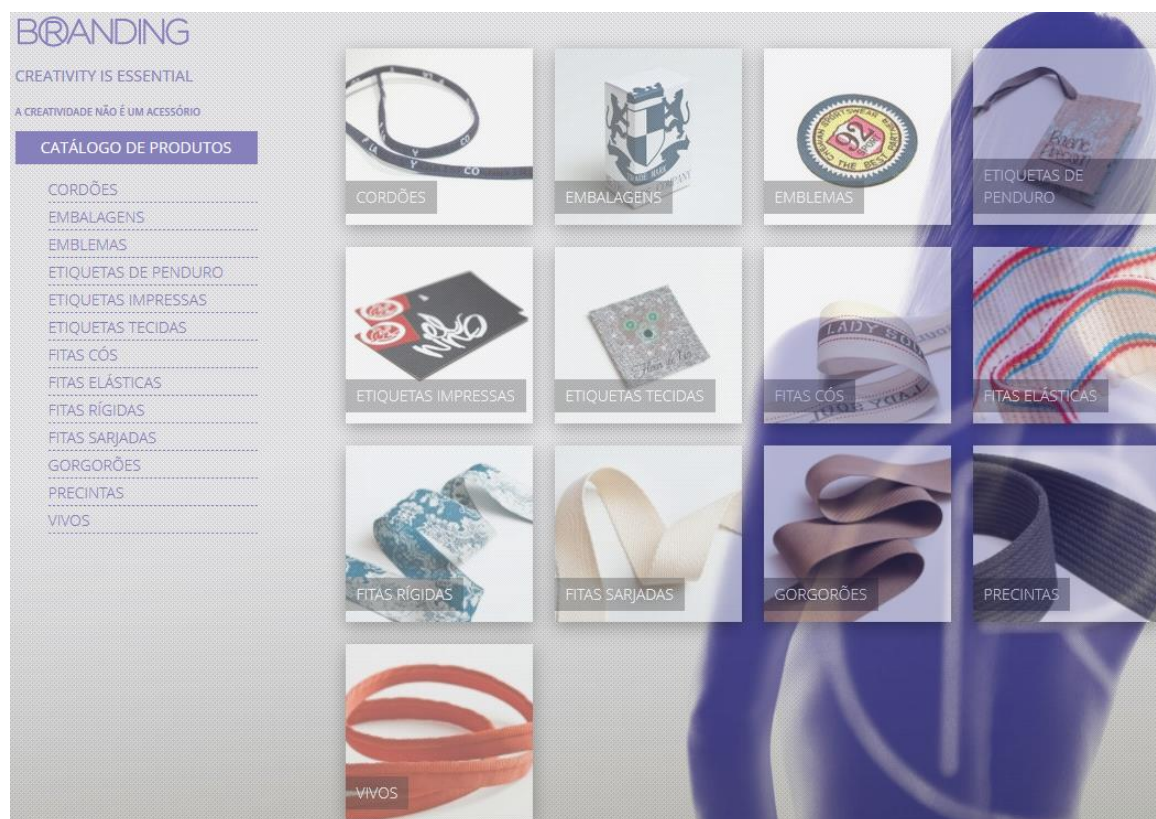


Figura 7: Linha de produtos fabricados na IDEPA⁴

⁴ Figura adaptada do site: <<http://idepa.com/pt/catalogo/branding>>

3. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é feita uma revisão da literatura sobre os tópicos mais relevantes para a concretização do trabalho proposto.

3.1. *PERFORMANCE MEASUREMENT* (MEDIÇÃO DO DESEMPENHO)

Vários autores entre eles Neely, Gregory et al. (Neely, Gregory et al. 1995) afirmam que a medição de desempenho é o processo de recolha, análise e / ou divulgação de informações sobre o desempenho de um indivíduo, grupo, organização, sistema ou componente. Pode envolver o estudo de processos / estratégias dentro das organizações, ou no caso da engenharia de processos / de parâmetros / de fenômenos, a verificação se a saída está em linha com o que pretendido ou o que deveria ter sido alcançado.

A medição do desempenho é realizada no projeto, construção, operação ou na manutenção de sistemas, máquinas, equipamentos, estruturas, materiais e processos. Em atividades como a concepção e *design*, a medição de desempenho refere-se a propriedades físicas, parâmetros, etc.; enquanto em manutenção, reparo e operações e engenharia de confiabilidade, as medidas comuns são o número de falhas, o tempo de inatividade, o tempo de produtivo, capacidade de manutenção e o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) (Oechsner, Pfeffer et al. 2002).

3.1.1. KPI'S (INDICADORES DE DESEMPENHO)

KPI é a sigla correspondente a *Key Performance Indicator*, um tipo de indicador de gestão conhecida em português como Indicador-chave de Desempenho.

Tal como Parmenter indica na literatura (Parmenter 2010) os KPI's facilitam a transmissão da visão e missão de uma determinada empresa para funcionários que não ocupam cargos intermédios. Desta forma, todos os funcionários de vários escalões hierárquicos são envolvidos na missão de alcançar os alvos estratégicos estabelecidos pela empresa. Um indicador chave de desempenho funciona como um veículo de comunicação, garantindo que os trabalhadores entendam como os seus esforços são importantes para o sucesso ou falta de sucesso da organização.

A figura 8 demonstra a interligação entre os KPI's e o sistema em estudo, em que os KPI's fornecem indicadores de medição ao sistema e o sistema retribui com os dados sobre a sua performance. Este diagrama procura representar o processo de melhoria continua em que os KPI's e o sistema estão em constante interação.

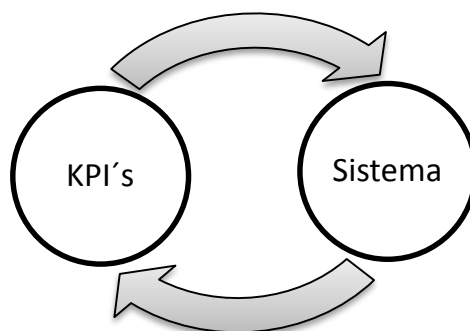


Figura 8: Demonstração da interação dos KPI's com o sistema.

No mundo dos negócios, os KPI's são medidas quantificáveis para compreender se os objetivos estão a ser alcançados. Consequentemente, esses indicadores determinam se é necessário tomar atitudes diferentes que melhorem os resultados atuais. Os indicadores-chave de desempenho só devem ser alterados se os objetivos primários de uma empresa também sofrerem alterações (ALwaer and Clements-Croome 2010).

As categorias de indicadores podem ser:

- Indicadores quantitativos;
- Indicadores qualitativos;
- Indicadores de atraso;
- Indicadores de entrada;
- Indicadores de processo;
- Indicadores de resultados;
- Indicadores práticos;
- Indicadores financeiros.

Os KPI's podem medir diferentes desempenhos abrangendo desde o tempo de paragem das máquinas até ao processo produtivo globalmente. Atualmente as aplicações de gestão empresarial disponíveis em muitas fábricas podem oferecer algumas dezenas de KPI's, mas é preciso ter atenção quais os que realmente agregam valor.

Deve-se definir um KPI útil como dependente dos objetivos da estratégia e do plano de ação adotado. Algumas diretrizes podem ser utilizadas para definir KPI's e metas. Um dos métodos bastante utilizado é o SMART (Kerzner 2013), que é definido pelas letras que o compõem da seguinte forma:

Specific – Seja específico: Escolher KPI's simples e específicos para evitar equívocos posteriores;

Measurable – Mensurável: Os KPI's devem ser comparáveis e quantificáveis com objetivos específicos. De preferência, os KPI's deve ser expressos em números.

Attainable – Atingível: A meta deve refletir a capacidade da organização, podendo ser agressiva, mas não deve ser impossível;

Realistic – Realista: A meta deve ser realista com as condições atuais e não com as condições desejáveis;

Timely – Em tempo: Deve ser definido um tempo para que as metas possam ser atingidas.

Outra característica que deve ser tida em conta é, como as metas podem ser atingidas. Metas tangíveis que podem ser observadas, sentidas ou tocadas são mais propensas a serem conquistadas e mantidas.

Aspectos a ter em causa:

- É importante a padronização de dados e obtê-los de forma transparente e em tempo útil para facilitar o acesso;
- As aplicações informáticas fornecem agilidade no compilar das informações, possibilitando a geração de relatórios rapidamente;

- Com a automação industrial pode-se ter em mãos variáveis como tempo de paragem e volumes de produção facilmente de forma automatizada.
- É muito importante fazer uma análise crítica em relação às aplicações que a empresa utiliza para que seja evitado o investimento desnecessário em novas tecnologias.

3.2. *PERFORMANCE MANAGEMENT* (GESTÃO DE DESEMPENHO)

Vários autores referem a importância da gestão de desempenho (GD), em inglês *performance management* (PM) (Kloot and Martin 2000). A bibliografia indica que a gestão de desempenho inclui atividades que garantam que os objetivos estão constantemente a ser atendidos, de forma eficaz e eficiente. A gestão de desempenho pode incidir sobre o desempenho de uma organização, um departamento, ao nível do funcionário ou até mesmo sobre os processos de fabricação de um produto ou serviço, bem como em muitas outras áreas.

A gestão de desempenho também é conhecida como um processo pelo qual as organizações optam para alinhar seus recursos, sistemas e funcionários com os objetivos estratégicos e prioridades (Otley 1999).

A gestão de desempenho surgiu como um termo amplo criado pelo Dr. Aubrey Daniels no final de 1970 para descrever uma tecnologia (ou seja, uma ciência embutida nos métodos aplicativos) para o gerenciamento de comportamentos e resultados, dois elementos críticos do que é conhecido como o desempenho (Daniels, Tapscott et al. 2000). A definição formal de gestão de desempenho, de acordo com

Daniels é "um sistema de gestão orientado para dados de base científica. E consiste em três elementos primários: Medição, Feedback, Reforço positivo" ⁵.

A GD é usada na maioria das vezes no ambiente de trabalho, pode-se aplicar onde quer que os indivíduos interajam. Alguns autores definiram como uma "abordagem estratégica e integrada para aumentar a eficácia das empresas, melhorando o desempenho das pessoas que nelas trabalham e desenvolvendo as capacidades de equipas e contribuintes individuais" (Armstrong and Baron 2000).

Na realidade a GD pode ser possível mentalizar todos os funcionários para conciliar os objetivos pessoais com os objetivos organizacionais e aumentar a produtividade e o lucro de uma organização usando este processo (Zaffron and Logan 2009). Pode também ser aplicada por organizações ou um único departamento ou seção dentro de uma organização, bem como um indivíduo. O processo de desempenho é apropriadamente chamado de processo de desempenho automotor (Zaffron and Logan 2009).

Utiliza-se a GD para a gestão de desempenho dos colaboradores ou dos equipamentos, recorrendo a uma aplicação informática integrada, em vez de sistemas manuais de inserção de dados, com o qual se pode ganhar um retorno significativo do investimento através de uma série de benefícios de vendas diretas e indiretas, benefícios de eficiência operacional e por desbloquear o potencial latente em cada dia de trabalho dos funcionários. Os benefícios podem incluir:

Ganho financeiro direto:

- Aumentar as vendas;
- Reduzir custos na organização;
- Eliminar atrasos nos projetos;

⁵ Adaptado do site: http://en.wikipedia.org/wiki/Performance_management

- Colocar a organização diretamente na linha dos objetivos do CEO;
- Diminuir o tempo necessário para criar mudanças estratégicas ou operacionais, comunicando as mudanças através de um novo conjunto de metas.

Força de trabalho motivada:

- Procura melhorar os planos de incentivo para metas específicas para mais conquistas, não apenas de negócios como pessoais;
- Melhora o envolvimento dos funcionários, porque todo mundo sabe como eles estão a contribuir diretamente para as metas da organização;
- Cria transparência na realização de metas;
- Alta confiança no processo de pagamento do bônus;
- Programas de desenvolvimento de profissionais estão melhor alinhados diretamente para alcançar metas ao nível dos negócios.

Melhor controle da gestão:

- Flexível, sensível às necessidades da gestão;
- Exibe relações entre os dados;
- Ajuda a auditoria / cumprir exigências legislativas;
- Simplifica a comunicação estratégica das metas do planejamento de cenários;
- Fornece processos bem documentados e documentos de comunicação.

Erica Olsen (Olsen 2011) observou que "Muitas empresas, mesmo aquelas com planos bem definidos, não conseguem implementar a sua estratégia. O problema está na gestão ineficaz dos seus recursos quando o plano entra em ação. Claro, eles têm realizado sondagens, dados coletados, procuram ajuda da gestão para decidir sobre a direção da organização - mesmo comprando aplicações informáticas caras para gerir o processo, há sempre algum lugar onde o plano falha".

Avaliações de gestão e do desempenho têm uma sobreposição significativa. Em geral, existem três tipos de gestão de desempenho: longo ciclo, de ciclo curto, e micro.

Ciclo Curto/Micro de gestão de desempenho

Gestão do desempenho a curto/micro prazo é geralmente feita numa base dia/hora/min.

Ciclo Médio/Curto de gestão de desempenho

A Gestão de desempenho para ciclos médio/curto prazo o que se sobrepõe a princípios de desenvolvimento ágil de software, geralmente é feito numa base mensal, bi-semanal ou semanal. Do ponto de vista da implementação, este tipo de gestão é específico à indústria.

Longo ciclo de gestão de desempenho

A gestão de desempenho de longo ciclo normalmente é feito anualmente, a cada 6 meses ou trimestralmente. Do ponto de vista da implementação, esta área é a que tradicionalmente tem recebido mais atenção. Isto é assim por razões históricas, a maioria das técnicas/estilos de gestão de desempenho necessitam do uso de computadores.

3.3. METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING

Num mundo globalizado o mercado tornou-se cada vez mais competitivo, cada vez é mais importante para as organizações procederem a redução de custos e obter melhores níveis de produtividade. Desde os primórdios da revolução industrial vem-se tentando com técnicas que ao longo do tempo são aperfeiçoadas conseguir uma produção que utilize adequadamente os recursos disponíveis.

É neste contexto que se encontra o *Lean Manufacturing* que tem como função principal combinar novas técnicas de gestão com máquinas e processos cada vez mais sofisticadas para produzir mais com menos recursos e só a mão-de-obra necessária.

3.3.1. ORIGEM E DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

A Origem das metodologias *lean* é constantemente associada aos inovadores princípios de gestão da Toyota introduzidos na segunda metade do séc.XX principalmente no Japão.

Em 1924 Sakichi Toyoda, fabricante de teares vende a patente do tear automático, até então um sucesso de vendas no japão, para a Platts Broders por £100.000,00. Este negócio financiou a criação de uma fábrica de automóveis para seu filho Kiichiro Toyoda.

Desde 1920 a Ford e a GM (General Motors) já estavam estabelecidas por meio de vendas no mercado japonês mas em 1935 a Toyota inicia o projeto do modelo (A) fazendo considerável uso de peças Ford e GM para a produção de carros e caminhões que se iniciou em 1936, no entanto a constituição formal da *Toyota Motors Company* só aconteceu em 1937.

Com o início da II Guerra Mundial a produção foi interrompida e só depois retomada em 1945, os problemas econômicos e *stocks* de carros não vendidos foram se acumulando e as dificuldades culminaram com uma grave disputa trabalhista em 1950 e conseqüente renúncia do presidente e fundador Kiichiro Toyoda. A presidência e a diretoria de produção foram passadas para o seu primo Eiji Toyoda.

Após esta crise houve necessidade de criar um sistema que permitisse à indústria recuperar e começar a gerar lucro. Foi quando o então presidente Eiji Toyoda viajou para os Estados Unidos estudar a produção em massa.

Eiji voltou determinado a estabelecer técnicas da produção em massa na Toyota, mas naquele início de década de 1950 as dificuldades eram imensas, além da falta de recursos, o mercado japonês era diminuto e a Toyota era uma empresa automóvel muito pequena. A fábrica principal da época (Kariya) não produzia mais que 150 carros por mês.

O principal responsável pelo TPS (*Toyota Production System*) foi o diretor fabril Taiichi Ohno⁶ contratado pela Toyoda Teares em 1932. Ohno não tinha conhecimento de produção de automóveis, mas logo tentou repensar uma indústria que deveria ser competitiva e flexível para atender a um mercado pequeno e diversificado.

O modelo de fabrico dominante na época era a produção em massa. Este modelo era baseado em grandes investimentos, máquinas especializadas de grandes volumes produtivos e que para atender à diversificação mantinham *stocks* muito elevados de peças. Ohno por outro lado tinha uma posição crítica a este tipo de produção, pois produzir em grandes lotes significava muito capital, grandes espaços de armazenamento e defeitos que só iriam ser descobertos muito tempo depois da respetiva produção.

Após este estudo (Ohno 1988) decidiu avançar com o Sistema TPS (*Toyota Production System*) este sistema, objetivava aumentar a eficiência da produção pela eliminação contínua de desperdícios.

Os sistemas de gestão desenvolvidos por Frederick Taylor e Henry Ford predominaram de forma eficiente e amadurecida até a década de 50, e procuravam reduzir os custos unitários dos produtos através da produção em larga escala e especialização do trabalho no chão de fábrica. Após esta data, o sistema japonês mostrou-se cada vez mais produtivo, colocando as indústrias japonesas entre as melhores no cenário do mercado mundial.

A entrada súbita dos japoneses chamou a atenção de muitas empresas do ocidente que perceberam que estavam perdendo mercado, pois não possuíam um conhecimento novo e mais eficiente que os modelos de produção em massa provenientes do Fordismo. As fábricas japonesas começaram a espalhar-se pelo

⁶ Engenheiro da Toyota Motor Corporation e autor do TPS.

mundo, ao mesmo tempo que as indústrias ocidentais procuravam igualar-se a elas, porém, encararam grandes dificuldades.

Para entender essa nova filosofia que se mostrava cada vez mais poderosa, o grupo IMVP (*Institute Motor Vehicle Program*) dentro do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), iniciou em 1985 um estudo de cinco anos sobre a indústria automóvel, pesquisando 90 empresas montadoras de veículos em 17 países. Em 1990, foi publicado o livro “*The Machine that Changed the World*” de (Jones, Roos et al. 1990)

James P. Womack, Daniel T. Jones & Daniel Roods Como autores do livro chamaram inicialmente o *Toyota Production System (TPS)* de *Lean Manufacturing*. Este novo conceito apresentou-se como além de um novo paradigma, um contraponto à produção em massa. O termo *Lean*, usado para descrever essa nova filosofia, vinha do fato que a empresa produzia cada vez mais com cada vez menos. As empresas da Toyota possuíam alta variedade e baixos volumes com custos mínimos, investimentos reduzidos, elevados padrões de qualidade, menor número de operários na fábrica, espaço de fabricação, ativos fixos, tempo para desenvolver novos produtos, baixos *stocks*, poucos defeitos, etc.

Esta referência publicada por Womack apresentou um teste de *benchmarking* para demonstrar que existia uma forma melhor de organizar e gerir os relacionamentos com clientes, fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção. Conforme referido pelo pelos autores, o receio principal desta metodologia era saber se o mundo estava preparado para receber tal filosofia, que se opunha fortemente a maneira com a qual estavam todos costumados a lidar: “será que o sonho da produção em massa era tão profundo?”, refere um dos autores. Felizmente o sucesso foi grande e o livro chegou a ser traduzido em vários idiomas.

Muitos empresários passaram a estar dispostos a experimentar o método de produção *lean*, porém surgiu uma dificuldade, eles não sabiam como implementá-la. O livro trouxe novas práticas e ferramentas específicas isoladas e os resultados obtidos com estas, mas não indicava os princípios-chave que eles deveriam usar para guiar as ações de implementação.

Para auxílio na implementação *lean* utilizando o resultado de estudos subsequentes, Womack e Jones publicaram um segundo livro “A Mentalidade *Lean*”⁷ em 1996. Após 5 anos, desde a publicação de “A Máquina que mudou o mundo”, Jones e Womack interagiram com muitas empresas e acompanharam vários projetos em diferentes ramos industriais (não só na indústria automóvel como no primeiro livro) e puderam acompanhar a fase de transformação de uma empresa de produção em massa numa de produção *lean*.

Os principais pontos-chave do *Lean manufacturing* são:

- Qualidade total imediata – ir em busca do "zero defeitos", e detecção e solução dos problemas na sua origem.
- Minimização do desperdício – eliminação de todas as atividades que não acrescentam valor e de redes de segurança, otimização do uso dos recursos escassos (capital, pessoas e espaço).
- Melhoria contínua – redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da produtividade e compartilhamento da informação.
- Processos "*pull*" – os produtos são retirados pelo cliente final, e não empurrados para o fim da cadeia de produção, diminuindo assim a quantidade de produtos em *stock*.
- Flexibilidade - produzir rapidamente diferentes lotes de grande variedade de produtos, sem comprometer a eficiência devido a volumes menores de produção.
- Construção e manutenção de uma relação a longo prazo com os fornecedores tomando acordos para compartilhar o risco, os custos e a informação.

⁷ Womack, J. P. and D. T. Jones (1996). "Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organisation." Simon and Shuster, New York, NY 397.

Palavras-chave do *Lean*: é basicamente tudo que ajuda à obtenção de materiais corretos, no local correto, na quantidade correta, minimizando o desperdício, sendo flexível e aberto a mudanças.

3.3.2. OBJETIVOS DA METODOLOGIA

A Produção *Lean* surgiu como um sistema de manufatura cujo foco é otimizar os processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios, como por exemplo, excesso de inventário entre as estações de trabalho, bem como tempos de espera elevados. Seus objetivos fundamentais são:

- ✓ **Otimização e a Integração do sistema de manufatura:** é necessário integrar todos os componentes do sistema de manufatura, buscando sempre a otimização do sistema como um todo. Qualquer processo ou atividade que não agrega valor ao produto é desperdício e precisa ser eliminado. A integração e otimização de um sistema de manufatura é um processo contínuo de redução do número de etapas estanques, necessárias para completar um processo em particular;
- ✓ **Qualidade:** o sistema de produção em “*pull*” precisa e exige um ambiente produtivo que forneça produtos com qualidade. Cada processo de produção deve passar produtos com qualidade para a etapa seguinte, ou seja, a qualidade deve ser assegurada ao longo de todo o processo. A produção em *Lean* exige que cada pessoa envolvida no processo produtivo seja educada e treinada para aceitar a responsabilidade pelo nível de qualidade do seu trabalho;
- ✓ **Flexibilidade do processo:** é necessário minimizar os fatores de bloqueio na produção. Ser flexível é a capacidade de obter materiais rapidamente e de preparar um processo de produção em curto espaço de tempo e a custo mínimo, ou seja, é ser capaz de suportar variações nas encomendas;

- ✓ **Produção de acordo com as encomendas:** a empresa tem que organizar a produção de acordo com os pedidos dos clientes, pois são eles a razão de ser de uma empresa. Não faz sentido produzir o que os clientes não querem;
- ✓ **Manter o compromisso com clientes e fornecedores:** manter os compromissos é o elo final que permite que as empresas fabricantes individuais se juntem em um processo industrial contínuo. Os fornecedores, clientes e funcionários precisam de uma posição clara da administração de que a empresa pretende permanecer competitiva no mercado. Planejar para manter os compromissos é um processo de determinar as etapas necessárias para atender aos planos de entrega, níveis de qualidade e margens de lucro;
- ✓ **Redução do custo de produção:** é o objetivo mais evidente e crítico na implementação da produção *Lean*, consiste em declarar “guerra” ao desperdício e a busca de forma determinada e contínua da redução dos custos do processo de manufatura como um todo.

Todos os objetivos acima foram estabelecidos visam ampliar a capacidade de produção de uma empresa para que ela possa competir neste cenário globalizado. As metas colocadas pela produção *Lean* em relação aos vários problemas de produção são: zero defeitos; aproximação do zero tempo de preparação (*setup*); zero *stocks*; zero movimentações; zero defeituosos por lote e lead time zero.

Dessa forma, a essência do Sistema Toyota de Produção, é a busca incessante da eliminação de toda e qualquer perda. Na Toyota conhece-se esse princípio como “princípio do não-custo”. Pela lógica tradicional, o preço era estabelecido pela empresa em que se somava o custo de produção ao lucro estimado:

$$\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro}$$

Entretanto, com a concorrência cada vez mais onnipresente e os consumidores cada vez mais exigentes, o preço passa a ser determinado pelo mercado:

$$\text{Preço} - \text{Custo} = \text{Lucro}$$

Analisando a segunda expressão, chega-se a conclusão que a única maneira de se aumentar ou manter o lucro é reduzindo os custos.

Com o objetivo de se eliminar os desperdícios e alcançar as metas estabelecidas, a produção *Lean* faz-se acompanhar de um conjunto de técnicas e ferramentas como o *Layout Celular*, o *Kanban*, o Mapa do Fluxo de Valor (*VSM - Value Stream Mapping*), entre outras.

Na tabela 1 pode-se verificar a comparação entre sistemas de produção Artesanal, em Massa (Ford) e *Lean* (Toyota).

Tabela 1: Comparação entre sistemas de produção⁸

Tipos de Produção			
Elementos	Artesanal	Massa	Lean
Mão de Obra	Trabalhadores altamente qualificados	Trabalhadores não ou pouco qualificados	Equipas de trabalho multiquualificadas
Equipamentos	Simple, ferramentas flexíveis	Caros, máquinas com único objetivo	Máquinas flexíveis
Produção	Produtos únicos, customizados e individualizados	Produtos padronizados	Alta produtividade e alto custo
Produtividade	Baixa produtividade e alto custo	Alta produtividade e alto custo	Alta produtividade e baixo custo

⁸ Tabela adaptada de <<http://www.ft.unicamp.br/liag/semanaliag/Slides/Lean.pdf>>

3.3.3. 3 MU's

Nesta abordagem de identificação dos desperdícios, o objetivo é chegar a uma condição onde a capacidade e a carga sejam iguais. Por outras palavras, nas empresas existem pessoas, processos, materiais e tecnologia para produzir a quantidade certa do produto/serviço que foi pedida para entregar a tempo ao cliente. As situações onde ocorrem desequilíbrio entre a carga e a capacidade resultam em perdas para a empresa (Ōno 1988).

Para a gestão empresarial Japonesa, isso é expresso em termos de *muda*, *mura* e *muri*. Estes três vocábulos Japoneses significam o seguinte:

MUDA (refere-se ao desperdício) – tudo o que não acrescenta valor é desperdício e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado. Expresso de uma outra perspetiva, desperdício refere-se a todas as componentes do produto e/ou serviço que o cliente não estará disposto a pagar;

MURA (o que é variável, refere-se às irregularidades ou às inconsistências) – É eliminado através da adoção do sistema JIT (*Just-In-Time*) procurando fazer apenas o necessário e quando pedido. Este é aplicado através do sistema *pull* deixando o cliente puxar os produtos ou serviços;

MURI (o que é irracional, manifesta-se através do excesso ou a insuficiência) – É eliminado pela uniformização do trabalho (garantindo que todos seguem o mesmo procedimento, tornando os processos mais previsíveis, estáveis e controláveis).

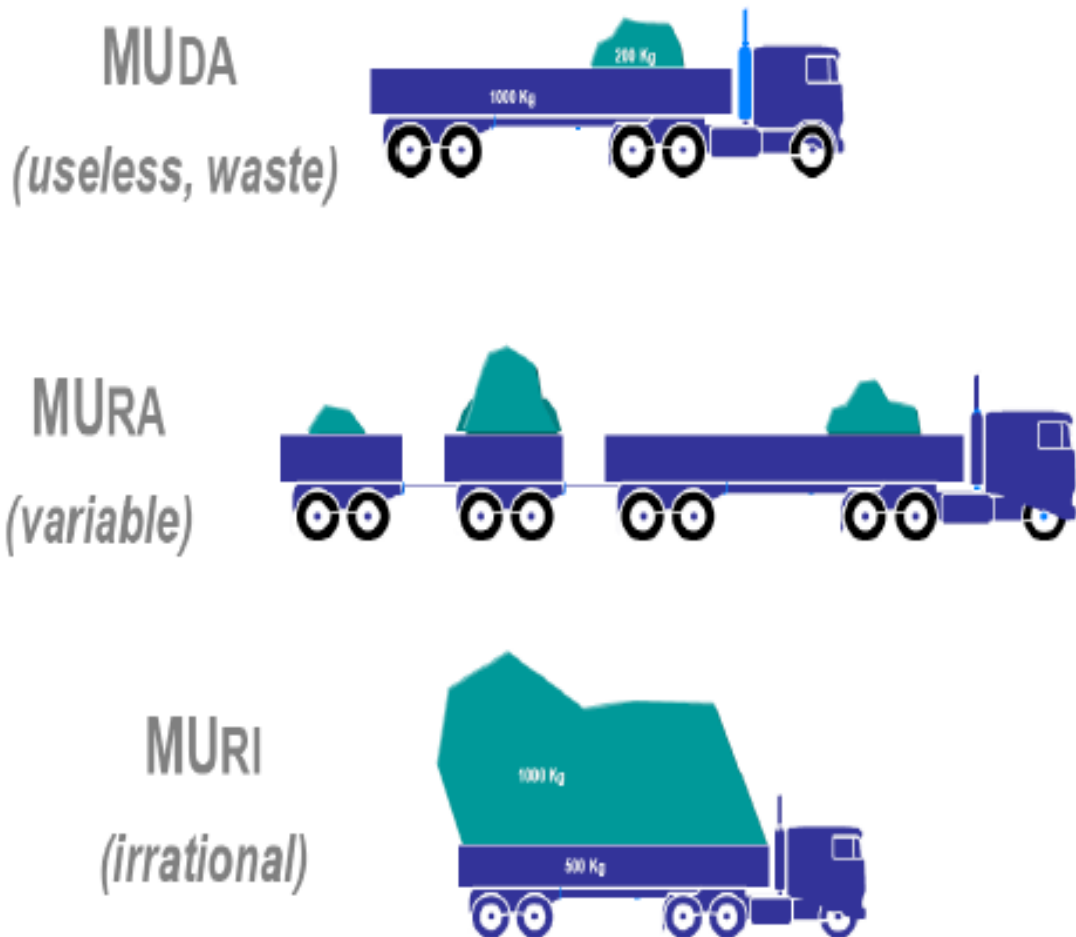


Figura 9: Os três M's identificados pelo sistema TPS (*Toyota Production System*)⁹

⁹ Imagem adaptada de <http://www.cetcon.de/wps/fine_pics/intranet/pics_52/5/b/muda-mura-muri.gif>

3.3.4. CARACTERIZAÇÃO DO CONCEITO VALOR VS DESPÉRDÍCIO

O valor do produto deve ser especificado pelo cliente final, e não pela empresa. E para isso, este produto deve ter requisitos que atendam às necessidades do cliente, com um preço específico e entregue em um prazo adequado. Quaisquer características ou atributos do produto ou serviço que não atendam as percepções de valor do cliente representam oportunidades para racionalizar. A empresa cria este valor que concebe, projeta, produz, vende e entrega o produto ao cliente final (Pinto 2011).

Na visão de Ohno (1997) o método de produção *Lean* é o resultado da eliminação dos 8 tipos de desperdícios seguintes:

- **Sobreprodução** – produzir mais do que o necessário ou requerido, cria um incontável número de outros desperdícios: área de *stock*, deterioração, custos de energia, manutenção de equipamentos, escamoteamento de problemas operacionais e administrativos através de “stocks de segurança”;
- **Retrabalho ou correção** – refere-se aos desperdícios com retrabalho e perdas de materiais defeituosos;
- **Sobreprocessamento** – quando defeitos ou limitações (capacidade) nos equipamentos estão presentes. O processo pára ou desenvolve-se lentamente. Operações extras são introduzidas; quando é executado esforço para atender uma condição que não é requerida;
- **Inventário** – é dinheiro “parado” no sistema produtivo. Pode ser a “tranquilidade” da fábrica, mas todo remédio desnecessário deve ser evitado; o inventário é qualquer peça, sub-montagens ou veículos completos que estejam apenas em *stock* ou estejam aguardar entre operações;
- **Movimentação de materiais** – movimentações desnecessárias ou *stocks* temporários, criam “passeios” de materiais, funcionários e equipamentos;
- **Movimentação do operador** – acontece pela diferença entre trabalho e movimento. É a ação de quem realiza algum tipo de seleção ou procura peças

sobre a bancada de trabalho. Qualquer movimento de um membro da equipa ou máquina o qual não adiciona valor;

- **Tempo de espera** – quando o operário permanece parado, a ver uma máquina em operação. Ou quando o processo precedente não entrega seu produto na quantidade, qualidade e tempo certo; nenhuma atividade ou operação esta a ser executada; “não esta a fazer nada”;
- **Talento Humano** – quando os recursos humanos não são aproveitados de forma eficaz ou quando não se dá ouvidos a sugestões de melhoria propostas pelos próprios colaboradores;

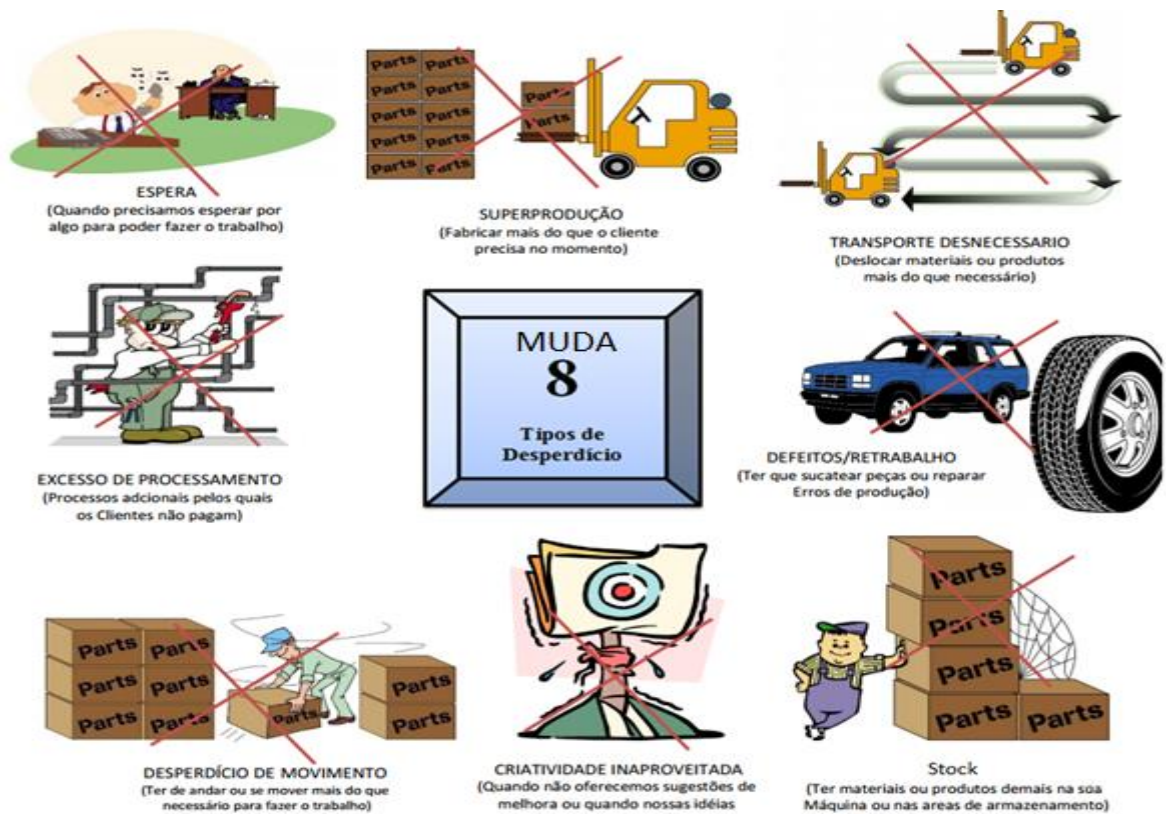


Figura 10: Os 8 tipos de desperdício¹⁰

¹⁰ Imagem adaptada de <<http://www.ft.unicamp.br/liag/semanaliag/Slides/Lean.pdf>>

Assim, no sistema de Produção *Lean* tudo o que não agrega valor ao produto, visto sob os olhos do cliente, é desperdício. Todo desperdício apenas adiciona custo e tempo. Todo desperdício é o sintoma e não a causa do problema.

3.4. FERRAMENTAS DE AUXÍLIO AO *LEAN MANUFACTURING*

O Sistema de Produção Toyota (TPS) está estruturado sobre a base da completa eliminação das perdas, tendo o “*Just in Time*” (JIT) e a automação como seus dois pilares de sustentação. O “*Poka-yoke*” aparece também, como elemento essencial para a operacionalização da automação e funcionalidade de todo o sistema. O “*Just in Time*” e o “*Kanban*” foram imediatamente identificados como os elementos-chave da eficácia e do sucesso do sistema de produção Toyota. No entanto, verificou-se que os resultados alcançados pela Toyota não podiam ser atribuídos simplesmente à aplicação de um punhado de métodos ou a alguma tecnologia.

Para tal, é fundamental que se entenda que o “*Just in Time*” é somente um "meio" de alcançar o verdadeiro objetivo do sistema de produção Toyota, que é o de aumentar os lucros através da completa eliminação de perdas. A importância de conceitos, tais como, “*Just In Time*”, “*Kanban*”, projeto de processos (operação em multi-processo), padronização dos trabalhos, ritmo padrão de produção (tempo de ciclo), “*Jidoka*” - automação, “*Pokayoke*”, PDCA (círculos de controlo de qualidade e melhoria contínua), “*Andon Board*” - Quadro para gerenciamento, As sete ferramentas estatísticas, cinco porquês, 5 S, “*Heijunka*”, TPM - “*Total Productive Maintenance*” (Manutenção Produtiva Total), OTED/SMED - “*One Touch Exchange of Dies*” (Mudança de processo sem alterações de ferramental) e Sistema de sugestões identifica a necessidade de correlação para a garantia do sistema e ressalta a importância destes conceitos dentro do Sistema de Produção Toyota.

Pode-se concluir que o Sistema de Produção Toyota tem sido unanimemente apontado como o mais eficaz modelo de gestão industrial e tem-se mostrado flexível quanto às transferências para outros ambientes (Ghinato).

3.4.1. VSM - VALUE STREAM MAPPING

O mapeamento da cadeia de valor, VSM (*value stream mapping*) - permite visualizar o percurso (ou mapa) de um produto ou serviço ao longo de toda a cadeia de valor, entenda-se esta como o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção do pedido até a entrega ao cliente final do produto ou serviço. Trabalhar a partir da perspectiva da cadeia de valor garante ao gestor ter uma visão global dos processos não se concentrando apenas em processos individuais ou na otimização das partes.

O VSM é um método muito útil e tem sido um dos mais utilizados no universo de aplicações do *Lean Thinking* em empresas industriais e de serviços, daí a sua importância. Este é um método simples e eficaz que, numa fase inicial, ajuda a gestão e as operações a reconhecer o desperdício e a identificar as suas causas.

O processo VSM inclui o mapeamento físico do **estado atual** – “**as is**” enquanto foca no **estado futuro** – “**to be**”.

O mapeamento leva em consideração tanto o fluxo de materiais como o fluxo de informações e ajuda bastante no processo de visualização da situação atual e na construção da situação futura. Por outro lado, esta é uma ferramenta que se concentra nas questões relativas à redução dos tempos (*lead time*) dos processos. Em algumas aplicações do VSM, o lead time poderá ser o único aspeto considerado neste tipo de ferramenta dada a necessidade de se proceder à sua redução. Além dos aspetos associados ao tempo, o VSM procura também chamar a atenção para o custo dos processos considerando-os nos processos de análise e de tomada de decisão.

Os símbolos VSM fornecem uma linguagem comum, simples e intuitiva que facilita a compreensão do estado atual ou o planeamento das etapas para alcançar o estado futuro (exemplo Figura 11).

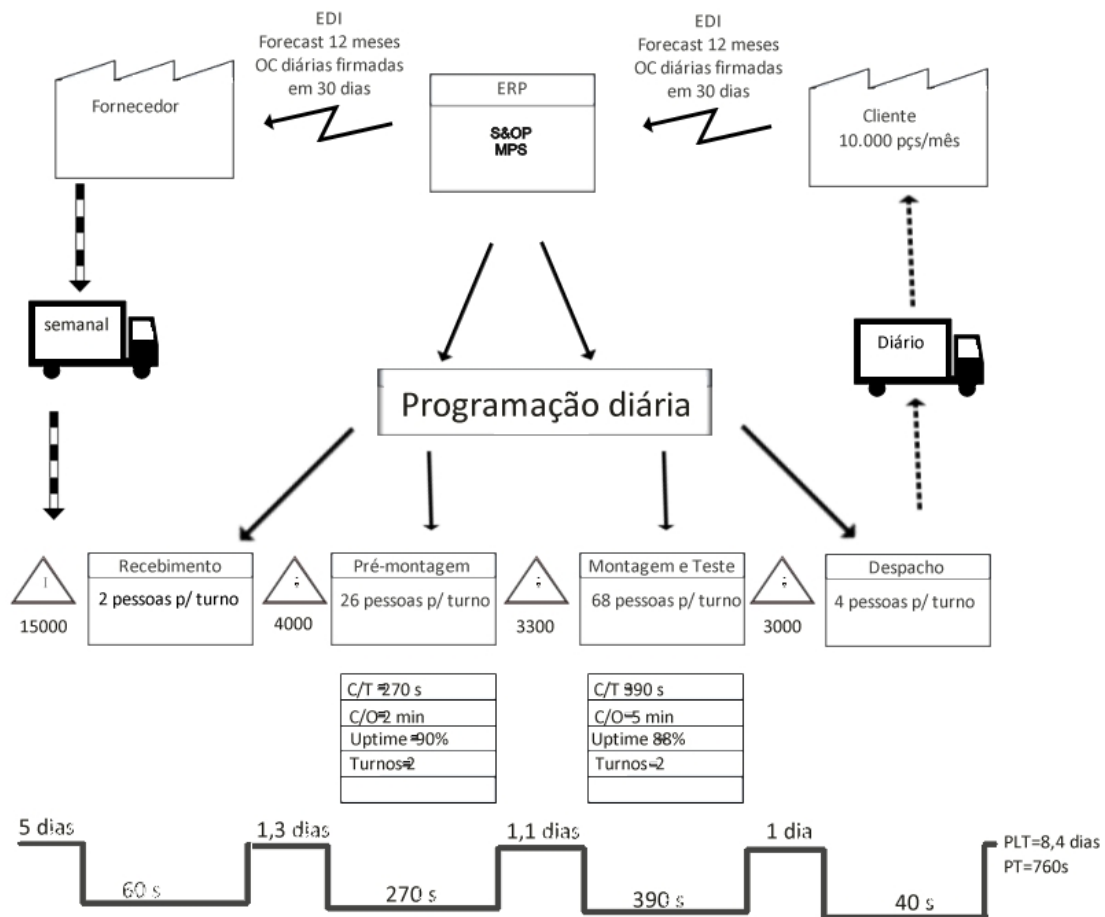


Figura 11: Mapa exemplo da ferramenta VSM¹¹

¹¹ Imagem adaptada de < http://www.gestaoindustrial.com/images/Lean-Manufacturing/Lean_VSM_modelo_mapa_cadeia_de_valor.JPG>

3.4.2. OEE – OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é uma ferramenta de medida da eficiência dos equipamentos tendo sido criada por Nakajima (1989), esta é uma ferramenta que permite avaliar e indicar a eficiência com que um determinado equipamento é utilizado, tendo em conta vários fatores como a qualidade, a eficiência e a disponibilidade dos equipamentos. De seguida é feita uma explicação da forma como o cálculo do OEE é realizado.

Cálculo do OEE:

$$OEE (\%) = \text{Disponibilidade } (\%) \times \text{Eficiência } (\%) \times \text{Qualidade } (\%)$$

- **Índice de Disponibilidade:**

$$\text{Disponibilidade } \% = \frac{\text{Tempo de Produção medido}}{\text{Tempo de produção planeado}}$$

- **Indicador de Eficiência:**

$$\text{Eficiência } \% = \frac{\text{Quantidade de peças produzidas}}{\text{Quantidade de produção teórica}}$$

- **Índice de Qualidade:**

$$\text{Qualidade } \% = \frac{\text{Quantidade de peças produzidas à primeira}}{\text{Quantidade total de peças produzidas}}$$

- **Disponibilidade:** Representa a percentagem de tempo programado que a máquina trabalhou, medindo unicamente o *Uptime*.
- **Eficiência:** Fornece a percentagem de tempo real de trabalho, comparado com o tempo possível do mesmo.
- **Qualidade:** Mede a percentagem de peças boas no total das peças realizadas.

No âmbito do índice de Disponibilidade, os tempos despendidos para a troca de ferramentas, se forem significativos, leva a redução do indicador OEE, justificando-se a aplicação da técnica SMED (*Single Minute Exchange of Die*) caracterizada pela troca de rápida de ferramentas.

Num ambiente *Lean*, em que as necessidades da empresa centram-se na procura do cliente, leva a períodos de tempo em que os equipamentos poderão trabalhar abaixo da capacidade máxima, operando segundo o *takt time*.

O *takt time* é o tempo de ciclo considerado para a determinação do índice de eficiência do OEE e obtém-se pela seguinte expressão:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Procura do Cliente}}{\text{Tempo disponível para produzir}}$$

De acordo com Nakajima (1989) o OEE poderá chegar a índices de 100%. Este valor só poderá ser atingido com índices 90% para disponibilidade; 95% para a eficiência e 99% qualidade.

3.4.3. MSM[®] - MULTI-LAYER STREAM MAPPING

A abordagem *Multi-layer Stream Mapping* (MSM[®]) foi desenvolvida no INEGI por Emanuel Lourenço, António Baptista e João Pereira, no âmbito do estudo de metodologias inovadoras de avaliação de ecoeficiência em sistemas industriais, e foi apresentada pela primeira vez no artigo intitulado “*Multi-layer Stream Mapping as a Combined Approach for Industrial Processes Eco-efficiency Assessment*” (LOURENÇO 2013).

Esta metodologia surgiu em resultado das ferramentas atuais nem sempre serem de aplicação direta em todos os produtos ou sistemas para avaliação de desempenho na perspetiva da ecoeficiência. Além disso, a maioria das ferramentas e métodos existentes para a avaliação da ecoeficiência pecam pela falta de uma gestão visual rápida e intuitiva.

Esta abordagem apresenta os dados e os resultados de desempenho num formato visual, rápido e fácil de entender. Os resultados desta ferramenta são uma representação esquemática e intuitiva de conceitos de gestão, o que ajuda a aumentar a capacidade cognitiva ou reduzir trabalho cognitivo complexo, e por consequência, os diferentes atores podem assimilar a informação melhor e mais rapidamente do que se essa informação fosse apresentada de uma forma textual ou numérica.

O MSM[®] consiste, partindo da abordagem utilizada no VSM, em adicionar múltiplas camadas (*layers*) que representam variáveis ou parâmetros que são fundamentais no controlo do processo; aplicando uma metodologia sistemática para a criação de KPI's associados às variáveis do sistema, balizados entre 0-100%, e que são adimensionalizados de modo a permitir a agregação da eficiência total do sistema.

A Figura 12 caracteriza um exemplo da aplicação da abordagem MSM[®]. Os valores localizados nos segmentos inferiores da linha “de banheira” são aqueles que **não acrescentam valor** ao produto ou processo, e representam desperdícios ou má utilização do tempo, dinheiro ou recursos. Por outro lado, os valores apresentados

nos segmentos superiores da linha são aqueles que **adicionam valor** ao produto ou processo.

Uma das características chave do MSM[®] consiste em utilizar rácios adimensionais, em cada etapa, para cada uma das variáveis. Por outro lado, as variáveis são definidas sempre com o intuito da melhoria, quanto maior for o resultado do rácio melhor será o desempenho das variáveis do processo. O resultado final de cada variável é representado por Phi (ϕ).

Além de permitir avaliar as variáveis individualmente, o MSM[®] também permite avaliar a eficiência dos processos (P1, P2, PN), seguindo a direção da seta “*Multi-Layer Stream Mapping*” (Figura 12).

A eficiência global da sequência de processos ou do sistema pode ser avaliada calculando a média (ou outro método de ponderação) dos diferentes resultados (ϕ) dos processos. Este cálculo só é possível pois os resultados (ϕ) são todos adimensionais.

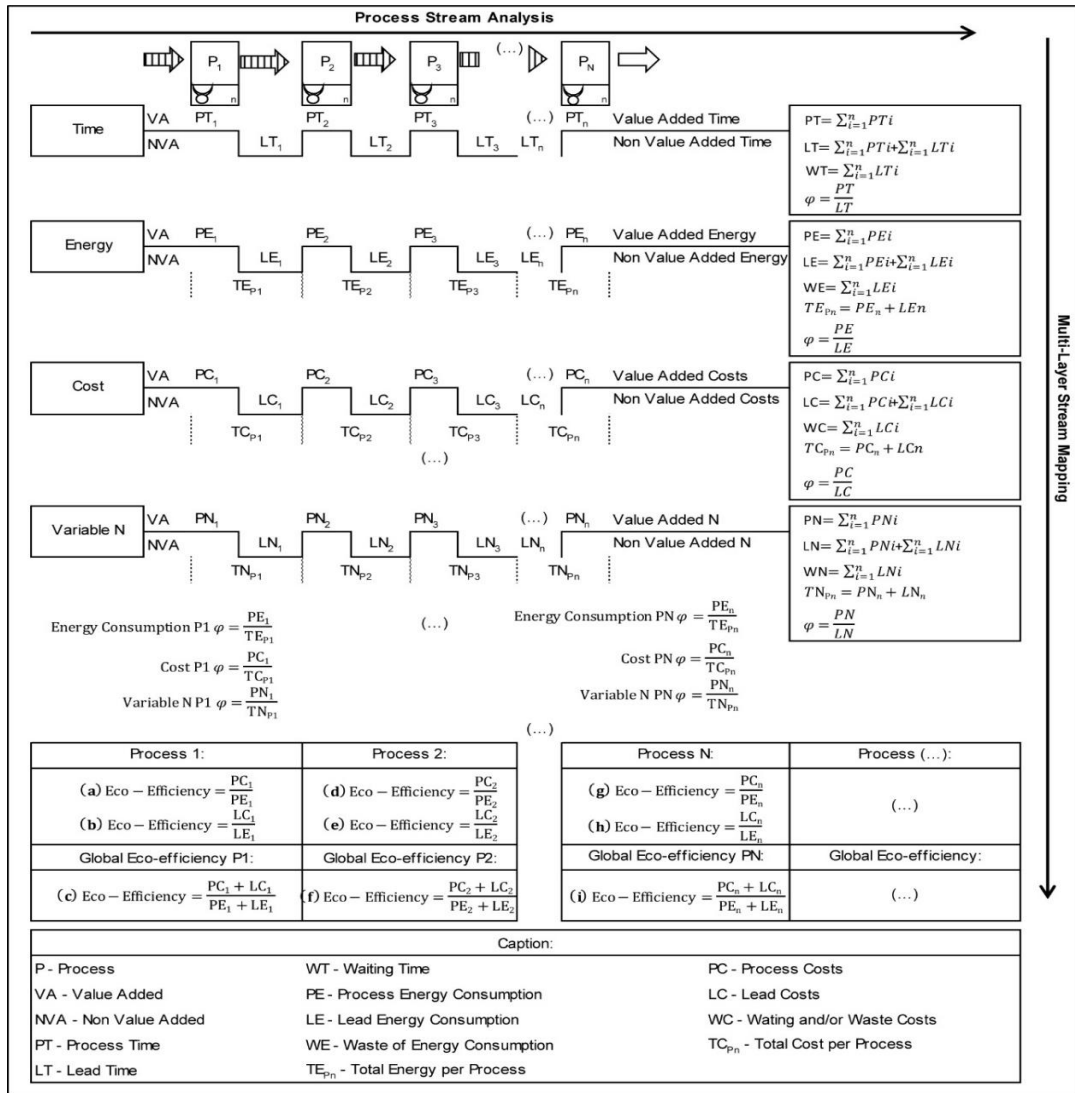


Figura 12: Abordagem *Multi-Layer Stream Mapping*¹²

Os autores do artigo indicam ainda que “as variáveis que podem ser avaliadas de acordo com esta abordagem são ilimitadas” (LOURENÇO 2013).

¹² Fonte: LOURENÇO, Emanuel, BAPTISTA, António, PEREIRA, João AND DIAS-FERREIRA, Célia. Multi-Layer Stream Mapping as a Combined Approach for Industrial Processes Eco-efficiency Assessment. In Proceedings of the 20th CIRP international conference on life cycle engineering, Singapore, 2013, Springer Singapore.

Para facilitar a percepção do desempenho, os resultados estão aliados à gestão visual, e são realçados com a cor correspondente à escala de cores (ver Figura 13).

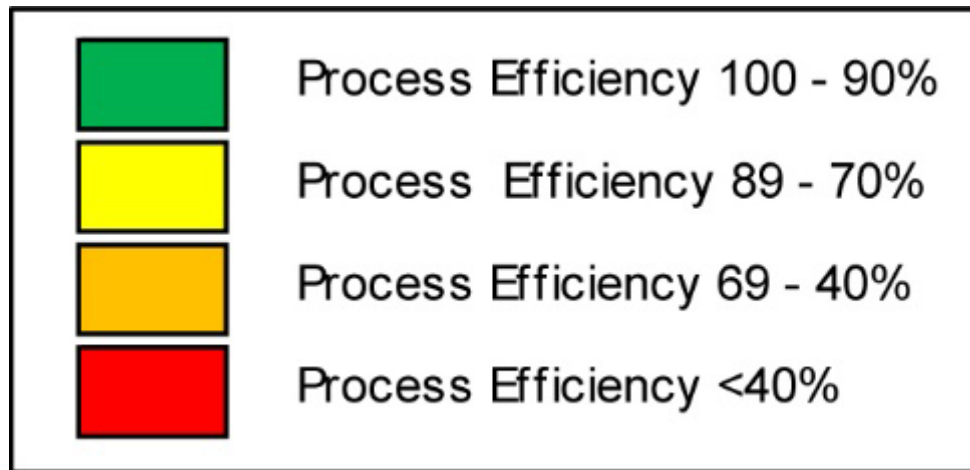


Figura 13: Escala de cores do diagrama MSM®¹³

¹³ Fonte: Ribeiro, I. M. C. (2013). "GESTÃO DE MULTI-PROJETO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO." Instituto Superior de Engenharia do Porto.

A vista associada à eficiência global do processo é apresentada realçando apenas o fluxo do processo principal e escondendo as linhas do MSM[®] de modo a apresentar o *dashboard* (painel de visualização) final do MSM[®] de uma forma simplificada e de uma maneira ainda mais simples de entender pelo utilizador (Figura 14).

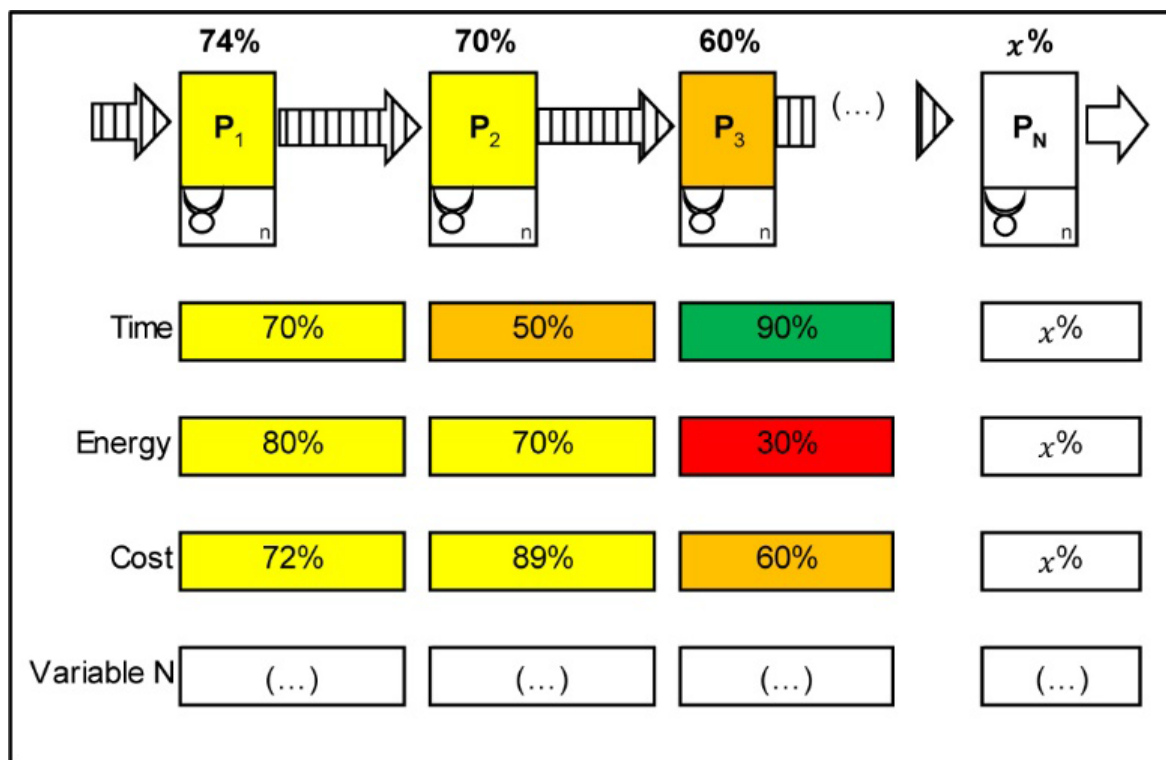


Figura 14: Exemplo de um *dashboard* final do MSM[®]¹⁴

¹⁴ Fonte: *ibid.*

O MSM[®] permite uma abordagem detalhada (*drilldown*) ou mais geral (“*zoom out*”), de modo a avaliar e identificar ineficiências e desperdícios que ocorrem ao longo do sistema de produção, num processo, ou numa fase particular do sistema de produção (Figura 15).

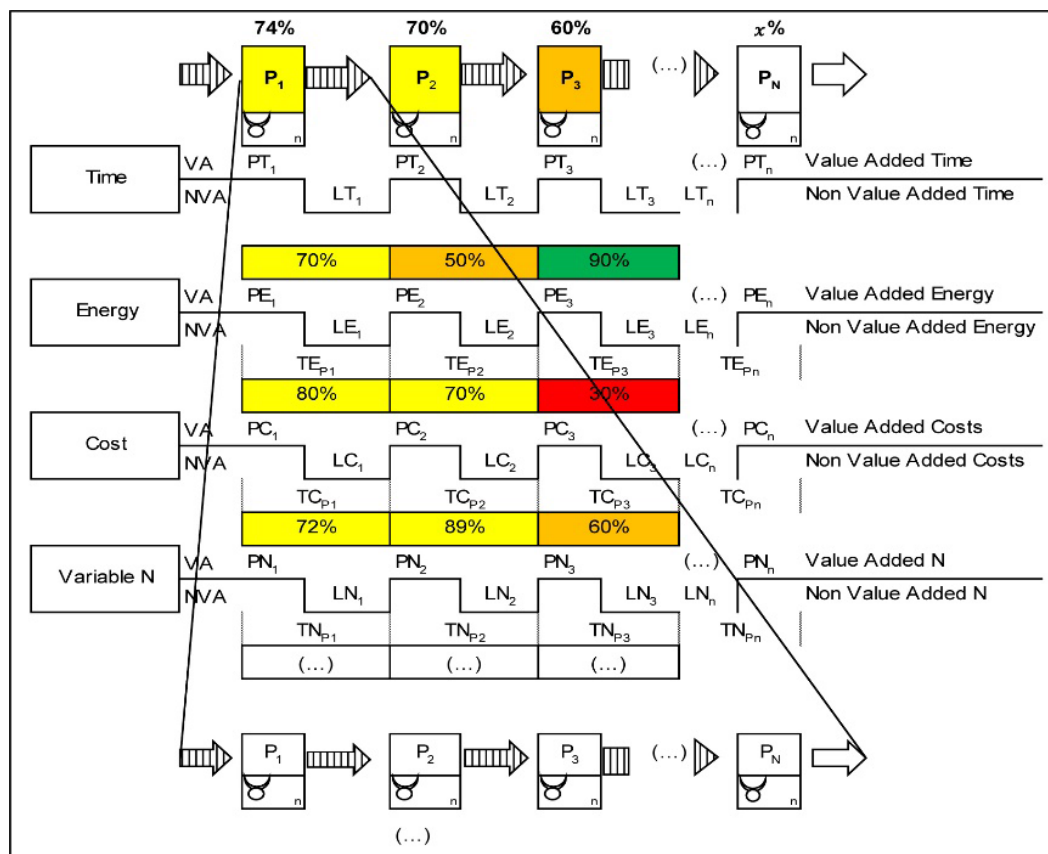


Figura 15: Abordagem detalhada (*drilldown*) do MSM[®]¹⁵

O MSM[®] tem grande importância na tomada de decisão, pois permite escrutinar “como”, “onde” e “quanto” um processo ou um sistema produtivo pode melhorar aspectos de desempenho, financeiros e ambientais (LOURENÇO 2013).

¹⁵ Fonte: *ibid.*

3.5. ECOEFICIÊNCIA

O planeta está ameaçado com o crescimento insustentável, pois a humanidade extrai mais recursos do que a natureza é capaz de repor e descarta mais resíduos do que o planeta pode assimilar.

O termo “ecoefficiência” (Malschitzky 2012) Surgiu em 1996, no âmbito do *World Business Council for Sustainable Development* – WBCSD (Conselho Empresarial mundial para o Desenvolvimento sustentável)(Schmidheiny and Zorraquin), associado à elaboração do Plano de implementação de Joanesburgo, na cúpula mundial de desenvolvimento sustentável de 2002, chamada de Rio+10.

O WBCSD estabelece três objetivos para a ecoeficiência no mundo:

- **Redução do consumo de resíduos:** minimização do uso de energia, materiais, água e solo, a promoção da reutilização de materiais e da durabilidade dos produtos, além da redução dos desperdícios;
- **Redução do impacto na natureza:** redução de emissões atmosféricas, lançamentos de efluentes e geração de resíduos e de ruídos;
- **Aumento da produtividade ou do valor do produto:** atendimento aos clientes fornecendo produtos mais flexíveis, funcionais, duráveis e que atendam objetivamente às suas necessidades, utilizando a menor quantidade de recursos possível.

O conceito ecoeficiência diz respeito à busca para atender às necessidades das pessoas e do negócio, reduzindo ao mínimo os impactos negativos ao meio ambiente. Na prática, uma empresa ecoeficiente é a que consegue fazer mais com menos.

Não importa se a empresa é grande ou pequena, mas através de seu posicionamento é possível influenciar toda a cadeia com a qual trabalha.

Inserir a ecoeficiência na cadeia de valor é um agente transformador. Basta para isso combinar iniciativas diversificadas, associando o menor consumo de recursos naturais, à redução na geração de poluentes.

Em todas as empresas é essencial monitorizar indicadores ambientais por meio de metas de redução de consumo de energia, água, geração de resíduos e emissões de CO₂ além da adoção de critérios internos de conscientização dos colaboradores.

A palavra “eco” que deriva do grego “oikos”, e quer dizer “casa” ajuda a entender o conceito de ecoeficiência, que significa atitude de cuidado com o meio ambiente.

4. MODELO DE REFERÊNCIA

De acordo com o apresentado na pesquisa bibliográfica, o MSM[®] - *Multy-layer Stream Mapping* é uma ferramenta de análise e apoio a decisão desenvolvida no INEGI. Esta ferramenta permite analisar eficiências de um dado sistema em estudo através da aplicação de indicadores chave de desempenho ao sistema e acompanhar o seu percurso através da conversão dos valores reais para variáveis adimensionais (percentagem), com recurso à classificação dos indicadores em dois tipos, “**acrescenta valor**” (AV) versus “**não acrescenta valor**” (NAV).

Com a análise do desempenho em termos de eficiência, pode-se tirar conclusões quanto ao comportamento do processo e quais as variáveis de decisão que podem ser melhoradas com a aplicação das ferramentas de melhoria presentes na metodologia *Lean*.

Foi com base nesta abordagem que se desenvolveu o modelo de referência para execução da presente dissertação, introduzindo algumas adaptações pontuais na

formulação original para colmatar algumas inconformidades da ferramenta ao presente caso de estudo.

Este trabalho teve a particularidade de ter sido a primeira vez que a metodologia foi aplicada a um caso industrial no sector têxtil.

A ferramenta MSM[®] apresenta a característica de ser adequada ao estudo e análise de sistemas produtivos ao recorrer aos dados recolhidos diretamente da planta fabril, bem como ao universo da gestão de projetos ou desenvolvimento de novos produtos que esteve na sua génese. Esta flexibilidade é possível através da escolha e tratamento dos indicadores chave de desempenho adequados, o que permite a obtenção dos indicadores mediante o que se pretende estudar ou analisar.

Com a transposição desta ferramenta para uma plataforma digital a funcionar em tempo-real, poder-se-á definir valores fronteira, dos indicadores em que o sistema emite um alarme quando, o processo, máquina, ou o objeto de estudo se encontra fora desses limites definidos.

A aplicação da metodologia MSM[®] - *Multy-Layer Stream Mapping* no presente caso de estudo ocorreu na empresa IDEPA.

Para a aplicação da metodologia, dividiu-se o modelo concetual em três vistas para melhorar a análise do caso em estudo e permitir a apresentação dos resultados de uma forma estruturada. Assim foram definidos os seguintes níveis:

- 1- Modelo hierárquico da informação;
- 2- Estrutura funcional;
- 3- Estrutura dimensional dos Indicadores (KPI).

4.1. MODELO HIERÁRQUICO DA INFORMAÇÃO

No presente caso da demonstração, a agregação dos KPI's por horizonte temporal de acordo com a Figura 16, seguiu um formato em pirâmide, o que permite uma vista geral de contexto em termos do eixo temporal.

Para cada nível da pirâmide (0, 1, 2) todos os KPI's dentro do mesmo nível devem ser colocados no mesmo período de medição (exemplo: KPI's₀ todas as leituras de todos os KPI's deverão ser ajustadas para a dimensão (por dia) para efeitos de cálculo) de forma a não existir desfasamento (distância entre o resultado requerido e a medição errada) dos resultados na execução do cálculo dos indicadores de eficiência (valores adimensionais (percentagens)).

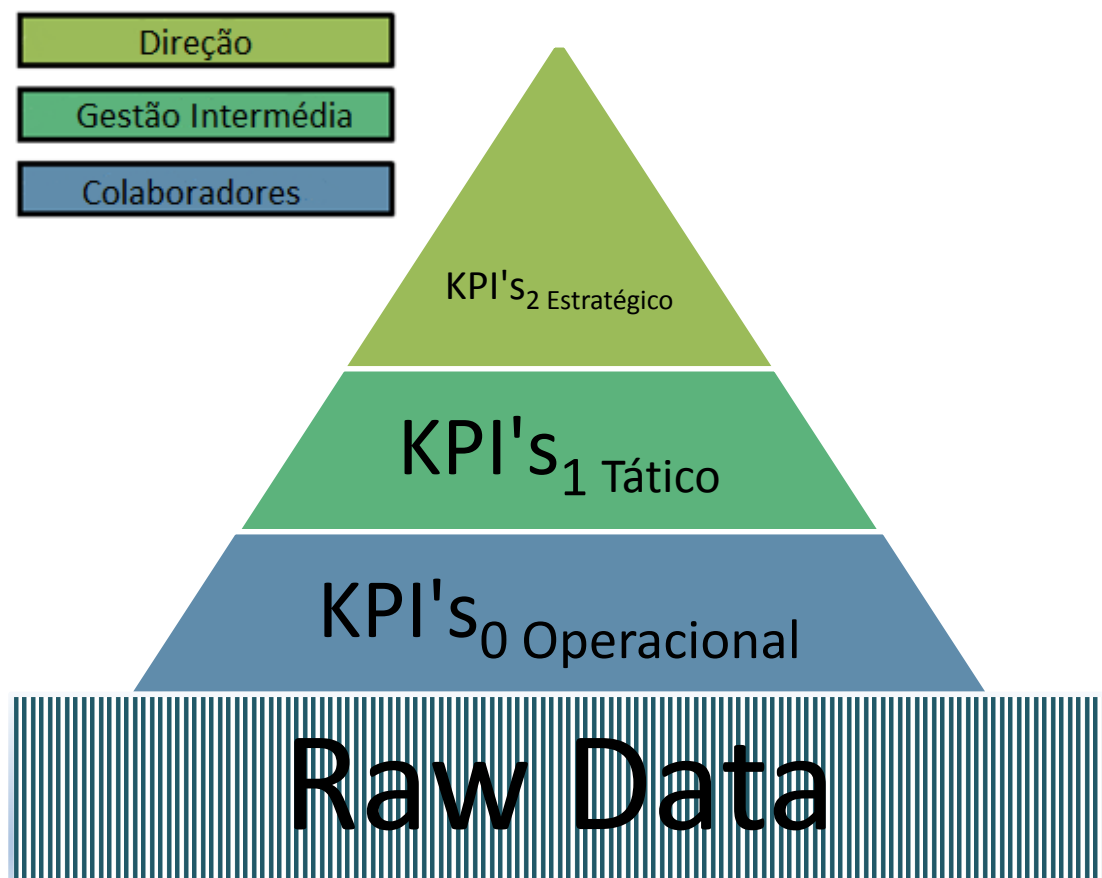


Figura 16: Pirâmide de agregação dos KPI's por ordem temporal

A estrutura em pirâmide vai de encontro à estrutura presente na ferramenta em estudo (MSM[®]) elaborado pelo LOURENÇO (2013), na qual se pode ter diferentes níveis temporais de apresentação para os KPI's, mas como não era perceptível nem estava documentado houve necessidade de realçar esta dimensão temporal dos KPI's de forma a apresentar resultados a todas as hierarquias da empresa.

A numeração dos diferentes níveis de KPI's (0_{Operacional}, 1_{Tático}, 2_{Estratégico}) serve para indicar na folha de cálculo o regime temporal (dias, meses, anos) em que os KPI'S vão ser avaliados no presente caso de estudo.

Desta forma, abaixo está presente a descrição de cada nível da pirâmide:

- Raw Data (dados em bruto) – Dados fornecidos pelo sistema, referentes às máquinas ou produtos em estudo Ex: Peças produzidas, horas trabalho, número de trabalhadores, quantidade de matéria-prima, etc.
- KPI's₀ (Nível Operacional) – Primeiro nível dos KPI's onde se cruzam alguns dados do nível inferior (raw data) permitindo assim a quantificação dos KPI's de nível zero. Neste nível os KPI's servem para representar parâmetros principalmente ao nível operacional (KPI's relacionados com colaboradores) e de período temporal curto prazo (no presente caso, avaliados por dia).
- KPI's₁ (Nível Tático) – São designados de indicadores de médio prazo, avaliados neste trabalho com a unidade temporal de mês, dão indicação do desempenho do/a sistema, máquina, linha, etc., Estes indicadores são essencialmente destinados à gestão intermédia.
- KPI's₂ (Nível Estratégico) – Indicadores de longo prazo. No presente caso de estudo, o horizonte temporal de análise foi o ano, e refletem o desempenho da empresa, departamento, sistema, linha, etc. O resultado dos KPI's é utilizado preferencialmente pela administração e direção da empresa.

4.2. ESTRUTURA FUNCIONAL

Relativamente à estrutura funcional do caso de estudo, a metodologia seguiu o modelo apresentado na Figura 17.



Figura 17: Estrutura Funcional nível de aglomeração dos KPI's

Na Figura 17 estão representadas os diferentes níveis de caracterização da organização, desde o nível inferior que é o recurso máquina, até ao nível superior que representa o consórcio. Os diferentes níveis da estrutura funcional procuram caracterizar o modelo de agregação utilizado na composição dos indicadores. Esta agregação permite a gestão da complexidade que se inicia do nível mais baixo até ao nível superior (5), nível este, onde se agregam os indicadores de eficiência de alto nível que oferecem uma análise do desempenho global do consórcio.

Esta abordagem oferece a possibilidade de através da ferramenta MSM[®], se analisar de maneira crescente de agregação as eficiências dos indicadores em cada um dos diferentes níveis estruturais de uma organização.

Todos estes níveis poderão ser também analisados nas três vertentes do eixo tempo ao nível operacional, tático e estratégico (de acordo com a seção 4.1). Isto significa que cada indicador de eficiência calculado num dos níveis de agregação organizacional - equipamento, secção, máquina, departamento, fábrica e grupo empresarial - pode ser avaliado a curto, medio ou longo prazo mediante a perspectiva de gestão pretendida.

De seguida é apresentada uma breve descrição do que poderá ser visualizado em cada nível:

- No primeiro nível, nível 0 surgem os indicadores que dizem respeito ao equipamento (máquina em estudo). Na figura 18 está representada a vista que surgirá no *dashboard* com o exemplo das etapas que ocorrem na máquina.

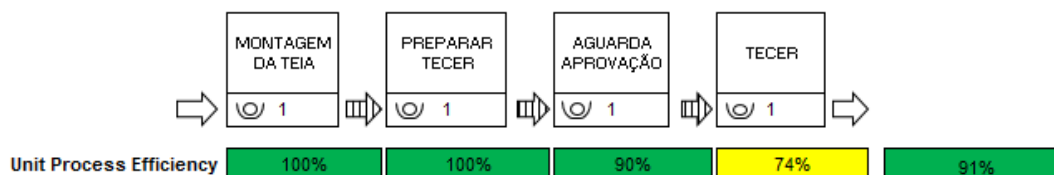


Figura 18: Operações a executar no TEAR 1

- O Nível 1 corresponde à vista referente a um conjunto de máquinas do mesmo tipo, que constituem uma secção da fábrica. Esta vista, permite a realização de estudos a uma secção, com o objetivo de avaliar as eficiências nesse aglomerado de máquinas para controlo do processo ou comparação entre elas. Com o cálculo das eficiências dos indicadores de nível 0 para todo o conjunto de máquinas do setor e realizando a agregação dessa informação é possível obter os dados necessários para a determinação das eficiências do nível seguinte, o Nível 1 (Média de todas as eficiências por máquina (nível 0) para o conjunto de máquinas (setor)).

- Para o nível 2, caso de estudo referente a uma linha de fabrico (análise ao produto), existirá um conjunto de secções (conjunto de máquinas do mesmo tipo) pelas quais o produto passará e de cada sector será calculada a eficiência do aglomerado de máquinas, para da média desses aglomerados retirar a eficiência global do produto nessa linha. Na Figura 19 está presente o exemplo da demonstração do *dashboard* da linha de produção para o produto em estudo (Produto setor automóvel).

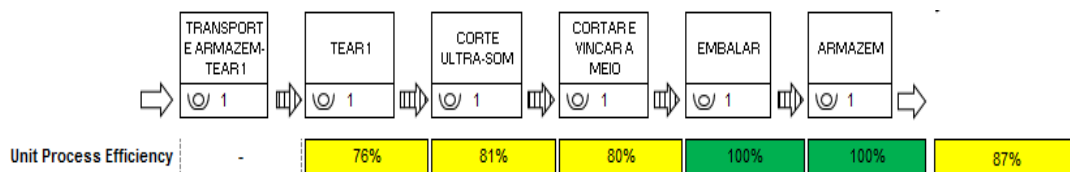


Figura 19: Linha de produção para o produto (Setor Automóvel)

- O nível 3 diz respeito ao estudo das eficiências por departamentos (uma vez que a IDEPA possui variadas fontes de rendimento (passamanarias, impressão em papel, etc.)). Procura-se com este indicador, demonstrar a performance do departamento em estudo (passamanarias), que pode ser obtida com o cálculo do aglomerado das eficiências de todos os produtos produzidos nesta área da fábrica (Média das eficiências aglomeradas de nível 2 para todos os produtos produzidos neste departamento).
- O 4º nível tem como objetivo demonstrar a eficiência da empresa (conjunto de departamentos). Obtêm-se através da média das eficiências dos vários departamentos existentes na empresa.
- Os indicadores de nível 5 servirão para análise ao consórcio (grupo de empresas com o mesmo dono), comparar eficiências entre empresas isoladas e verificar a eficiência global do consórcio.

Para cada um dos cinco níveis de análise ao sistema pode-se criar um MSM® expandido ou somando as eficiências aglomeradas de níveis anteriores conseguir tirar as eficiências dos níveis seguintes, esta é uma das vantagens da ferramenta MSM®, medir eficiências isoladas ou aglomerar as isoladas e obter eficiências

aglomeradas (na execução da folha de cálculo consegue-se não só ter a eficiência individual do estudo (máquina) mas também a global (linha ou produto)).

4.3. ESTRUTURA DIMENSIONAL DOS INDICADORES

Em relação à estrutura dimensional dos indicadores, nas Figuras 20 e 21 estão representados os exemplos como esta será apresentada nas folhas de cálculo.

Tabela 2: Modelo para representação das variáveis (KPI's).

Inf. Temporal	KPI's	Estrutura Funcional (Nível 0,1,2,3,4,5)		
KPI's 0,1,2	Operação	Valores AV/NAV	Valores AV/NAV	Valores AV/NAV
KPI's 0,1,2	Recursos	Valores AV/NAV	Valores AV/NAV	Valores AV/NAV
KPI's 0,1,2	Fluxos	Valores AV/NAV	Valores AV/NAV	Valores AV/NAV

Na figura 20 está presente o exemplo da Tabela 2 em formato folha de cálculo.

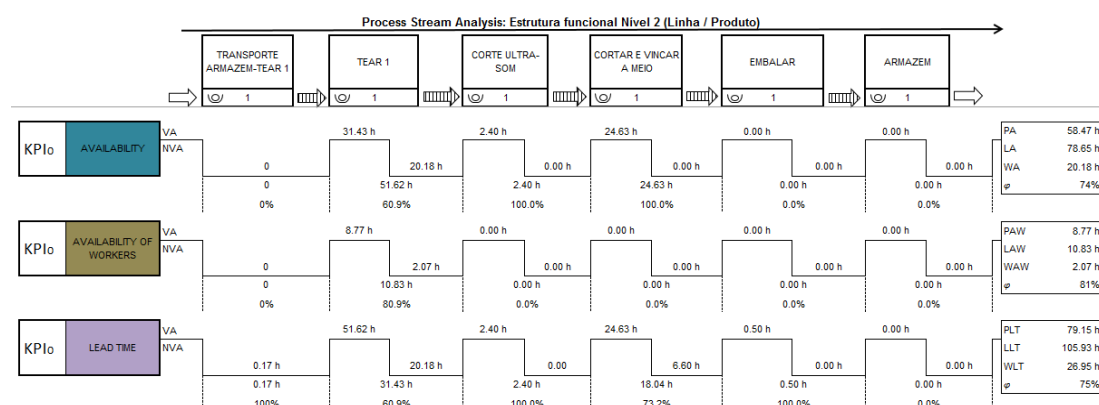


Figura 20 – Exemplo dos KPI's em folha de cálculo.

Para demonstração da estrutura dimensional dos indicadores utilizou-se o modelo criado pelo LOURENÇO (2013) ao qual se acrescentou a divisão das variáveis (KPI's) em três tipos, variáveis de operação, recursos e fluxos. Os três grupos devem funcionar como um só ao nível da análise Modelo Hierárquico da Informação (devendo estar para cada nível (0,1,2) na mesma unidade de análise (dias, meses, anos)). Quando analisados pelo método Estrutura Funcional igualmente, os três grupos devem estar sempre no mesmo nível de agregação.

Os KPI's dividem-se em três classificações:

1. KPI's de Operação – Nesta secção aparecem os KPI's que representam eficiências internas às máquinas em estudo, serão também organizados mediante a classificação do horizonte temporal em pirâmide nas três diferentes opções: KPI's₀ – Operacional, KPI's₁ – Tático, KPI's₂ – Estratégico;
2. KPI's de Recursos – Para este caso os KPI's representam a passagem de matéria, entrada e saída de energia, ar comprimido, etc. Contam igualmente com a classificação do horizonte temporal: KPI's₀ – Operacional, KPI's₁ – Tático, KPI's₂ – Estratégico;
3. KPI's de Fluxo – Nesta linha aparecem KPI's que demonstram datas entre entregas, *stocks*, controlos, etc. Distribuídos também pela classificação do horizonte temporal: KPI's₀ – Operacional, KPI's₁ – Tático, KPI's₂ – Estratégico;

Como indicado na Tabela 2, os KPI's poderão ter um horizonte temporal diferente, organizado em função da pirâmide do Modelo hierárquico temporal. Para os três tipos apresentados haverá um ciclo de gestão curto (KPI's₀ – Operacional), Médio (KPI's₁ – Tático) ou longo (KPI's₂ – Estratégico). Para cada ciclo de gestão diferente, terá de ser feito um mapa MSM[®] expandido, visto que em cada mapa as três classificações dos KPI's (operação, recurso, fluxo) terão de estar na mesma dimensão temporal de forma a obter resultados fidedignos e eficiências dentro dos parâmetros (0-100%), de forma a possibilitar uma agregação das eficiências para níveis superiores na pirâmide da estrutura funcional sem comprometer os resultados.

4.4. VISTA CONCEPTUAL DO MODELO DE REFERÊNCIA

Na figura 21 está representado o modelo de referência utilizado, de forma a obter-se uma visualização da interação da ferramenta MSM[®] com o sistema em estudo.

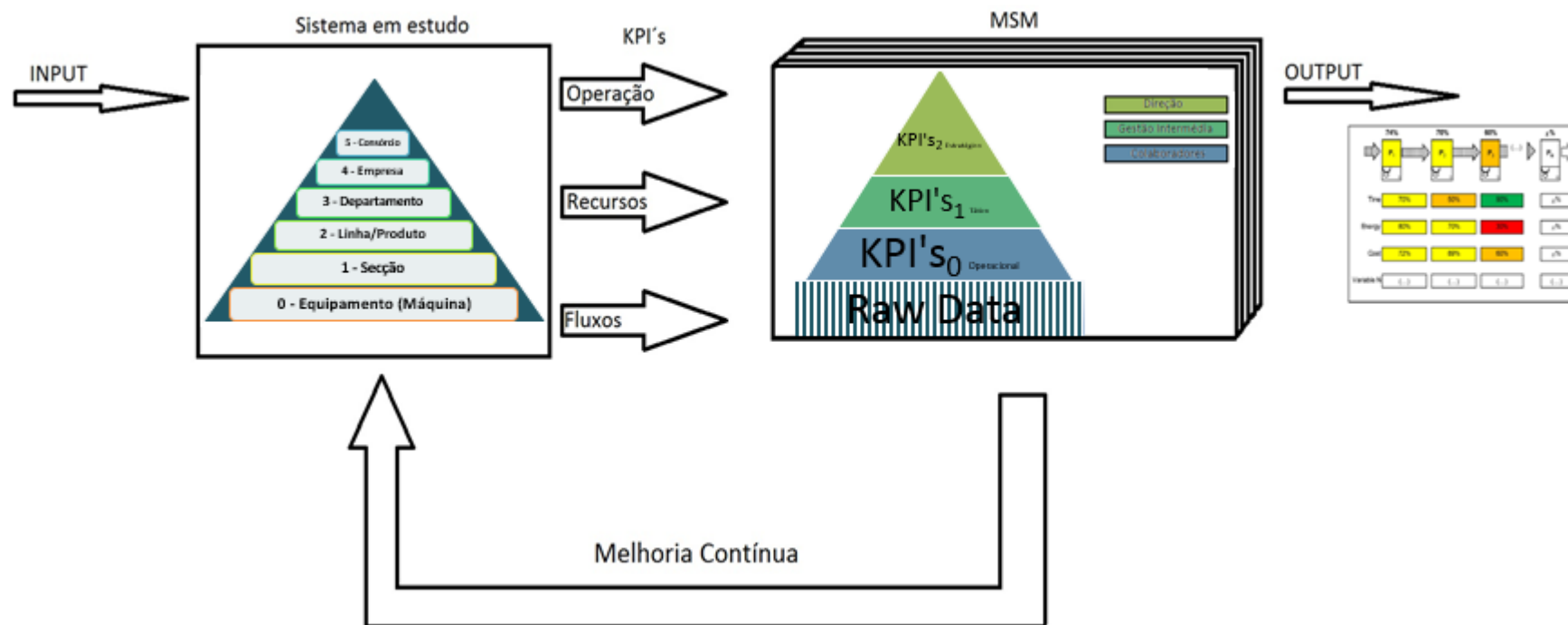


Figura 21: Modelo conceptual da aplicação da ferramenta MSM[®].

Para uma melhor compreensão do modelo de referência presente na figura 21 apresenta-se de seguida um resumo de cada etapa.

Na entrada “*inputs*” do Modelo são consideradas as encomendas de produtos pelos clientes. É com base nesses produtos que as variáveis são classificadas uma vez que a abordagem funciona com base na classificação AV e NAV (**acrescenta valor ao produto vs não acrescenta valor ao produto**).

No sistema em estudo analisou-se o sistema de forma isolada ou agregada mediante os elementos que se pretende estudar, para isso existem 6 níveis de estudo possíveis.

Do sistema de análise resultam os KPI's que posteriormente são enviados para a aplicação informática com a ferramenta MSM[®].

Na fase de implementação e uso da ferramenta, os resultados são analisados mediante o horizonte temporal de análise que se pretende bem como o nível (operacional, tático e estratégico) de modo a apresentar os indicadores de eficiência alocados a cada nível hierárquico da empresa (colaboradores, gestão intermédia e direção).

Como *output* (saídas) ou mecanismo de visualização da análise, dispõem-se do *dashboard* com os resultados das análises calculados na folha de cálculo. A partir desta informação baseada nos indicadores chave de desempenho é possível avaliar se os valores dos indicadores de eficiência estão dentro dos limites estabelecidos ou se haverá necessidade de intervenção corretiva. Neste último caso, são criados planos de melhoria, que depois com a respetiva implementação no processo são avaliadas novamente na ferramenta. Este ciclo de análise, implementação e depois retro-avaliação permite que o processo e o sistema convirjam com a melhoria de resultados e aumento global da eficiência.

5. IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA NO CASO DE ESTUDO

Neste capítulo será demonstrada a forma como a ferramenta MSM[®] foi adaptada e implementada na empresa caso de estudo.

5.1. ESTADO INICIAL PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A empresa onde se realizou o caso de estudo com a aplicação da ferramenta MSM[®] – *Multi-layer stream mapping* à produção, é uma empresa industrial conceituada e respeitada na área têxtil, trata-se da IDEPA, e tem como principal atividade a produção de passamanarias para diversos sectores.

A empresa está organizada em diversas áreas (setores) de produção interligados com um fluxo sequencial onde se realizam as necessárias operações para a transformação da matéria-prima no produto final constituído por apliques, fitas ou cordões aplicados em roupas. Embora o fluxo seja sequencial na maioria dos casos, existem

casos de alguns produtos em que o respetivo fluxo não percorre todos os sectores do processo de fabrico da passamanaria.

Na figura 22 está representado o *Layout* com a disposição das diferentes áreas (setores) de produção para as passamanarias. Estas áreas estão divididas por paredes para atenuar os barulhos produzidos pelas zonas dos teares e também para permitir a separação das diferentes funções.



Figura 22: *Layout* do departamento da fábrica em estudo

Relativamente aos fluxos produtivos estes seguem a sequência numerada presente na Figura 22 para a maioria dos produtos, no entanto há casos em que o padrão sequencial não é respeitado.

Na Tabela 3 é feita a discriminação das diferentes áreas visíveis no *layout* da unidade produtiva.

Tabela 3: Descrição da figura 22

Número	Nome	Descrição
1	Armazém matéria-Prima	Armazenamento da matéria-prima
2	Tece a Teia	Produção da Teia
3	Teares 1	Produção do produto
4	Teares 2	Produção do produto
5	Coze e enrola	Prepara o produto para posteriormente ser cortado ou enrola para venda sem corte
6	Corte e dobra/embala	Corta o produto em porções iguais e embala para a venda
7	Tinturaria	Processo de dar cor a alguns produtos ou lavagem
8	Armazém produto final	Armazenamento do produto final para venda

Para cada área, existe um conjunto de máquinas a processar ao mesmo tempo produtos diferentes. Dado que a variedade de produtos é muito elevada, de forma a obter-se uma validação inicial da ferramenta, optou-se pela análise a uma única linha de produção para um produto (análise funcional de nível 2 (Produto setor automóvel)).

Procedeu-se também à recolha de dados reais na fábrica de forma a exemplificar a análise funcional Nível 0 (Máquina/Operação) recolhendo dados de um tear (TEAR 1).

De forma a identificar quais os KPI's que melhor caracterizavam os processos em estudo na fábrica, fez-se também uma análise organizacional de nível 4 (Empresa) para demonstrar quais os indicadores críticos e relevantes para a tomada de decisão na gestão intermédia e da direção.

Com vista ao levantamento dos dados e visualização do processo no seu todo efetuou-se uma visita de campo às instalações. Nesta visita verificaram-se vários problemas logo à partida, um deles era de que a empresa para a maioria das máquinas tinha associado um *display* que fornecia ao operador uma informação visual das variáveis (velocidade, produção, temperatura...) que a máquina possui. Estes valores para a maioria das máquinas são lidos no *display* mas não são enviados para a base de dados ERP, onde estas informações recolhidas permitiriam a compilação dos indicadores necessários à ferramenta MSM[®].

Esta integração entre o ERP e o chão de fábrica permitiria que os dados recolhidos pudessem ser armazenados na base de dados e posteriormente a ferramenta MSM[®] poderia tratar esses valores e gerar os necessários indicadores de eficiência que serviriam como auxílio à tomada de decisão para melhoria do processo ou do produto.

Importa referir que a empresa já possui um sistema de controlo e monitorização integrado com o ERP a funcionar em algumas máquinas. Isto permite um controlo em tempo real, podendo oferecer simultaneamente dados históricos para futuras intervenções de prevenção de avarias e melhor controlo do processo.

Após a visita ao terreno, houve necessidade de identificar quais as carências no fluxo de informação do processo e lacunas na compilação de indicadores de gestão junto dos gestores da IDEPA. Após a sessão de brainstorming, identificaram-se os principais KPI's requeridos para melhoria do produto/processo.

A implementação da ferramenta tem por base o modelo de referência apresentado no Capítulo 4. O estudo preliminar foi realizado tendo por base o modelo hierárquico em pirâmide da organização. Para isso foi realizada uma análise individual a cada máquina, depois uma análise agregada à linha de produção em estudo e por fim o

estudo avaliou a empresa. Com esta abordagem foi possível obter-se um mapa simplificado dos principais indicadores nos diferentes níveis do caso de estudo.

5.2. CASO DE APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO

A aplicação da ferramenta MSM[®] à produção industrial requer uma análise minuciosa das variáveis inerentes ao sistema no qual vai ser instanciado.

Para se aplicar a ferramenta MSM[®] à produção industrial é necessário a parametrização prévia dos rácios que permitem a avaliação dos KPI's. Estes rácios são criados para que, quanto mais baixo for o desempenho, mais baixo será o valor do indicador e vice-versa. Estes rácios estão limitados ao intervalo entre 0% e 100% de modo a permitir a uniformização de resultados e a respetiva integração. Com esta uniformização, podem assim ser calculados indicadores gerais sem se correr o risco de surgirem distorções.

Em algumas fórmulas de cálculo dos indicadores utiliza-se o máximo móvel (permite que o máximo para um determinado indicador possa ser alterado mediante o máximo obtido, caso este seja melhor que o praticado previamente ou teórico calculado) este novo máximo será o utilizado para atender à melhoria contínua pretendida na empresa.

Para avaliação das variáveis de **Operação**, reuniram-se os seguintes KPI's presentes na Tabela 4:

Tabela 4: Apresenta as Variáveis de Operação

Variáveis (KPI's)	Fórmula de Cálculo (%)
<i>Availability (Av)</i> - Disponibilidade	$Av = \frac{(\textit{Tempo de produção medido})}{(\textit{Tempo de produção teorico})}$
<i>Number of breaks for web (nBW)</i> – Número de paragens por Teia	$nBW = \frac{N^{\circ} \textit{Total de Paragens Programadas}}{N^{\circ} \textit{Paragens por Teia}}$
<i>Number os breaks for order manufacturing (nBOM)</i> – Número de paragens por ordem de fabrico	$nBOM = \frac{N^{\circ} \textit{Total de Paragens Programadas}}{N^{\circ} \textit{Paragens por Ordem de Fabrico}}$

<p><i>Number of breaks over 10 minuts</i> (nB10) - Número de paragens superiores a 10 min</p>	$nB10 = \frac{N^{\circ} \text{ Total de Paragens Programadas}}{N^{\circ} \text{ paragens superiores a 10 min}}$
<p><i>Build to Schedule (BST) – Atender a produção</i></p>	$BTS = \frac{\text{Produção efectiva realizada pela máquina}}{\text{Produção pedida pelo cliente}}$
<p><i>Rate conforming (RC) – Qualidade</i></p>	$RC = \frac{\text{Total peças produzidas} - (\text{Total de peças produzidas} - \text{Total de peças final})}{\text{Total peças produzidas}}$
<p><i>Utilization rate of Rapport (UrR) - Aproveitamento do Rapport</i></p>	$UrR = \frac{\text{Área do rapport} - \left(\text{Área do rapport} - INT \left(\frac{\text{Área do rapport}}{\text{Largura do produto}} \right) \times \text{Largura do produto} \right)}{\text{Área do rapport}}$
<p><i>Effective Performance (EP) - Performance efetiva</i></p>	$EP = \frac{N^{\circ} \text{ de peças produzidas} \times \text{Ciclo da máquina}}{\text{Tempo Programado trabalhar}}$
<p><i>Theoretical performance (TP) - Performance Teórica</i></p>	$PT = \frac{N^{\circ} \text{ de peças programadas produzir} \times \text{Ciclo da máquina}}{\text{Tempo programado trabalhar}}$

<i>Performance Machine (PM)</i> - Performance da Máquina	$PM = \frac{\text{Eficiência efectiva}}{\text{Eficiência Teórica}}$
Overall Equipment Effectiveness (OEE) - Efetividade global do equipamento)	$OEE = Availability \times rate\ conforming \times Performance\ Machine$ $OEE = Disponibilidade \times Qualidade \times Performance\ da\ Máquina$

Para todos os KPI'S de operação no caso de estudo, foi executada uma análise por horizonte temporal medido em dias.

O objetivo em todos os indicadores identificados consistiu na obtenção de um valor de eficiência de 100% ou o mais próximo possível. Com uma eficiência de 100%, isso significa que nesse caso é possível retirar o rendimento máximo possível da operação/máquina.

No caso do indicador *Availability (Av)* - Disponibilidade da máquina, pretende-se verificar se a máquina acrescenta valor durante todo o tempo disponível (tempo de trabalho programado).

O indicador *Number of breaks for web (nBW)* – Número de paragens por teia, serve para informação das paragens que existem para além das programadas por rolo de teia inserido no tear para produção das ordens de fabrico. Neste indicador, como em todos os casos de indicadores de paragens é necessário utilizar o “máximo móvel” pois as eficiências têm de se enquadrar entre os valores de 0-100%

Number of breaks for order manufacturing (nBOM) – Número de paragens por ordem de fabrico, com este indicador pretende-se verificar as paragens que ocorrem durante a execução de uma encomenda (ordem de fabrico), paragens essas devido a variados fatores: preparar a máquina, esperar confirmação para avançar com a produção, reparações etc.

Number of breaks over 10 minutes (nB10) - Número de paragens superiores a 10 min, este é um indicador específico para os operários da manutenção, uma vez que em paragens superiores a 10 min é requerido a presença destes junto à máquina. Este indicador permite avaliar se a avaria é da máquina ou do processo (por encravamento ou outro fator similar).

Build to Schedule (BST) – Atender a produção; Produzir só o que é pedido pelo cliente (just- in-time), o objetivo com este indicador é verificar se está a ser utilizada a política de *just-in-time* (produzir só a quantidade pedida e na hora pedida) que permite poupanças nos custos de inventário.

Rate conforming (RC) – Qualidade; indica se o equipamento está a produzir peças defeituosas, uma vez que o objetivo é zero defeitos.

Utilization rate of Rapport (UrR) - Aproveitamento do Rapport; neste caso o indicador de aproveitamento do rapport (área onde é enlaçado o produto) vai demonstrar a área que é desperdício obrigatório uma vez que há peças que não completam toda a área do rapport e essa área é desperdício obrigatório que não acrescenta valor ao produto.

Effective Performance (EP) - Performance efetiva, indicador intermédio que dá a performance efetiva da máquina mediante as peças produzidas efetivamente.

Theoretical performance (TP) - Performance Teórica; permite saber a percentagem da performance da máquina teoricamente sabendo as peças que se pretende produzir e o tempo necessário para as produzir.

Performance Machine (PM) - Performance da Máquina; este indicador informa se se está produzir conforme o teoricamente planeado e se o desempenho da máquina está estável, pois se o valor do indicador for muito baixo isso significa que a máquina esta a demorar mais do que o planeado a produzir o produto final.

Overall Equipment Effectiveness (OEE) - Eficiência global do equipamento; com este indicador pode-se verificar se o equipamento está em boas condições de produção, caso esteja com uma eficiência muito baixa, isso indica uma necessidade de reparação ou substituição do equipamento.

Para avaliar as variáveis de **Recursos** existem os seguintes KPI's, representados na Tabela 5:

Tabela 5: Apresenta as Variáveis dos Recursos

Variáveis (KPI's)	Fórmula de Cálculo (%)
<i>Efficiency energetic</i> (EE) - Eficiência energética	$EE = \frac{\text{Energia gasta pelo equipamento} \times \text{Tempo util}}{\text{Energia gasta pelo equipamento} \times \text{Tempo total a funcionar}}$
<i>Availability os workers</i> (AW) - Disponibilidade dos operários	$AW = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas efectivas a trabalhar}}{\text{N}^\circ \text{ horas total de trabalho}}$
<i>Area of Occupancy</i> (AO) - Área de Ocupação	$AO = \frac{\sum \text{Área dos equipamentos}}{\text{Área Total Fabril}}$
<i>Efficiency of compressed air</i> (ECA) - Eficiência do ar comprimido	$ECA = \frac{\text{Consumo de ar comprimido} \times \text{Tempo util}}{\text{Consumo de ar comprimido} \times \text{Tempo total a trabalhar}}$

Efficiency energetic (EE) - Eficiência energética, indica se a máquina está a consumir muita energia sem estar acrescentar valor ao produto.

Availability os workers (AW) - Disponibilidade dos operários, quanto maior for a percentagem deste indicador, significa que menos tempo os operadores estão parados.

Area of Occupancy (AO) - Área de Ocupação, representa a área ocupada pelas máquinas na fábrica e verificar se a distribuição do espaço esta a ser bem corretamente utilizada. O valor ideal de acordo com a experiência da empresa deveria ser próximo de 90% devido aos espaços para os funcionários e produto se movimentarem.

Efficiency of compressed air (ECA) - Eficiência do ar comprimido, é um dos indicadores mais importantes para a empresa uma vez que o ar comprimido é um recurso silencioso e nem sempre se tem uma clara noção de consumo real e do seu desperdício.

Para avaliar as variáveis de **Fluxos** temos os seguintes KPI's, formulados na Tabela 6:

Tabela 6: Variáveis de Fluxos

Variáveis (KPI's)	Fórmula de Cálculo (%)
<i>Use of Raw Material (uRM) – Uso da Matéria-Prima</i>	$UrM (Kg) = \frac{MP - (MP - Produto\ final)}{MP}$
<i>Lead Time (LT) – Tempo gasto nas ordens de fabrico</i>	$LT = \frac{Minimo\ tempo\ efetivo\ de\ produção}{Tempo\ global}$
<i>Percentage of Sampling (PoS) - Controlo</i>	$PoS = \frac{N^{\circ}\ de\ peças\ controladas}{N^{\circ}\ total\ de\ peças\ a\ controlar}$
<i>Work in progress (WiP) - Stocks (S)</i>	$WiP = \frac{Número\ de\ peças\ produzidas + SS - Peças\ requeridas\ pelo\ cliente}{Maximo\ (Número\ ou\ teorico\ requerido)}$

Use of Raw Material (uRM) – Uso da Matéria-Prima, indica a percentagem de matéria-prima desperdiçada em artigos defeituosos ou outras formas de desperdício.

Lead Time (LT) – Tempo gasto nas ordens de fabrico; este indicador permite demonstrar a eficiência desde a entrada à saída do produto no equipamento (máquina) ou linha de produção.

Percentage of Sampling (PoS) – Controlo; serve para indicar a percentagem de peças no controlo da produção, se todas as peças teoricamente propostas para análise são avaliadas.

Work in progress (WiP) - Stocks (S), quantifica o volume de inventário ao longo do processo; deveria ser o menor possível para ir de encontro à filosofia just-in-time.

Indicadores **Nível organizacional 4** e com período temporal de médio e longo prazo

Tabela 7: Variáveis medidas a médio e longo prazo

Variáveis (KPI's)	Fórmula de Cálculo (%)
<i>Productivity (P)</i> - Produtividade	$P = \frac{\text{Produção de um mês "ano actual"}}{\text{Produção mês igual "ano anterior"}}$
<i>Productivity (P)</i> - Produtividade	$P = \frac{\text{Produção ano actual}}{\text{Produção ano anterior}}$
Profitability (Pr) - Rentabilidade	$Pr = \frac{\text{Receita de vendas} - \text{Custo dos produtos vendidos}}{\text{Receita de Vendas}}$
EBITA (Eb)	$Eb = \frac{\text{Dinheiro gerado na empresa} - \text{Gastos "Ano actual"}}{\text{Dinheiro gerado na empresa} - \text{Gastos "estimativa"}}$
<i>Variety of Products (VP)</i> - Variedade de produtos	$VP = \frac{\text{Variedade "Mês ano anterior"}}{\text{Variedade "no mesmo Mês ano actual"}}$

<i>Amount of Clientes (AoC)</i> - Quantidade de clientes	$AoC = \frac{\text{Número de clientes Mês ano passado}}{\text{Número de clientes Mês ano atual}}$
<i>Amount of Clientes (AoC)</i> - Quantidade de clientes	$AoC = \frac{\text{Número de clientes ano passado}}{\text{Número de clientes ano atual}}$
<i>Orders of Manufacturing (OM)</i> - Ordens de fabrico	$OM = \frac{\text{Número de Ordens de fabrico Mês ano passado}}{\text{Número de Ordens de fabrico Mês ano atual}}$
<i>Orders of Manufacturing (OM)</i> - Ordens de fabrico	$OM = \frac{\text{Número de Ordens de fabrico ano passado}}{\text{Número de Ordens de fabrico ano atual}}$

Productivity (P) – Produtividade; este indicador tático vai comparar a produção de um mês do ano atual com o mesmo mês do ano anterior. Quando agregado pode permitir uma análise estratégica, pois compara a produção em cada ano utilizando o máximo móvel.

Profitability (Pr) – Rentabilidade; serve para acompanhar a evolução da rentabilidade do ativo operacional nos negócios da organização e definir ações para a sua melhoria.

EBITA (Eb) é a sigla para lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização. Corresponde a uma forma de calcular o lucro bruto, obtido a partir da demonstração do resultado, sem levar em consideração itens contabilísticos.

Variety of Products (VP) - Variedade de produtos; *Amount of Clientes (AoC)* - Quantidade de clientes; *Orders of Manufacturing (OM)* – Permite a análise das ordens de fabrico, tanto ao nível tático como estratégico dependendo do horizonte temporal e assim demonstrar as eficiências para estes KPI'S que são de grande importância para a direção da empresa.

Variety of Products (VP) - Variedade de produtos; *Amount of Clientes (AoC)* - Quantidade de clientes; *Orders of Manufacturing (OM)* - Ordens de fabrico, serão analisadas dependendo se tático ou estratégico da mesma forma da variável produtividade e assim demonstrar as eficiências para estes KPI'S que são de grande importância para a direção da empresa.

5.3. ANÁLISE ESTRUTURADA DA EFICIÊNCIA

Para uma análise e tratamento dos valores recolhidos em bruto houve necessidade da criação de folhas de cálculo, formatadas para o modelo de referência apresentado no subcapítulo que se segue.

5.3.1. VISTA DA MÁQUINA/OPERAÇÃO

A folha “MSM[®] Expandido” (Figura 23) apresenta os valores brutos para cada variável e por etapa na máquina em estudo, valores estes que são utilizados para calcular os rácios apresentados na folha “MSM[®] Efficiency” na opção visual do *dashboard*.

Por vezes só a informação relativa à eficiência não é suficiente. É pois necessário analisar os valores nas suas respetivas unidades para se ter a noção exata da magnitude dos fenómenos. No sentido de colmatar essa necessidade de avaliação das grandezas foi desenvolvida uma vista específica para isso.

Esta vista recolhe automaticamente os valores de uma tabela criada com os dados em bruto, dados de entrada “*inputs*” (*Raw Data*), fornecidos pelos componentes da fábrica (máquinas) ligados ao sistema ERP. Nesta vista efetuam-se os cálculos através das fórmulas previamente descritas no (Ponto 5.2) para cada variável, de forma a apresentar as eficiências resultantes desses cálculos.

Para uma melhor organização e visualização das variáveis, estas foram organizadas por diferentes cores (operação (azul), recursos (castanho), fluxos (lilás)) presentes nas figuras 23 até à 31 e no modelo de referência.

Multilayer Stream Mapping: Production System Performance Assessment

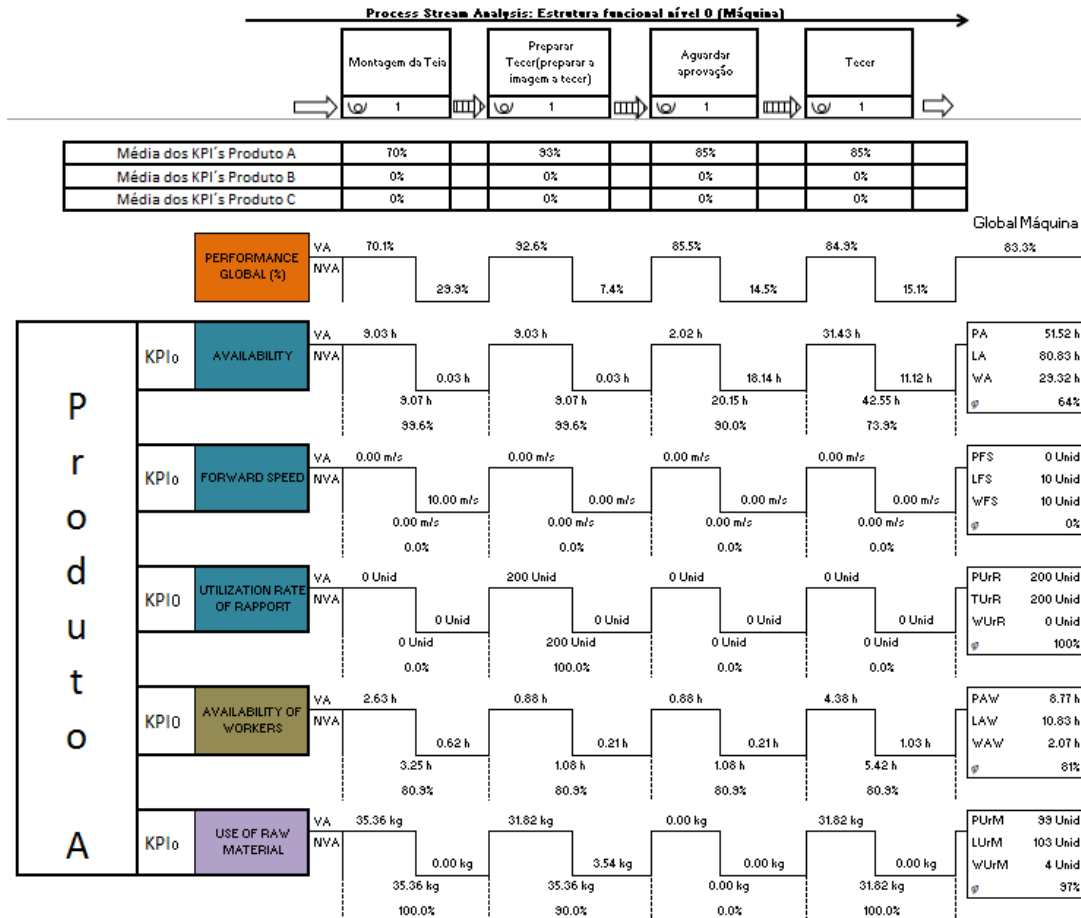


Figura 23: Folha “MSM[®] expandido” para uma Máquina/Operação

Na figura 23 está representada a folha de cálculo da aplicação desenvolvida com o tratamento dos valores em bruto retirados do sistema.

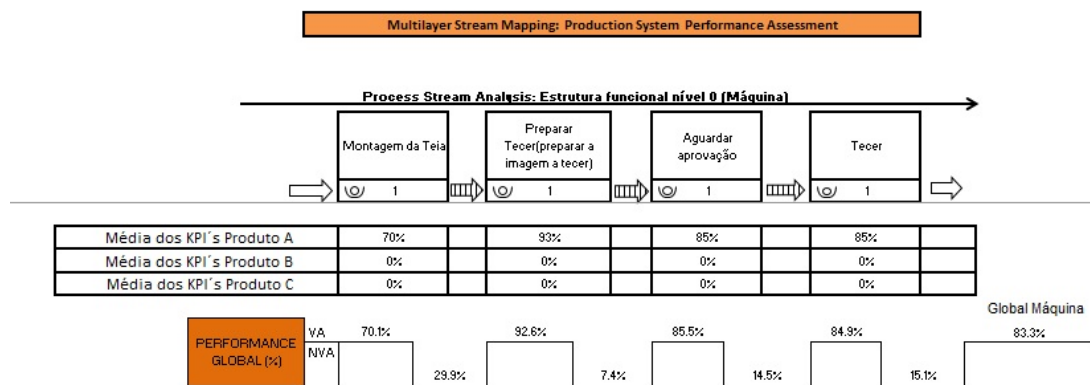


Figura 24: Folha “MSM[®] Expandido por máquina” – Desempenho global por etapa na máquina

Na figura 24 pode-se observar as eficiências globais por etapa na máquina e também a agrupada de todas as etapas da máquina.

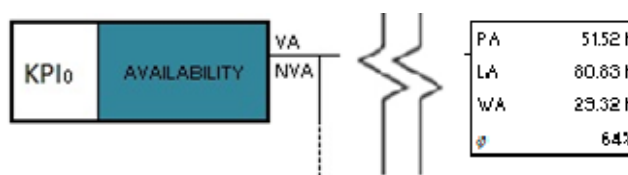


Figura 25: Folha “MSM[®] Expandido por máquina” – Eficiência por variável

Com a figura 25 observa-se do lado esquerdo a variável (KPI) e do lado direito os valores agrupados da parcela que **acrescenta valor** e a que **não acrescenta valor** em todas as etapas e também a eficiência resultante para a variável.

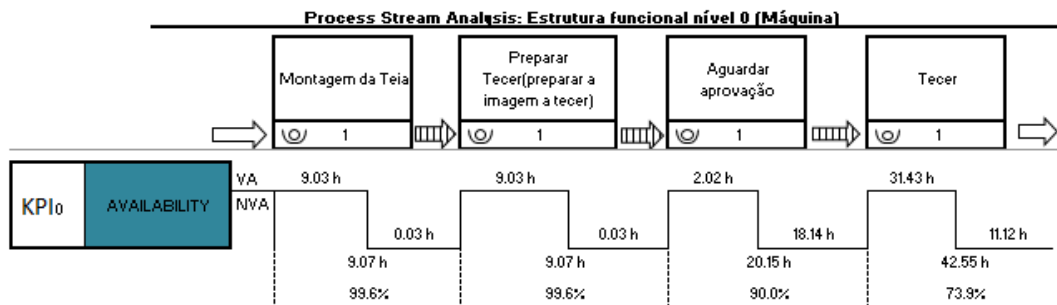


Figura 26: Folha “MSM[®] Expandido por máquina” – Valores em bruto de cada variável por etapa na máquina

Na figura 26 observa-se os valores em bruto em cada fase da máquina para o tempo que acrescenta valor e o que não acrescenta valor no processo de fabrico do produto.

5.3.2. VISTA LINHA OU PRODUTO

A folha “MSM[®] Expandido” (Figura 27) apresenta os valores brutos para cada variável e por máquina na linha de produção do produto (automóvel) que são utilizados para calcular os dados apresentados na folha “MSM[®] Efficiency”.

Da mesma forma que o no ponto “5.3.1 - vista da máquina” nesta vista procedeu-se à mesma separação das variáveis (KPI's) por cor (operação (azul), recursos (castanho), fluxos (lilás)).

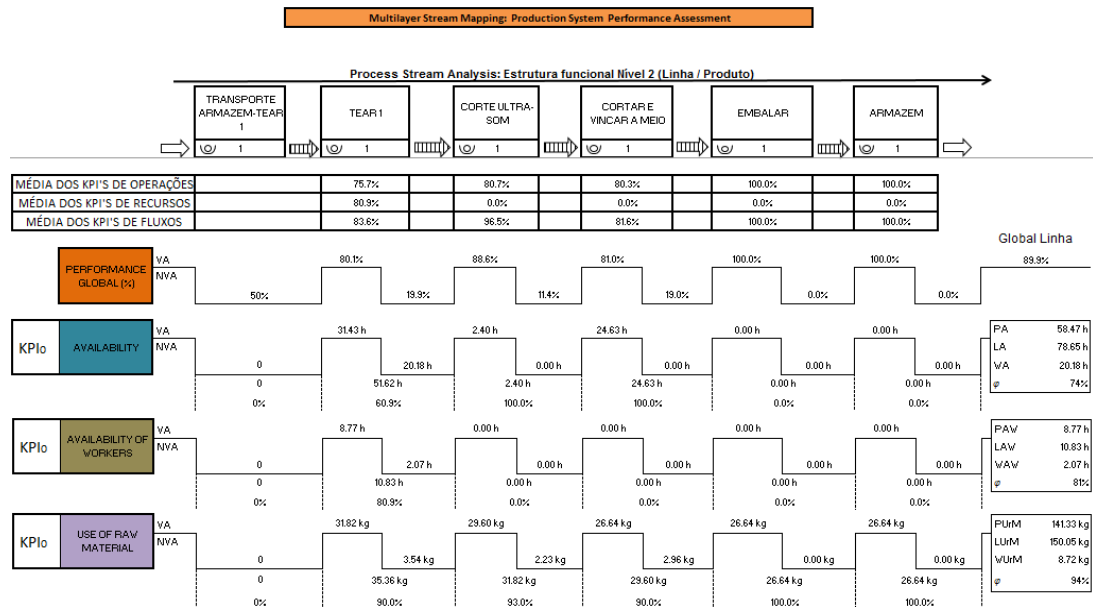


Figura 27: Folha “MSM[®] expandido” por Linha/Produto

Na figura 27 está presente a folha de cálculo que representa a aplicação e tratamento dos valores em bruto retirados do sistema, e a divisão por cores dos KPI's.

Desempenho global de todos os KPI's por Máquina / Operação e também por classe de variáveis (operação, recursos, fluxos) (Figura 28)

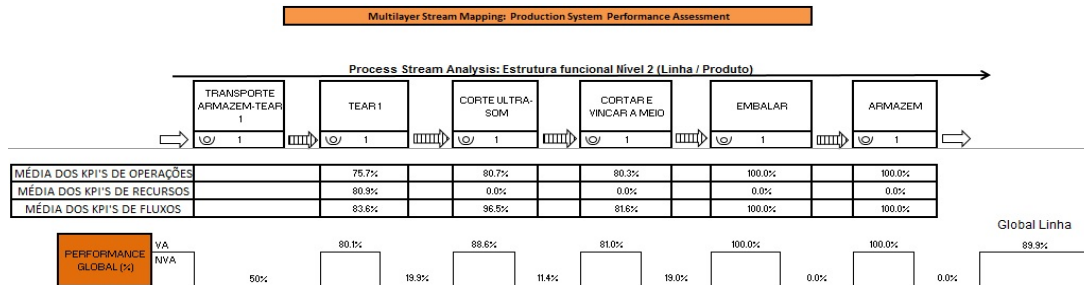


Figura 28: Folha “MSM[®] Expandido” – Desempenho global por máquina/operação

Na figura 28 consegue-se ver a média dos KPI's por (operação, recursos, fluxos), e ainda a média dos mesmos por etapa na máquina, tal como também a eficiência global de todos juntos, resultando assim na eficiência global da linha de fabrico (eficiência do produto).

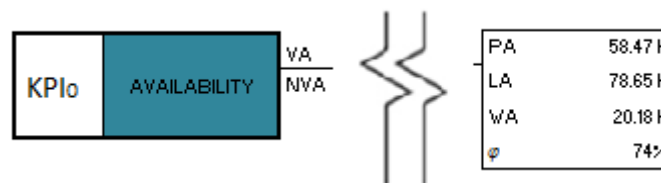


Figura 29: Folha “MSM[®] Expandido” – Eficiência por variável

Na figura 29 observa-se os valores em bruto em cada fase da máquina para o tempo que acrescenta valor e o que não acrescenta valor no processo de fabrico do produto.

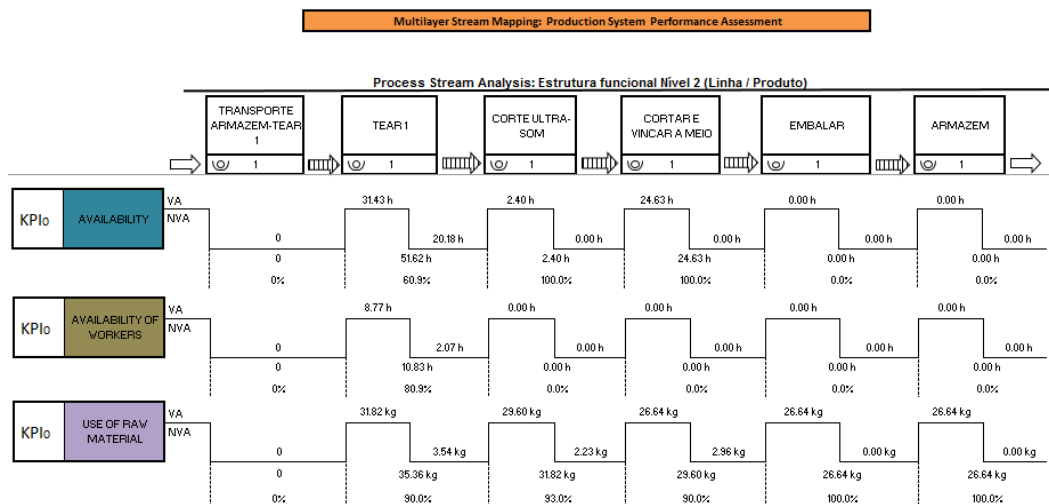


Figura 30: Folha “MSM[®] Expandido” – Valores em bruto de cada variável por máquina/operação

Na figura 30 verificam-se os valores em bruto em cada operação durante a linha de fabrico, com isto tem-se uma melhor análise dos aspetos do processo que estão acrescentar valor e dos que são desperdício para a empresa.



Figura 31: Folha “MSM[®] Expandido” – Ponderação temporal

Houve necessidade de criar um espaço ao lado esquerdo do KPI para dar a indicação do horizonte temporal do mesmo. Como mostra a figura 31 a seta indica o quadrado onde aparece o horizonte temporal em que está a ser avaliada a variável (KPI), isto vai permitir ao utilizador verificar para que hierarquia (direção, gestão intermédia ou operários) o resultado deste KPI será mais indicado.

5.3.3. VISTA DA FÁBRICA

Nesta vista são apresentadas as variáveis recolhidas a médio e longo prazo (KPI's₁ e KPI's₂) para uma visão mais abrangente da fábrica, verificando-se assim se a mesma está com bom desempenho ao nível da eficiência do processo produtivo.

Criaram-se duas folhas de cálculo para os horizontes temporais (tático e estratégico).

Na primeira folha, onde é apresentado o regime tático das variáveis (KPI's₁) é feita uma análise mensal, para permitir uma análise adequada das medidas de eficiência à gestão intermédia. Na segunda folha referente ao regime estratégico, fez uma análise anual, de modo a apresentar resultados relevantes à direção da empresa.

Neste ponto vista da fábrica não estarão presentes as folhas de cálculo pois estão em anexo (anexo A3 e anexo A4), os resultados das eficiências calculadas estão demonstrados e discutidos no ponto (5.4.3 - *Dashboard efficiency* por nível tático e estratégico).

5.4. QUADROS DEMONSTRATIVOS DE RESULTADOS

5.4.1. DASHBOARD EFFICIENCY POR MÁQUINA

Nesta vista, pode-se observar para uma máquina em análise as diferentes operações que esta realiza e mediante os KPI's escolhidos verificar quais os que estão a **acrescentar valor** ao produto e os que estão a gerar maior desperdício (tempos parados, gastos de matéria-prima em demasia etc.)

Neste mesmo ponto será dividido em três quadros *dashboard* a apresentação dos resultados para cada um dos três tipos de KPI's (operação, recurso e fluxo) por máquina (TEAR1).

Esta informação é um meio importante para o gestor intermedio/operário pois permite verificar a razão de alguns equipamentos terem mais rendimento do que outros e ir à origem do problema.

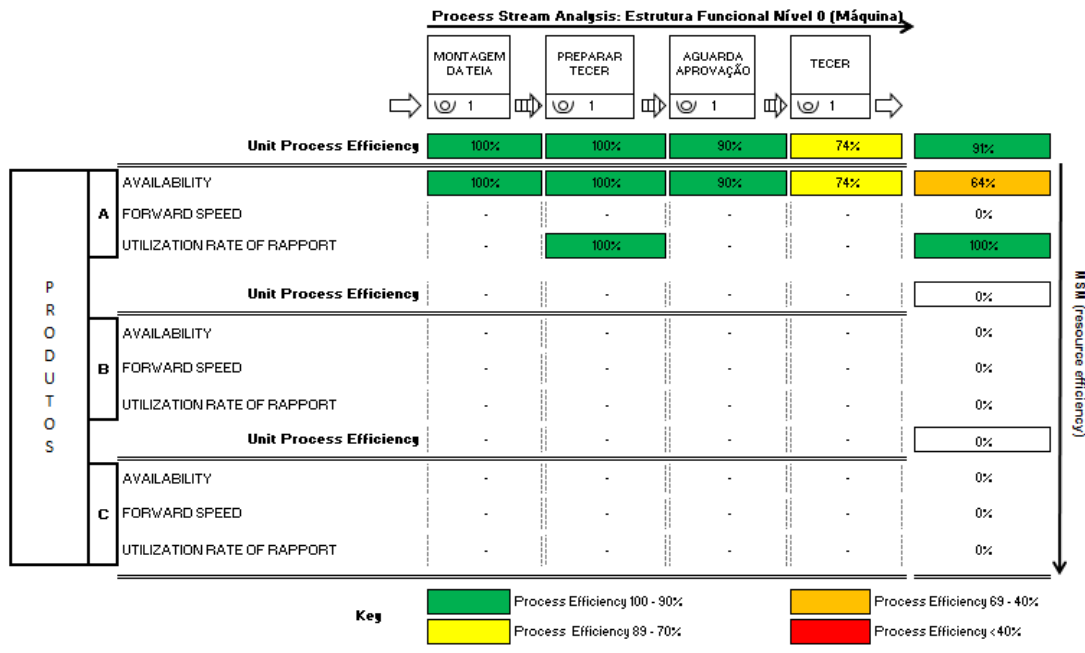


Figura 32: Folha “Dashboard efficiency variáveis de Operação”

Pode-se com o quadro (Figura 32) verificar que a maioria das etapas na máquina estão próximas de 100% (cor verde), mas para a etapa “tecer” a eficiência esta abaixo do esperado logo é uma operação a analisar com vista a proceder à sua melhoria.

Verifica-se ainda na (Figura 32) que a variável “availability” está com uma eficiência agregada de 64%, pode ser um fator a melhorar, incidir nesta variável para melhorar o processo na máquina TEAR1, pois se está abaixo da eficiência máxima ainda há possibilidade de aumentar o seu rendimento.

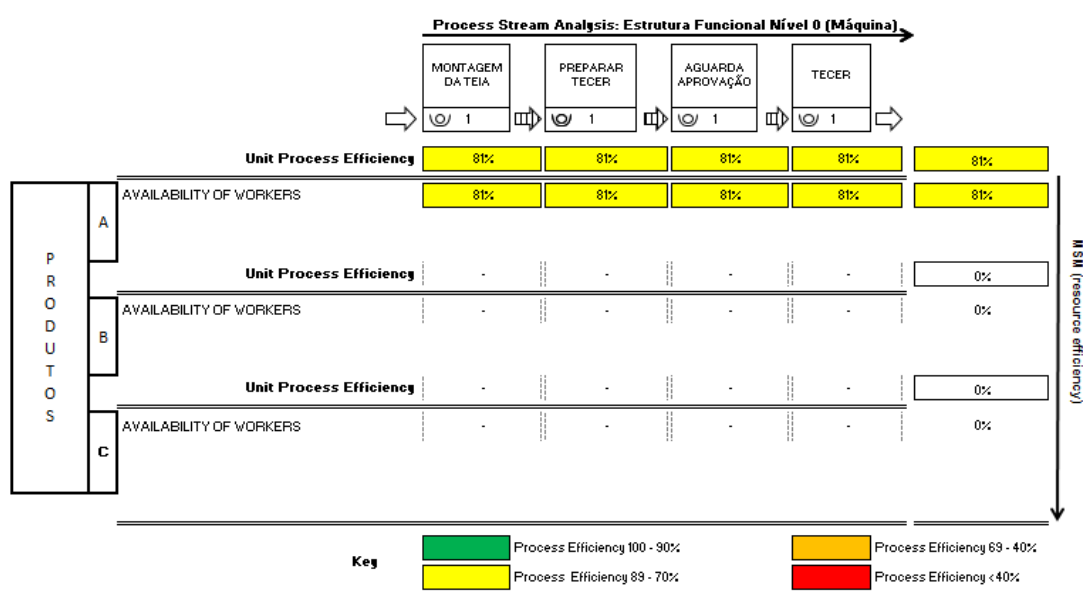


Figura 33: Folha “Dashboard efficiency variáveis de Recursos”

Verificou-se com a análise do quadro de dashboard (Figura 33) que os trabalhadores estão um pouco abaixo da eficiência máxima, o que significa que estão parados mais tempo do que o necessário.

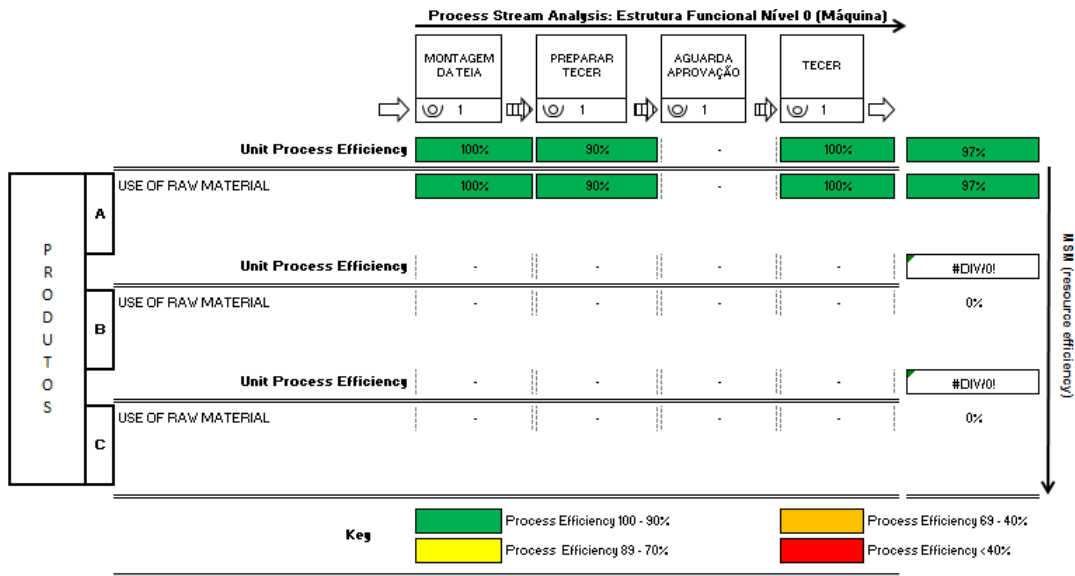


Figura 34: Folha “Dashboard efficiency variáveis de Fluxos”

Na etapa do TEAR1, verifica-se na (Figura 34) que a utilização da matéria-prima está a um nível adequado, sem ocorrer grandes desperdícios para este produto em estudo.

5.4.2. DASHBOARD EFFICIENCY PRODUTO

Neste ponto apresentam-se os quadros *dashboards* das eficiências, que são resultado da folha do MSM[®] expandido para a linha do produto em estudo, de forma apresentar uma forma de leitura rápida e intuitiva aos órgãos da empresa.

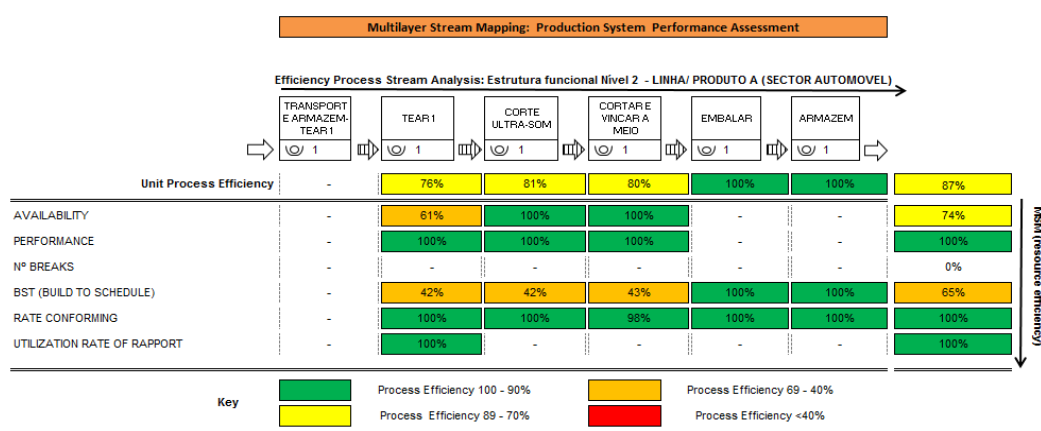


Figura 35: Folha “Dashboard efficiency variáveis de Operação”

Verifica-se na (Figura 35) que o valor com eficiência mais baixa é o caso do BST, o que significa que se está a produzir mais do que o requerido pelo cliente. Isso sucede no entanto devido à exigência do cliente de existir um stock de segurança. Acresce também o facto de se ter de produzir quantidades sempre maiores que o pedido do cliente devido à percentagem de defeituosos que vão acontecendo ao longo da linha de fabrico.

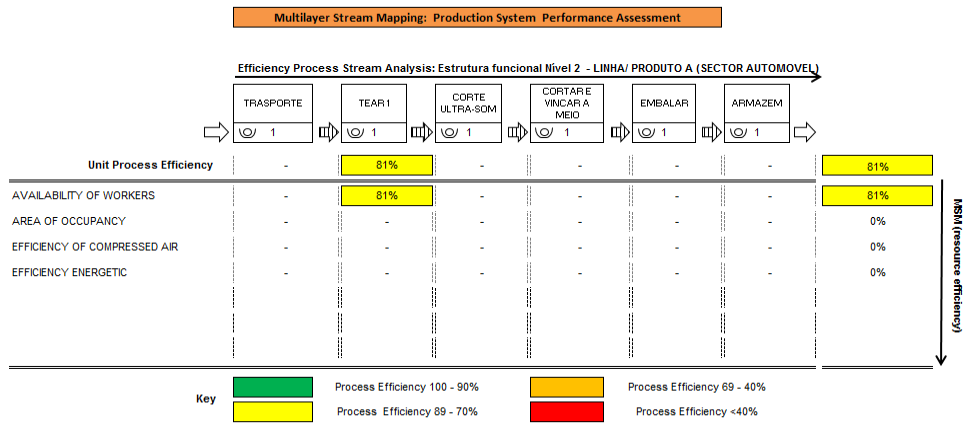


Figura 36: Folha “Dashboard efficiency variáveis de Recursos”

Verificou-se com a análise do quadro de *dashboard* (Figura 36) que os trabalhadores apresentam um indicador de eficiência abaixo do máximo possível, isto permite concluir que os mesmos estão a criar tempos improdutivos.

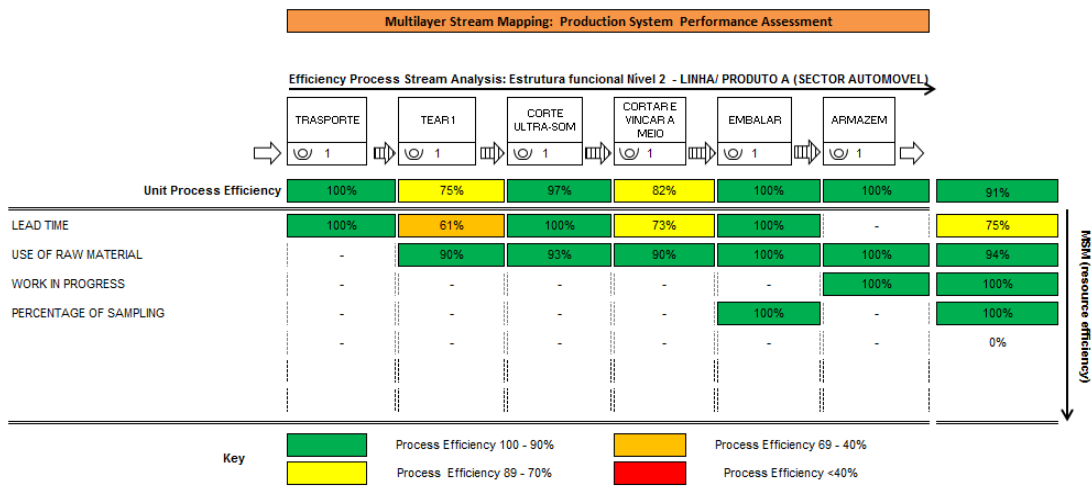


Figura 37: Folha “Dashboard efficiency variáveis de Fluxos”

Na figura 37, quadro *dashboard* das variáveis de fluxo o único valor de eficiência agregada a amarelo é para o indicador *lead time*, isso significa que não está na eficiência máxima do indicador e que se poderia fazer o trabalho mais rápido. Devido às várias paragens que costumam ocorrer no TEAR1 e na velocidade lenta na etapa corta e vinca ao meio, que pelo motivo dos operários não conseguirem trabalhar mais rápido, está abaixo da velocidade máxima possível no equipamento, por causa destes dois fatores a que este indicador está com baixa eficiência.

5.4.3. DASHBOARD EFFICIENCY POR PERÍODO TÁTICO E ESTRATÉGICO

A Figura 38 apresenta a folha de *Dashboard Efficiency* para o nível tático

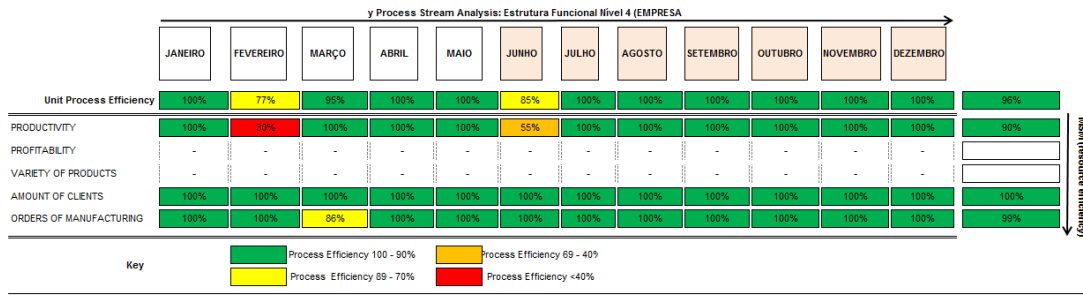


Figura 38: Folha “*Dashboard efficiency* período Tático”

Para o quadro *dashboard* (Figura 38) após o mês de maio os restantes meses foram preenchidos baseados na previsão (através de regressão linear) obtida através dos meses anteriores para obter uma perspectiva do que vai acontecer nos restantes meses do ano de 2014.

Em comparação com o mesmo mês do ano anterior 2013, para os meses de 2014 verificou-se um aumento em quase todos os meses, exceto Fevereiro e Junho que apresentam eficiências abaixo do obtido no ano transato para a variável produtividade. Isto pode significar que houve uma quebra nas encomendas ou alguma anomalia no processo interno nesses dois meses.

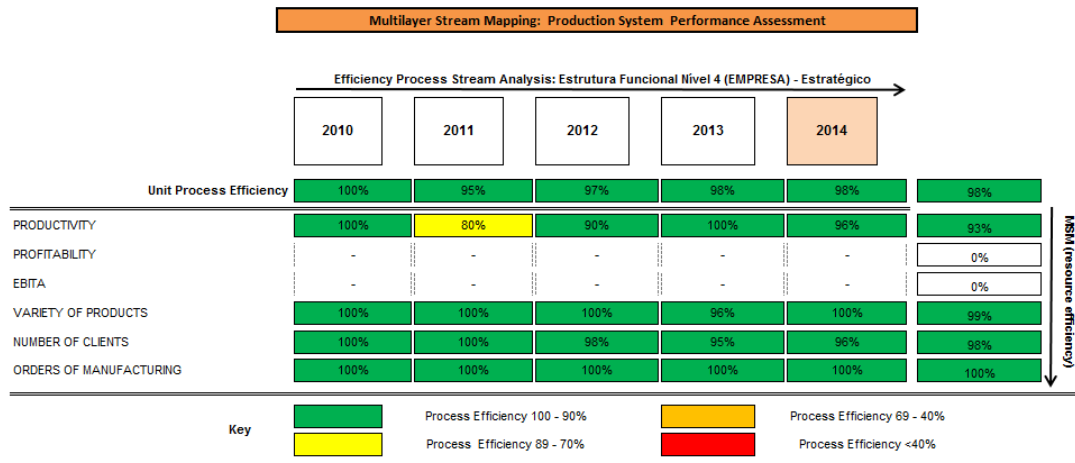


Figura 39: Folha “Dashboard efficiency período Estratégico”

Verifica-se que de ano para ano (Figura 39) todas as variáveis aumentaram ou não descaram abaixo de um valor de eficiência exigido, o que se pode concluir que a empresa está numa trajetória positiva, só em 2011 a empresa teve um decréscimo acentuado na produtividade.

Para o ano de 2014 utilizou-se uma previsão baseada em regressão linear com base nos anos anteriores para se obter uma estimativa do que prevê até ao final do ano.

5.5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A ferramenta MSM[®] apresentada nesta dissertação, tem como principal função neste caso de estudo estimar os indicadores de eficiência dos KPI's escolhidos e demonstrar os resultados através de um *dashboard* com cores, para se verificar se as variáveis estão dentro dos limites exigidos, ou se abaixo das eficiências esperadas o que significa desperdício ou valor não acrescentado ao produto. Na realidade, isso significa que se pode estar a incorrer em custos com alguns produtos ou processos e o poder da ferramenta MSM é apontar para onde está o desperdício.

Com os dados da folha de cálculo pode-se também gerar gráficos de demonstração para melhor visualização dos indicadores de desempenho da empresa durante o horizonte temporal de análise de longo prazo. Esta última funcionalidade está vocacionada para a direção da empresa que pretende ter uma vista mais global do desempenho da fábrica.

Nos gráficos que se seguem (Figura 40; Figura 41; Figura 42; Figura 43; Figura 44) é apresentada uma análise quantitativa de alguns indicadores de desempenho analisados a longo prazo (Nível Estratégico (KPI's₂)).

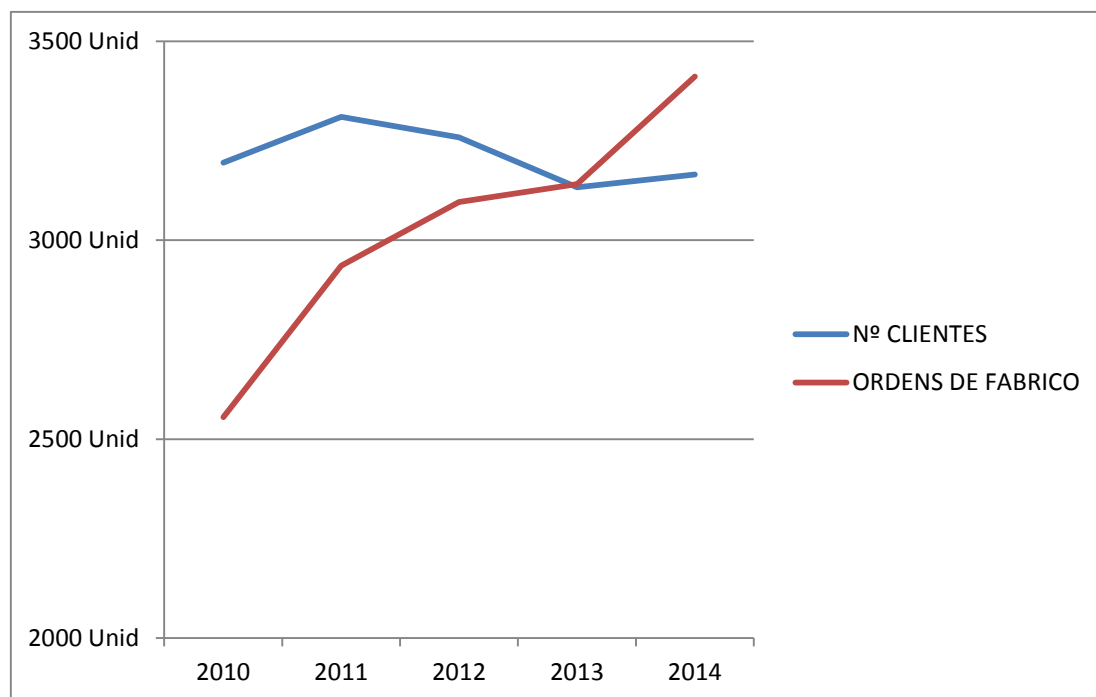


Figura 40 – Gráfico de comparação (Nº Clientes vs Ordens de Fabrico).

Com a execução deste gráfico através dos valores trabalhados nas folhas de cálculo pode-se identificar que num ciclo de longo prazo (neste trabalho analisado em anos) observou-se que com o passar dos períodos temporais o número de ordens de fabrico foi aumentado, mas o número de clientes diminuiu. Isto significa que os clientes que atualmente a empresa dispõem, embora sejam em menor número, encomendam em quantidades superiores.

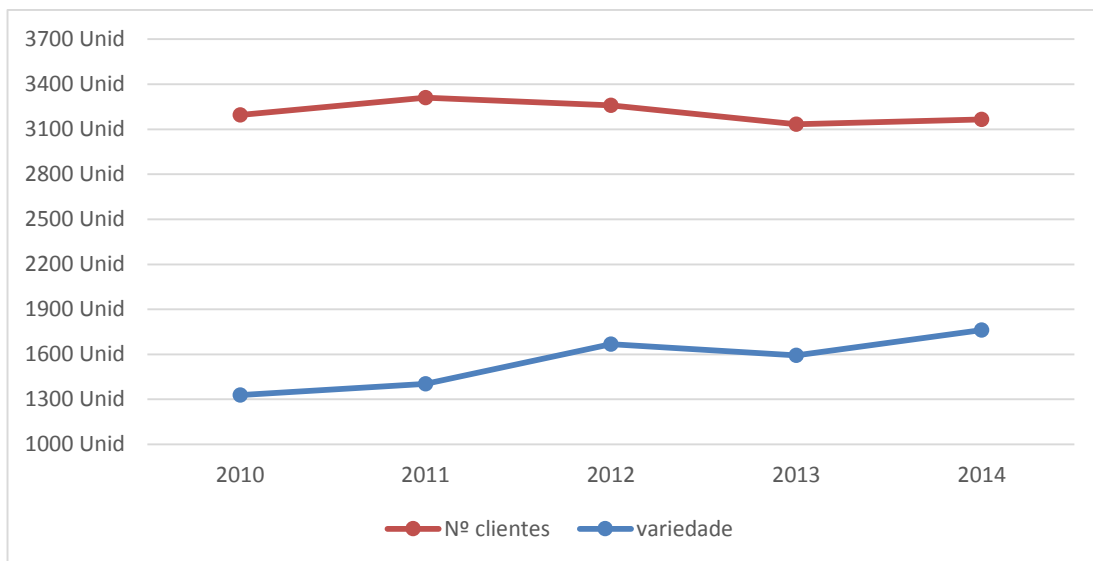


Figura 41 – Gráfico de comparação entre (Nº de Clientes vs Variedade de produtos)

Com a análise deste gráfico representado na Figura 41, observa-se que, o número de clientes vai diminuindo ao longo dos anos, mas a variedade de produtos que cada um encomenda vai aumentando por ano, o que significa que há menos clientes, mas esses mesmos encomendam mais variedade de produtos.

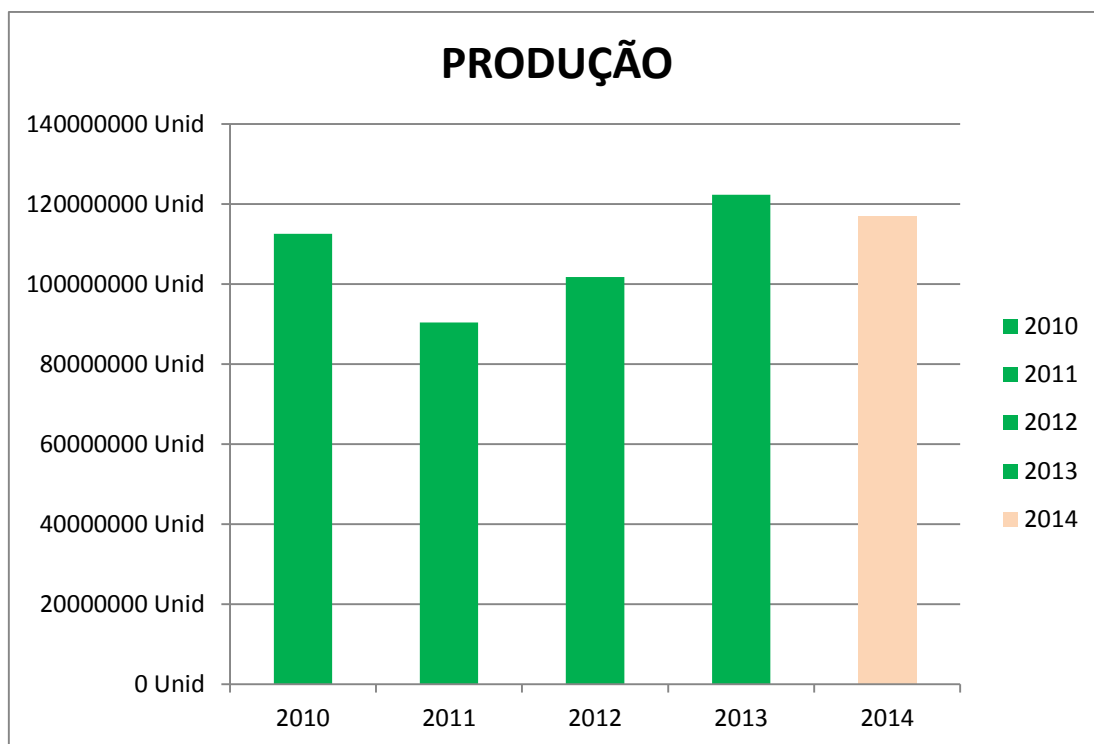


Figura 42 – Gráfico de barras de comparação da produção

Com o gráfico da Figura 42 pode-se observar o histórico na quantidade de produtos fabricados na empresa desde 2010 até 2014. Observa-se que embora haja um decréscimo de 2013 para 2014 não é de estranhar pois os valores de 2014 foram estimados através de previsões com auxílio da regressão linear, visto que ainda não eram conhecidos os valores para grande parte dos meses do ano durante a execução do presente trabalho.

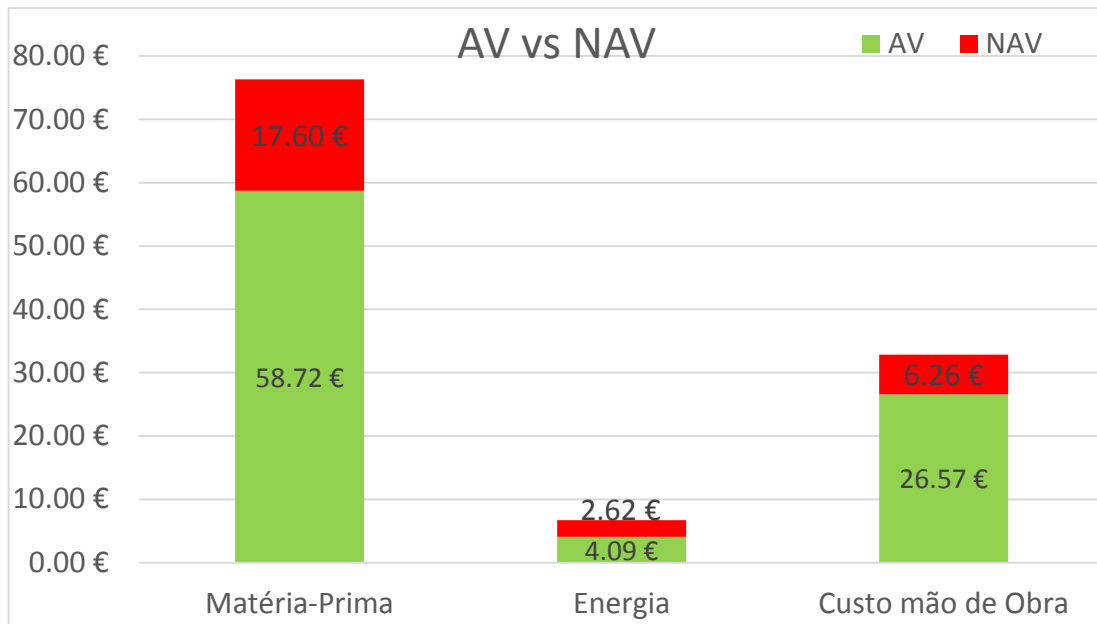


Figura 43 – Gráfico de comparação AV vs NAV

No gráfico da Figura 43 surgem três barras diferentes, uma de Matéria- Prima, outra Energia, e uma terceira com o custo de mão-de-obra. Em cada uma destas colunas surgem duas cores; a verde representa a parte que acrescenta valor ao produto e a vermelho o valor que é desperdício (não acrescenta valor). Com este gráfico é possível visualizar para cada uma das variáveis, os custos decorrentes dos desperdícios para uma dada ordem de fabrico.

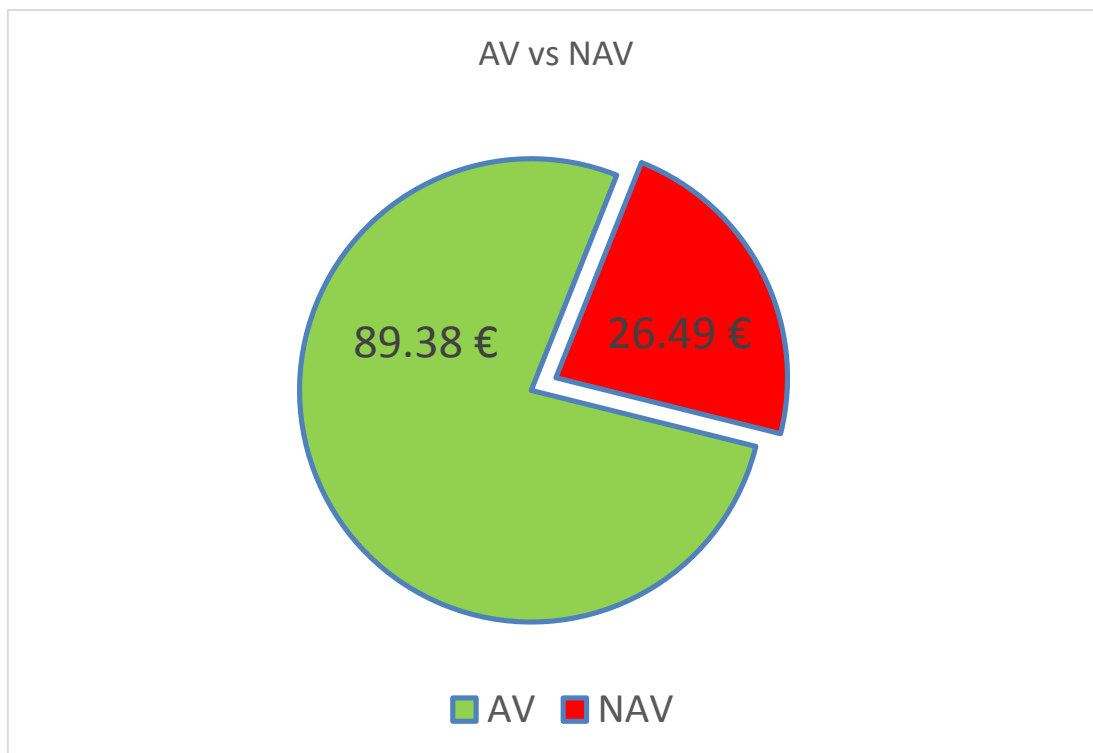


Figura 44 – Gráfico circular

No gráfico circular da Figura 44 está representado de forma agregada os valores do gráfico 43, para indicar o gasto total numa ordem de fabrico para um produto.

Analizados os resultados presentes nos gráficos (Figura 40; Figura 41; Figura 42; Figura 43; Figura 44) fica patente que a aplicação desta ferramenta é uma mais-valia para a empresa uma vez que fornece um vasto conjunto de indicadores que sustentam uma análise individual ou global da empresa, o que garante atingir os vários graus hierárquicos de gestão da empresa a necessária visibilidade para a melhor tomada de decisão.

5.6. PROPOSTAS DE MELHORIA

Em função do trabalho desenvolvido no caso de estudo foram propostas as seguintes melhorias:

- Mediante os resultados obtidos recorrendo à ferramenta proposta, é possível implementar medidas que permitam melhorar os processos, diminuindo tempos improdutivos e desperdício em matéria-prima.
- Utilização de ferramentas para melhorar o processo ou controle do mesmo;
- Combater os *stocks* intermédios ao tentar minimiza-los e por procurar seguir uma política de produção em *just-in-time*, e assim contribuir para a redução de custos;
- Interligar todas as máquinas ao sistema ERP para um controlo em tempo real do processo, controlando assim todas as variáveis importantes à empresa e de forma a melhorar o seu desempenho diminuindo os desperdícios;
- Dar formação aos colaboradores, de modo a estarem sempre atualizados com as novas metodologias, formas de processamento e operações nas máquinas. Esta formação permitiria melhorar o desempenho dos processos. Esta necessidade é visível devido a no caso de alguns indicadores os resultados estarem abaixo do possível em consequência da presença de colaboradores não qualificados na execução das operações;
- Implementar técnicas SMED com vista à diminuição dos tempos improdutivos.

6. CONCLUSÕES

Ao longo deste documento foram sendo apresentadas análises e justificações das opções que permitiram sustentar as escolhas de desenvolvimento efetuadas ao longo do projeto. Assim, neste último capítulo é apresentada uma síntese das principais conclusões, consequências e relevância do trabalho realizado e perspectivas futuros desenvolvimentos.

A unidade DPS do INEGI tem o seu foco na investigação e desenvolvimento de produtos e sistemas e possui um vasto histórico em projetos nas mais diversas áreas. O seu ambiente de trabalho natural é o ambiente multi-projeto e criação de ferramentas de apoio à produção. Com isso em mente este trabalho incidiu nesta última área recorrendo a uma ferramenta desenvolvida no âmbito teórico da unidade e aplicando-a ao caso de estudo escolhido num ambiente prático de produção.

A ferramenta designada por MSM[®] teve inspiração na popular filosofia de produção *lean* e especificamente nas ferramentas VSM e em Gestão Visual. Uma vez que os seus resultados são adimensionais (e em percentagem) tornam-se muito fáceis e rápidos de assimilar por qualquer utilizador.

A ferramenta MSM[®] permite a avaliação do desempenho global e especificamente detetar fontes de ineficiências no processo e no produto. Munidos desta informação os gestores podem desenvolver estratégias de melhoria com vista à eliminação do desperdício e o aumento do valor acrescentado.

A ferramenta MSM[®] foi inicialmente desenvolvida com enquadramento no âmbito da avaliação de ecoeficiência, mas como possui um grande flexibilidade, foi realizada, no âmbito deste trabalho, a sua adaptação para a área da produção. Esta ferramenta permite uma avaliação visual do desempenho de todo o processo produtivo, quer ao nível de indicadores de eficiência individuais quer ao nível de indicadores de eficiência agregada.

A execução deste trabalho permitiu a transposição da ferramenta MSM[®] de análise integrada numa ferramenta de análise prática aplicada à produção. Conseguiu-se partindo do protótipo da ferramenta inicial transpô-la para o cenário de produção e subsequentemente melhorá-la. Como resultado final deste esforço foi possível a obtenção de resultados promissores no processo produtivo, permitindo assim um melhor controlo e apoio à tomada de decisão por parte dos gestores do processo, conforme foi testemunhado pelos seus comentários.

Existiu a necessidade de fazer alguns ajustes à ferramenta para a aplicação no caso de estudo, estes ajustes trouxeram melhorias à sua utilização fazendo com que se abram caminhos para aplicações da ferramenta mais diversificados.

Os principais objetivos do presente trabalho foram alcançados, uma vez que se conseguiu mapear o processo produtivo, criar os KPI's para análise do caso de estudo e a obtenção de resultados que permitiriam suportar planos de melhoria.

A partir dos resultados verificou-se que a utilização desta ferramenta por todos interlocutores no processo de fabrico das empresas de produção é uma mais-valia, pois traz grandes vantagens no âmbito do controlo e monitorização do processo e também no esforço global de implementação de planos de melhoria contínua.

6.1. TRABALHO FUTURO

Como trabalhos futuros pretende-se aplicar a ferramenta MSM[®] a outro tipo de indústrias de forma a obter resultados e verificar se a metodologia se adapta a outras áreas de atuação no universo empresarial.

Relativamente ao caso de estudo considerado nesta tese, considera-se como oportunidade de continuação do desenvolvimento da aplicação com o alargamento da rede de recolha de dados e por períodos de tempo mais largos, que permita a obtenção de um quadro mais completo e fidedigno do processo de fabrico da empresa, uma vez que alguns dados apresentados foram estimativas baseadas em previsões.

Referências Bibliográficas

ALwaer, H. and D. Clements-Croome (2010). "Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings." *Building and Environment* 45(4): 799-807.

Armstrong, M. and A. Baron (2000). "Performance management." *Human resource management*: 69-84.

Daniels, A. C., D. Tapscott and A. Caston (2000). *Bringing out the best in people*, McGraw-Hill Columbus, OH.

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

Jones, D. T., D. Roos and J. P. Womack (1990). *Machine that Changed the World*, Simon and Schuster.

Kerzner, H. R. (2013). "Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards."

Kloot, L. and J. Martin (2000). "Strategic performance management: A balanced approach to performance management issues in local government." *Management Accounting Research* 11(2): 231-251.

LOURENÇO, E., BAPTISTA, António, PEREIRA, João AND DIAS-FERREIRA, Célia (2013). "Multi-Layer Stream Mapping as a Combined Approach for Industrial Processes Eco-efficiency Assessment." In *Proceedings of the 20th CIRP international conference on life cycle engineering*.

Malschitzky, C. (2012). "ECOeficiencia." HSBC. from http://5elementos.org.br/site/wp-content/uploads/2013/03/PUBLICACAO_2012CartilhaEcoeficienciaHSBC.pdf.

Nakajima, S. (1989). *TPM development program: implementing total productive maintenance*, Productivity Press.

Neely, A., M. Gregory and K. Platts (1995). "Performance measurement system design: a literature review and research agenda." *International journal of operations & production management* 15(4): 80-116.

Oechsner, R., M. Pfeffer, L. Pfitzner, H. Binder, E. Müller and T. Vonderstrass (2002). "From overall equipment efficiency (OEE) to overall Fab effectiveness (OFE)." *Materials Science in Semiconductor Processing* 5(4): 333-339.

Olsen, E. (2011). *Strategic planning for dummies*, John Wiley & Sons.

Ōno, T. (1988). Toyota production system: beyond large-scale production, Productivity press.

Otley, D. (1999). "Performance management: a framework for management control systems research." Management accounting research 10(4): 363-382.

Parmenter, D. (2010). Key performance indicators (KPI): developing, implementing, and using winning KPIs, John Wiley & Sons.

Pinto, J. P. (2011). "Lean Thinking–Criar Valor Eliminando Desperdício." Publicações da Comunidade Lean Thinking. [http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/Joao% 20Pinto% 20Introducao% 20ao% 20L ean% 20Thinking. pdf](http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/Joao%20Pinto%20Introducao%20ao%20Lean%20Thinking.pdf) (08-09-2010).

Ribeiro, I. M. C. (2013). "GESTÃO DE MULTI-PROJETO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO." Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Schmidheiny, S. and F. Zorraquin "with the World Business Council for Sustainable Development. 1996." Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment.

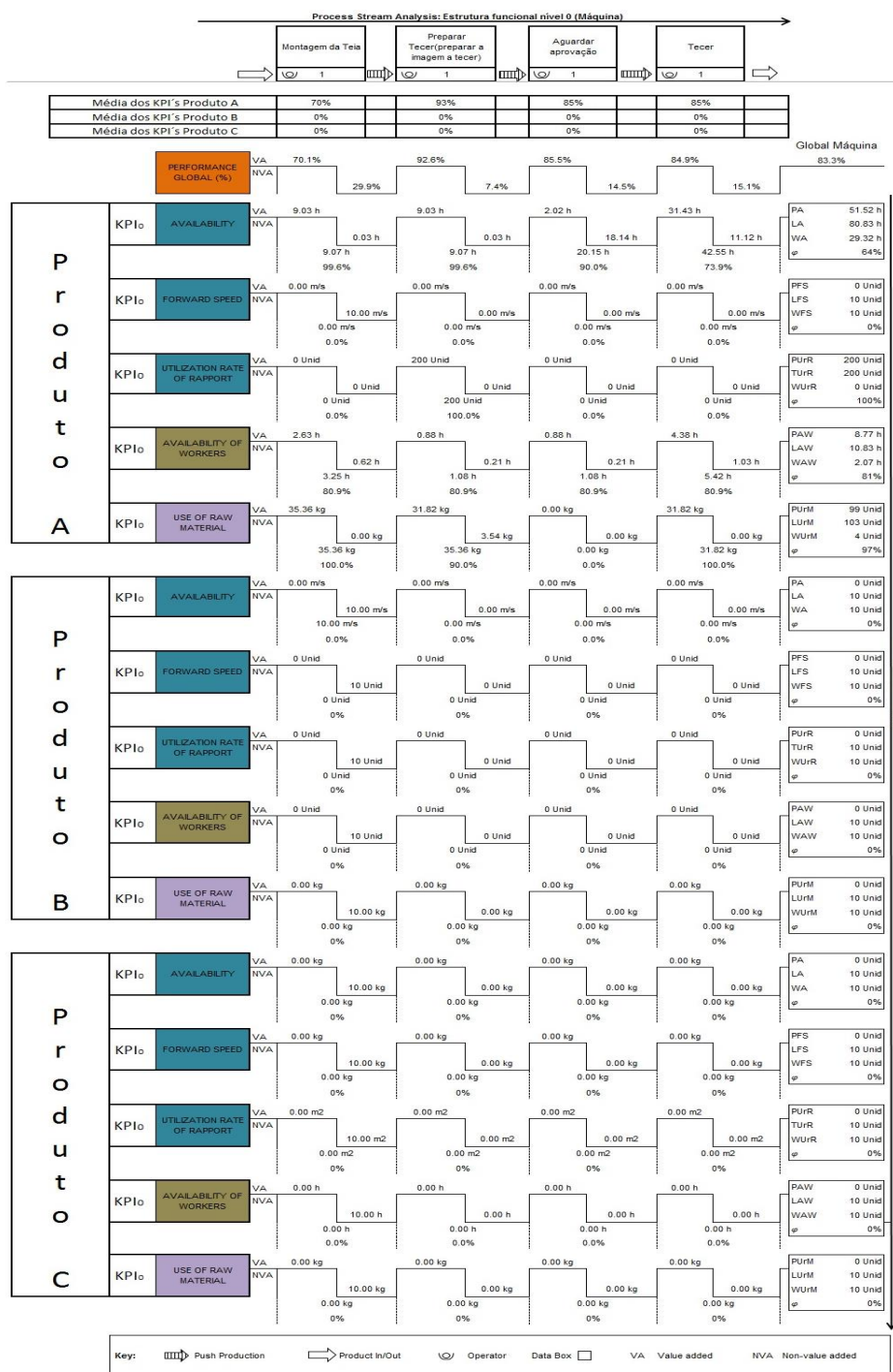
Soares, D. J. P. (2013). "Aplicação da Metodologia "Lean Management" no Processo de Desenvolvimento de Produto." Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Womack, J. P. and D. T. Jones (1996). "Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organisation." Simon and Shuster, New York, NY 397.

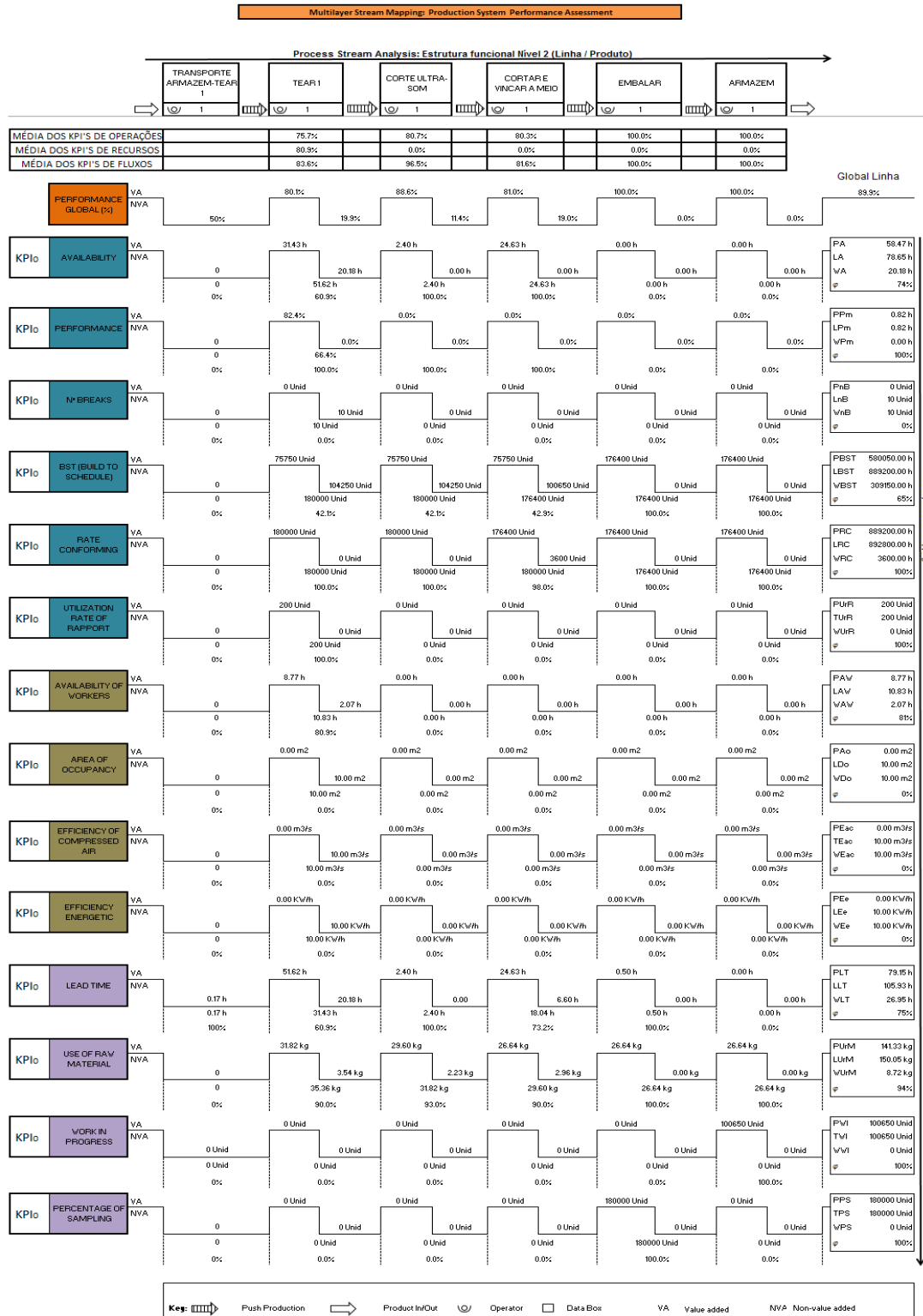
Zaffron, S. and D. Logan (2009). "The three laws of performance." Future 3: 2.

Anexo A: Folhas de Cálculo modelo MSM

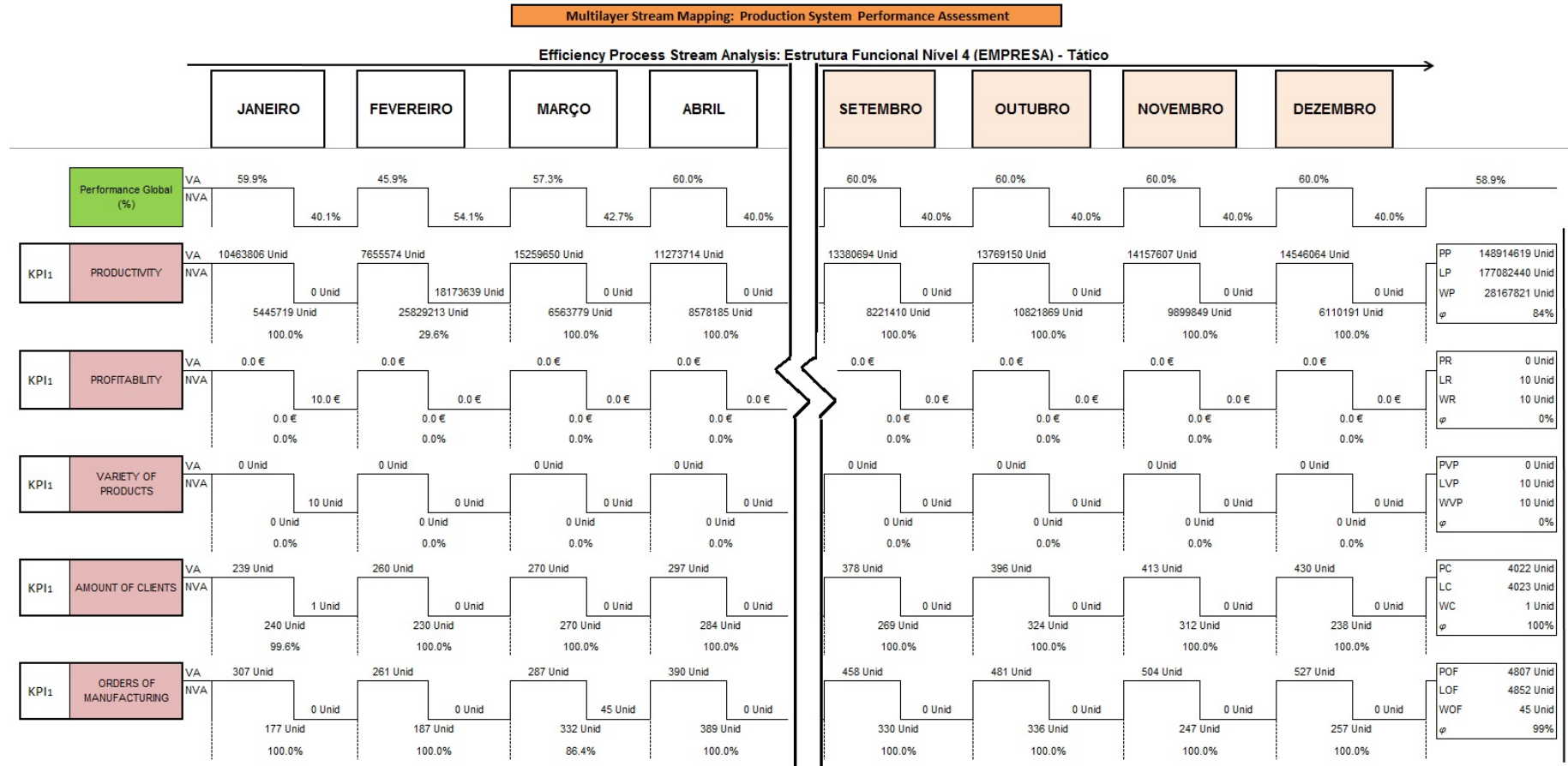
Anexo A1: Folha de cálculo para o exemplo Estrutura Funcional Nível 0 (Máquina)



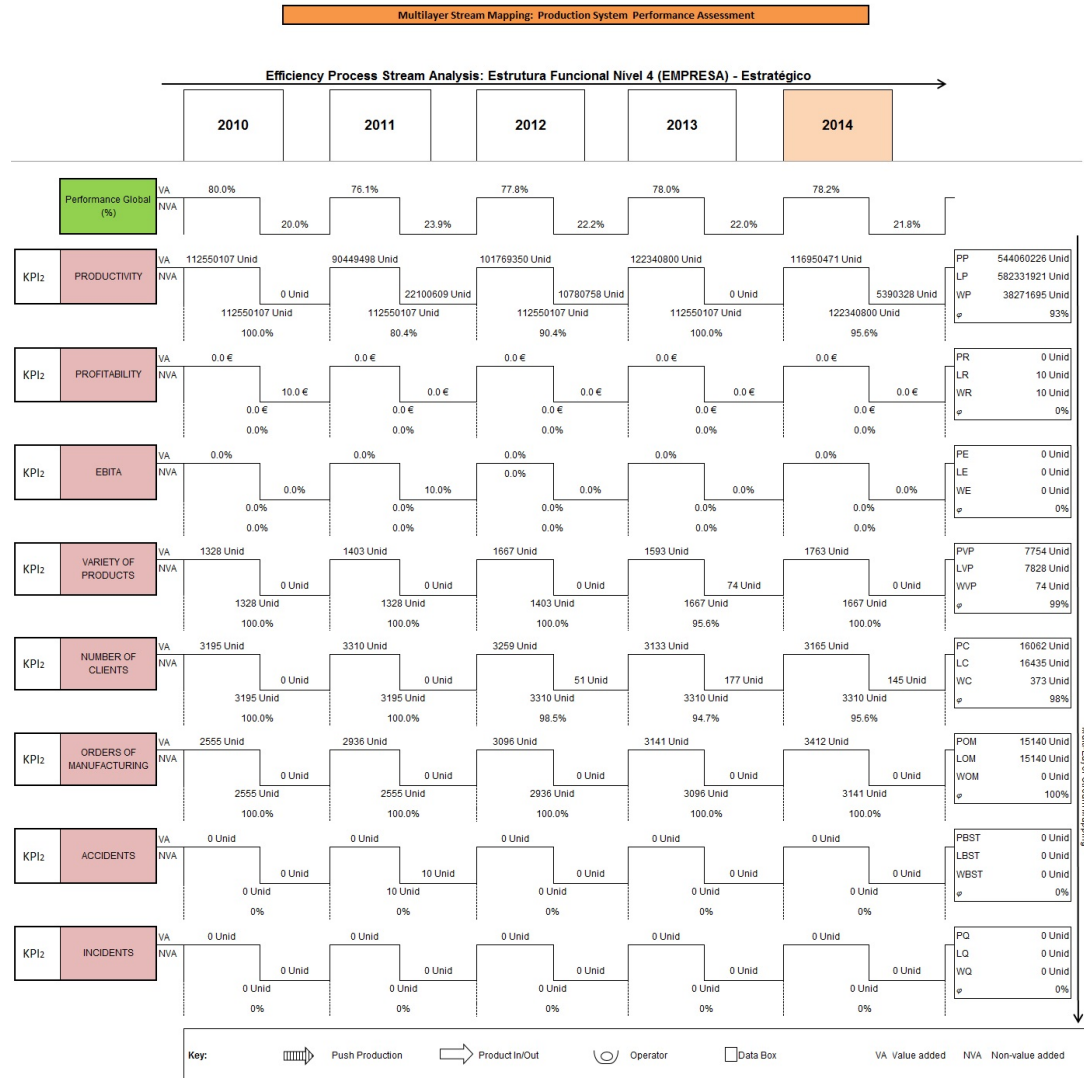
Anexo A2: Folha de cálculo para o exemplo Estrutura Funcional Nível 2 (Produto)



Anexo A3: Folha de cálculo para o exemplo Estrutura Funcional Nível 4 (Empresa) e KPI₁ Tático

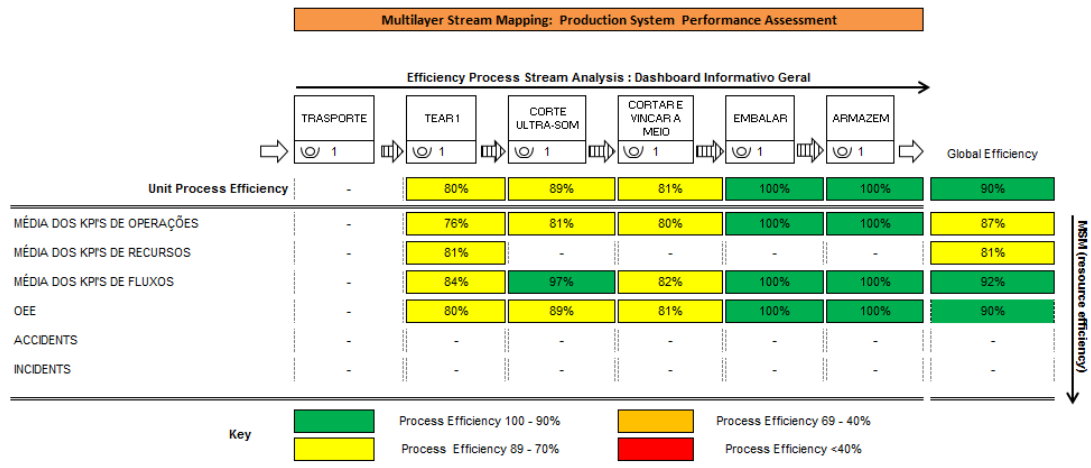


Anexo A4: Folha de cálculo para o exemplo Estrutura Funcional Nível 4 (Empresa) e KPI₂ Estratégico



Anexo B: Dashboard Geral

Anexo B1: Quadro de demonstração da média dos KPI'S e de indicadores importantes para controlo do produto (sector automovel) em estudo.



Anexo C: Tabela para obtenção dos gráficos das figuras (43 e 44).

Nome	Formula
Custo mão-de-obra (AV)	Nº horas trabalho efetivo * Custo hora
Custo mão-de-obra (NAV)	Nº horas parados * Custo hora
Custo mão-de-obra (Total)	Custo mão-de-obra (AV) + Custo mão-de-obra (NAV)
Custo Energia (AV)	Nº horas trabalho efetivo da máquina * custo KW/h
Custo Energia (NAV)	Energia Total – Energia (AV)
Custo Energia (Total)	Nº horas de trabalho total da máquina * custo KW/h
Custo Matéria-Prima (AV)	Peso total que sai (produto acabado) * custo matéria-prima
Custo Matéria-Prima (NAV)	(Peso total que entra – Peso total que sai) * custo da matéria-prima
Custo Matéria-Prima (Total)	Custo Matéria-Prima (AV) + Custo Matéria-Prima (NAV)

	Matéria-Prima	Energia	Custo mão de Obra	Total (€)
Acrescenta valor	58.72 €	4.09 €	26.57 €	89.38 €
Não Acrescenta valor	17.60 €	2.62 €	6.26 €	26.49 €
Total	76.32 €	6.71 €	32.84 €	
Eficiência	77%	61%	81%	