



ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

ASSOCIAÇÃO DE POLITÉCNICOS DO NORTE (APNOR)

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO *LEAN* A UMA INDÚSTRIA DE PÁS EÓLICAS

Mestrado em Gestão das Organizações

Ramo de Gestão de Empresas

Projeto de Dissertação

2019

Joana Patrícia da Silva Peixoto

Orientador: Prof. Dr. Manuel Rui Fernandes Azevedo Alves

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO
APNOR – ASSOCIAÇÃO DE POLITÉCNICOS DO NORTE
MESTRADO DE GESTÃO DAS ORGANIZAÇÕES

JOANA PEIXOTO

**IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO LEAN A UMA INDÚSTRIA DE
PÁS EÓLICAS**

Projeto de dissertação apresentado à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão das Organizações, realizado sob a orientação científica do Doutor Manuel Rui Alves, professor coordenador no IPVC.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, família e amigos, por me ensinarem a não desistir e a lutar pelos meus objetivos. Em especial à minha filha pela paciência e compreensão, e ao Tiago por todo o apoio e carinho. Obrigado por permitirem a conclusão de mais uma etapa, e alcance de mais um objetivo.

Ao meu incansável orientador pela disponibilidade e apoio que me prestou.

Aos meus colegas da ENERCON, por todo o companheirismo e disponibilidade.

RESUMO

O presente projeto aborda diversas metodologias e ferramentas *Lean Thinking*, e a aplicação das mesmas a um processo produtivo, verificando de que forma contribuem para a melhoria do mesmo.

Ao distinguir valor e desperdício, a metodologia *Lean* procura encontrar, nos processos, oportunidades de melhoria contínua, de forma a garantir a maior qualidade, ao menor custo.

O projeto foi desenvolvido na fábrica ENERCON de Viana do Castelo, produtora de pás eólicas, tendo como principal objetivo o aumento da eficiência do seu processo produtivo. O projeto caracteriza o funcionamento atual do processo produtivo, identificando situações de desperdício, e efetuando uma proposta de modelo de melhoria de performance, apresentando as oportunidades de melhoria encontradas.

Foi efetuada uma análise do processo produtivo, recorrendo a diversas ferramentas Lean, que permitiram mapear o fluxo de valor e identificar as situações de desperdício existentes. Com base neste estudo, elaborou-se uma prospeção do mesmo processo, estudando a redução possível de desperdício numa situação de melhoria futura. Por último foram implementadas as melhorias estudadas possíveis, dentro da conjuntura que a empresa apresentava atualmente.

Palavras-Chave: Desperdícios, *Kaizen*, *Lean*, Métricas, Projeto, Qualidade, Valor.

ABSTRACT

The present project addresses several Lean Thinking methodologies and tools, and its application to a productive process, verifying the form of contribution to its improvement. By distinguishing value and waste in production processes, Lean methodology, tries to identify opportunities for continuous improvement, in order to guarantee higher quality and lower cost.

The project was developed at the ENERCON factory in Viana do Castelo, a producer of wind blades, with the main objective of increasing the efficiency of its production process. The project characterizes the current functioning of the production process, identifying situations of waste and designing a performance improvement model, presenting the opportunities for improvement.

An analysis of the production process was carried out, using several Lean tools, which allowed mapping the value flow and identifying the existing waste situations. Based on this study, a prospection of the same process was elaborated, studying the possible reduction of waste in a situation of future improvement. Finally, the studied possible improvements were implemented, within the context the company currently presented.

Keywords: Lean, Kaizen, Metrics, Waste, Project, Quality, Value.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO TEMA.....	1
1.2	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESES	2
1.3	METODOLOGIA	3
1.4	ESTRUTURA DO PROJETO	4
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	7
2.1	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E PENSAMENTO <i>LEAN</i>	7
2.2	OS PRINCÍPIOS DO <i>LEAN THINKING</i>	9
2.3	CONCEITOS DE VALOR E DESPERDÍCIO	15
2.3.1	Desperdício necessário e Puro Desperdício.....	15
2.3.2	O Sistema 3M ou 3 <i>Mudas</i>	16
2.3.3	O sistema 7W.....	17
2.4	MÉTODOS <i>LEAN</i> E FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	20
2.4.1	<i>Error-Proofing</i>	20
2.4.2	Análise da Cadeia de Valor	20
2.4.3	O sistema <i>Pull</i>	21
2.4.4	Padronização do Trabalho	23
2.4.5	O Sistema 5S	24
2.4.6	Desenho de Células de Trabalho	25
2.4.7	<i>Heijunka</i>	27
2.5	MÉTRICAS <i>LEAN</i>	28
2.6	FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	31
2.6.1	Ferramentas básicas da Qualidade.....	31
2.6.2	Outras ferramentas da Qualidade	38
3	CASO DE ESTUDO	43
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	43
3.2	APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO	46
3.2.1	Processo Produtivo	46
3.3	ETAPAS DO PROJETO.....	48
3.3.1	Escolha da área de intervenção.....	48
3.3.2	<i>Project charter</i>	48
3.3.3	Estudo do processo: Métodos	52
3.3.4	Estudo do processo: Resultados	70
3.3.5	Melhorias Implementadas.....	88
4	DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	97
5	CONCLUSÕES.....	99
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
7	BIBLIOGRAFIA	105

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1- PILARES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	7
FIGURA 2 - OS PRINCÍPIOS DO <i>LEAN THINKING</i> REVISTOS, SEGUNDO CLT	11
FIGURA 3- PRODUÇÃO PUXADA VS. PRODUÇÃO “EMPURRADA”	13
FIGURA 4- ESQUEMA QUE ILUSTRA OS TIPOS DE ATIVIDADES RELATIVAS AO DESPERDÍCIO.	16
FIGURA 5- ESQUEMA QUE EXPLICA OS TRÊS TIPOS DE DESPERDÍCIO: MUDA MURI, MURA.	16
FIGURA 6- ESQUEMA ILUSTRATIVO DOS EFEITOS DO DESPERDÍCIO NA PRODUÇÃO.	17
FIGURA 7- MODELO DA CADEIA DE VALOR DE MICHAEL PORTER.....	21
FIGURA 8- PRODUÇÃO “PUXADA” VS. “PRODUÇÃO EMPURRADA”	22
FIGURA 9- ESQUEMA EXPLICATIVO DO SIGNIFICADO DOS 5S.....	24
FIGURA 10- EXEMPLO DE FLUXOGRAMA DE PROCESSO.	32
FIGURA 11- EXEMPLO DE FOLHA DE VERIFICAÇÃO.	33
FIGURA 12- TIPOS DE CARTAS DE CONTROLO	33
FIGURA 13- EXEMPLO DE REGISTO DE LIMITES DE ESPECIFICAÇÕES.	34
FIGURA 14- EXEMPLO DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA.	35
FIGURA 15- EXEMPLOS DE GRÁFICOS DE DISPERSÃO	36
FIGURA 16- EXEMPLO DE DIAGRAMA DE PARETO	37
FIGURA 17- EXEMPLO DE HISTOGRAMA	37
FIGURA 18- EXEMPLO DE MATRIZ RACI.....	39
FIGURA 19- EXEMPLO DE DIAGRAMA SIPOC	41
FIGURA 20- EXEMPLO DE <i>VALUE STREAM MAP</i>	41
FIGURA 21- EXEMPLO DE DIAGRAMA DE GANTT.	42
FIGURA 22- QUOTA DE MERCADO ENERCON.....	43
FIGURA 23- FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DE PÁS DE ROTOR DA FÁBRICA SUL.....	46
FIGURA 24- ESQUEMA ILUSTRATIVO DO CONCEITO DE <i>LEAD TIME</i>	53
FIGURA 25- ESQUEMA ILUSTRATIVO DO CONCEITO DE <i>CYCLE TIME</i>	53
FIGURA 26- PORMENOR DO VSM DO ESTADO ATUAL PROCESSO LS.	54
FIGURA 27- FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO DE UMA PÁ DE ROTOR.....	57
FIGURA 28- FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO	58
FIGURA 29- MAPAS SIPOC DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DAS CASCAS LS (EM CIMA) E LP (EM BAIXO).	59
FIGURA 30- MAPA DE FLUXO DE VALOR DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO	63
FIGURA 31- MAPA DE FLUXO DE VALOR DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE PRESSÃO	64
FIGURA 32- ANÁLISE DE TEMPOS DE DESPERDÍCIO VS. TEMPOS DE VALOR AGREGADO DURANTE O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO	65
FIGURA 33- ANÁLISE DE TEMPOS DE DESPERDÍCIO VS. TEMPOS DE VALOR AGREGADO DURANTE O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE PRESSÃO	65
FIGURA 34- ANÁLISE DO TEMPO (EM HORAS) DE DESPERDÍCIO VS. TEMPOS DE VALOR ADICIONADO NO DECORRER DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO	66
FIGURA 35- ANÁLISE DO TEMPO (EM HORAS) DE DESPERDÍCIO VS. TEMPOS DE VALOR ADICIONADO NO DECORRER DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE PRESSÃO	67
FIGURA 36- ANÁLISE DAS TAREFAS QUE CRIAM MAIOR DESPERDÍCIO DURANTE O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO.....	68
FIGURA 37- ANÁLISE DAS TAREFAS QUE CRIAM MAIOR DESPERDÍCIO DURANTE O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE PRESSÃO.	69
FIGURA 38- GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DE PORCENTAGENS DE DESPERDÍCIO E VALOR ADICIONADO, ENTRE OS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DO LADO DE SUBPRESSÃO E LADO DE PRESSÃO	70

FIGURA 39- REGISTO DE TEMPOS E PERCENTAGENS DE DESPERDÍCIO E VALOR ADICIONADO DOS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DO LADO DE SUBPRESSÃO E LADO DE PRESSÃO	70
FIGURA 40- HISTOGRAMA DE COMPARAÇÃO DE QUANTIDADES (EM MINUTOS) DE DESPERDÍCIO E VALOR ADICIONADO DO LADO DE SUBPRESSÃO E LADO DE PRESSÃO.....	71
FIGURA 41- PREVISÃO DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO LS NA SUA MELHOR PERFORMANCE	75
FIGURA 42- VISTA DE TODAS AS TAREFAS CONSTITUINTES DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO LS, GERANDO O MÍNIMO DE DESPERDÍCIO POSSÍVEL (PREVISÃO).	75
FIGURA 43- VISTA DE TODAS AS TAREFAS CONSTITUINTES DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO LS, GERANDO O MÍNIMO DE DESPERDÍCIO POSSÍVEL (PREVISÃO).	76
FIGURA 44- MAPA DE FLUXO DE VALOR DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO, RESULTANTE DA PREVISÃO DE MELHORIA.....	77
FIGURA 45- PREVISÃO DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO LP NA SUA MELHOR PERFORMANCE	78
FIGURA 46- VISTA DE TODAS AS TAREFAS CONSTITUINTES DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO LP GERANDO O MÍNIMO DE DESPERDÍCIO POSSÍVEL (PREVISÃO).	79
FIGURA 47- VISTA DE TODAS AS TAREFAS CONSTITUINTES DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO LP GERANDO O MÍNIMO DE DESPERDÍCIO POSSÍVEL (PREVISÃO).	80
FIGURA 48- MAPA DE FLUXO DE VALOR DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO, RESULTANTE DA PREVISÃO DE MELHORIA.....	81
FIGURA 49- VALORES MEDIDOS NO ESTADO ATUAL DO PROCESSO.	82
FIGURA 50- VALORES PREVISTOS APÓS DESENHO DO NOVO MAPA DE PROCESSO.	82
FIGURA 51- COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE DESPERDÍCIO NO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO LADO DE SUBPRESSÃO, ENTRE O ESTADO ATUAL DO PROCESSO, E APÓS APLICAÇÃO DAS MELHORIAS ESTUDADAS.....	83
FIGURA 52- COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE DESPERDÍCIO NO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO LADO DE PRESSÃO, ENTRE O ESTADO ATUAL DO PROCESSO, E APÓS APLICAÇÃO DAS MELHORIAS ESTUDADAS.....	84
FIGURA 53- DIAGRAMA DE SPAGHETTI DA TAREFA DE PREPARAÇÃO DO MATERIAL DE INFUSÃO NO ESTADO ATUAL.	89
FIGURA 54- DIAGRAMA DE SPAGHETTI DA TAREFA DE PREPARAÇÃO DO MATERIAL DE INFUSÃO APÓS IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIA.	90
FIGURA 55- DIAGRAMA DE PROCESSO DE CAMINHO PERCORRIDO PELOS SETS DE MANGUEIRAS DE INFUSÃO, DESDE A SUA CRIAÇÃO ATÉ À SUA UTILIZAÇÃO.	92
FIGURA 56- DIAGRAMA EXPLICATIVO DA SITUAÇÃO ATUAL DA TAREFA DE DISTRIBUIÇÃO DE MANGUEIRAS DE INFUSÃO	934
FIGURA 57- ESQUEMA DE ETIQUETAÇÃO DE MANGUEIRAS	934
FIGURA 58- DIAGRAMA EXPLICATIVO DA SITUAÇÃO ATUAL DA TAREFA DE DISTRIBUIÇÃO DE MANGUEIRAS DE INFUSÃO, APÓS IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS	935
FIGURA 59- REPRESENTAÇÃO DETALHADA DOS RESULTADOS OBTIDOS APÓS IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS LEAN ÀS TAREFAS DE PREPARAÇÃO DO MATERIAL DE INFUSÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS MANGUEIRAS DE INFUSÃO	946

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1- ESTRATÉGIAS E FERRAMENTAS PARA PROCESSOS E PROCEDIMENTOS PADRONIZADOS	23
TABELA 2- DEFINIÇÃO E OBJETIVOS DOS 5S.	25
TABELA 3- CONSEQUÊNCIAS NEGATIVAS E POSITIVAS DOS LAYOUTS NOS DESEMPENHOS DAS ORGANIZAÇÕES.	27
TABELA 4- CRONOLOGIA ENERCON	44
TABELA 5- PROJECT CHARTER ELABORADO E APRESENTADO À ENERCON NA PROPOSTA DE PROJETO. .	49
TABELA 6- MAPA DE PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO	61
TABELA 7-MAPA DE PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO	62
TABELA 8 PERSPETIVA DA MELHOR PERFORMANCE DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE SUBPRESSÃO	74
TABELA 9- PREVISÃO DE MELHORIA GERAL DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO LS	75
TABELA 10- PERSPETIVA DA MELHOR PERFORMANCE DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CASCA DO LADO DE PRESSÃO.....	78
TABELA 11- PREVISÃO DE MELHORIA GERAL DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO LP	78
TABELA 12- COMPARAÇÃO DE QUANTIDADE DE DESPERDÍCIO ANTES E DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DA MELHORIA.	91
TABELA 13- COMPARAÇÃO DE QUANTIDADE DE DESPERDÍCIO ANTES E DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DA MELHORIA.	955
TABELA 14- TABELA DE COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DOS ESTADOS DO PROCESSO PRODUTIVO, NO SEU ESTADO ATUAL, E NA PREVISÃO DO ESTADO FUTURO.	999

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

3M - 3 *Mudas*

7W - 7 *Wastes*

CT – *Cycle Time*

ENVA – *Essential Non Value Added Time*

JIT - Just-in-Time

LT – *Lead Time*

NVA – *Non Value Added Time*

PCE- Process Cycle Efficiency

PVA – *Process Value Analysis*

SIPOC – *Suppliers, Inputs, Processs, Outputs, Client*

TPS - *Toyota Production System*

TT – *Takt Time*

VA – Value Added Time

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Process*

LISTA DE TERMOS ESTRANGEIROS

Para este trabalho, optou-se pela utilização dos termos geralmente utilizados na literatura *Lean*, em língua estrangeira. Por esse motivo, foi elaborada uma lista de todos os termos traduzidos, em língua portuguesa.

Client- Cliente

Current state Gap- Lacunas do Estado Atual

Cycle Time- Tempo de Ciclo

Department Sponsor- Patrocinador do Departamento

Error-Proofing- À prova de erros

Essential Non Value-added Time- Tempo Essencial de Valor Não Agregado

Future State Design- Conceção do Estado Futuro

Heijunka- Nivelamento da produção

Implementation- Implementação

Inputs- Entradas

Jidoka- Automação com um toque humano

Just-in-time- No momento exato

Kaizen- Melhoria contínua

Kanban- Cartão de sinalização

Layout- Célula de trabalho; disposição.

Lead Time- Tempo de Processamento.

Leader- Líder

Lean Assessment- Avaliação Lean

Lean Manufacturing Road Map- Roteiro de Otimização da Produção

Lean Thinking - Pensamento Lean

Muda- Desperdício

Mura- Distribuição Desigual

Muri- Sobrecarga

Non Value-added Time- Tempo de Valor não Agregado

Outputs- Saídas.

Process- Process

Process Value Analysis- Análise de Valor do Processo

Project Charter- Carta de Projeto

Project Milestone Plan- Plano do Marcos de Projeto

Project Sponsor- Patrocinador do Projeto

Project Team- Equipa de Projeto

Pull System- Sistema Puxado

Push System- Sistema Empurrado

Self-Assessment- Auto-Avaliação

Stakeholders- Partes interessadas

Suppliers- Fornecedores

Takt Time- Ritmo de Produção

Throughput- Taxa de Saída

Toyota Production System- Sistema Toyota de Produção

Value Stream Map- Mapa do Fluxo de Valor

Value Stream Mapping- Mapeamento do Fluxo de Valor

Value-added Time- Tempo de Agregação de Valor

Wastes- Desperdícios

Work in Process- Inventário Intermédio ou Trabalho em processo

Workshop- Sessão de trabalho; reunião

1 Introdução

1.1 Contextualização e Identificação do Tema

O presente trabalho consiste na criação de um projeto de aplicação da filosofia *Lean Thinking* na fábrica ENERCON de Viana do Castelo.

O primeiro objetivo deste trabalho consiste em desenvolver um projeto que permita utilizar os conhecimentos empíricos obtidos durante o trabalho diário desenvolvido em contexto laboral, para o desenvolvimento dos conhecimentos teóricos obtidos durante a fase letiva do primeiro ano do Mestrado de Gestão das Organizações, lecionado no Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Procura-se, assim, aliar ambas as vertentes (profissional e académica) e elaborar um projeto com interesse para o desenvolvimento académico, e que simultaneamente apresente aplicabilidade prática na fábrica ENERCON de Viana do Castelo.

O segundo objetivo, decorrente de pesquisa bibliográfica, e da análise da realidade da empresa, consiste em implementar formas de melhorar o processo produtivo através da metodologia *Lean Thinking*.

A metodologia *Lean Thinking* é a eliminação do desperdício dentro das empresas, sendo que, segundo este conceito, desperdício é tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto. Esta metodologia foi desenvolvida na Toyota durante o período de reconstrução do Japão, após a Segunda Guerra Mundial (Ohno, 1988). Veio focar a importância da melhoria contínua como uma forma de excelência operacional nas empresas, revelando simultaneamente a importância das pessoas para o sucesso das mesmas (Feld, 2000). Desta forma as empresas podem identificar os problemas, reduzir custos e aumentar o desempenho dos seus processos através da aplicação de ferramentas e métodos de melhoria contínua, apoiando-se no conceito de cultura empresarial, que se traduziu num profundo conhecimento dos mecanismos de motivação das pessoas e da capacidade de cultivar a liderança e o espírito de equipa (Pinto, 2009).

Todos estes alicerces e a crescente preocupação pelo serviço ao cliente, geraram um novo modelo “auto-evolutivo” de gestão empresarial praticado mundialmente pelas empresas, hoje conhecido como *Lean Thinking*.

1.2 Identificação do problema e hipóteses

Com base nos conceitos decorrentes do modelo de gestão *Lean*, sabe-se que existem, e sempre existirão, porque a busca pela excelência não tem limites, grandes desafios no que toca à melhoria contínua. O propósito deste projeto assenta, precisamente, em identificar os desafios/problemas existentes no processo produtivo da fábrica ENERCON de Viana do Castelo, analisá-los e encontrar soluções para os mesmos, seguindo a metodologia *Lean*.

Depois de efetuada a pesquisa inicial surge, assim, o seguinte problema:

- *De que forma pode a implementação do modelo de gestão Lean contribuir para a melhoria do processo de fibra e infusão?*

[Note-se que, sendo a ENERCON uma grande empresa, foi necessário formalizar este trabalho na forma de um projeto bem definido]

No seguimento dos objetivos e problema anterior descritos apresentam-se as seguintes hipóteses de investigação:

- *H1: A implementação do modelo Lean torna o processo de fibra e infusão mais eficiente;*
- *H2: A implementação do modelo de gestão Lean ao processo de fibra e infusão melhora a produtividade;*

1.3 Metodologia

A metodologia deste projeto assentará em diretrizes essenciais para a implementação eficaz do pensamento *Lean* a um processo de manufatura. Apresentam-se, de seguida, as duas fases que revelam a metodologia do mesmo:

1. *Self-Assessment* (Auto-avaliação)

O primeiro passo é compreender a situação atual, e fundamentar o porquê de querer efetuar alterações.

2. Desenhar o projecto *Lean*

- a) Elaborar o *Project charter* (Carta de Projeto): expor as motivações, definir objetivos e resultados;
- b) Elaborar *Project Milestone Plan* (Plano dos Marcos de Projeto): identificar principais segmentos do projeto, prazo para conclusão, sequência com os eventos mais importantes. Tem por base um *Lean Manufacturing Road Map* (Roteiro de Otimização da Produção) que define as fases específicas do projeto, e a sua duração.

1.4 Estrutura do projeto

Este projeto foi elaborado tendo por base as diretrizes apresentadas por William Feld (2001), para implementação de um projeto *Lean* dentro de uma organização, ou seja, um *Lean Manufacturing Road Map* (Mapa de Otimização da Produção). Segundo o autor, a implementação da metodologia *Lean* dentro de uma organização deve ser definida por um projeto bem delineado, composto por quatro fases: *Lean Assessment* (Avaliação *Lean*), *Current State Gap* (Lacunas do Estado Atual), *Future State Design* (Conceção do Estado Futuro) e *Implementation* (Implementação).

Lean Manufacturing Road Map

Primeira Fase: *Lean Assessment*

É a fase em que se verificam as operações por área e por grupos de produtos. É também nesta fase que se identificam os pontos de oportunidade e influência do negócio. São analisados os possíveis problemas de desempenho do processo e identificados desperdícios ou oportunidades. É nesta fase que se efetua também um estudo das exigências, expectativas e prioridades do cliente, como forma de tornar o produto mais competitivo através de um processo o mais simplificado e eficiente possível.

Segunda Fase: *Current state gap*

- 1) É feito um estudo detalhado de *Process value analysis*¹ (PVA), princípios e conceitos *LEAN*, analisando aquilo que o cliente pretende, e se é necessário dar um passo no sentido de melhorar o processo para atingir esse objetivo.
- 2) São estabelecidas ligações entre os materiais e a informação através do mapeamento de fluxos;

¹ Modelo criado e popularizado por consultores de gestão, nas décadas de 70 e 80, como forma de reduzir custos indiretos. Passou a abordar os custos e valor associados ao processo, de forma sistemática, tendo sido desenhado como uma forma de resposta, de baixo para cima, a programas de redução de custos, muitos dos quais envolviam reduções indiscriminadas de gastos ou funcionários, baseados em objetivos de diminuição percentuais, o que resultava na perda de funcionários e programas valiosos. Esta abordagem bastante direta do PVA, passou a envolver o estudo de componentes e atividades do processo, como forma de entender o seu fluxo (Davenport, 1993).

- 3) É criado um mapa SIPOC para melhor conhecimento da relação cliente/fornecedor e respetivos inputs e outputs;
- 4) São quantificadas as oportunidades de eliminação de desperdício e de perda de produção, através da análise de performance atual de processos, de forma a priorizar a sequência de implementação e endereçar o risco associado;
- 5) Possibilidade de elaboração de uma lista rápida de melhorias a curto-prazo, que estabelecerão uma linha de base para melhorias contínuas.

Terceira Fase: *Future state design*

Nesta fase a equipa do projeto concebe um conceito geral de como o local/área deve funcionar. Durante as primeiras 2 a 3 semanas a equipa:

- Determina quais os grupos de produtos existentes e como deverão ser produzidos;
- Cria uma estrutura geral de organização do espaço;
- Analisa os comportamentos de procura de produtos e os fluxos de materiais;
- Desenvolve um novo plano de gastos de materiais para a logística, desde o lançamento do pedido até à entrega do produto;

Nas 3 a 4 semanas seguintes, a segunda metade da terceira fase inclui:

- Planos da área de trabalho;
- Análise da carga de trabalho por área;
- Estratégia de transição;
- Plano de implementação;
- Definição de critérios de saída;
- Funções e responsabilidades por área de trabalho;
- Programa de formação na área de trabalho;
- Programa de comunicação;

Quarta fase: *Implementation*

Após aprovação do projeto, é iniciada uma nova fase, de implementação. Esta fase decorrerá durante um período maior, e terá início com um evento *Kaizen*² (melhoria

² O termo Kaizen, (do japonês KAI = mudar, ZEN =melhor) foi introduzido por Masaaki Imai (1986), fundador do Kaizen Institute Consulting Group, através da sua obra *Kaizen: The Key to Japan's Competitive*

contínua), seguida de uma semana de ajustamentos, seis semanas de estabilização da produção, e por fim, uma auditoria para comprovar as mudanças efetuadas e a implementação das características *Lean* ao processo produtivo.

Success, conceito que viria a ficar conhecido como um pilar importante da estratégia competitiva a longo prazo de uma organização. Um Evento *Kaizen* trata-se, por sua vez, de um *Workshop* (sessão de trabalho ou reunião), em que um processo é analisado por uma equipa, com o objetivo de implementar melhorias através de métodos e sistemas *Lean*. Este conceito de Evento *Kaizen* é uma inovação americana do processo Japonês implementado por Imai e a sua equipa de consultoria, no final dos anos 80, quando demonstravam o processo *kaizen* às empresas americanas, e que ficou popularizado no ocidente. Assim, segundo o Kaizen Institute, o termo *Kaizen*, é conhecido nos dias de hoje como a prática da melhoria contínua.

2 Enquadramento Teórico

2.1 Sistema Toyota de Produção e Pensamento *Lean*

A filosofia do Pensamento *Lean* surgiu no Japão, no período posterior à Segunda Guerra Mundial, quando Taiichi Ohno, na altura engenheiro e chefe de produção da Toyota, liderou o desenvolvimento de um novo sistema de gestão que procurava a mais alta qualidade ao menor custo, através da eliminação de desperdício. A este sistema chamou-se *Toyota Production System* (TPS)– Sistema Toyota de Produção. Este novo sistema, representado na figura 1, foi implementado em dois pilares: *Just-in-Time* (JIT) - no momento exato – determinando o momento exato em que tudo deve ser produzido, transportado ou comprado – e o *Jidoka* – automação com um toque humano. Simultaneamente, estes dois pilares têm como base três conceitos fundamentais: o trabalho padronizado, *Kaizen* e *Heijunka* (nivelamento da produção). Com isto pretendia-se aumentar a eficiência dos seus processos tendo por base o melhoramento contínuo da produção (Ohno, 1988).

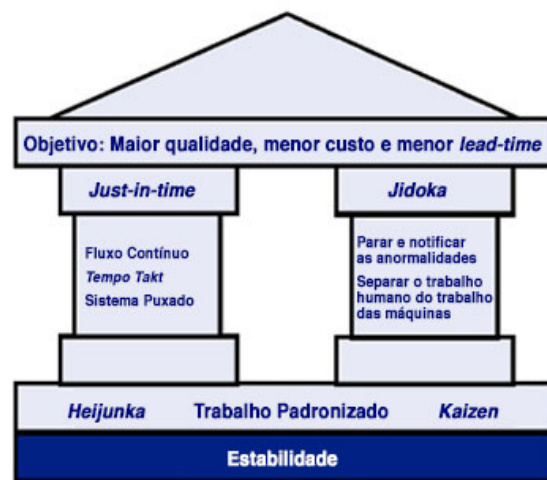


Figura 1- Pilares do Sistema Toyota de Produção (Ballé, 2015)

Tradução em português: *Heijunka* – nivelamento da produção; *Kaizen* – melhoria contínua; *Jidoka* – automatização com um toque humano; *Just-in-time* - no momento exato; Takt-time – tempo disponível para a produção, dividido pelo pedido do cliente;

Mais tarde, James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos elaboraram, no ano de 1991, um estudo sobre a indústria automóvel na década de 80, dando origem à obra *The Machine that Changed the World*, tendo esta vindo a mostrar que o Sistema de Produção Toyota já era, naquela época, bastante superior a todas as outras indústrias automóveis. Através de estudos comparativos era já perceptível que os métodos japoneses eram

superiores aos europeus e norte-americanos, tanto ao nível da produtividade como qualidade, velocidade, e desenvolvimento de novos produtos (Womack et al., 1991).

Em 1996, James P. Womack e Daniel T. Jones, uniram-se novamente, após anos de estudo e observação do funcionamento do TPS e das empresas japonesas, e editaram a obra *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Foi através desta obra que, pela primeira vez, se divulgou e mostrou como aplicar dentro de uma organização aqueles que são hoje os conceitos fundamentais do Pensamento Lean (Womack e Jones, 1996).

Desde a introdução do conceito até à atualidade, a popularidade do Pensamento *Lean* tem aumentado de forma espantosa. Se inicialmente era apenas aplicado às empresas industriais (tendo daí resultado designações como *Lean Manufacturing* ou *Lean Production*), a Filosofia *Lean* rapidamente enveredou por novas áreas como os serviços, o comércio e o sector público, podendo ser hoje aplicada nas mais variadas vertentes.

2.2 Os princípios do *Lean Thinking*

Em 1996, Womack e Jones definiram aqueles que eram considerados os cinco princípios base da filosofia *Lean*:

- Criar valor: o valor é sempre definido pelas necessidades específicas do cliente, sendo esta uma premissa básica para o desenvolvimento de qualquer produto. É necessário entender que aquilo que este deseja, e que aquilo que não está disposto a pagar pelo produto deve ser eliminado, como desperdício.
- Definir a cadeia de valor: é necessário identificar e mapear o fluxo de valor, utilizando aquilo que é considerado valor para o cliente, como ponto de referência para identificar as atividades que contribuem para a criação do mesmo. As atividades que não adicionam valor ao produto são consideradas desperdício. Ao eliminar processos ou etapas desnecessárias passa a ser possível entregar ao cliente exatamente o que este deseja, reduzindo o custo de produção do produto ou serviço.
- Otimizar o fluxo: Após a eliminação do desperdício do processo produtivo, é necessário garantir que o fluxo das restantes etapas decorre sem problemas, interrupções ou atrasos. Algumas estratégias utilizadas para garantir que as atividades de agregação de valor fluam sem problemas incluem: quebrar etapas, reconfigurar as etapas de produção, nivelar a carga de trabalho, criar departamentos multifuncionais e treinar funcionários para serem qualificados e adaptáveis.
- Pull system (Sistema de Produção Puxada): inventário é considerado um dos maiores desperdícios dos sistemas de produção, e como tal o sistema *pull*³ tem como objetivo diminuir o máximo possível de produtos em inventário e em processo produtivo, disponibilizando apenas o necessário para que o fluxo de trabalho decorra de forma suave. Por outra palavra, este novo sistema veio permitir o fabrico *Just-in-Time*, ou seja, a criação do produto no momento e quantidades necessárias.

³ Devido à sua importância no que diz respeito à filosofia *Lean Thinking*, o conceito de Desperdício será definido de forma mais detalhada na secção 2.3.

→ Perfeição: tendo em conta a importância dos quatro princípios anteriores, este último é o mais importante, no que concerne à visão do *Lean Thinking* e da melhoria contínua dos processos, como parte da cultura organizacional. Toda a organização e respetivos colaboradores devem unir esforços no sentido de aprender e melhorar a cada dia, encetando sempre a busca pela excelência, tendo sempre presente a satisfação das necessidades do cliente.

Esta sequência serviu de guia para a implementação da Filosofia *Lean* nas organizações, durante muitos anos, desde o seu aparecimento. No entanto, a Comunidade *Lean Thinking*⁴ (CLT) considerou que esta sequência apresentava algumas lacunas, tendo introduzido dois novos princípios, em 2008. Estes dois novos conceitos foram introduzidos por se ter considerado ser insuficiente atentar apenas a cadeia de valor do cliente (uma vez que numa organização existem várias cadeias de valor, uma para cada parte interessada). Outra limitação prendia-se com o facto de os cinco princípios tenderem a levar as organizações a entrar em ciclos infundáveis de redução de desperdícios, descurando a criação de valor através da inovação de produtos, serviços e processos, e esquecendo a sua missão de criação de valor para todas as partes interessadas, levando muitas vezes a despedimentos (Pinto, 2009).

Assim, a CLT introduziu estes dois novos princípios, reformulando também os 5 já existentes (figura 2):

⁴ A Comunidade *Lean Thinking* foi criada em 2006, com o objetivo de criar e difundir conhecimento no domínio do *lean thinking*, entre as organizações empresariais. Prestando serviços de consultoria e de formação empresarial, a sua missão é a eliminação de desperdícios, desenvolvimento pessoal e otimização de processos dentro das organizações, atuando também para a melhoria da performance operacional e financeira. Desenvolve também conhecimento na área, criando metodologias de melhoria de gestão desenvolvimento dos recursos e apoio ao desenvolvimento e planeamento estratégico.

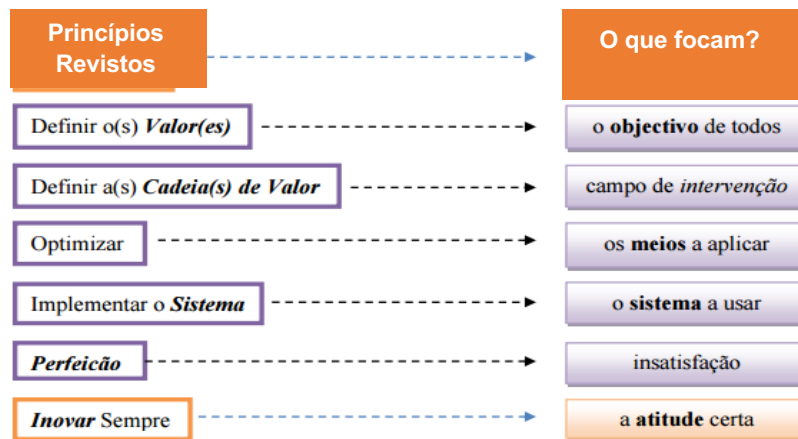


Figura 2 - Os Princípios do *Lean Thinking* revistos, segundo CLT (Pinto, 2009).

→ Conhecer os *Stakeholders*

É essencial conhecer com detalhe todos os *stakeholders* (partes interessadas), em detrimento de focar apenas os interesses do cliente final. Isto aplica-se aos colaboradores, em alturas de redução de custos, e também ao meio ambiente e recursos naturais, que continuam a ser explorados indiscriminadamente. (Pinto, 2013). Assim, a atenção da organização mantém o foco nas necessidades do cliente final, mas passa também a dirigir a sua atenção a todas as partes afetadas pela sua ação, integrando preocupações como a responsabilidade social e ambiental.

→ Definir os Valor(es)

Porquê definir valores, e não valor? O primeiro passo para implementar a Filosofia *Lean* numa empresa, é deixar que seja o cliente a definir valor, de acordo com as suas necessidades. No entanto, a CLT reformulou este conceito, adaptando-o a todas as partes interessadas, agora tão importantes para as organizações.

Quando se menciona o conceito de valor este serve genericamente, para classificar ou julgar a satisfação que se sente pelo produto ou serviço. Assim, valor remete para a compensação que se recebe em troca do que se paga. No entanto, segundo Pinto (2009), este conceito agrega algo mais, sendo tudo aquilo que justifica a atenção, tempo e esforço dedicado ao produto ou serviço, representando a satisfação de todas as partes interessadas, sejam elas os clientes, colaboradores ou acionistas da organização.

Segundo Womack e Jones (1996), a empresa irá de encontro às necessidades do cliente, satisfazendo-as, e cobrando um valor específico por isso. Desta forma a empresa irá melhorar a sua competitividade e lucro através da melhoria contínua dos processos, da redução de custos e melhoria da qualidade, sendo que é o cliente a definir o que gera ou não valor, dentro da própria empresa.

Segundo Ohno (1988), desperdício refere-se a todas as atividades e elementos do processo produtivo que geram custos, sem agregar valor ao produto final. Este conceito é importantíssimo no que concerne à criação de valor dentro de uma organização, pois é este que define a vantagem competitiva da mesma no mercado. O objetivo define-se em gerar o mínimo de desperdício e simultaneamente criar o máximo de valor naquilo que a organização produz ou oferece como produto ou serviço final. O autor definiu este raciocínio identificando três conceitos que representam três tipos diferentes de atividades geradoras de desperdício: *Muda* (Desperdício), *Mura* (Distribuição desigual) e *Muri* (Sobrecarga), conhecido como o Sistema 3M do TPS.

Na nova abordagem da CLT passam a definir-se valores, uma vez que, de forma a prosperar, a empresa deve satisfazer as necessidades de todas as partes interessadas, incluindo colaboradores, acionistas, sociedade, etc. Esta nova abordagem leva em conta o facto de atividades que anteriormente eram consideradas desperdício, nos dias de hoje serem classificadas como valor adicionado, por criarem valor para outras partes que não o cliente final (um exemplo são os esforços que cada vez mais as organizações desenvolvem para com os recursos humanos, apostando na formação contínua dos seus colaboradores).

→ Definir cadeia de valor

Seguidamente, é necessário mapear as cadeias de valor dentro da empresa. Inicialmente é essencial identificar todas as atividades que agregam ou não valor, (englobando fluxos de materiais, pessoas, informação e capital) de forma a definir a estratégia da empresa, para que a mesma possa satisfazer simultaneamente cada parte interessada, e estabelecer para cada uma delas a respetiva cadeia de valor. Após esta fase, a empresa deve equilibrar os interesses de todas as partes interessadas, para que todos estejam ao mesmo nível e esta os possa satisfazer de forma igualitária (Pinto, 2009).

→ Otimizar fluxos

A capacidade de desenvolver um fluxo contínuo, ou seja, desenvolver, produzir e distribuir rapidamente o produto, com a máxima qualidade, confere à organização uma vantagem competitiva, que lhe permite atender às necessidades do cliente de forma quase imediata (Shingo e Dillon, 1989). Nesta nova abordagem, para o fazer é necessário redefinir o trabalho de funções, departamentos e empresas de forma que estes possam contribuir positivamente para a criação de valor para todas as partes do processo. É necessária fluidez entre as atividades, o que contribui para a execução contínua dos

processos e consequentemente permite que o fluxo seja contínuo (materiais, pessoas, informação e capital) (Pinto, 2009).

→ Implementar o Sistema *Pull*

Este sistema, segundo Pinto (2009), é um dos maiores desafios ao implementar o Pensamento *Lean* dentro de uma organização pois, são tanto o cliente como as restantes partes interessadas, que passam a “puxar” a produção, reduzindo os stocks – através da implementação do sistema *Just-in-Time* – e atribuindo valor ao produto. Implementando o Sistema de Produção Puxada nas cadeias de valor (figura3), permite-se que seja o cliente a liderar os processos, invertendo o fluxo produtivo (Marchwinski e Shook, 2003).

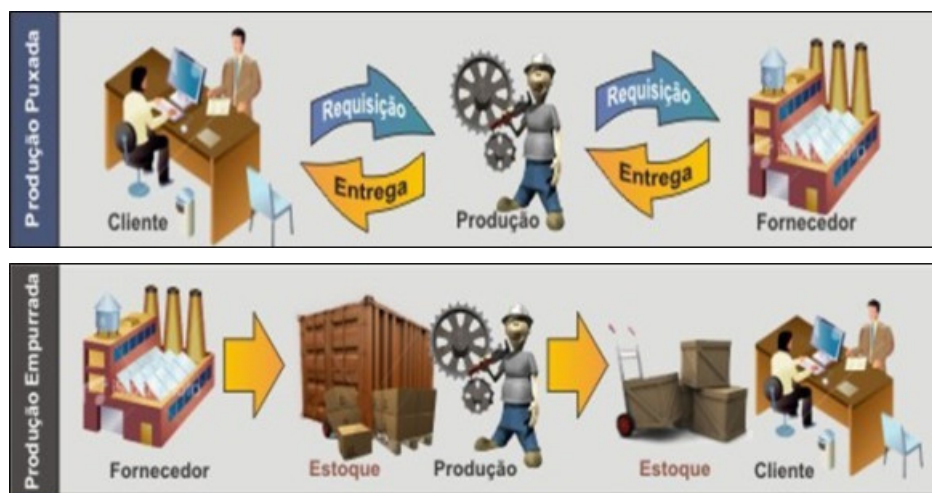


Figura 3- Produção Puxada vs. Produção “Empurrada” (Albertin e Pontes, 2016)

→ Perfeição

Segundo Ohno (1988), o estímulo mais importante à perfeição é a transparência, pois o facto de num sistema *Lean* todos (colaboradores, fornecedores, integradores de sistema, distribuidores, clientes) poderem ver tudo, torna mais fácil descobrir melhores maneiras de criar valor.

Nesta nova abordagem, as organizações que têm implementado o sistema *Lean* devem fazer com que os interesses, necessidades, expectativas estejam sincronizados entre todas as partes interessadas, e em constante evolução na busca pela perfeição, incentivando a melhoria contínua a todos os níveis da organização.

→ **Inovar sempre**

Como proposto por Pinto (2009), o sétimo princípio Lean passa por inovar para criar produtos, serviços e processos, ou seja, inovação para a criação de valor. No entanto, o objetivo do Pensamento *Lean* não pode ser apenas a eliminação do desperdício, caso contrário isso levaria a que as organizações enveredassem por processos obsessivos de “emagrecimento”, fazendo com que o enfoque na criação de valor se perdesse. Assim, é fundamental que em simultâneo se pense sempre em novas formas de criar valor, e de estimular a inovação dentro das organizações.

2.3 Conceitos de Valor e Desperdício

As novas definições de Valor e Desperdício são o novo paradigma introduzido pelo Pensamento *Lean*, que se traduz num enorme desafio para os gestores. Isto acontece, pois, cada vez mais as exigências das partes interessadas têm peso naquilo que consideramos acrescentar ou diminuir valor a um produto ou serviço. Se as primeiras gerações do Pensamento *Lean* se orientavam quase unicamente para a eliminação do desperdício, hoje pode constatar-se que aquilo que acrescenta Valor acaba por ter um peso mais elevado, no que concerne à satisfação do cliente. No entanto a questão mantém-se: o que pode ser considerado desperdício? E quais as atividades ou características que acrescentam valor ao produto ou serviço? Neste sentido, cada vez mais a comunidade *Lean* tem tentado investigar e criar ferramentas que abram espaço à criatividade e inovação, com o intuito de acompanhar a constante mudança e desafio dos novos mercados e partes interessadas, e de forma a manter a competitividade das empresas.

2.3.1 Desperdício necessário e Puro Desperdício

O desperdício refere-se, tal como já foi referido anteriormente, a todas as atividades realizadas que não acrescentam valor ao produto (Ohno, 1988). Estas atividades são consideradas desperdício, pois consomem tempo e recursos que não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto, ou serviço a realizado pela organização, podendo ser catalogadas como Puro Desperdício e Desperdício Necessário (figura4). Puro desperdício são todas as atividades dispensáveis ao processo, e que não geram valor, como por exemplo, tempos de espera ou pausas na produção. Por sua vez, Desperdício necessário são todas as atividades que, apesar de não adicionarem valor ao produto, são imprescindíveis ao processo, tais como, por exemplo, os controlos da qualidade (Liker, 2004). O objetivo do *Lean Thinking* é a otimização das atividades criadoras de valor, a eliminação das atividades criadoras de desperdício puro, e a diminuição das atividades que não acrescentam valor, mas que ainda assim são necessárias.

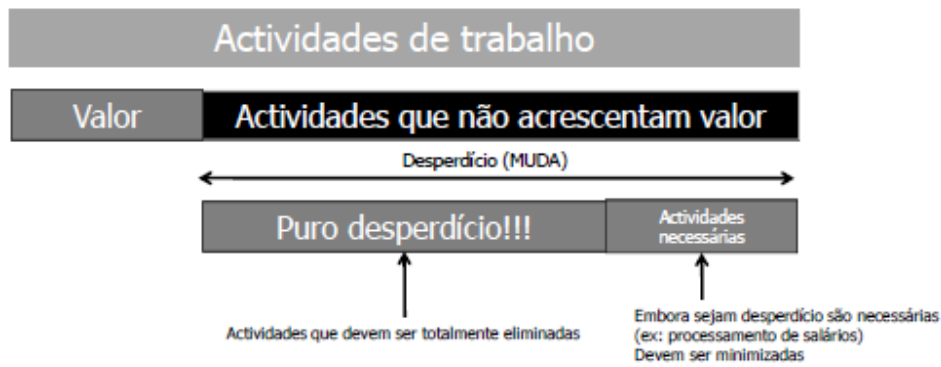


Figura 4- Esquema que ilustra os tipos de atividades relativas ao desperdício.

2.3.2 O Sistema 3M ou 3 *Mudas*

Através deste sistema, Ohno identificou aquilo que é um ciclo vicioso dentro das organizações, onde não está implementado o Pensamento *Lean*: a produção irregular (*Muda*) irá conduzir ao stress e sobrecarga (*Mura*), que irão gerar defeitos e criar desperdício (*Muri*). Na figura abaixo pode ver-se representado um esquema explicativo dos três tipos de desperdícios:

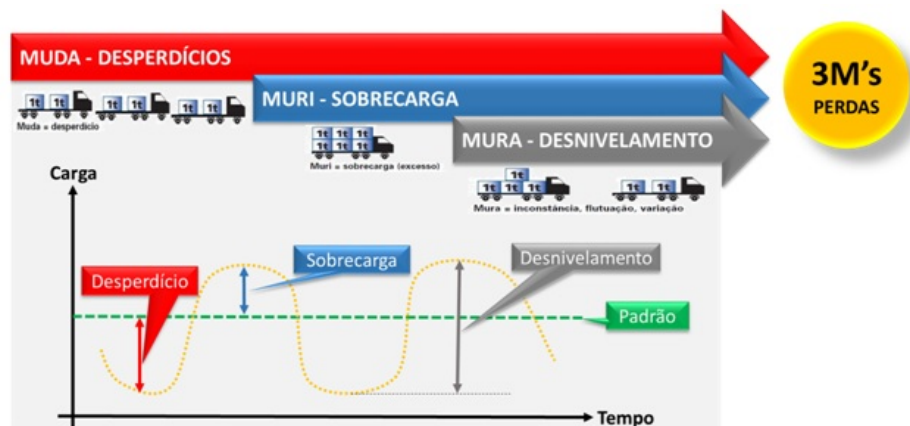


Figura 5- Esquema que explica os três tipos de desperdício: Muda Muri, Mura (Júnior, 2016).

- **Muda:** representa tudo o que não acrescenta valor, e que deve ser eliminado ou reduzido. Sumariza todas as atividades inerentes ao produto que o cliente não está disposto a pagar.
- **Mura:** simboliza as inconsistências e irregularidades do processo. Está assente no sistema JIT (aplicado através do sistema *pull*), em que se faz apenas o necessário quando necessário.

- **Muri:** representa os excessos ou ineficiências, que são eliminados através da uniformização do trabalho.

“... A insuficiência de padronização e racionalização cria desperdício (*Mura*), inconsistência (*Muri*) e irracionalidade (*Muda*) em procedimentos de trabalho e horas de trabalho que, eventualmente, levam à produção de produtos defeituosos.”

Ohno, 1988.

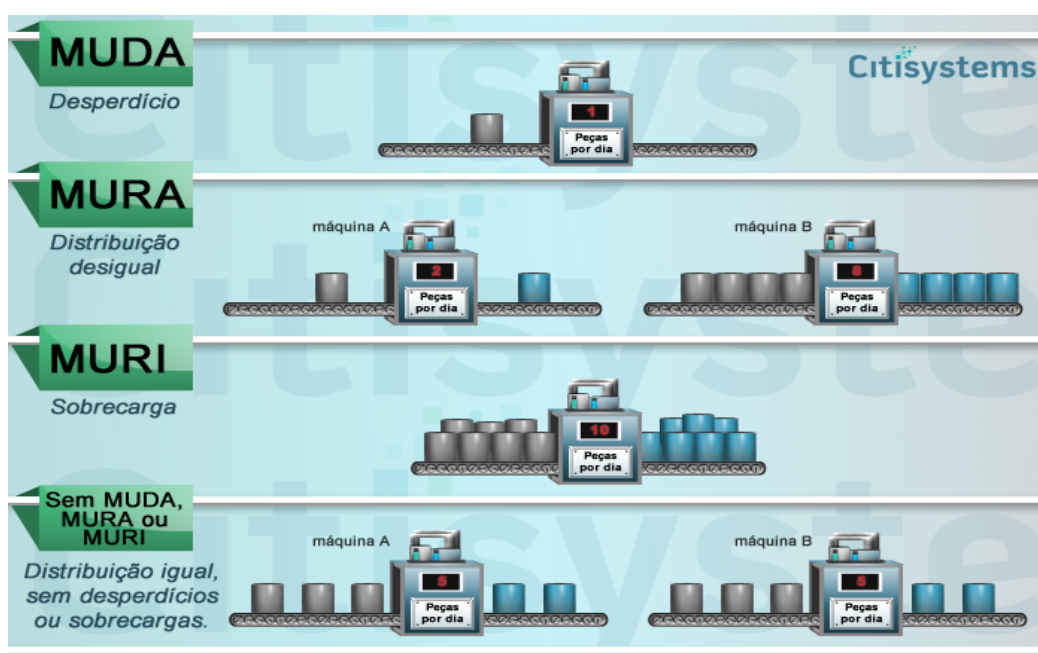


Figura 6- Esquema ilustrativo dos efeitos do desperdício na produção (Silveira, 2014).

Como se pode verificar na figura 6, o sistema 3M irá prevenir situações de desequilíbrio dentro da empresa, em que os recursos disponíveis (pessoas, processos, materiais e tecnologia para produzir a quantidade certa do produto ou serviço requerido pelo cliente), não estão a ser utilizados de forma eficiente.

2.3.3 O sistema 7W

Ao desenvolver o sistema 3M, Ohno (1988) classificou os tipos de desperdícios em 7 categorias, definindo concretamente os 7 *Wastes* (7W), 7 Desperdícios encontrados dentro das empresas.

- 1) **Excesso de produção:** ocupa recursos desnecessários, aumenta os stocks, consome materiais e energia e reduz a flexibilidade de planeamento. É das categorias que mais sentido dá ao significado de desperdício pois significa fazer o que não é necessário, quando não é necessário (oposto do JIT), não agregando qualquer tipo de valor ao produto/serviço final.
- 2) **Esperas:** É o tempo perdido quando as pessoas ou equipamentos estão à espera de algo, tal como uma autorização ou a manutenção de uma máquina.
- 3) **Transporte:** é qualquer movimentação de partes, peças ou componentes, de um local para outro. Estes sistemas ocupam espaço, acrescem os custos, aumentam o tempo de fabrico e por vezes causam danos nos produtos e por essa razão devem reduzir-se as distâncias ao máximo dentro das organizações.
- 4) **Desperdício do próprio processo:** representa operações e processos que não são necessários, dando origem a defeitos. Isto compreende a falta do cumprimento de uma sequência lógica de funcionamento do processo, tal como a uniformização do mesmo. Em suma, representam os processos e operações que não agregam valor ao produto ou serviço final.
- 5) **Stocks:** Podendo ser provocado por diversas causas - tais como a produção excessiva, desequilíbrios no processo, grandes diferenças entre os tempos de pedido e entrega do produto (*lead time*), falta de padrões na aquisição de matérias primas – representam a presença de materiais retidos por determinado tempo, dentro ou fora da fábrica.
- 6) **Defeitos:** representa todo o tipo de desperdícios associados a defeitos ou problemas de qualidade. Estão associados os custos de inspeção, de retrabalho ou de resposta às queixas dos clientes.
- 7) **Desperdício de movimento:** refere-se a todo o movimento que não é necessário para executar as operações (movimento excessivo de máquinas, distâncias percorridas excessivas entre estações de trabalho, mau posicionamento de objetos e ferramentas de trabalho, etc). São todas as movimentações que são desnecessárias e causam perda de tempo (e dinheiro), e stress nos funcionários.

Além destas sete categorias de desperdício identificadas no âmbito da filosofia *Lean*, atualmente foi identificada mais uma (Pinto, 2013), que de uma forma transversal estão sempre presentes e influenciam as restantes.

- 8) Talento desperdiçado:** esta oitava categoria de desperdício, apesar de não ter sido mencionada no TPS, refere-se ao talento desperdiçado, ou à má utilização das capacidades dos colaboradores, o que leva a uma perda por parte da organização. A integração apropriada das ideias, habilidades e capacidades de todos os colaboradores, promove o desenvolvimento de novas ideias e a inovação dentro das organizações, pelo que se considera que as que não o fazem, estão a desperdiçar oportunidades de melhoria.

2.4 Métodos *Lean* e Ferramentas *Lean*

A filosofia *Lean* faz utilização de diversos métodos e ferramentas, que possibilitam e acompanham a sua aplicação nas empresas. Nesta secção definem-se alguns dos quais se consideram importantes para este estudo.

2.4.1 *Error-Proofing*

O método *Error-Proofing* (“À Prova de Erros”, proveniente do Japonês, *Poka-Yoke*) surgiu no Japão, com Shigeo Shingo durante a sua passagem pela Toyota, e faz parte do Sistema Toyota de Produção (Womack e Jones, 1996). Este método consiste em qualquer dispositivo ou procedimento que impeça que qualquer parte ou peça defeituosas sigam para a próxima etapa do processo. Assim, através de soluções como métodos de prevenção e deteção, este método permite detetar falhas nos processos, evitando que os produtos cheguem ao fim do processo já com defeitos, e consequentemente evitando custos com desperdícios ou retrabalho (Pinto, 2009).

2.4.2 Análise da Cadeia de Valor

A cadeia de valor reflete-se em todas as atividades que criam e atribuem valor ao cliente e restantes *stakeholders*. Este conceito surge com Porter (1985), introduzindo um sistema que permite examinar o desenvolvimento das vantagens competitivas das organizações, decompondo-as nas suas atividades de relevância estratégica (figura7). Assim, é possível diferenciar cada processo e a otimizar o valor final do produto, através da liderança de custo e da diferenciação pela qualidade. Porter acrescenta ainda que a cadeia de valor de uma organização se insere num sistema mais amplo de valores, onde se encontram também integradas as cadeias de valores de fornecedores e distribuidores. Womack e Jones (1996) adaptaram este conceito, com a introdução da filosofia de Pensamento *Lean*, e a cadeia de valor passou a ser o veículo que iria permitir a criação e entrega de valor ao cliente, englobando o conjunto de todas as etapas e ações necessárias à satisfação dos pedidos do mesmo. Desta forma, a vantagem competitiva das organizações passa a ser cada vez mais fruto da capacidade de eficiência das organizações, na gestão deste sistema de cadeia de valores (Dias, 2005).



Figura 7- Modelo da Cadeia de Valor de Michael Porter (Rezende, 2015).

A Análise da Cadeia de Valor é assim uma poderosa ferramenta que permite racionalizar cada etapa do processo, promovendo o fluxo contínuo, através da identificação de três tipos de atividade: as que criam valor, as que não criam valor, mas são inevitáveis no processo, e as que não acrescentam valor, sendo estas duas últimas consideradas desperdício, tal como mencionado atrás. Após esta etapa de definição da cadeia de valor, é necessário o mapeamento de todos os processos e fluxos. Para tal, é necessário conhecer com detalhe aquilo que o cliente pretende, os processos existentes na cadeia, estabilizar os processos de fabrico e/ou serviços, nivelar o fabrico e os fluxos, e implementar o sistema *pull* (Pinto, 2009).

2.4.3 O sistema *Pull*

De acordo com a Filosofia de Pensamento *Lean*, quando um sistema de fabrico é gerido por um sistema *Pull*, cada estação de trabalho “puxa” os materiais da estação anterior, e as operações são realizadas *Just-in-Time*, ou seja, apenas no momento necessário, apenas os itens pretendidos, na quantidade certa, evitando excessos de produção, e produzindo somente o que é vendido (Pinto, 2009).

No início da era industrial, reinava o Sistema *Push* (Sistema Empurrado), em que a procura era quase infinita e a competição praticamente inexistente. Como tal, a preocupação das indústrias residia quase somente em produzir quantidade suficiente de produto, baseada na previsão de vendas, levando muitas vezes à acumulação de inventários, o que se traduzia em desperdício desnecessário. Ao contrário do modelo de produção *Pull*, os materiais são “empurrados” de processo em processo,

independentemente das necessidades do cliente, e não existe uma preocupação com o fluxo produtivo (figura 8).

No Sistema Toyota de Produção, toda a cadeia de fornecimento repercute a procura do cliente final, fazendo com que a informação de produção flua de processo em processo, no sentido inverso ao fluxo dos materiais (Ohno, 1988), tornando a produção simplificada e autorregulável, uma vez que elimina as reavaliações de necessidades de produção e as interferências de instruções verbais (caraterísticas da produção empurrada). Com o Sistema *Pull*, a produção passa a ser baseada no consumo real, e esta

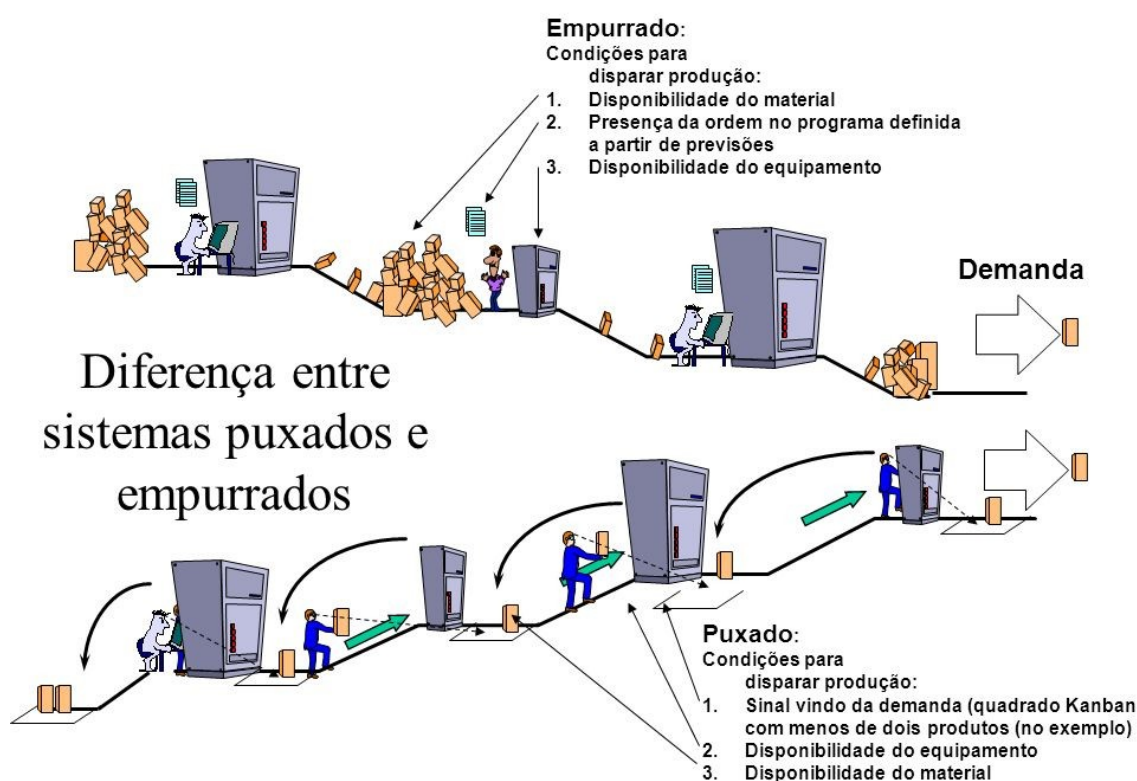


Figura 8- Produção “Puxada” vs. “Produção Empurrada” (Martins, 2019).

gestão de stocks, de processo em processo, é possibilitada através do sistema *Kanban* (cartão de sinalização), que confere autorizações e instruções para a utilização ou produção de itens e produtos (Marchwinski e Shook, 2003). Ao implementar o sistema *Kanban*, Ohno (1988) permitiu conhecer a necessidade do cliente. Por outras palavras, um item não é produzido até que exista um pedido, em forma de sinalização visual, por parte da etapa seguinte, para que um novo item seja produzido, e este item não será produzido sem que surja um novo pedido. Assim, o sistema *Kanban*, assente também no sistema JIT, vem viabilizar a produção puxada e eliminar desperdícios associados a inventários desnecessários.

2.4.4 Padronização do Trabalho

A padronização do trabalho é um dos lemas da metodologia *Lean*, sendo uma ferramenta cujo objetivo é eliminar desperdício, e que serve de linha de base para a melhoria contínua. Neste contexto, os standards, ou padrões, apresentam-se como o nível máximo de desempenho a atingir dentro da organização, contando com a colaboração de todos os membros da equipa (Liker e Meier, 2006).

Como se pode ver na tabela abaixo, existem várias estratégias para tornar os processos padronizados. O primeiro passo é identificar todos os desperdícios, começando dos mais evidentes, para os mais detalhados, pormenorizando sequencialmente a análise. A padronização é uma boa ferramenta de análise que permite identificar tarefas, movimentações, deslocações e tempos de espera. O tempo de realização de tarefas, após ser medido e registado, deve ser separado em duas categorias: tempo de execução e tempo de movimentação. Após esta categorização, é feito um desenho do posto de trabalho, onde se incluem os locais onde as tarefas são executadas (devidamente demonstrados graficamente e interligados através de linhas).

Tabela 1- Estratégias e Ferramentas para processos e procedimentos padronizados (Liker & Meier, 2006)

Estratégias	Ferramentas <i>Lean</i> Primárias	Ferramentas <i>Lean</i> Secundárias
• Criar um método de trabalho repetitivo que se torne na base para <i>Kaizen</i>; • Definir expectativas claras; • Desenvolver processos que assegurem consistência a todos os elementos do trabalho; • Necessidades do trabalho; • Métodos de trabalho; • Materiais; • Máquinas;	• Folha de instruções de trabalho; • Diagrama de trabalho padronizado; • Folha de capacidade de produção/processo; • Tabela de combinação de trabalho padronizado;	• Controlos visuais; • Políticas e procedimentos; • Amostras limite; • Folhas de verificação de processo; • Formação para instruções de trabalho;

O trabalho padronizado não é o objetivo final, mas sim a otimização da produtividade, segurança e qualidade, determinando os processos exatos de cada colaborador.

2.4.5 O Sistema 5S

A ferramenta dos 5S consiste num conjunto de práticas que procuram, através de soluções simples e práticas, mobilizar e consciencializar toda a empresa para a Qualidade Total no local de trabalho, de forma organizada e disciplinada (figura 9).

Implementada inicialmente por Sakichi Toyoda e o filho Kiichiro Toyoda, e mais tarde por Taiichi Ohno, esta prática é uma forma de implementar a mudança dentro das organizações no sentido de aumentar a produtividade e reduzir custos e desperdícios, mantendo simultaneamente a preocupação com a satisfação do colaborador e do cliente final (Palhares, 2014).



Figura 9- Esquema explicativo do significado dos 5S (Leite, 2019).

A metodologia 5S, criada pela Toyota, veio conceder a cada funcionário um nível de importância, incentivando que cada trabalho/posto é essencial para o processo e produto final. Assim, o desperdício é mantido a um mínimo e a organização do espaço de trabalho conduz aos resultados desejados, com orgulho genuíno do colaborador.

Na tabela abaixo podem ver-se definidos os significados e respetivos objetivos, dos conceitos constituintes dos 5S.

Tabela 2- Definição e objetivos dos 5S.

Denominação		Conceito	Objetivo particular
Português	Japonês		
Utilização	Seiri	Separar o necessário do desnecessário	Eliminar do espaço de trabalho o que seja inútil
Organização	Seiton	Colocar cada coisa no seu devido lugar	Organizar o espaço de trabalho de forma eficaz
Limpeza	Seisō	Limpar e cuidar do ambiente de trabalho	Melhorar o nível de limpeza
Padronização	Seiketsu	Criar normas/"standards"	Regras a serem seguidas
Disciplina	Shitsuke	Todos ajudam	Incentivar melhoria contínua

2.4.6 Desenho de Células de Trabalho

Existem diversos fatores a ter em conta quando se “desenha” um *Layout* (Célula de Trabalho, ou disposição). Sendo uma representação gráfica do fluxo dos operadores e materiais, fornece informações importantes, tais como o *cycle time*⁵, o *takt time*⁶, os níveis de stock durante o processo, e as verificações de qualidade e segurança necessárias (Feld, 2001). O desenho das células de trabalho permite eliminar desperdícios associados a falhas no fluxo do processo, através de medidas aplicadas à globalidade das operações, e tem como objetivo desenvolver fluxos suaves, e uma melhor coordenação dos processos por toda a fábrica (Suzaki, 1987). Segundo Feld (2001), existe uma lista de critérios a considerar quando se constrói uma célula de trabalho:

- Assegurar que o material flui para o mesmo sentido;
- Reduzir as movimentações de materiais e operadores;
- Eliminar stocks entres as operações;
- Eliminar o duplo e triplo manuseamento;
- Colocar os materiais/peças/ferramentas o mais perto possível do local de utilização e em locais de fácil acesso;
- Variar as tarefas de modo a prevenir os movimentos repetitivos;
- Garantir percursos/distâncias o mais curtos possível;

^{5 6} Métricas *Lean* cujas definições serão apresentadas detalhadamente na secção 2.5.

- Eliminar todos os tempos de espera;
- Lembrar que o armazenamento vertical requer menos espaço que o horizontal;
- Organizar máquinas e ferramentas de acordo com a sequência do processo;
- Envolver os operadores no design do processo;

Segundo Suzaki (1987), existem dois tipos de *layout*: *Layout* orientado por produto e *Layout* orientado por processo.

Num *layout* orientado por processo, é feita a disposição de funções e máquinas semelhantes por grupos. Esta perspectiva pode fazer sentido do ponto de vista do supervisor, pois, desta forma, consegue manter simultaneamente vários processos semelhantes sob o seu controlo num local, porém a questão que surge é se fará sentido praticar este tipo de *layout*, do ponto de vista da economia do processo global de produção. As desvantagens de manter um *layout* por processo vão desde a dificuldade na coordenação e planeamento da produção, ao desperdício em transportes, acumulação de *Work-in-process* - inventários Intermédios ou trabalho em processo-, múltiplo manuseamento de materiais, *lead times* extremamente longos, dificuldades de identificação de causas de problemas e dificuldades no estabelecimento de standards (que, consequentemente, causam dificuldades na implementação de melhorias). Do ponto de vista de Suzaki (1987), este tipo de *layout* torna-se confuso, e dificulta a comunicação e visibilidade necessárias ao fluxo do processo, o que leva a uma tendência dos colaboradores se focarem nas suas próprias funções.

Como resposta, o autor defende a introdução do *layout* orientado por produto, em que o material flui de acordo com a sequência dos processos até ao produto final. Neste *layout* existe uma maior economia, pois os processos estão próximos e a distância percorrida pelo material é muito menor. Este tipo de *layout* iria anular todas as desvantagens de um *layout* orientado por processo, no entanto, também apresenta algumas limitações: é necessário repensar e reordenar a colocação das máquinas e colaboradores, que agora se encontram mais dispersos, o que representa um maior custo inicial; é necessário investir em formação de colaboradores que saibam operar e reparar diversos tipos de máquinas, pois passam a estar mais dispersos, e é necessário que mais colaboradores tenham a devida formação; pode ser necessário investir em novas máquinas, para poder dar resposta a todas as etapas produtivas. No entanto, este maior investimento inicial pode ser recuperado com o nivelamento do volume de produção, recuperando em termos de eficiência de produção. A longo prazo este tipo de *layout* vai trazer vários benefícios (ver

tabela 3), tais como reduzir os custos e trazer mais eficiência, do ponto de vista do processo produtivo global. O *layout* orientado por produto é também uma boa forma de identificar os *bottlenecks*⁷ (gargalos ou pontos de estrangulamento), sendo também mais fácil encontrar soluções para as causas dos mesmos. Em suma, passa a existir uma maior simplicidade na gestão dos processos, os custos unitários do produto descem e são também reduzidos os tempos não-produtivos, resultando numa maior economia global do processo.

Tabela 3- Consequências negativas e positivas dos layouts nos desempenhos das organizações. (Pinto, 2010)

Benefícios de um bom <i>layout</i>	Consequências de um mau <i>layout</i>
• Minimiza custos de transporte e movimentação de materiais; • Correta utilização de espaços; • Utilização dos Recursos Humanos de forma eficiente; • Elimina estrangulamentos (em inglês, <i>bottlenecks</i>); • Melhora a comunicação; • Reduz tempos de processo e de serviço; • Elimina movimentos desnecessários; • Facilita a movimentação de recursos e cargas; • Incorpora medidas de Higiene e Segurança no Trabalho; • Promove a qualidade de produtos e serviços; • Facilita as operações de manutenção; • Facilita o controlo visual das operações; • Garante a flexibilidade do sistema de produção;	• Elevados custos de posse e de movimentação; • Maiores tempos de ciclo e maiores lead times; • Elevados stocks intermédios; • Pior qualidade; • Danos nos artigos e produtos; • Problemas de segurança e na moral dos colaboradores; • Baixa utilização de espaços e equipamentos; • Zonas congestionadas e outras não;

2.4.7 Heijunka

Na indústria e serviços, quando se menciona o termo *Heijunka* (Nivelamento da Produção), está-se a fazer referência a tempos, no que diz respeito ao fluxo produtivo. Quando uma organização ou empresa estabelece o objetivo de nivelar a produção, pretende distribuir equitativamente a mesma carga de trabalho pelas máquinas e/ou pessoas integrantes do fluxo produtivo. Esta ferramenta permite anular os “gargalos” de produção e aumentar a produtividade e a eficiência, eliminando simultaneamente os tempos de espera e mantendo o ritmo de trabalho global (Firake & Inamdar, 2014).

⁷ É o termo utilizado para referir uma situação de restrição no processo produtivo, limitando toda a sua capacidade e desempenho (Chase et al., 2001). O ponto de estrangulamento dita também o nível de produção diária, o cumprimento de metas a nível de inventários e o cumprimento de prazos de entrega. Pode ser causado por velocidades inadequadas entre duas etapas do processo, por um layout desajustado, ou por avarias nos equipamentos, causando consequências como o aumento do lead time, aumento de custos e dificuldades no cumprimento dos planos de produção.

2.5 Métricas *Lean*

Embora, durante o estudo do tema *Lean Thinking*, muita teoria tenha sido criada sobre a temática, a nível académico, foram Mike Rother e John Shook (1998) que definiram, pela primeira vez, na sua obra, *Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda*, os conceitos que viriam dar origem àquelas que são hoje conhecidas como as métricas *Lean*. Ao criar um manual onde apresentam o *Value Stream Mapping*⁸ (VSM) –Mapeamento do Fluxo de Valor – como a solução para ter a visão do processo como um todo, focando detalhadamente cada etapa, permitiram identificar os desperdícios inerentes ao mesmo. Desde então, a temática tem sido desenvolvida por vários autores, e muitas vezes surgem diferenças nas definições destas métricas. Isto deve-se à adaptabilidade do modelo *Lean*, que, apesar de assentar nos mesmos alicerces já referidos nas secções anteriores, tem vindo a evoluir e a adaptar-se a cada contexto em que é aplicado.

São também diversas as métricas encontradas para definir um processo, sendo que, mais uma vez, a utilização das mesmas dependerá do processo em estudo, e do contexto em que este está inserido. Assim, para este trabalho, selecionaram-se as métricas consideradas mais relevantes:

- ***Value Added Time (VA)*** – Tempo de Agregação de Valor.
- ***Non Value Added Time (NVA)*** – Tempo de Valor Não Agregado;
- ***Essential Non Value Added Time (ENVA)*** – Tempo Essencial de Valor Não Agregado;

Introduzidos por Womack e Jones pela primeira em 1991, na obra que viria a ser a primeira a definir aquilo que é o *Lean Thinking*, e com base no modelo de produção da Toyota, estes conceitos vieram associar a excelência operacional a estratégias de criação de valor, como forma de fomentar o crescimento contínuo das empresas. Estes autores definiram *Value Added Time* como o tempo de qualquer atividade que acrescente valor ao produto final (que será entregue ao cliente no momento certo, a um preço adequado, conforme definido pelo mesmo). À semelhança do que tinha já sido defendido por Ohno (1988), estes autores definiram também o conceito de desperdício, como qualquer atividade que não acrescenta valor, mais todas as atividades e recursos usados indevidamente, que contribuem para o aumento de custos, de tempo e da não satisfação do cliente. Estas noções acompanharam sempre a evolução da filosofia *Lean*, estando

⁸ Esta ferramenta da qualidade será definida na secção 2.6.

atualmente definidas em dois conceitos (Pinto, 2010): *Non Value Added Time*, distinguidas como o tempo de todas as atividades consideradas desperdício total ou puro desperdício dentro do processo, e *Essential Non Value Added Time*, como o tempo gasto atividades criadoras de desperdício, mas que são imprescindíveis ao processo.

- **Work-In-Process (WIP):** também conhecido como inventário intermédio ou inventário de processo.

Este termo foi inicialmente associado ao *Lean* por Taiichi Ohno (1988), quando criou o sistema *Kanban*, definindo a quantidade de produtos que se encontram ainda em alguma das etapas do processo e que não estão ainda acabadas. Esta métrica veio a ser uma das mais utilizadas na metodologia *Lean* até à atualidade.

- **Lead Time (LT)**– tempo de processamento.

A primeira abordagem ao *Lead Time* foi feita por Robert Hall (1983), na sua obra “Zero Inventories”, onde este efetuou uma revisão do TPS. No entanto o autor não define concretamente o conceito de *Lead Time*, sendo abordado novamente mais tarde, por Goldratt e Fox (1984), que viriam defender que o *Lead Time* é estabelecido em função da programação da produção, sendo primeiro necessário determinar a quantidade de produto a ser produzida, as respetivas restrições ao processo, e só depois então seria possível ter conhecimento do tempo de processamento. No entanto foram autores como Ohno (1988), Shingo (1989), Womack, Jones e Roos (1991), que realmente fomentaram a procura de uma definição mais precisa para este conceito. No entanto as definições eram, por vezes confusas, levando muitas vezes a dúvidas sobre a inclusão dos tempos de desperdício na medição desta métrica, ou até mesmo a ser confundida com o *Cycle Time*. Foram então, Mike Rother e John Shook, que definiram, em 1998, o conceito de *Lead Time*, como parte integrante do VSM, referindo-se ao tempo que o produto leva a atravessar todo o processo produtivo, incluindo os tempos não produtivos e os tempos de espera, apresentando-se como a soma desses, mais os tempos de ciclo de cada etapa do processo.

- **Cycle Time (CT):** tempo de ciclo.

Esta métrica, muitas vezes confundida com o Lead Time, revela-se uma das que mais confusões causa durante o estudo da filosofia Lean, estando atualmente definida pelo

Lean Enterprise Institute como o tempo necessário para produzir um produto, ou completar um processo, conforme cronometrado pela medição real. Esta métrica revela-se ambígua, uma vez que na sua definição Rother e Shook (1998) defendiam que é o tempo total dedicado a um produto numa operação específica, incluindo os tempos de processo mais os tempos de espera ou de troca. Verificou-se, assim, que não existe concordância entre as definições apresentadas na literatura existente atualmente, sendo necessário adaptar a utilização desta métrica ao processo em estudo.

- ***Takt Time (TT)***: proveniente do alemão Taktzeit, onde Takt significa compasso, ritmo e Zeit significa tempo, período, e da palavra inglesa *time*, *TaktTime*.

Foi definido por Rother e Shook (1998) como a velocidade com que o cliente exige o seu produto, sincronizando o ritmo de produção de forma a acompanhar o ritmo de vendas (Byrne, 2019). No entanto, também esta métrica sofreu algumas alterações na sua definição, estando hoje definida pelo Lean Enterprise Institute como sendo o tempo disponível para a produção, dividido pelo tempo do pedido do cliente.

- ***Throughput***: Taxa de Saída.

Embora esteja atualmente definida pelo Lean Enterprise Institute com a mesma definição de *Cycle Time*, esta métrica está generalizadamente definida, na literatura *Lean*, como o tempo necessário para que um produto passe por todo o processo produtivo. Embora tenha semelhanças com a definição de *Cycle Time*, esta métrica permite saber a quantidade de unidades de produto terminadas num determinado período (por exemplo, uma semana, mês ou trimestre).

- ***Process Cycle Efficiency (PCE)*** –Eficiência do Ciclo de Processo.

Esta métrica mede o rácio de valor agregado de um processo (George, 2005), dividindo o *Value Added Time* pelo *Lead Time*.

2.6 Ferramentas da Qualidade

Num mercado que atualmente é tão exigente, é categórico que as empresas estejam à altura dos pedidos do cliente, não apenas em termos de custos, como também de qualidade dos produtos e serviços oferecidos, uma vez que estes são os fatores determinantes na competitividade da empresa. Para isso as mesmas servem-se de mecanismos específicos, sob a forma de ferramentas, que asseguram a qualidade dos produtos e serviços, e garantem que os processos se desenvolvem sobre um patamar de busca contínua pela melhoria.

Em suma, do ponto de vista empresarial, as necessidades e expectativas do cliente estão intrinsecamente ligadas ao conceito de qualidade, sendo que este irá valorizar fatores como o custo/benefício, o valor agregado, e a conformidade do produto/serviço com aquilo que foi solicitado, entre outros. A missão de qualquer empresa é assim, encadear todos estes objetivos, servindo-se de medidas de melhoria contínua e de gestão da qualidade como meio de atingir os objetivos pretendidos.

2.6.1 Ferramentas básicas da Qualidade

2.6.1.1 Fluxograma

O fluxograma é a ferramenta da qualidade que permite a descrever um processo, explanando, passo a passo, a sequência do trabalho envolvido nesse mesmo processo (Lins, 1993), sendo normalmente apresentado graficamente, através de esquemas de figuras (exemplo na figura 10). Esta é uma ferramenta de análise, que permite entender em que pontos do processo as decisões são tomadas, apresentando-se graficamente o método envolvido no próprio processo.

O fluxograma consegue apresentar, de forma descomplicada, a sequência operacional do desenvolvimento de um processo, caracterizando, simultaneamente: o trabalho que está a ser realizado, qual o tempo necessário para o realizar, quem/onde desenvolve cada atividade, quem toma as decisões e de que forma flui a informação ao longo de todo o processo. Pelas suas características que permitem estruturar um processo, esta ferramenta serve de base essencial para outras importantes ferramentas da qualidade, como os *Value Stream Maps*⁹, SIPOC⁹ e *layouts*.

Principais elementos:

⁹ As ferramentas SIPOC e VSM serão definidas de forma mais detalhada na secção 2.6.2.

- a) Atividade – simboliza a execução de uma tarefa ou uma etapa do processo;
- b) Decisão – momento de tomada de decisão dentro do processo, em função do valor de alguma variável ou ocorrência de algum evento;
- c) Resposta – representa a resposta a uma decisão;
- d) Início/Fim – identificação dos pontos de início ou fim de um processo;

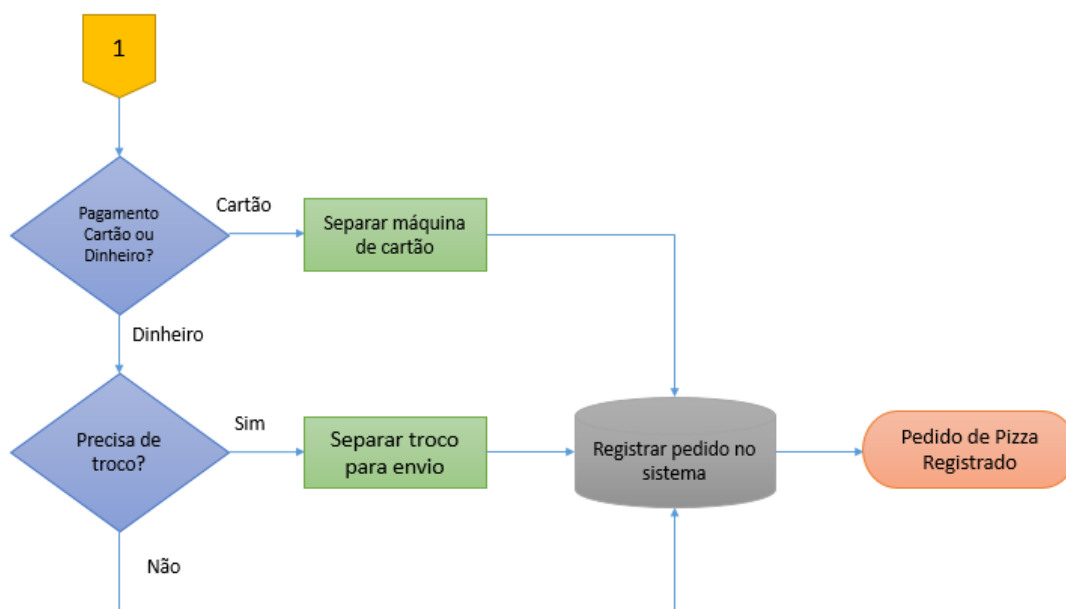


Figura 10- Exemplo de fluxograma de processo (Amaral, 2019).

2.6.1.2 Folhas de verificação

A folha de verificação, exemplificada na figura 11, permite fazer o registo de ocorrências/eventos em forma de dados, que são anotados em tempo real, de forma a poderem ser contabilizados. Isto permite verificar a variabilidade de ocorrências dentro dos processos de forma concisa e de fácil interpretação (César, 2011). Esta ferramenta facilita a recolha e organização de dados, tendo em vista a sua utilização posterior, no sentido de otimizar os processos, através da redução de ocorrências.

Apresenta-se, geralmente, sobre a forma de formulário, no qual os itens a serem examinados já se encontram impressos, e onde se registam o número de ocorrências. As folhas de verificação podem ser de vários tipos: distribuição de um item de controlo de

Componente: Parafuso de Regulagem Processo de Trabalho: Forjamento Qtde inspecionada: 800 peças			Produção: 50.000 peças Data da Produção: 30/07/2006 Inspetor: Xxxxxx		
Tipos de defeitos	Tabulação	No. de defeitos	Classificação	% individual	% acumulada
Comprimento		14			
Dureza		12			
Formato da cabeça		32			
Outros		10			
Tamanho da cabeça		26			
Tipo de rosca		16			
Total de defeitos	⇒	110			

Figura 11- Exemplo de Folha de Verificação (Gil, 2017).

processo produtivo, verificação de defeitos, classificação de qualidade de montagem, classificação de tipos de reclamação, causas de efeitos, etc (Gitlow et al, 1995).

2.6.1.3 Cartas de Controlo da qualidade

As cartas de controlo da qualidade, desenvolvidas nos anos 20 por Walter Shewart (Lins, 1993), são uma ferramenta estatística de acompanhamento de processos, existentes em diversos tipos (ver figura 12). Assumindo que todos os processos têm variações (desvios) de comportamento, consequentes de determinadas causas, é necessário identificar, classificar e eliminar essas causas, para que se possa considerar que o processo

Tipos de Cartas de Controlo	
Variáveis (características mensuráveis; variáveis contínuas)	Atributos (variáveis discretas)
Média e Amplitude Carta $\bar{X}$ e Carta R	Número de Artigos Não Conformes Carta np
Média e Desvio Padrão Carta $\bar{X}$ e Carta s ($n > 10$)	Proporções de Artigos Não Conformes Carta p
Média e Variância Carta $\bar{X}$ e Carta s^2	Número de Defeitos Carta c
Observações individuais e Amplitudes Móveis Carta $\bar{X}$ e Carta MR	Número de Defeitos por unidade Carta u

Figura 12- Tipos de Cartas de controlo (Rosilane, 2005)

esteja sob controlo. Só após analisar o ciclo ou padrão relativo a esse mesmo processo, se poderão aplicar as alterações desejadas e alcançar o desempenho pretendido. Pela sua composição de dados estatísticos, as cartas de controlo de Shewart passaram a ser a base de controlo em 6Sigma^{10} .

¹⁰ A metodologia 6 Sigma surgiu no final da década de 80, tendo sido difundida pela Motorola, numa altura em que o vice-presidente e diretor de qualidade da organização, Bill Smith, decidiu implementar um plano de melhoria cujo objetivo era aumentar o nível de qualidade em cerca de dez vezes (Mitchell, 1992). Esta metodologia foca-se, essencialmente, em reduzir a variação dos processos (mura), através do uso de dados provenientes dos mesmos, baseando-se num conjunto de métodos e ferramentas estatísticas

O objetivo das cartas de controlo passa por recolher informação, em forma de dados, acerca dos processos e respetivas variações. Estes dados são, geralmente, colhidos periodicamente sob a forma de amostra. Após a recolha são calculadas a média e a amplitude e, seguidamente, a informação irá ser tratada, com o apoio do Controlo Estatístico do Processo, sendo lançada num gráfico (exemplo na figura abaixo):

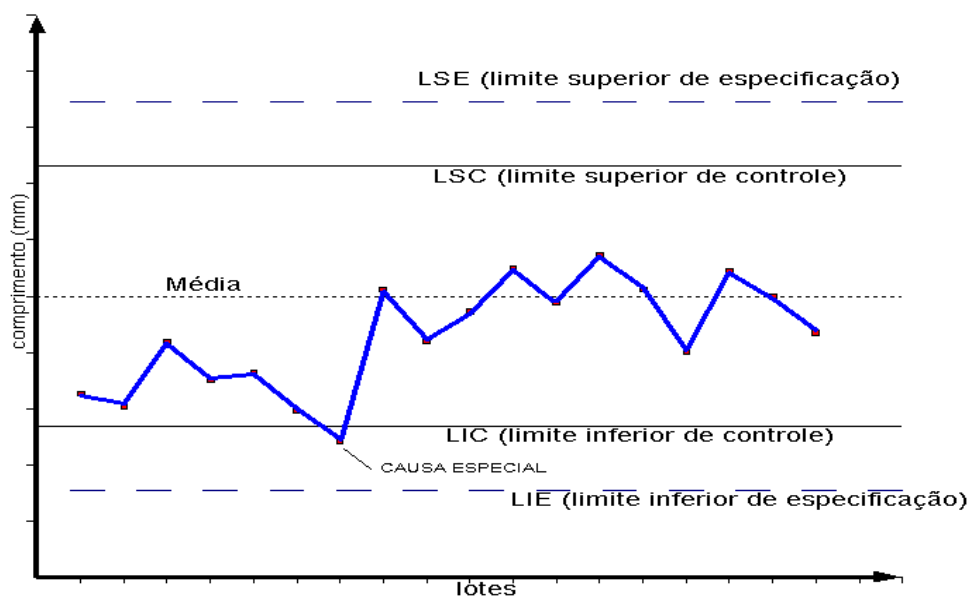


Figura 13- Exemplo de registo de limites de especificações (Pessoa, 2010).

Esta importante ferramenta permite acompanhar e documentar o comportamento do processo e a sua variabilidade. Desta forma, consegue identificar-se o momento em que o processo sofreu um desvio, e utilizar as restantes ferramentas da qualidade para descobrir as causas desses desvios e corrigi-las.

2.6.1.4 Diagrama de causa-efeito (Ishikawa)

O diagrama de causa-efeito, também conhecido por diagrama de Ishikawa, ou diagrama espinha-de-peixe é da autoria do engenheiro Kaoru Ishikawa. Este diagrama surgiu da necessidade de se identificar todas as causas possíveis, para um determinado problema. Assim, esta ferramenta descobre, resume e organiza de forma sintetizada todas as hipóteses causadoras de um determinado efeito, através de um esquema visual (Ishikawa, 1985). Outro conceito associado a esta ferramenta é o 6M, que identifica as

que observam e gerem as variáveis críticas dos processos e as relações entre elas (Pinto, 2009). Sigma, σ , é uma letra do alfabeto grego usada por estatísticos para medir a variabilidade em qualquer processo, sendo que o desempenho de uma organização que aplica este método, é medido através do nível sigma dos seus processos (Pyzdek, 2003). Tendo por objetivo principal os “zero-defeitos”, geralmente este método é aplicado após a estabilização do processo através do Pensamento Lean.

seis diferentes fontes de causas possíveis para os problemas: método, matéria-prima, mão-de-obra, máquina, medida e meio ambiente. Na figura abaixo podem ver-se um exemplo de Diagrama de Ishikawa e respectivas ramificações, aplicando os 6M.

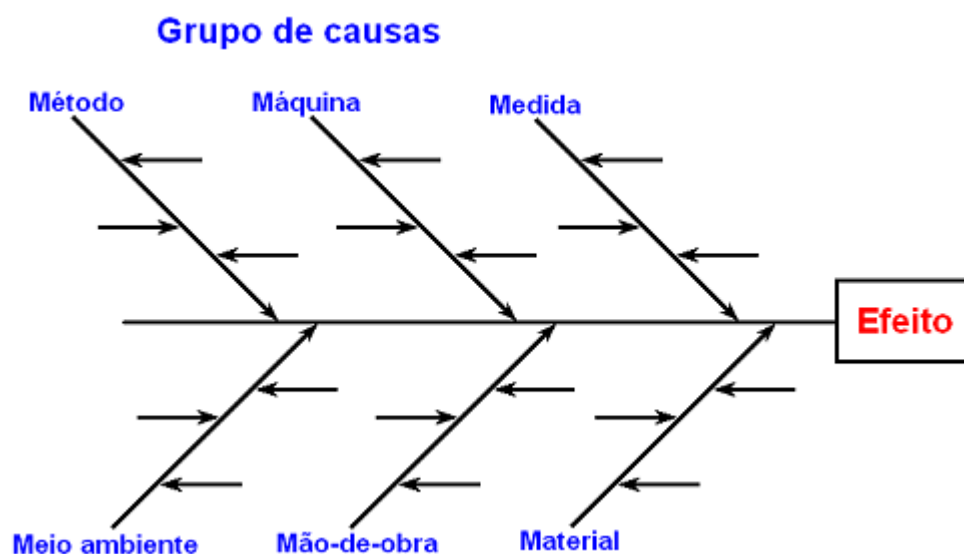


Figura 14- Exemplo de Diagrama de Ishikawa (Autor desconhecido,2014).

Neste tipo de diagrama, que se representa de forma semelhante a uma espinha de peixe, as linhas oblíquas representam as causas, que, por sua vez, apresentam “ramificações” na forma de linhas horizontais mais pequenas, que são subdivisões dessas mesmas causas. Estas linhas culminam numa linha horizontal no centro, representando o efeito/problema. Identificando as causas do problema por grupos, esta ferramenta pode também ser resultado de um Brainstorming realizado por uma equipa de pessoas envolvidas com o problema. Desta forma ir-se-á focar o problema, procurando a sua verdadeira raiz (evitando desperdício de esforços) através de uma abordagem integrada, e evitando atitudes ou soluções fáceis (despedimentos, compra de equipamentos, etc).

2.6.1.5 Gráficos de Dispersão

Esta ferramenta é ideal para ser aplicada após um brainstorming de causas e efeitos, usando um Diagrama de Ishikawa, pois através dela pode verificar-se de forma fácil se existe relação entre determinadas causas e efeitos. Esta ferramenta permite avaliar a correlação entre duas variáveis e estudar problemas de regressão, como forma de previsão de tendências. Uma boa fonte de dados para a elaboração de um gráfico de dispersão é a folha de verificação, outra ferramenta da qualidade já mencionada neste capítulo.

O gráfico de dispersão permite analisar graficamente a relação entre duas variáveis (correlação), sendo que esta pode ser nula, positiva ou negativa (ver figura 15). Existe sempre uma variável independente (causa), e outra que é dependente da primeira (efeito), sendo que quanto mais forte é a correlação entre elas, menor é a dispersão dos pontos. Por outro lado, num gráfico que apresenta uma grande dispersão, a correlação entre as variáveis é fraca.

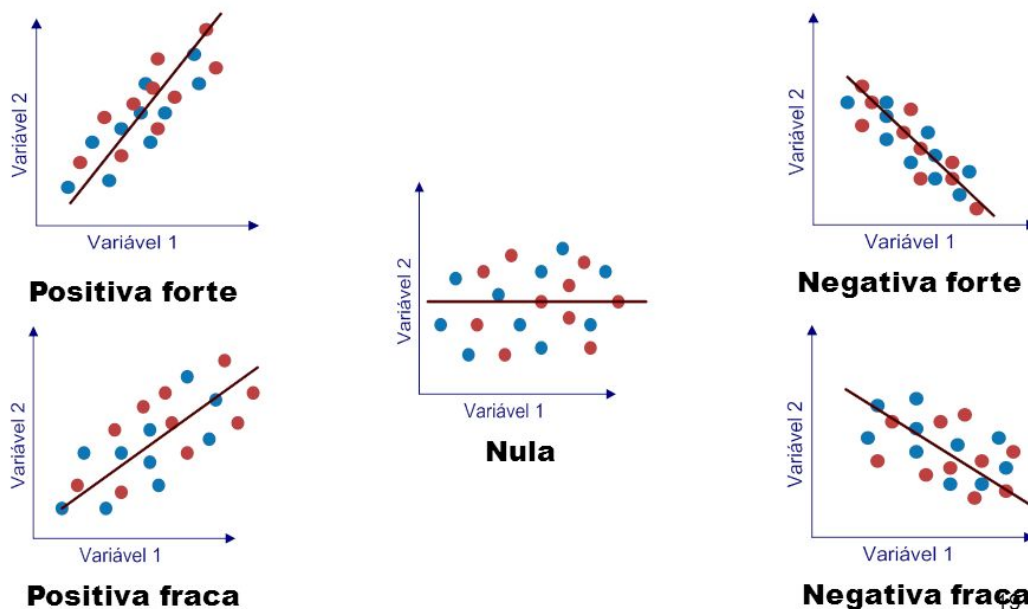


Figura 15- Exemplos de gráficos de dispersão (Gil, 2017)

2.6.1.6 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto, desenvolvido por Vilfredo Pareto, permite fazer uma estratificação das causas de problemas, na forma de um gráfico de barras (Gitlow et al., 1995). Assente no princípio de que 80 % dos problemas advêm de 20% causas (Princípio 80/20, ou Princípio de Pareto), o autor percebeu que o mesmo também se aplicava a processos industriais (Alves e Barbosa, 2016). Desta forma, com esta ferramenta, é possível identificar quais as causas mais importantes e resolvê-las, obtendo o máximo de ganhos.

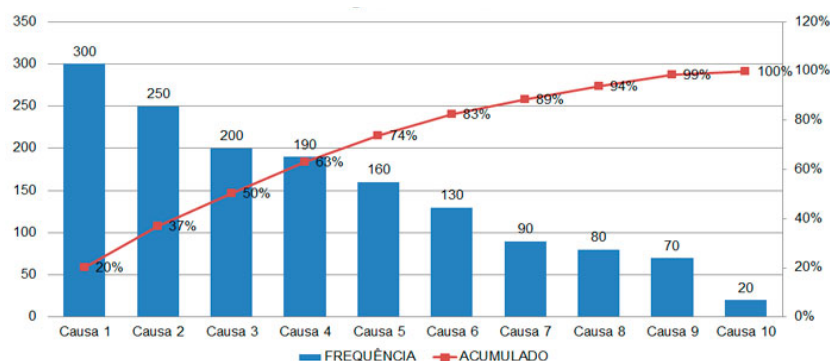


Figura 16- Exemplo de Diagrama de Pareto (Marcondes, 2016)

Este gráfico, tendo um exemplo representado na figura acima, ordena as causas em ordem decrescente, conforme a sua contribuição para determinado problema, distinguindo as causas triviais e as causas importantes. Assim, o objetivo desta ferramenta da qualidade passa por descobrir as causa dos problemas, e priorizá-las, em ordem de relevância. Um Diagrama de Pareto pode ser elaborado tendo por base dados conhecidos, como por exemplo as folhas de verificação.

2.6.1.7 Histograma

O Histograma é uma ferramenta de análise gráfica de frequências (Santos e Rebelo, 1990). É uma ferramenta indicada para casos onde existem um número elevado de dados para analisar, pois permite agrupá-los por classes de igual amplitude e apreciar a forma como se distribuem. (Alves e Barbosa, 2016). A sua representação gráfica caracteriza-se por um gráfico de barras, em que cada barra representa o número de dados

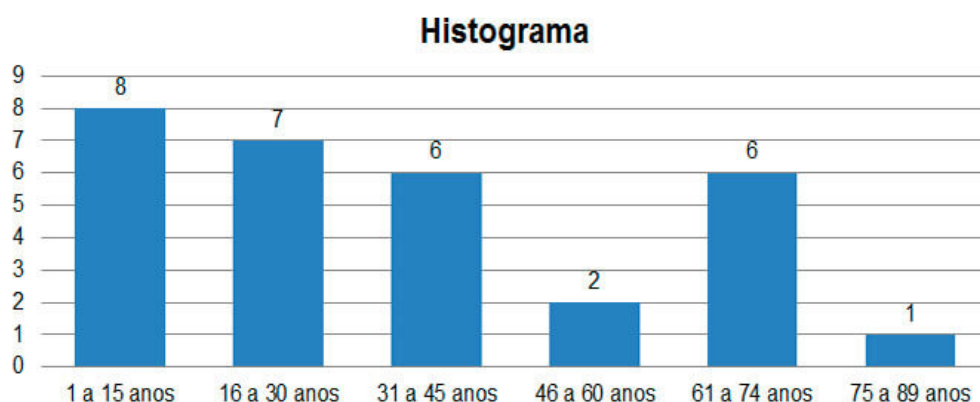


Figura 17- Exemplo de Histograma (Marcondes, 2016)

figura 17). Esta ferramenta é útil para analisar processos que se encontram estáveis, pois permite identificar o comportamento típico do mesmo, e prever o cumprimento de resultados relativamente às especificações.

2.6.2 Outras ferramentas da Qualidade

2.6.2.1 *Project Charter*

O *Project Charter*, ou termo de abertura de projeto é a primeira ferramenta de qualquer projeto de melhoria, incluindo projetos *Lean* e *6Sigma*. Ocorre na fase *Define* (definição) da metodologia DMAIC¹¹, especificando os recursos e limitações que irão ditar o sucesso do projeto. Este é o documento que autoriza formalmente o início do projeto, contendo de forma sintetizada, porém detalhada, as informações vitais acerca do mesmo (Feld, 2001). Este documento deve ser submetido pelo Dono do Projeto (previamente designado), ao Patrocinador do Projeto, para que este dê, ou não, aprovação. O documento deve conter as seguintes informações:

- Identificação do Dono de projeto designado e nível de autoridade atribuída;
- Equipe de Projeto designada e respectiva identificação;
- Requisitos que satisfazem as necessidades do cliente, do patrocinador e de outras partes interessadas;
- Necessidades de negócios, descrição de alto nível do projeto ou requisitos do produto para o qual o projeto é realizado;
- Objetivo ou justificativa do projeto;
- Cronograma de marcos sumarizado;
- Restrições organizacionais, ambientais e externas;
- Caso de negócios justificando o projeto, incluindo o retorno sobre o investimento;
- Orçamento sumarizado.

2.6.2.2 *Matriz Raci*

A Matriz RACI ou Matriz de Responsabilidades, é, como o próprio nome indica, uma ferramenta de gestão de projetos, em forma de matriz que permite definir e identificar e mapear todas as partes envolvidas, denominando pessoas para cada função. Como se

¹¹ Metodologia cuja definição mais pormenorizada será feita mais à frente nesta secção.

pode observar na figura abaixo, o acrónimo RACI define os papéis e a quem são atribuídos:

R **esponsável** – pessoa(s) designada para fazer a tarefa;

A **utoridade** – é o leader (líder) da equipa, reponsável por aprovar decisões;

C **onsultado** – aquele(s) que é consultado para dar opiniões ou dicas acerca da tarefa a ser executada;

I **nformado** – aquele que deve ser informado acerca de assuntos relacionados com a tarefa;

ATIVIDADES	DIRETOR	GERENTE	ANALISTA 1	ANALISTA 2
Task 1	I	A	-	R
Task 2	I	A	R	-
Task 3	C	A	R	R
Task 4	A	R	-	C

Figura 18- Exemplo de Matriz RACI (Neto, 2014)

2.6.2.3 Brainstorming

Embora não seja considerada uma das 7 ferramentas da qualidade, o Brainstorming ou “Tempestade de ideias”, é uma excelente ferramenta que permite desenvolver, dentro de uma equipa reunida para esse efeito, um fluxo de raciocínio para determinado assunto. Estas equipas são compostas por vários elementos que têm contacto com um assunto específico, providenciando assim diferentes perspetivas acerca do mesmo. As sessões de Brainstorming podem servir diversos propósitos: encontrar problemas a ser solucionados, encontrar soluções para determinado problema, encontrar as causas de determinado problema, e encontrar formas de implementar soluções (Gitlow et al., 1995).

O método passa por cada um dos elementos mencionar todas as ideias que lhe surgirem na mente, relativamente ao assunto em questão. Essas ideias serão anotadas e discutidas, sendo esse o ponto de partida para a identificação de possíveis causas/problemas.

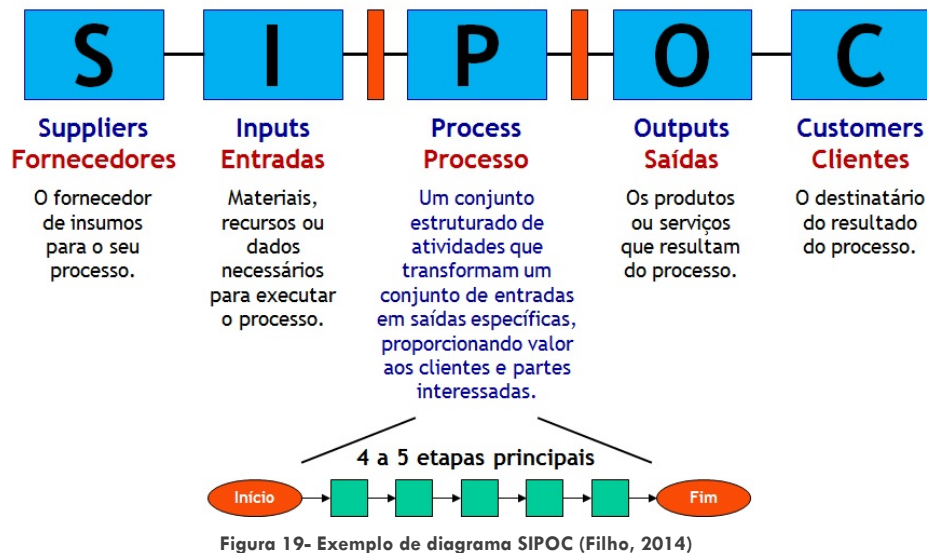
2.6.2.4 Define, Measure, Analyze, Improve, Control

O método DMAIC é o principal método orientado por dados a ser utilizado para melhorar, otimizar e estabilizar processos e designs de produção. Embora tenha surgido a par com o desenvolvimento da metodologia 6-Sigma, este método também tem aplicação a outros tipos de metodologias de melhoria de processos.

Aplicável quando o objetivo visa a melhoria de um processo já existente, este método consiste em cinco passos: Definição, Medição, Análise, Melhoria e Controlo (Pyzdek,2003). Em primeiro lugar define-se o projeto, e estabelecem-se os produtos/processos a serem desenvolvidos ou melhorados. Seguidamente são estabelecidos os atributos a medir, i.e. definem-se as métricas. Em terceiro lugar, recolhem-se os dados e analisam-se, caracterizando a situação atual. Finalmente é a fase de controlo, em que se revê o progresso através do desenvolvimento, e se assegura que o produto ou processo se encontra, e mantém, de acordo com o planeado.

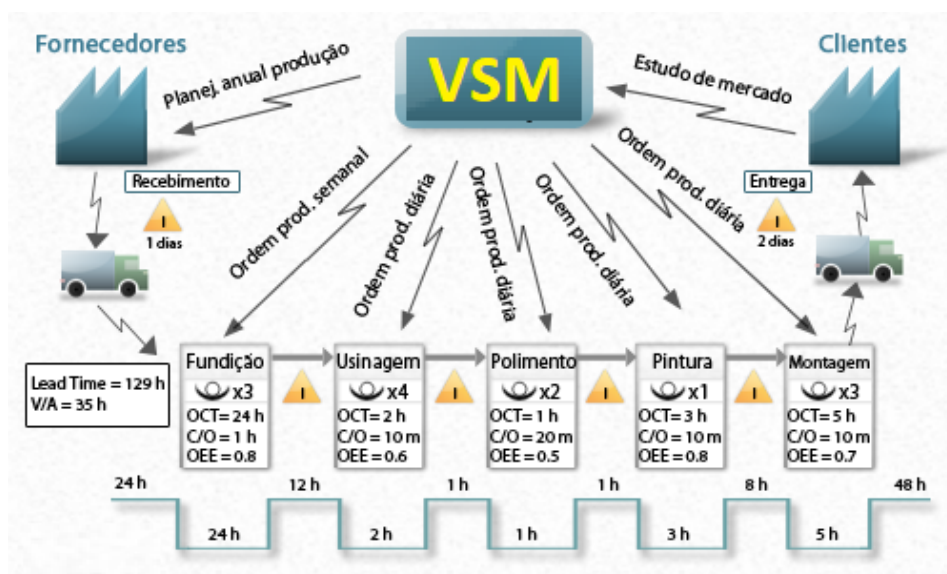
2.6.2.5 Supplier-Input-Process-Output-Customer

Atualmente utilizada em Seis Sigma, *Lean Manufacturing* e na gestão de processos, esta ferramenta é aplicada na fase de “Definição” do DMAIC, ou em eventos *Kaizen*, durante o início dos processos de melhoria. Na verdade, é um fluxograma mais completo, obrigando a detalhar cada uma das fases de um processo. Como a própria sigla indica, SIPOC faz referência a *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Entradas), *Process* (Processo), *Outputs* (Saídas) e *Customers* (clientes) (Pyzdek & Keller, 2010). Esta ferramenta, em forma de diagrama, providencia uma visão abrangente do processo, mapeando-o, definindo-o e formalizando os diversos fatores que causam impacto direto no mesmo. Esta é uma ferramenta simples, que permite dar, às pessoas que não estão familiarizadas com o processo, uma visão geral de alto nível, acerca do mesmo, apresentando-se como um diagrama com colunas, onde se detalham todos os elementos relevantes. Normalmente, a coluna *Process*, apresenta-se como um fluxograma tradicional onde está detalhado todo o processo de produção (ver figura 19). Este formato permite implementar a melhoria contínua do processo, pois permite compreender de forma geral o trabalho executado, assim como atuar em pontos específicos do processo.



2.6.2.6 Value Stream Map

A ferramenta *Value Stream Map*, criada por Rother e Shook (1998), é a ferramenta onde é feito o mapeamento do fluxo de valor de um processo. Fornece informação acerca do fluxo de materiais e informações dentro do processo, tal como o tempo de execução associado. Como se pode confirmar através do exemplo abaixo, olhando para um VSM, é possível entender, de forma simples e rápida, como o valor flui ao longo do processo, e avaliar as etapas individuais que o compõem, tornando mais fácil a identificação de desperdícios, e necessidades de melhoria. Assim, ao fornecer uma visão global, e ao identificar as suas necessidades, é o ponto de partida para traçar um plano de redução de custos e melhoria da produtividade, traduzindo-se no aumento da eficiência do processo produtivo.



2.6.2.7 Diagrama de Gantt

Esta ferramenta em forma de gráfico, ilustra o avanço das várias fases ou etapas de um projeto (figura 21). Permitindo planejar a execução das tarefas ao longo do tempo, é uma das ferramentas de controlo de produção que ajuda na previsão de prazos de entrega, ilustrando a evolução de cada processo, tal como o tempo que cada tarefa demora a ser executada. O Diagrama de Gantt é uma ferramenta que permite analisar os processos em termos de custo vs. prazo, pois permite a comparação das previsões efetuadas no início dos projetos, com os resultados obtidos após a implementação dos mesmos.

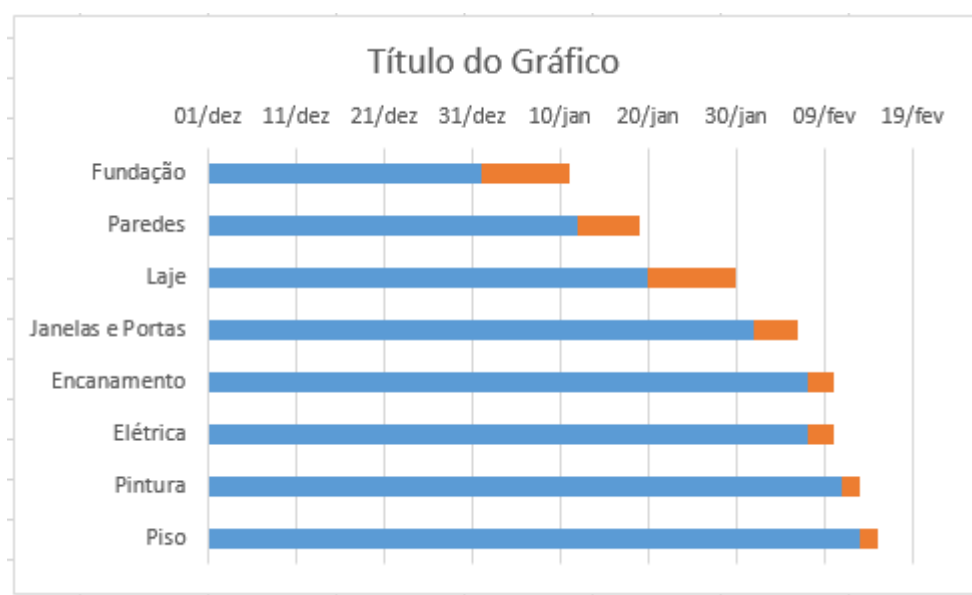


Figura 21- Exemplo de Diagrama de Gantt (Hermes, 2018).

3 Caso de Estudo

3.1 Apresentação da Empresa

Fundada em 1984 pelo atual proprietário, Aloys Wobben, a ENERCON GmbH é uma empresa líder tecnológica no setor da energia eólica sediada em Aurich, Alemanha, há mais de 30 anos. Está atualmente presente em mais de 45 países, tendo sido o primeiro fabricante a desenvolver aerogeradores de transmissão sem engrenagens.

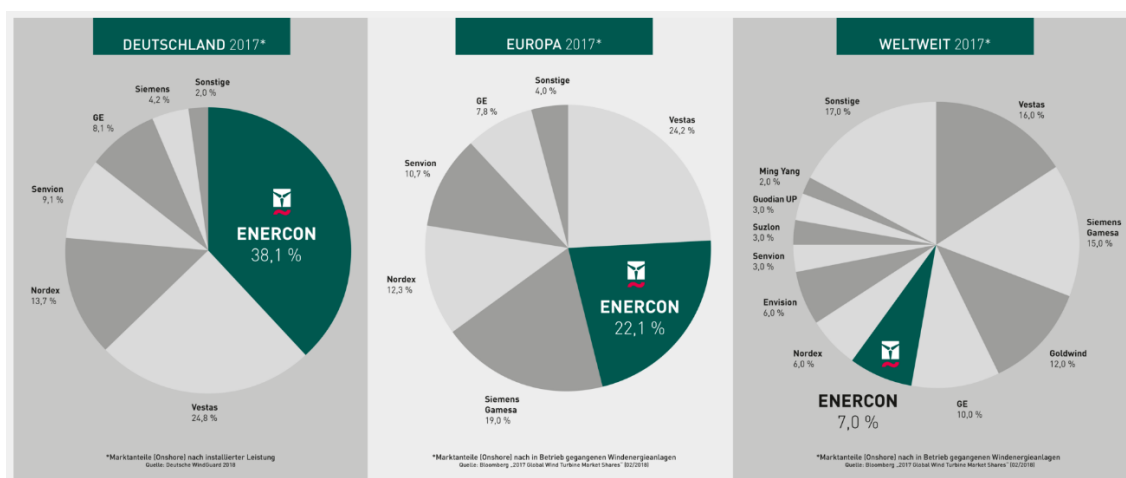


Figura 22- Quota de mercado ENERCON.

Uma característica fundamental da ENERCON GmbH é o seu sistema de fabrico de todos os componentes dos seus aerogeradores, desde as torres às pás, controlos elétricos e geradores. O seu lema empresarial “*Energy for the World*” suporta as suas soluções de energia renovável a nível internacional e compromete-se com tecnologias do futuro, como o armazenamento de energia, mobilidade eletrónica e redes inteligentes.

Em Viana do Castelo, o Projeto Industrial da ENERCON GmbH arrancou em 2008, com a entrada em funcionamento das fábricas de Pás de Rotor, Torres de Betão e Geradores e Mecatrónica, que se encontram distribuídos pelas diferentes unidades industriais do concelho.

Tabela 4- Cronologia ENERCON (Enercon, 2019).

Cronologia ENERCON	
1984	○ Fundação da ENERCON GmbH por Aloys Wobben ○ Desenvolvimento do primeiro aerogerador ENERCON E-15/16 (55 kW)
1988	○ Desenvolvimento e instalação do E-17/80 kW e do E-32/300 kW
1993	○ Início da série E-40/500 kW: a primeira geração de sistemas sem engrenagens ○ Montagem de uma produção de pás de rotor (AERO) para turbinas eólicas ENERCON
1995	○ Instalação do protótipo E-66 / 1.5 MW
1996	○ Parceria com fábrica em Sorocaba / Brasil
1998	○ Cooperação com a SKET Maschinen- und Anlagenbau GmbH, Magdeburg ○ Construção de uma produção em Magdeburg para sistemas E-66
2000	○ Apresentação do Prêmio Ambiental Alemão ao proprietário da empresa, Aloys Wobben ○ Construção da WEC Turmbau GmbH em Magdeburg para turbinas eólicas ENERCON
2001	○ Construção de uma nova instalação de produção de turbinas eólicas em Magdeburg-Rothensee
2002	○ Construção de uma nova instalação de produção de pás de rotor para turbinas eólicas ENERCON na Turquia ○ Comissionamento do protótipo E-112 em Egeln, perto de Magdeburg
2003	○ Início da produção em massa das pás do rotor E-112 em Magdeburg-Rothensee
2004	○ Construção de dois E-112 em Wybelsum Polder Emden e um E-112 como instalações nearshore em Ems
2005	○ Construção de uma torre de concreto pré-fabricada (construção de torre WEC) para turbinas eólicas ENERCON em Emden ○ Desenvolvimento adicional do E-112 para o sistema de 6 MW ○ Comissionamento do protótipo E-82/2000 kW
2006	○ Comissionamento de protótipos E-20/100 kW e E-53/800 kW ○ Desenvolvimento adicional do E-112 / 6MW para o E-126 / 6MW
2007	○ Mudança para a nova sede, Aurich ○ Conclusão do protótipo E-126
2008	○ Batismo do navio "E-Ship 1" em Kiel ○ Aloys Wobben recebe medalha de Rudolf Diesel ○ Início da produção da fábrica de pás e torres de rotor para turbinas eólicas ENERCON em Viana do Castelo
2009	○ Inauguração da Sala de Mecatrônica em Lanheses (POR) ○ Comissionamento da usina hidrelétrica ENERCON em Raguhn / Saxônia-Anhalt
2010	○ Inauguração da mais moderna fundição da Europa (Gusszentrum Ostfriesland GZO) para componentes ENERCON ○ Extensão da gama de produtos E-82/2, 3 MW, E-82/3 MW e E-101 / 3MW ○ Primeiros passeios do E-Ship 1
2011	○ Construção de uma torre de concreto para turbinas eólicas ENERCON na França ○ Uso de uma torre móvel de concreto no Brasil ○ Conclusão da central de Weser (2 turbinas de tubo ENERCON S / 10 MW de potência nominal)
2012	○ Início da construção do centro de pesquisa e desenvolvimento em Aurich ○ Construção do protótipo E-92 / 2.35 MW em Simonswolde / Ostfriesland ○ Estabelecimento da Fundação Aloys-Wobben ○ Desenvolvimento da E-115 / 2,5 MW

2013	○ Início da operação de testes no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Aurich ○ Instalação do protótipo E-115/3 MW na Baixa Saxônia
2014	○ Início da produção em série da série E-115
2015	○ Desenvolvimento da plataforma de 4 MW, apresentação do E-126 EP4 / 4.2 MW ○ Inauguração da usina regional (RRKW) Feldheim em Brandemburgo
2016	○ Comissionamento do protótipo E-126 EP4 / 4.2 MW em Lelystad / NL e em Husum
2017	○ Protótipo de comissionamento E-141 EP4 / 4.2 MW em Coppanz / Thuringia ○ Apresentação da solução de carregamento rápido ENERCON para veículos eletrônicos ○ Anúncio do E-126 EP3 e E-138 EP3
2019	○ Início da produção em série da série E-126

O presente projeto teve lugar na fábrica Sul de Produção de Pás de Rotor, referida como ENEOP 3 – Desenvolvimento de Projeto Industrial, S.A., situada na Avenida de Cabo Verde, Viana do Castelo.

3.2 Apresentação do caso de estudo

3.2.1 Processo Produtivo

Para compreensão do caso de estudo, importa saber como decorre o processo de fabricação do produto. Na figura 23 encontra-se o diagrama do processo produtivo de uma pá de Rotor na ENERCON.

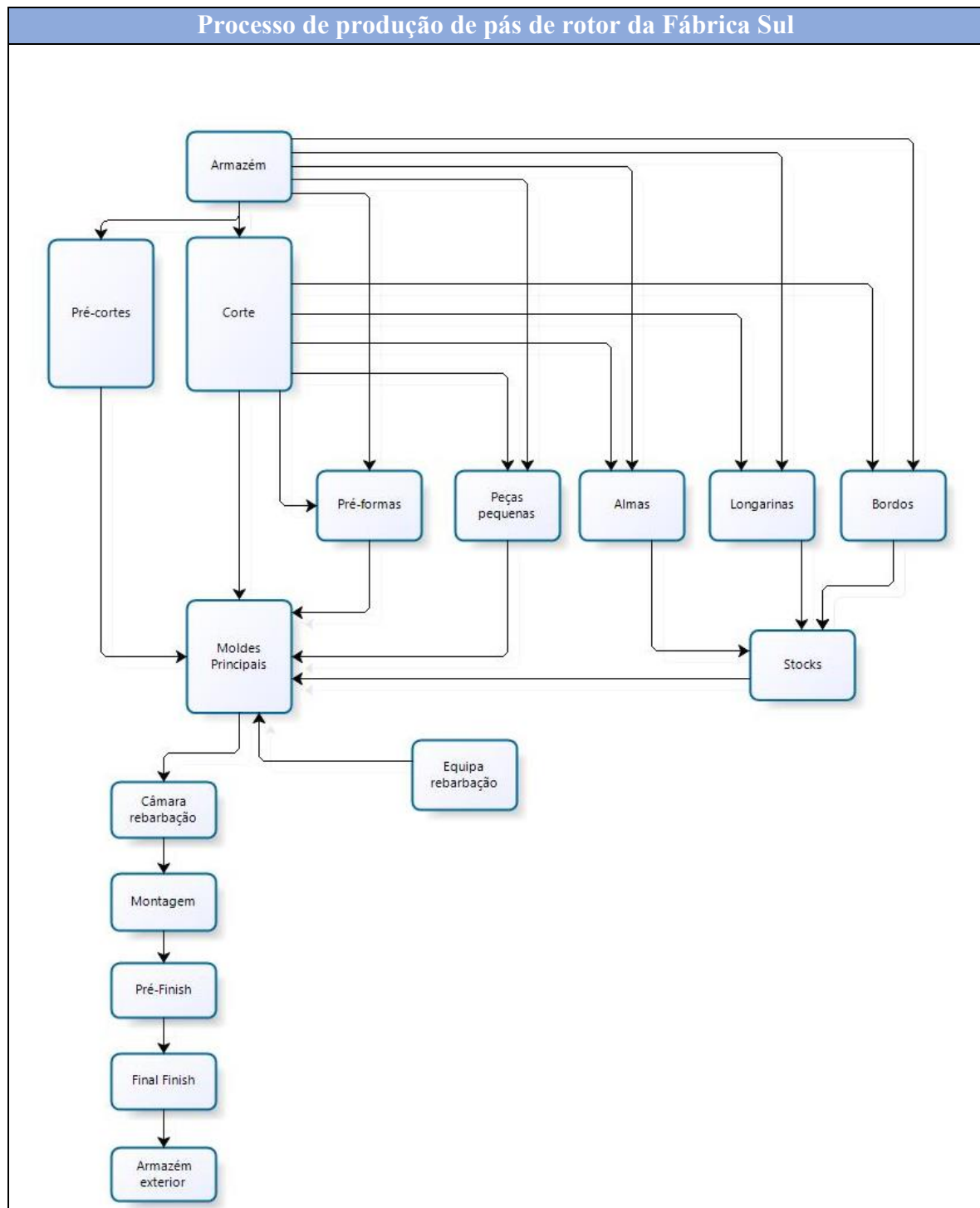


Figura 23- Fluxograma do processo produtivo de pás de rotor da Fábrica Sul.

- 1- Existe um armazém onde se armazenam todos os materiais necessários à construção das pás de rotor. Do armazém sai o tecido de fibra, diretamente para a área do corte. Saem também a resina, para a equipa de resíduos, e os restantes consumíveis necessários à construção da pá, diretamente para as áreas dos moldes principais, pré-formas, peças pequenas, almas, longarinas e bordos.
- 2- Na área dos pré-cortes são preparados diversos conjuntos de materiais, necessários durante a produção, na área dos moldes principais.
- 3- Na área do corte as fibras são devidamente cortadas, conforme as especificações, armazenadas e preparadas em conjuntos, que seguem diretamente para as respetivas áreas de utilização.
- 4- Os componentes produzidos na área das Longarinas, Almas e Bordos são enviados diretamente para a área dos Stocks, onde são finalizados. Por sua vez, após as intervenções necessárias, os componentes seguem da área dos Stocks para a área dos Moldes Principais.
- 5- Na área dos moldes principais é onde decorre grande parte do processo de fabricação da pá. Nesta área são incorporados componentes construídos em outras áreas, como as pré-formas, peças pequenas, almas, longarinas e bordos. É também nesta área que decorre o processo de fibra/infusão, tal como a colagem e fecho da pá.
- 6- Após o fecho e cura da pá, a equipa de rebarbação desloca-se à área dos moldes principais, onde procede à primeira fase de rebarbação da pá.
- 7- Seguidamente à primeira fase de rebarbação, a pá é transportada para a câmara de rebarbação, onde a equipa de rebarbação procede à segunda fase.
- 8- Depois de rebarbada e inspecionada, a pá é transportada para a área da montagem, situada na fábrica norte, onde são colocados os restantes elementos de construção da mesma.
- 9- A pá é novamente transportada para a fábrica sul, dando entrada na zona de Pré-Finish, onde é lixada e pintada.
- 10- A área onde o processo termina é a do Final Finish, onde são dados os acabamentos finais.
- 11- Após terminado o processo de construção, a pá é armazenada num local de armazenamento exterior.

3.3 Etapas do projeto

3.3.1 Escolha da área de intervenção

Após conhecer todo o processo produtivo, e antes de iniciar o projeto e respetivo estudo, foi necessário escolher uma área específica para a qual este se direccionasse. Por ser a área laboral da autora, e também aquela sobre a qual tem melhor conhecimento, foi escolhido o processo de fibra/infusão como objeto deste projeto¹².

3.3.2 *Project charter*

O processo de fibra/infusão decorre na área dos moldes principais, durante o processo de construção das pás de rotor. Após submissão da proposta de projeto à direção da unidade industrial, o projeto foi desenhado tendo por base as diretrizes de um projeto *Lean*, e apresentado sob a forma de um *Project Charter*.

O *Project Charter* (tabela 5) foi submetido, para aprovação, à direção da unidade industrial, com o propósito de desenhar os seus contornos, ficando claras as motivações, objetivos específicos e impacto do mesmo. Neste documento foram nomeados os *Department Sponsor* (Patrocinador do Departamento), *Executive Sponsor* (Patrocinador), *Project Team* (Equipa de Projeto) e *Stakeholders* (partes interessadas). A Carta de Projeto serviu também para definir os *Project Milestones*, marcando o início e final de cada fase do projeto, tal como a estratégia de comunicação da equipa, no decorrer do mesmo. Foram identificados os níveis de risco e os possíveis constrangimentos que o projeto pudesse encontrar ao longo da sua execução. Este documento marcou, assim, o início da fase prática de implementação do projeto (tabela5):

¹² Deve, no entanto, notar-se que, numa empresa deveriam sempre existir projetos concorrentes, de forma a poder optar-se por aquele que apresente a melhor prospectiva de benefícios, o que, nesta situação em específico, não se verificou.

Tabela 5- Project Charter elaborado e apresentado à Enercon na proposta de projeto.

Carta de Projeto				
Informação Geral do Projeto				
Nome do projeto:	Aplicação Modelo Lean ao Processo Fibra/Infusão			
Patrocinador Geral:	Engº Miguel Silva			
Patrocinador de departamento:	Melodie Palhares			
Impacto do projeto:	Melhoria do tempo de ciclo do processo fibra/infusão em 37%; atingir meta de 90% 5S's;			
Equipa do projeto				
Membros da equipa	Nome	Departamento	Contacto	E-mail
Líder Projeto:	*****	Lean Management		
Responsável:	Joana Peixoto	Raw Parts/Equipa Fibra-Infusão		joanapspeixoto@gmail.com
Partes Consultadas:	*****	Responsável Moldes		
	*****	Coordenadores de Operadores Especializados Infusão		
	*****	Coordenador de Operadores Especializados Fibra		
Partes Interessadas				
ENEOP 3, Raw Parts, Logística, Corte, Cliente Final, Colaboradores ENEOP 3, IPVC;				
Âmbito do projeto				
Motivação do projeto / Justificação Comercial				
O projeto terá por base a análise do estado atual de funcionamento do processo de fibra-infusão, na construção das pás E126. Após a análise através de um mapa de processo e aplicação da ferramenta SIPOC, serão apresentadas as propostas de melhoria, que depois de serem submetidas para aprovação, serão aplicadas e testadas. No final do projeto será elaborado um relatório explanatório que irá sumarizar as conclusões tiradas e ganhos obtidos. O propósito deste projeto é a melhoria do fluxo e eficiência de trabalho, através da identificação de situações que possam ser melhoradas pela aplicação de ferramentas Lean Thinking; o objetivo principal do projeto é a implementação da filosofia Lean Thinking à fábrica Sul da ENEOP 3, e que essa mesma implementação se reflita na produção e produto final.				
Objetivos				
Aumentar o nível do indicador 5S na ENEOP para 90%; Redução de tempos do processo de fibra em 20%; Redução dos tempos do processo de infusão em 17%; Manter os níveis de eficiência das Raw Parts; Atingir os níveis máximos de organização e limpeza dentro da fábrica; Melhoria dos níveis de higiene e segurança na fábrica, em 10%;				

Resultados	
No final de cada etapa de trabalho serão elaborados relatórios de análise, com os dados recolhidos; No final do projeto será apresentado um relatório global no qual estarão explícitos os resultados das melhorias implementadas, através de um mapa de processo de Fibra/Infusão melhorado Terminado o projeto, será elaborada uma dissertação de Mestrado, a qual será apresentada no IPVC, para obtenção do grau de mestre em Gestão das Organizações – Ramo de Gestão de Empresas.	
Âmbito de aplicação	
Este projeto será direcionado à equipa de Fibra-Infusão dos Moldes Principais, na construção do novo modelo de pá E126.	
Marcos do projeto	
Lean Assessment - Maio 2019 Mapa de Processo Atual - Maio Junho 2019 Novo Mapa de processo - Junho 2019 Implementação - Julho 2019	
Possíveis Riscos	
Risco	Avaliação de risco (médio, alto, baixo)
Para a elaboração deste projeto o principal risco será algum desconhecimento pessoal em relação ao funcionamento da empresa e respetivas etapas de fabrico, tal como a necessidade de um estudo mais aprofundado das ferramentas de trabalho.	Alto
Alterações necessárias a implementar na empresa por motivos alheios, e que coloquem em risco o normal desenvolvimento do trabalho (entrada de um novo modelo que requeira a reorganização geral da fábrica, motivos de paragens laborais devido a fatores externos à empresa, greves, motivos meteorológicos, etc).	Médio
Condicionantes	
Falta de espaço para reorganização do layout no chão de fábrica, com a entrada de novos modelos de produção. Alterações de produção que afetem o trabalho desenvolvido até à data, requerendo uma reorganização do mesmo. Necessidade, por motivo de mercado, de implementar nova etapa de fabrico.	
Condicionantes externas	
No âmbito deste trabalho, como condicionante externa, apenas se prevê alguma questão que não dependa da empresa, e que cause a paragem do trabalho, tal como a sobrelotação de estaleiros, greves, falta de combustíveis, etc;	
Estratégia de Comunicação	
Reuniões semanais com a ENEOP 3 (que ficará responsável por participar comunicações importantes ao Executive Sponsor). Comunicações importantes e urgentes serão comunicadas por e-mail. Possíveis alterações na dinâmica da equipa fibra-infusão, durante a implementação do projeto, serão previamente comunicadas pelo Project Manager aos chefes de equipa, que por sua vez informarão os colaboradores da mesma.	
Notas	

Este projeto desenvolve-se no âmbito de um projeto de dissertação de mestrado em Gestão das Organizações – Ramo de Gestão de Empresas, a ser lecionado no IPVC – Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Por ser um projeto de mestrado, foram realizadas algumas adaptações à equipa de projeto, sendo que a Melodie Palhares foi colocada como Responsible, e a aluna como Accountabela (no lugar do tradicional Project Manager e respetivos Team Members). Os restantes membros da equipa, por serem chefes da equipa de fibra/infusão, e Engenheiro Responsável dos moldes principais, foram colocados como consultants. Simultaneamente, este projeto está também sob a orientação do Professor Doutor Manuel Rui Alves, docente do IPVC.

3.3.3 Estudo do processo: Métodos

3.3.3.1 Métricas Utilizadas -Adaptação ao caso de estudo

Uma vez efetuada a pesquisa bibliográfica acerca das diversas métricas utilizadas pelo *Lean Thinking*, reconheceu-se que muitas vezes os conceitos têm definições diversas, que variam de autor para autor. Como tal, entende-se que, atualmente, esta metodologia não é estática, necessitando de se adaptar a cada contexto em que é aplicada. Assim, em concordância com o contexto de aplicação do projeto em estudo, definiram-se as métricas *Lean* utilizadas, de acordo com o processo em estudo:

Value Added Time –Tempo de Agregação de Valor, mede o tempo em que efetivamente a matéria-prima é modificada, sendo tempo de criação de valor para o produto, i.e. adicionando ao produto o valor que irá determinar um preço justo a ser pago pelo cliente, mediante a qualidade de produto oferecida.

Non Value Added Time –Tempo de Valor Não Agregado, é o tempo total gasto em atividades que são consideradas desperdício puro, ou seja, que consomem tempo, recursos e mão-de-obra, e que não atribuem valor ao produto.

Essential Non Value Added Time –Tempo Essencial de Valor Não Agregado, representa o tempo gasto em atividades, que são consideradas desperdício, não acrescentando valor ao produto, mas que, no entanto, são essenciais ao processo de fabrico, para poder entregar ao cliente o produto final.

Work-In-Process – também conhecido como inventário intermédio ou inventário de processo, mede a quantidade de unidades de produto que se encontram em processo, ou seja, começadas, mas não estando ainda acabadas. Em ambos os estados do processo, atual e futuro, esta métrica apresenta valores iguais a 1¹³.

Lead Time: neste processo o pedido do cliente inicia sempre com o novo turno de produção, e é entregue imediatamente no final (figura 24). A medição do *Lead Time*

¹³ Uma vez que, no processo em estudo, apenas se fabrica uma unidade de produto por cada turno, o *WIP* será sempre igual a 1. Como tal, não se verificou necessidade de a apresentar nos cálculos do *Lean Assessment* e do estado futuro, uma vez que apresentariam valores iguais em ambos os estudos.

reflete o tempo total do processo, somando os *Lead Time* de todas as subtarefas, contando com todos os respectivos tempos de NVA e ENVA. Ou seja, o somatório de todas as tarefas que compõem o processo, origina o *Lead Time* total do processo.

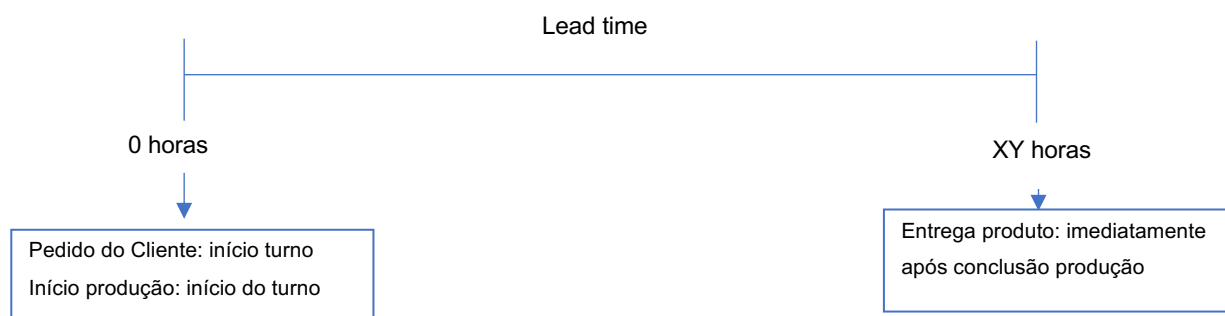


Figura 24- Esquema ilustrativo do conceito de *Lead Time*

Cycle Time: sabendo que, com esta métrica, é feita uma medição do tempo que efetivamente é necessário para produzir o produto final, sem contabilizar os tempos não produtivos, procede-se à soma dos *Cycle Times* de todas as etapas apresentadas no VSM. Assim, o *Cycle Time Total* do processo é dado pela medição do valor adicionado (ver figura 26).

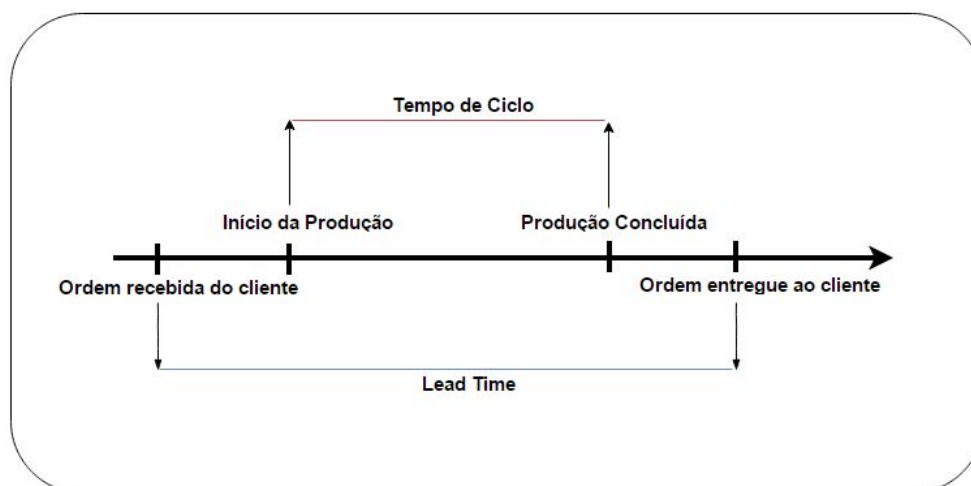


Figura 25- Esquema ilustrativo do conceito de *Cycle Time* (Freitas, 2016).

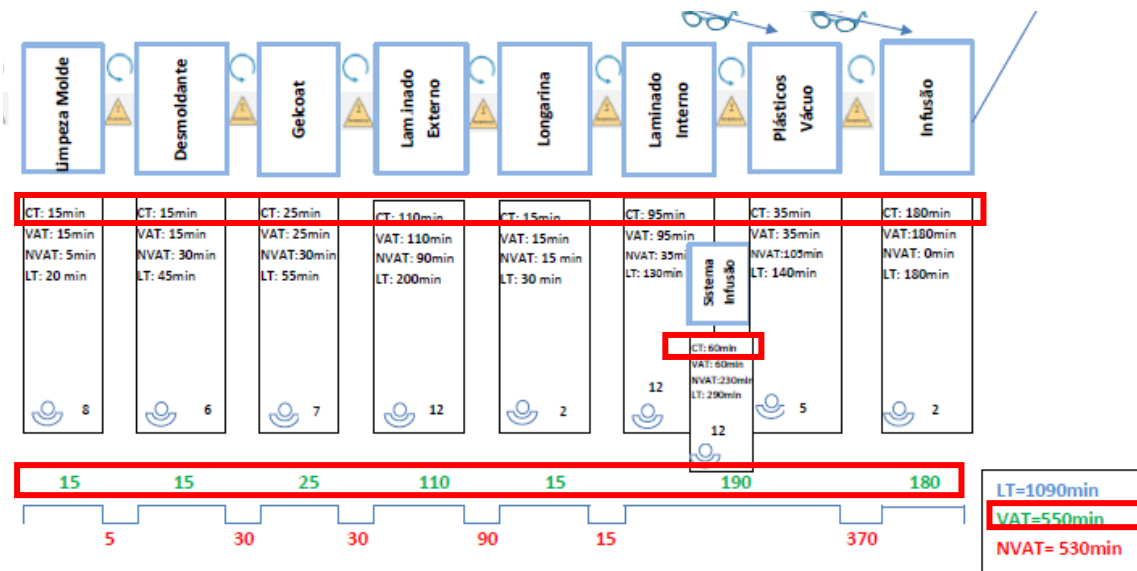


Figura 26- Pormenor do VSM do estado atual processo LS. Será apresentado na sua totalidade na secção 3.3.3.2.

Takt Time - a duração de cada turno de produção é de oito horas, sendo que a equipa da Colagem (cliente final), necessita, no início de cada turno, de uma casca com infusão concluída, para poder começar a trabalhar, ou seja, efetua um pedido de uma casca por turno. Assim, segundo a definição desta métrica, em cada turno deve ser entregue ao cliente uma unidade de produto, ou seja:

$$TT = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Pedido do cliente}} = \frac{480}{1} = 480$$

Em ambos os estados do processo, atual e futuro, esta métrica apresenta o mesmo valor, pois são necessários 480 minutos (oito horas) para poder satisfazer a necessidade do cliente, ou seja, entregar ao cliente final uma unidade de produto concluída. Essa necessidade não sofrerá alterações no futuro, uma vez que a equipa de colagem necessitará sempre de uma unidade de produto acabada em cada turno de produção, mesmo depois da aplicação da metodologia *Lean* ao processo¹⁴.

¹⁴ À semelhança da métrica WIP, uma vez que, no processo em estudo, apenas se fabrica uma unidade de produto por cada turno, o *Takt Time* será sempre igual a 480. Como tal, não se verificou necessidade de a apresentar nos cálculos do *Lean Assessment* e do estado futuro, uma vez que apresentariam valores iguais em ambos os estudos.

Throughput – Taxa de Saída, é o número de itens de trabalho finalizados, por unidade de tempo, ou seja, é a quantidade de unidades de produto terminadas num determinado período (por exemplo, uma semana, mês ou trimestre).

$$\text{Throughput} = \frac{WIP}{LT}$$

Process Cycle Efficiency (PCE) – Eficiência do Ciclo de Processo, mede a relação entre a Tempo de Agregação de Valor e o *Lead Time*. Este indicador permite saber o estado do processo, e a respetiva lucratividade, sabendo que quanto maior esta percentagem, menores os níveis de desperdício gerados, e consequentemente, maiores os lucros. Numa avaliação inicial do estado do processo, esta métrica ajuda a fornecer uma visão do potencial de melhoria que o mesmo apresenta, apontando para a diminuição do *Lead Time* e aumento ou otimização do *Value Added Time*.

$$PCE = \frac{VAT}{LT}$$

3.3.3.2 *Lean Assessment*: estado atual do processo

De forma a dar início ao projeto, foi feito um *Lean Assessment*. Nesta fase foi necessário conhecer o processo a fundo, de forma a entender como este se desencadeia, e quais os resultados e consequências do mesmo, nomeadamente em termos de desperdício. Foi feita uma abordagem do ponto de vista *Lean*, de forma a estudar as diferentes etapas do processo, tal como o desperdício gerado em cada uma delas.

→ **Fluxograma**

O processo foi analisado e descrito através de um fluxograma. O processo geral de construção da pá de rotor inicia com a abertura do molde, ação que marca, simultaneamente, o final do processo de cura de colagem, e início do processo de construção de fibra. Uma vez aberto, o molde é dividido em duas frações (normalmente apelidadas de “cascas”) - Lado de Subpressão (LS) e Lado de Pressão (LP) -, sendo que a construção, salvo algum constrangimento, inicia sempre no lado de Subpressão¹⁵.

Através desta ferramenta foi possível identificar que, após a abertura do molde, e iniciado o processo, este decorre em duas vertentes, simultaneamente: a construção de fibra, e a preparação do material de infusão. Neste ponto foi já possível analisar a dinâmica da equipa, de que forma os colaboradores procedem, e que tarefas executam, em simultâneo e sequencialmente. Entende-se assim, que o processo decorre paralelamente, até voltar a unir-se, durante a colocação do sistema de infusão, terminando com a tarefa de infusão. Com a ajuda do fluxograma é também possível identificar uma diferença no decorrer do processo, entre o Lado de Subpressão (figura 27), e o Lado de Pressão (figura 28), que pode verificar-se no diagrama abaixo. O processo, quando decorre no Lado de Pressão, inclui mais uma etapa, de colocação do bordo de Ataque e do bordo de Fuga, componentes provenientes da área dos Stocks.

¹⁵ Importa referir que, neste ponto do processo, consoante o número de colaboradores disponíveis, as circunstâncias do fluxo de trabalho e o planeamento semanal de produção, pode acontecer a equipa ser dividida, e ser dado início de processo em ambas as cascas simultaneamente.

Processo de produção pá de rotor – Lado de Subpressão

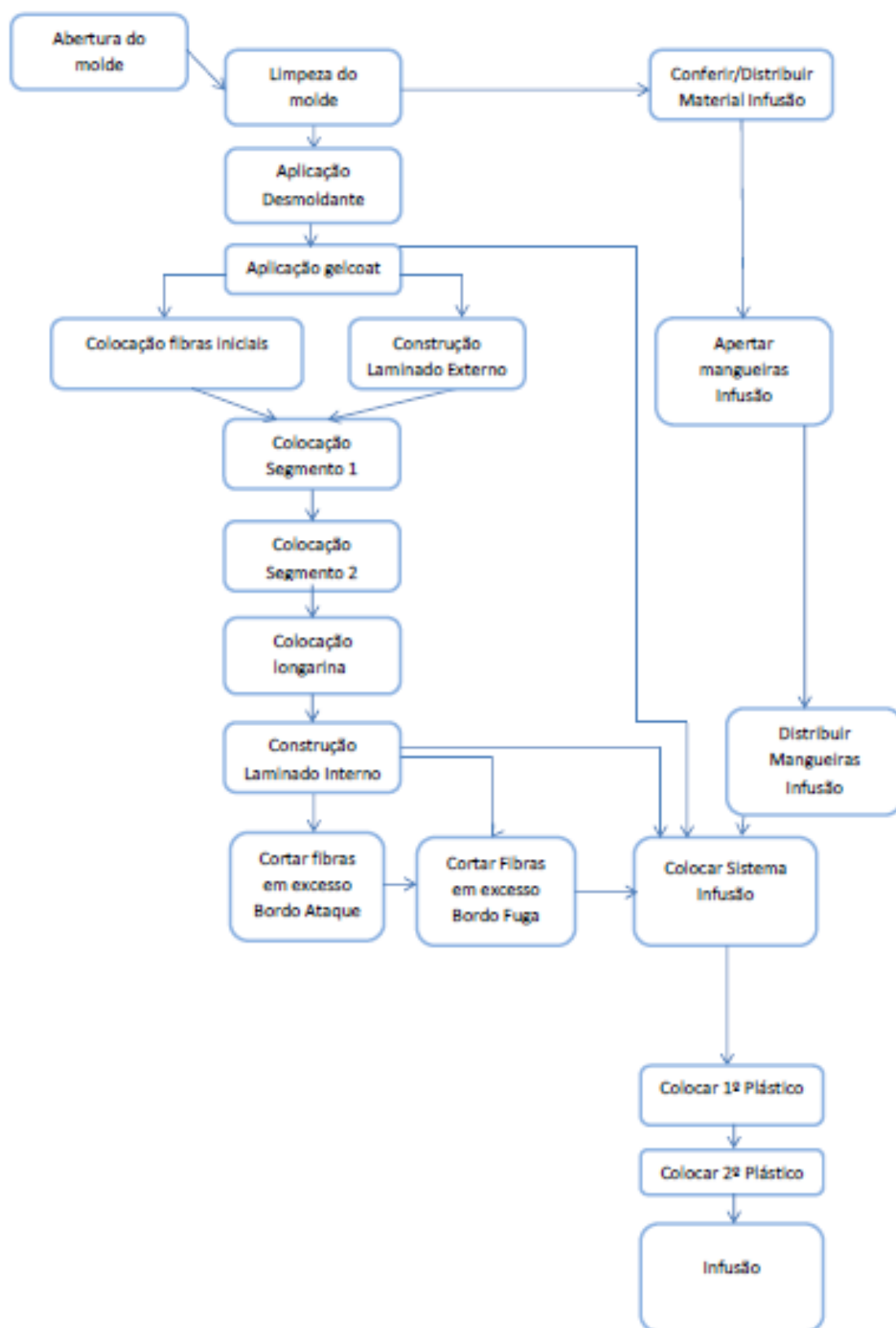


Figura 27- Fluxograma do processo de produção da Casca do Lado de Subpressão de uma pá de rotor.

Processo de produção pá de rotor – Lado de Pressão

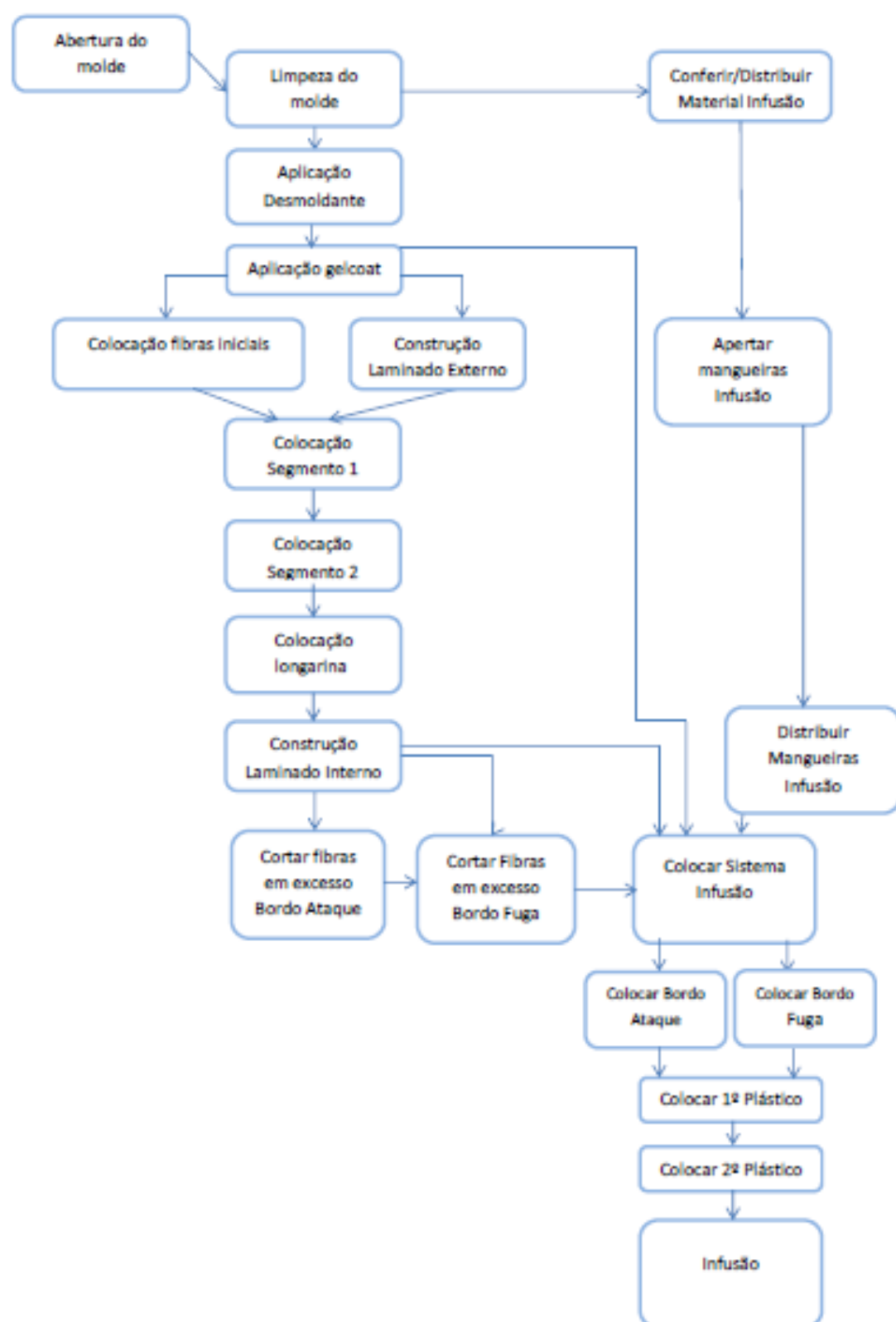


Figura 28- Fluxograma do processo produtivo da casca do Lado de Pressão de uma pá de rotor.

→ **SIPOC**

Para complementar o estudo do processo procedeu-se, também, à elaboração de um mapa SIPOC (figura 29). Com esta ferramenta foi possível desconstruir o processo e as suas etapas, entendendo exatamente o papel de cada parte envolvida e definindo os fatores que causam impacto direto na execução do trabalho. Este método permite compreender melhor o trabalho executado e atuar em pontos específicos do processo, de forma a implementar a melhoria contínua.

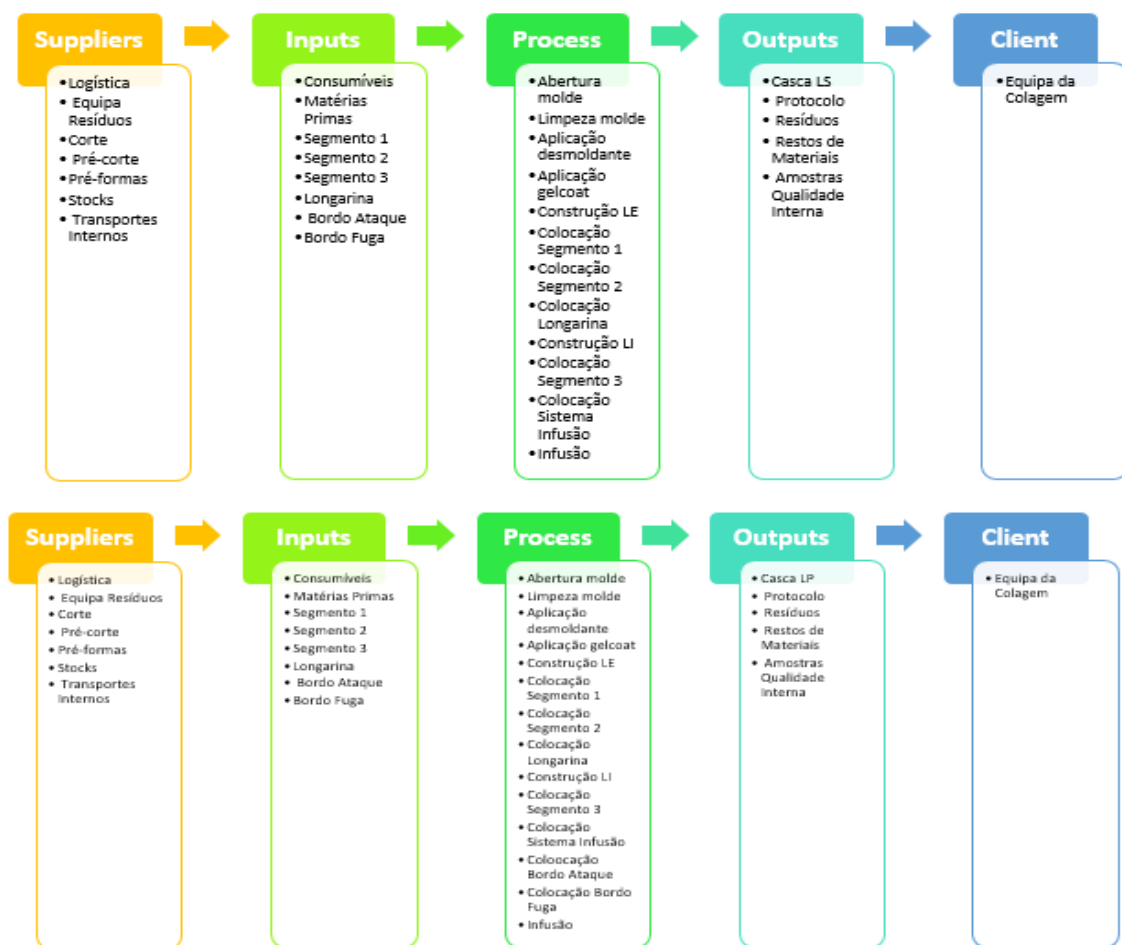


Figura 29- Mapas SIPOC do Processo de construção das Cascas LS (em cima) e LP (em baixo).

→ Value Stream Map

Como ponto de partida para a implementação de um plano estruturado de melhoria da produtividade e redução de desperdício, optou-se por efetuar um *Value Stream Map*, do processo em estudo. Depois de conhecer o processo, e respetivo fluxo, é necessário identificar o caminho percorrido, desde o pedido do cliente, até à sua entrega, expondo todos os passos e identificando todos os desperdícios.

O objetivo da aplicação desta ferramenta *Lean*, tem por base todo o propósito do projeto desenvolvido: separar o que acrescenta valor, daquilo que produz desperdício. Partindo desta análise, é então possível propor melhorias estruturadas e fundamentadas, de forma a produzir aquilo que o cliente espera, pelo valor que este está disposto a pagar.

Para efetuar esta triagem, procedeu-se, primeiramente, à elaboração de um Mapa do Processo: uma listagem de todas as tarefas que compõem o processo de fibra/infusão, desde a abertura do molde, até à infusão¹⁶. Em cada um dos eventos foram medidos o tempo de execução¹⁷, a distância percorrida¹⁸ e o número de pessoas a desempenhar a tarefa. Cada evento, foi, por sua vez, catalogado segundo a sua natureza: operação, inspeção, transporte, armazenamento, espera e movimentação¹⁹.

Uma vez criado o Mapa de Processo, foi necessário analisar e identificar, em cada um destes passos, o *Value Added*, *Essential Non Value Added*, e *Non Value Added*. Para este efeito foram acrescentadas três colunas ao Mapa de Processo, onde consta esta informação, de forma a sintetizar a análise efetuada numa só tabela. Elaboraram-se, assim duas tabelas: uma para o Processo no Lado de Subpressão (tabela 6) e outra para o Processo no Lado de Pressão²⁰ (tabela 7). Todos estes dados foram inseridos no software Microsoft Excel, permitindo o seu tratamento e análise.

¹⁶ As tarefas listadas, tendo como base as etapas principais identificadas no Fluxograma e Mapa SIPOC, incluem tarefas principais dessas mesmas etapas, e também subtarefas das mesmas.

¹⁷ À exceção dos resultados de cálculos de algumas métricas, as medidas de tempos de produção são sempre apresentadas em minutos.

¹⁸ Pela falta de acesso a um pedómetro, a medida média de cada passo foi medida com base na passada da autora, sendo que cada passo medido é $\approx 0,8$ metros.

¹⁹ À exceção da tarefa de Teste de Vácuo, por ser efetuada pela própria equipa de fibra/infusão, não foram considerados eventos de inspeção por parte da equipa de Inspeção da Qualidade pois, apesar de ser chamada a inspecionar determinadas etapas do processo, isto não implica a paragem do processo em si. Por esta razão, os eventos de inspeção não foram considerados relevantes para o caso de estudo.

²⁰ Durante a recolha de dados, devido à rotatividade de turnos, e ao facto de a autora apenas ser autorizada a fazer esta recolha durante a sua jornada laboral, foram apenas completadas duas tabelas: uma para o Lado de Subpressão e outra para o Lado de Pressão.

Tabela 6- Mapa de Processo de construção da Casca do Lado de Subpressão

#	Descrição da tarefa	Tempo	Distância	Pessoas	Q parafusos	Ar a parafusos	Transporte	Ar materialamento	Espuma	Movimentações	VA	ENVA	NVA
		minutos	metros	unidades									
1	Limpar molde	20	60	8	X						15	5	
2	Aplicar desmoldante	20	60	6	X						15	5	
3	Preparar máquina gelcoat	10	120	2						X		10	
4	Íçar/Iniciar máquina gelcoat	15		1			X					5	10
5	Aplicar gelcoat	55	60	7	X						25	20	10
6	Aplicar nylon, CSM e espuma do spoiler	15	60	6	X						10	5	
7	Transportar segmento 1	10	2	1			X					10	
8	Colocar o segmento 1	5		3	X						5		
9	Construir o LE	120	60	12	X						90	30	
10	Transportar segmento 2	20	70	1			X					20	
11	Colocar o segmento 2	15		3	X						5	10	
12	Transportar longarina	15	80	2			X					15	
13	Colocar a longarina	30		2	X						15	15	
14	Construir o LI	120	60	12	X						90	30	
15	Transportar o segmento 3	5	2	1			X					5	
16	Colocar o segmento 3	5		3	X						5		
17	Preparar o material de infusão	75	150	2						X		60	15
18	Apertar as mangueiras de infusão	60		1	X								60
19	Distribuir mangueiras infusão	15	60	1						X		15	
20	Cortar fibras em excesso Bordo Ataque	45	60	1	X							45	
21	Cortar fibras em excesso Bordo Fuga	25	30	1	X							25	
22	Colocar o sistema de infusão	60	700	12	X						60		
23	Colocação rolo plástico vácuo no suporte	10	65	1			X					10	
24	Colocar 1º plástico de vácuo	45	300	5	X						15	15	15
25	Colocar o 2º plástico de vácuo	35	360	5	X						20	15	
26	Testar vácuos	60		1		X						15	45
27	Iniciar infusão (1ª parte)	60	40	1	X						60		
28	Finalizar infusão (2ª parte)	120	350	2	X						120		
Total		1090	2749		18	1	6	0	0	3	550	385	155

Tabela 7-Mapa de Processo de construção da Casca do Lado de Pressão

#	Descrição da tarefa	Tempo	Distância	Pessoas	Operação	Inspeção	Transporte	Amarreamento	Liberação	Assinatura	VA	ENVA	NVA
		minutos	metros	unidades	○	□	→	▽	◇	⬠			
1	Unpar molde	20	60	8	X						15	5	
2	Aplicar desmoldante	20	60	6	X						15	5	
3	Preparar máquina gelcoat	10	120	2						X		10	
4	Iparr/Iniciar máquina gelcoat	15		1			X					5	10
5	Aplicar gelcoat	50	60	7	X						25	15	10
6	Aplicar nylon, CSM e espuma flatback	15	60	6	X						10	5	
7	Transportar segmento 1	5	2	1			X					5	
8	Colocar o segmento 1	5		3	X						5		
9	Construir o LE	60	60	12	X						60		
10	Transportar segmento 2	15	85	1			X					15	
11	Colocar o segmento 2	20		3	X						5	10	5
12	Transportar longarina	15	90	2			X					15	
13	Colocar a longarina	35		2	X						15	10	10
14	Construir o LI	155	60	15	X						140	15	
15	Transportar o segmento 3	5	25	1			X					5	
16	Colocar o segmento 3	15	2	3	X						5		10
17	Preparar o material de Infusão	75	150	2						X		60	15
18	Apertar as mangueiras de Infusão	45		1	X								45
19	Distribuir mangueiras Infusão	15	60	1						X		15	
20	Cortar fibras em excesso Bordo Ataque	45	60	1	X							35	10
21	Cortar fibras em excesso Bordo de Fuga	30	30	1	X							25	5
22	Colocar o sistema de Infusão	60	60	12	X						60		
23	Colocação rolo plástico vácuo no suporte	10	65	1			X					10	
24	Transportar o Bordo de Ataque	10	75	2			X					10	
25	Colocar o Bordo Ataque	15		10	X						5	10	
26	Transportar o Bordo de Fuga	10	80	1			X					10	
27	Colocar o Bordo de Fuga	20		8	X						10	10	
28	Colocar 1º plástico de vácuo	30	60	7	X						15	15	
29	Colocar o 2º plástico de vácuo	45	60	7	X						20	25	
30	Testar vácuos	25		1		X						15	10
31	Iniciar Infusão (1ª parte)	60	40	1	X						60		
32	Finalizar Infusão (2ª parte)	120	350	2	X						120		
Total		1075	1774		20	1	8	0	0	3	585	390	130

Após o tratamento dos dados, foi desenhado o *Value Stream Map*, representado nas imagens abaixo, permitindo criar um esquema visual do processo dentro do contexto em que se insere.

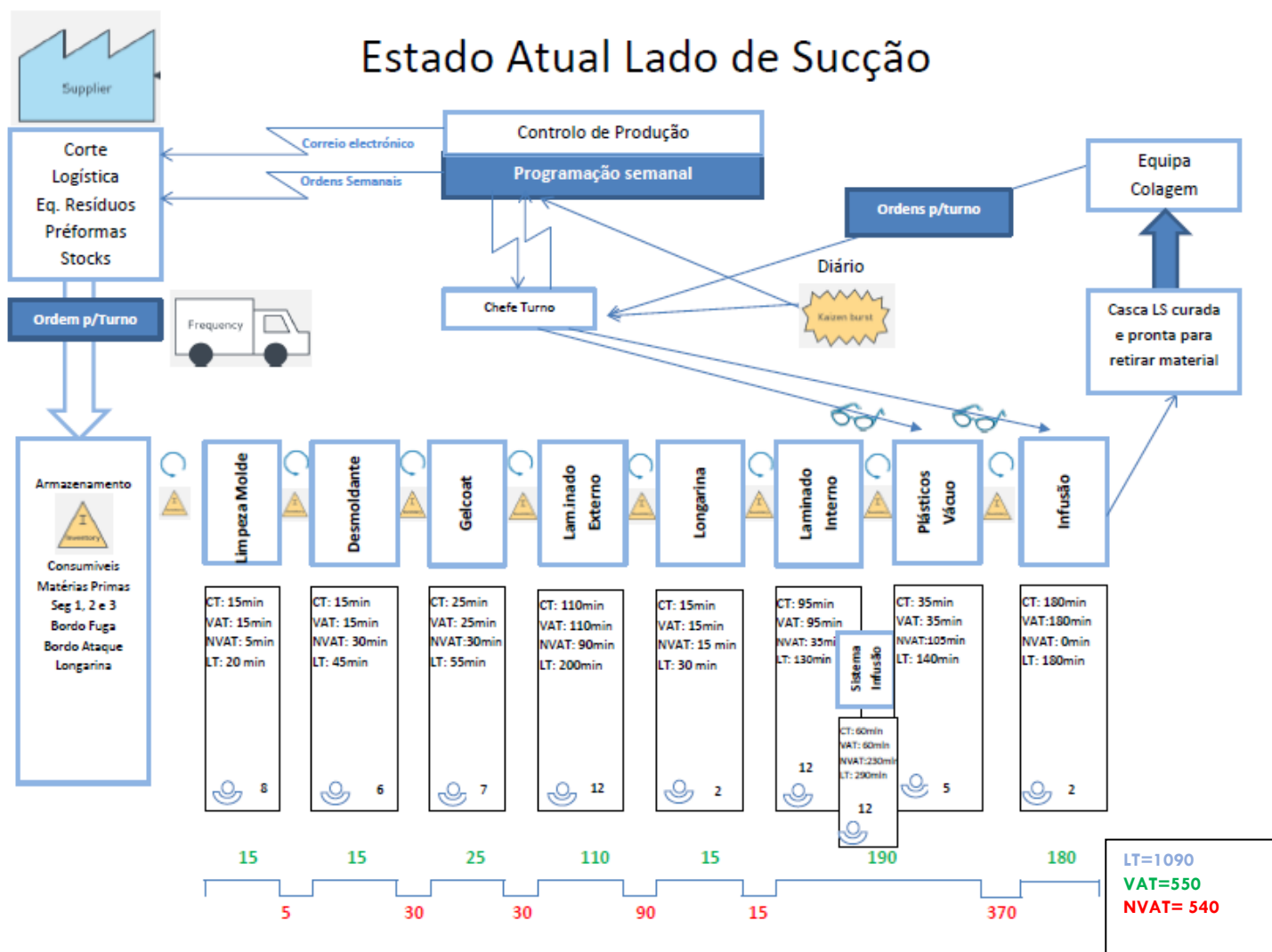


Figura 30- Mapa de Fluxo de Valor do Processo de construção da Casca do Lado de Subpressão

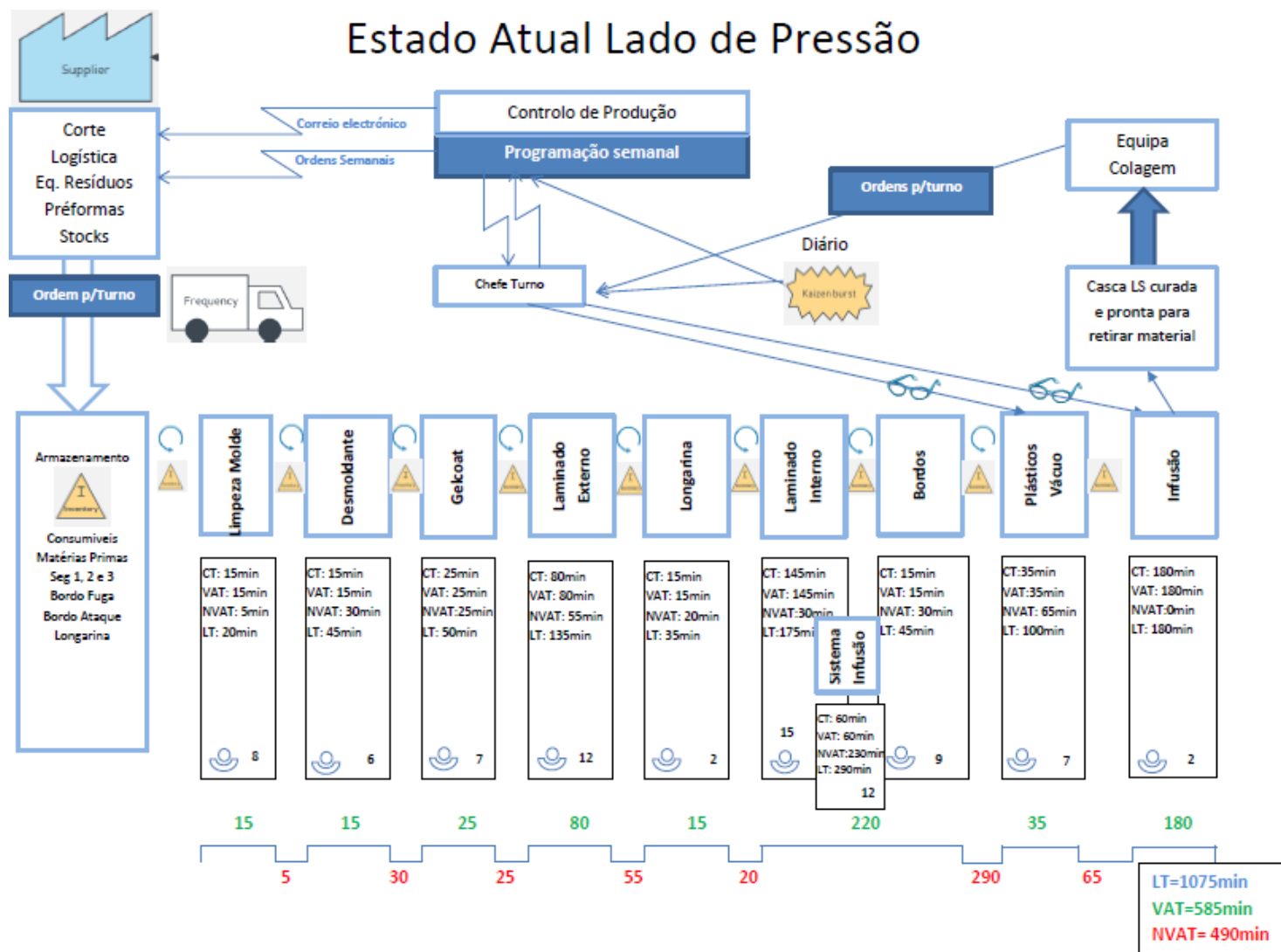


Figura 31- Mapa de Fluxo de Valor do Processo de construção da Casca do Lado de Pressão

→ Tempos de produção

A partir do Mapa de Processo anteriormente criado, foi gerado um gráfico de barras, onde se pôde comparar a quantidade de tempo gasto em cada uma das tarefas executadas, entre o LS (figura 32) e o LP (figura 33).

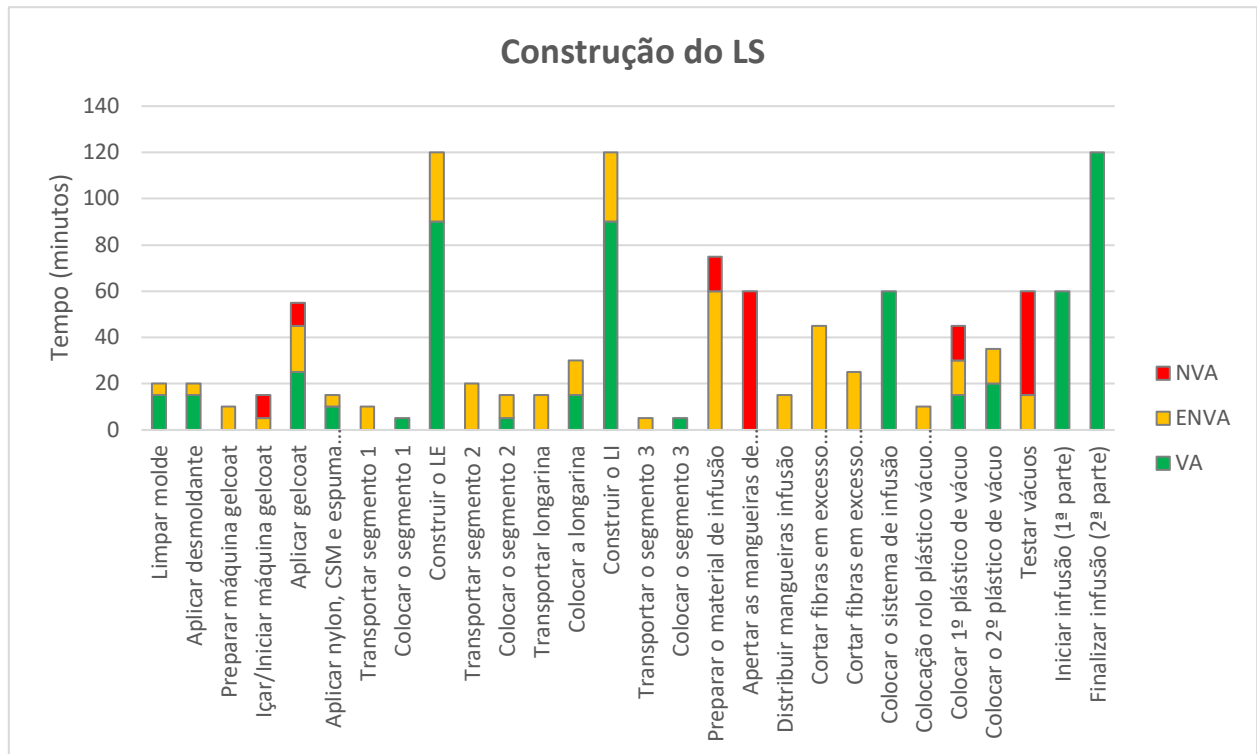


Figura 32- Análise de tempos de Desperdício vs. tempos de Valor Agregado durante o processo de construção da Casca do Lado de Subpressão

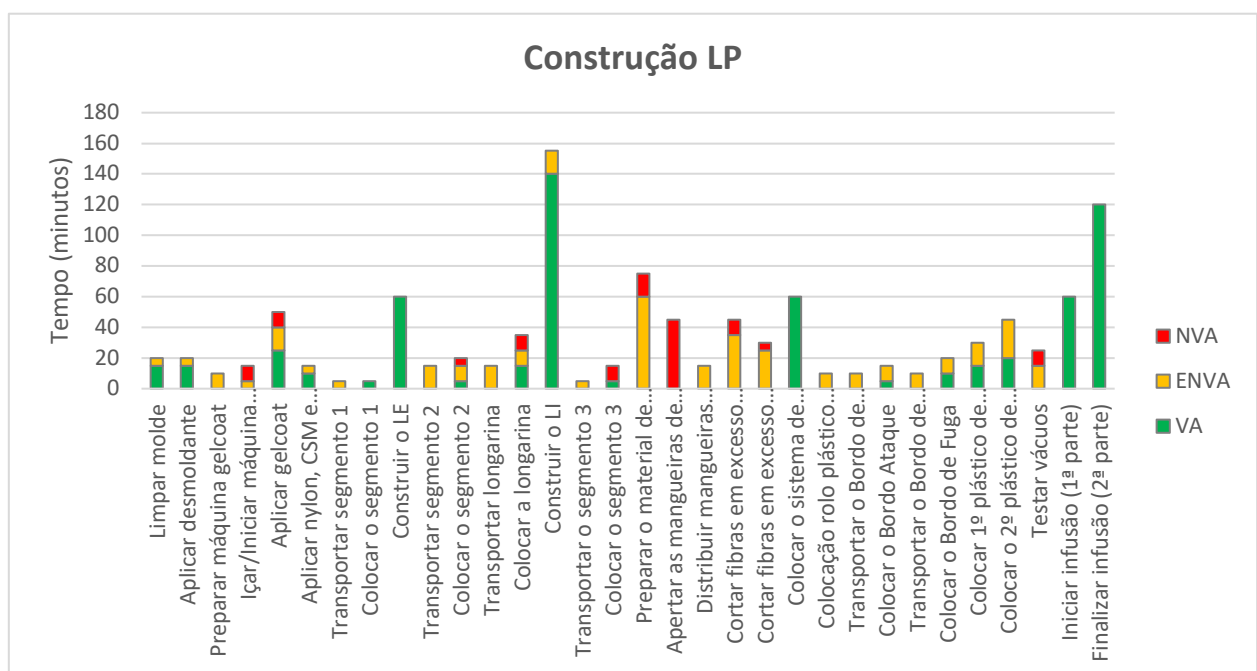


Figura 33- Análise de tempos de Desperdício vs. tempos de Valor Agregado durante o processo de construção da Casca do Lado de Pressão

Sendo uma ferramenta extremamente visual, permitiu ter a noção de quais as tarefas mais demoradas, quais as que apresentam maior quantidade de valor adicionado e quais as que apresentam maior desperdício. No entanto, apenas com este gráfico, não é totalmente perceptível, quais destas tarefas são as que estão a gerar a maior quantidade de desperdício, em termos percentuais.

Através da criação de um gráfico de *Gantt*, foi feita a análise da linha cronológica do processo, permitindo visualizar o seu desenrolar, em termos de tempo, desde o início até ao final (figura 34 e figura 35). A importância deste gráfico reside na sua capacidade de verificar o balanceamento do processo. É possível, através desta análise, verificar a sobreposição de tarefas na linha cronológica, e também identificar, não só quais as tarefas que estão a ser executadas, mas também quando estão a ser executadas.

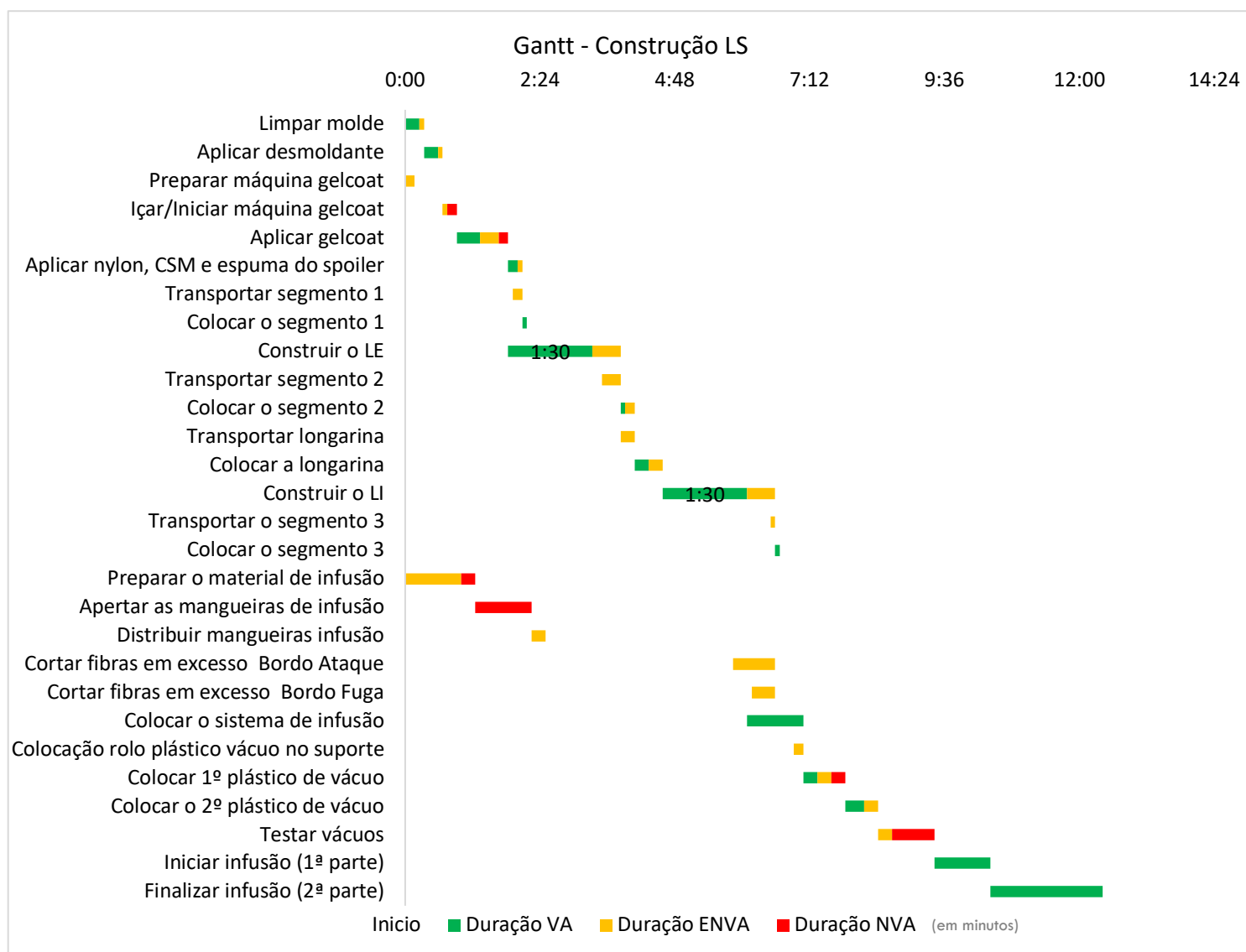


Figura 34- Análise do tempo (em horas) de Desperdício vs. tempos de Valor Adicionado no decorrer do processo de construção da Casca do Lado de Subpressão

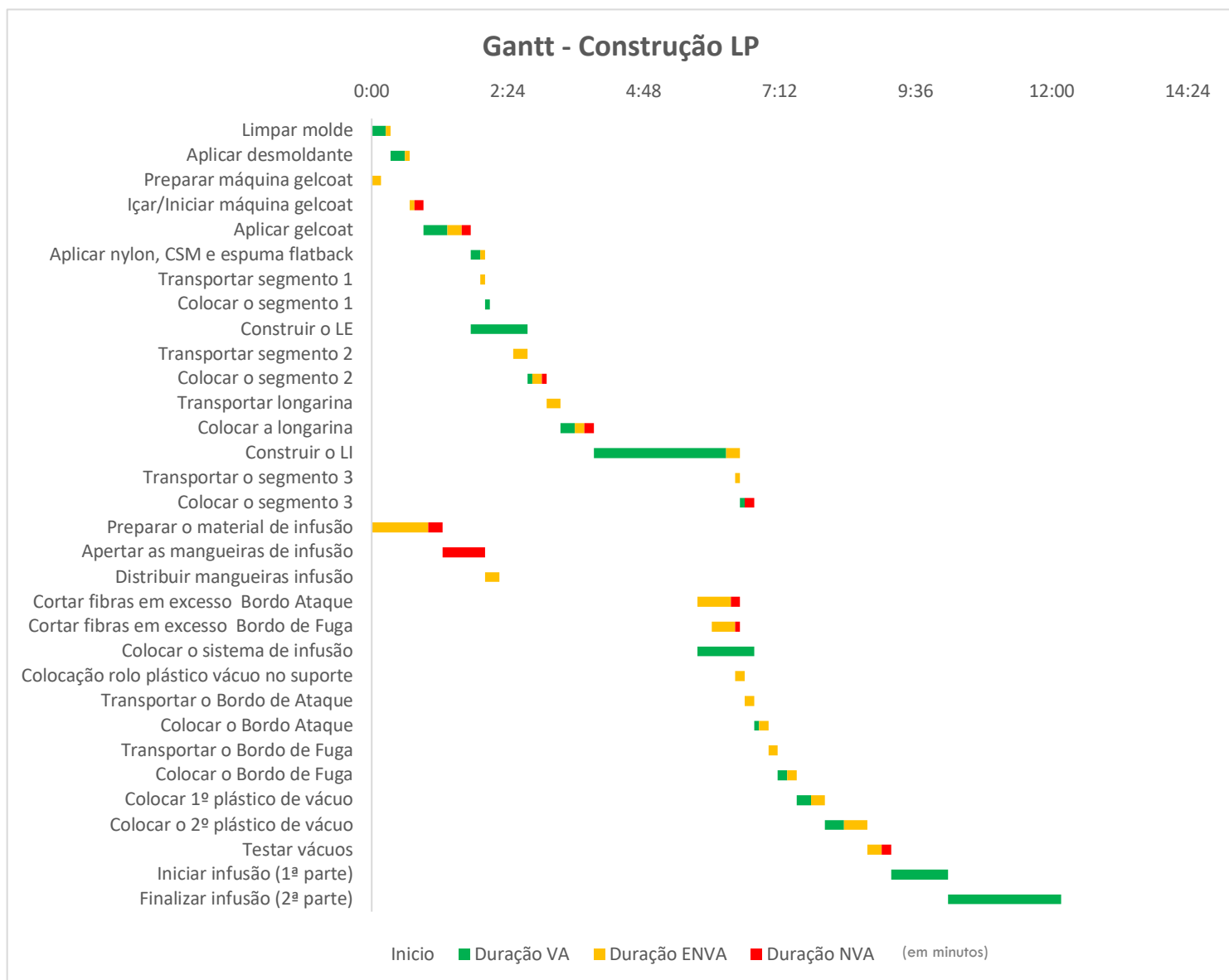


Figura 35- Análise do tempo (em horas) de Desperdício vs. tempos de Valor Adicionado no decorrer do processo de construção da Casca do Lado de Pressão

→ Diagrama de Pareto

Aplicando as ferramentas anteriores, foi possível ter percepção das tarefas que mais desperdício causavam, em termos de tempo decorrido, fossem elas em termos de Valor Não Adicionado ou Valor Não Adicionado Essencial. Da mesma, foi também possível perceber quais as etapas do processo que mais valor acrescentam ao produto. Analisando o VSM, gráficos de barras, e tabelas acima, pode deduzir-se que o grupo que mais desperdício causa dentro dos processos, é o das subtarefas. Por outras palavras, as tarefas que não são consideradas etapas principais do processo, e que estão geralmente associadas a transportes, esperas e movimentações.

Para tentar verificar esta tendência, foram criados dois gráficos de Pareto (figuras 36 e 37), de modo a estratificar as causas do problema: o desperdício. Com estes gráficos tentou-se perceber se estas tarefas consideradas secundárias, seriam a grande causa do desperdício no processo em estudo. Assumindo então que o problema seria a criação de desperdício, selecionaram-se a colunas de medida de desperdício (NVA e ENVA), e a coluna das tarefas listadas. Vejamos:

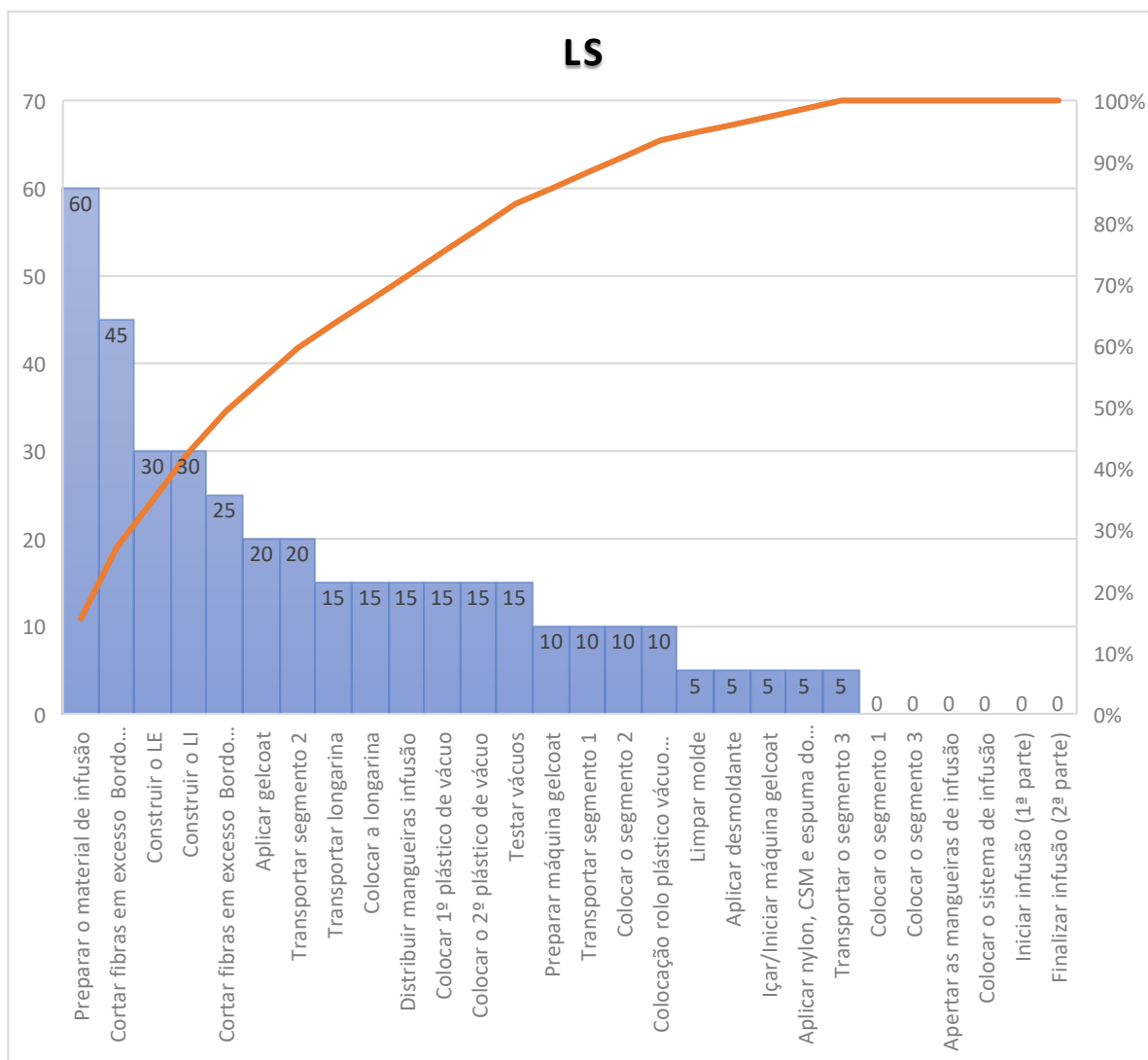


Figura 36- Análise das tarefas que criam maior desperdício durante o processo de construção da Casca do Lado de Subpressão

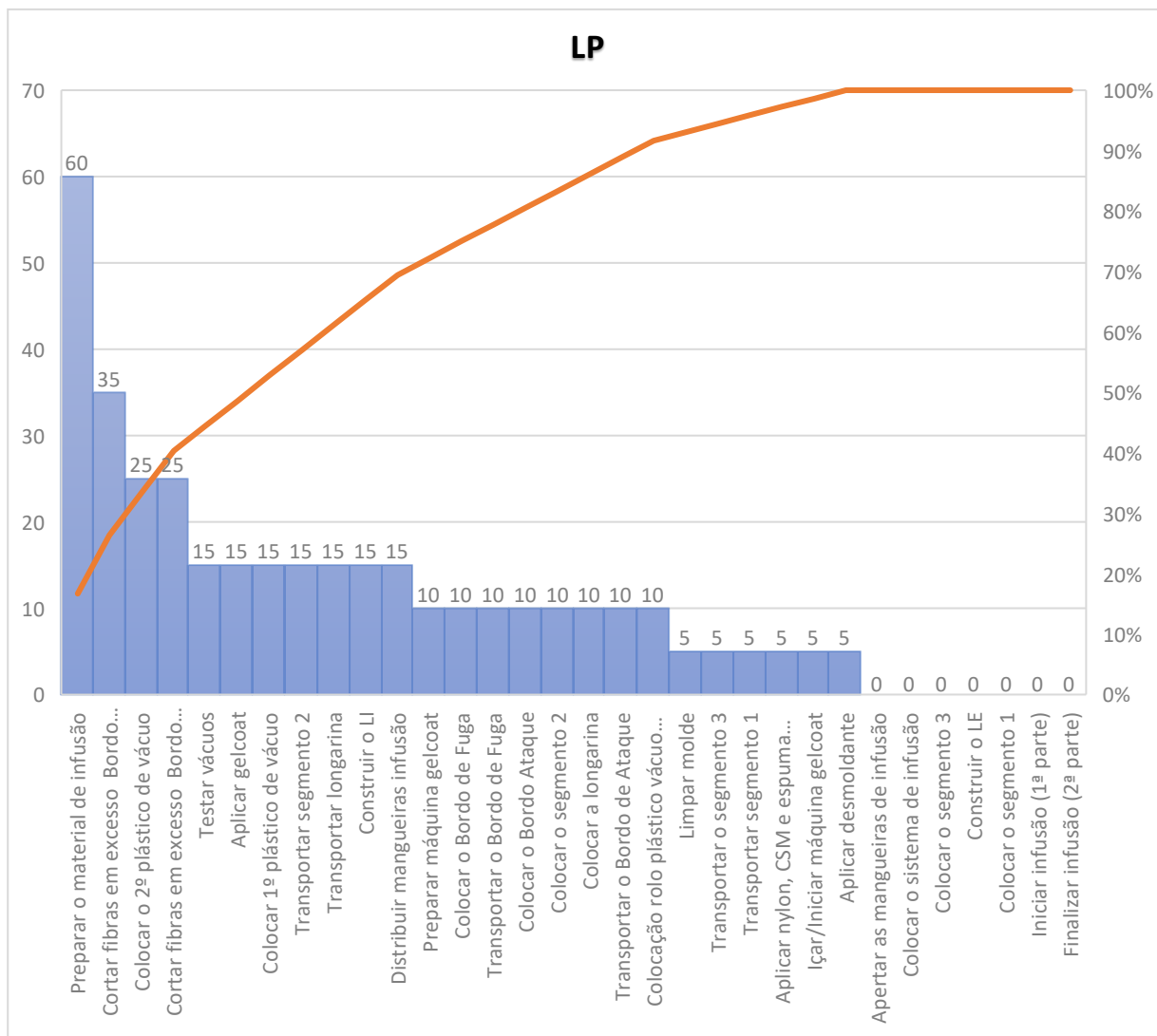


Figura 37- Análise das tarefas que criam maior desperdício durante o processo de construção da Casca do Lado de Pressão.

Verificou-se, ao efetuar o gráfico de Pareto, que a regra de Pareto não se aplica ao caso de estudo. Ou seja, sabemos que não são apenas 20% da totalidade de tarefas que estão a causar 80% do desperdício total do processo. A regra de Pareto é uma regra aproximada, e neste estudo, 80% são causados por cerca de 30-35% das causas. No entanto, embora esta regra não se verifique, ao agrupar as tarefas por desperdício gerado, o gráfico apresenta dois factos importantes: apresenta, por ordem decrescente, as tarefas que mais desperdício geram no processo, e agrupa as mesmas, em grupos de quantidade de desperdício gerado. Esta informação permite perceber quais as etapas e tarefas onde a intervenção *Lean* é mais necessária.

3.3.4 Estudo do processo: Resultados

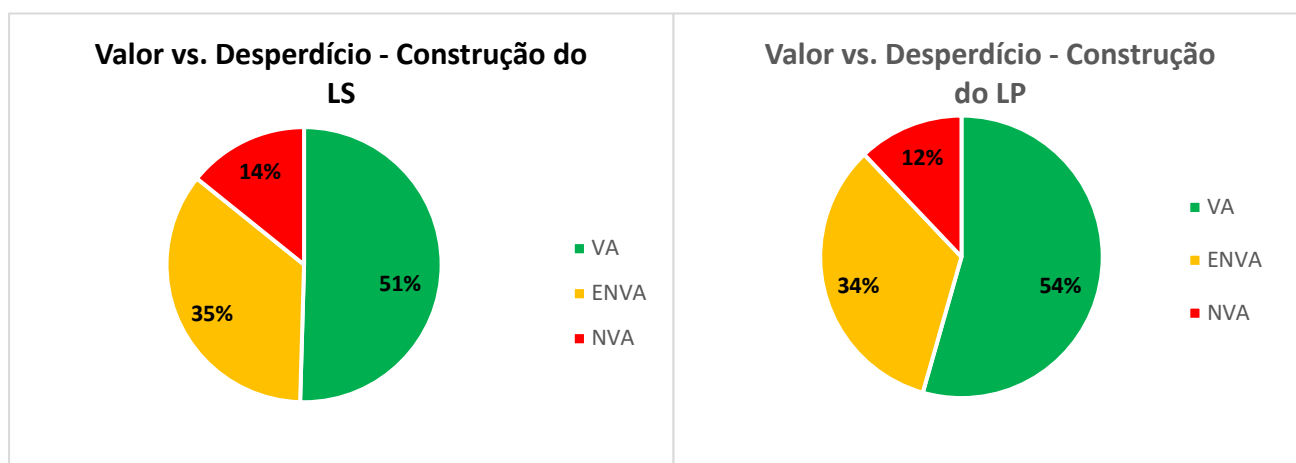


Figura 38- Gráfico de comparação de percentagens de Desperdício e Valor Adicionado, entre os processos de construção do Lado de Subpressão e Lado de Pressão

Após a primeira análise ao estado atual do processo, na figura 38 é possível concluir que o apenas cerca de metade do tempo produtivo é tempo de Valor Adicionado, com uma média de 52,5%. Mais ainda, embora o processo não represente um valor elevado de *Non Value Added Time* (uma média de 13%), o valor de *Essential Non Value Added Time* tem uma média de 34,5%, o que é um valor bastante representativo.

						FIBRA					INFUSÃO				
	Lead Time	VA Time	ENVA	NVA	%VA	Time	VA	ENVA	NVA	%VA	Time	VA	ENVA	NVA	%VA
LP	1075	585	360	130	54,4%	460	295	120	45	64%	615	290	240	85	47%
LS	1090	550	385	155	50,5%	480	275	185	20	57%	610	275	200	135	45%

Figura 39- Registo de tempos e percentagens de Desperdício e Valor Adicionado dos processos de construção do Lado de Subpressão e Lado de Pressão

Ao analisar a comparação de contagem de tempos de produção, na figura 39, verifica-se que as maiores percentagens de desperdício se geram durante os trabalhos de infusão. Enquanto os tempos de produção de fibra geram 32,4% de ENVA e 6,9% de VA, os de Infusão geram 36% e 18%, respetivamente. Consequentemente, pode dizer-se que os tempos de produção de fibra geram uma maior quantidade de *Value Added Time*, com uma percentagem de 60,6%, em relação aos tempos de produção de infusão, com 46,1%.

No que concerne à comparação entre cascas LS e LP (figura 40), pode dizer-se que a construção do Lado de Subpressão gera mais 25% de tempo de NVA, assim como



Figura 40- Histograma de comparação de quantidades (em minutos) de Desperdício e Valor Adicionado do Lado de Subpressão e Lado de Pressão

mais 25% de tempo de ENVA, que a construção do Lado de Pressão. Consequentemente, pode deduzir-se através deste gráfico, que o tempo de construção do Lado de Pressão apresenta uma melhor percentagem de Valor Adicionado, superior em 35%, àquela que é apresentada pelo Lado de Subpressão.

3.3.4.1.1 Métricas Utilizadas: medição do estado atual

Uma vez efetuada a caracterização do processo, procedeu-se à medição das métricas propostas.

Value Added Time:

$$VA_{LS} = 550$$

$$VA_{LP} = 585$$

Non Value Added Time:

$$NVA_{LS} = 155$$

$$NVA_{LP} = 130$$

Essential Non Value Added Time:

$$ENVA_{LS} = 385$$

$$ENVA_{LP} = 360$$

Lead Time:

$$LT_{LS} = VA + ENVA + NVA = 550 + 385 + 155 = 1090$$

$$LT_{LP} = VA + ENVA + NVA = 585 + 360 + 130 = 1075$$

Cycle Time:

$$CT_{LP} = VA = 550$$

$$CT_{LP} = VA = 585$$

Throughput:

$$Throughput_{LS} = \frac{WIP}{LT} = \frac{1}{1090} = 0,000917431$$

$$Throughput_{LP} = \frac{WIP}{LT} = \frac{1}{1075} = 0,000930233$$

Assim, sabe-se que o *Throughput* do LS é de $\approx 0,00091$ produtos acabados por minuto, ou seja, $\approx 0,055$ por hora, e de $\approx 0,44$ por turno. O *Throughput* do LP é de ≈ 0.00093 produtos acabados por minuto, ou seja, $\approx 0,056$ por hora e $\approx 0,45$ por turno.

Process Cycle Efficiency:

$$PCE_{LS} = \frac{VAT}{LT} = \frac{550}{1090} = \mathbf{0,504587156}$$

$$PCE_{LP} = \frac{VAT}{LT} = \frac{585}{1075} = \mathbf{0,544186047}$$

Através desta medição é possível ver que o processo LS tem uma eficiência de, aproximadamente, cerca de 50%, e o LP de 54%.

3.3.4.2 Novo mapa do processo: previsão

Com base no estudo e caracterização do processo efetuados na etapa anterior do projeto, e utilizando os mesmos métodos e ferramentas, foi feita uma prospeção de melhoria do processo, perspetivando a sua melhor performance. Para efetuar esta estimativa foi necessário efetuar uma triagem de cada situação de desperdício, determinar as suas causas e, para cada uma delas, investigar possíveis soluções, apresentando sugestões de melhoria que permitissem a redução ou eliminação de desperdício. Admitindo que esta seria uma previsão da melhor performance possível deste processo, foram estimadas as seguintes melhorias:

→ Lado de Subpressão

Na tabela 8, pode ver-se o novo Mapa de Processo, elaborado para o Lado de Subpressão.

Tabela 8- Perspetiva da melhor performance do Processo de construção da Casca do Lado de Subpressão

#	Descrição da tarefa	Tempo	Distância	Pessoas	Operação	Inspeção	Transporte	Armazenamento	Espera	Reverificações	VA	ENVA	NVA
		minutos	metros	unidades	○	□	⇐	▽	D	⬠			
1	Limpar molde	15	60	8	X						15		
2	Aplicar desmoldante	15	60	6	X						15		
3	Preparar máquina gelcoat	10	120	2						X		10	
4	Lçar/Iniciar máquina gelcoat	5		1			X					5	
5	Aplicar gelcoat	40	60	7	X						25	15	
6	Aplicar nylon, CSM e espuma do spoiler	10	60	6	X						10		
7	Transportar segmento 1	10	2	1			X					10	
8	Colocar o segmento 1	5		3	X						5		
9	Construir o LE	90	60	12	X						90		
10	Transportar segmento 2	20	70	1			X					20	
11	Colocar o segmento 2	10		3	X						5	5	
12	Transportar longarina	15	80	2			X					15	
13	Colocar a longarina	20		2	X						15	5	
14	Construir o LI	100	60	12	X						90	10	
15	Transportar o segmento 3	5	2	1			X					5	
16	Colocar o segmento 3	5		3	X						5		
17	Preparar o material de infusão	20	150	2						X		20	
18	Apertar as mangueiras de infusão	0		1	X								
19	Distribuir mangueiras infusão	5	60	1						X		5	
20	Cortar fibras em excesso Bordo Ataque	40	60	1	X							40	
21	Cortar fibras em excesso Bordo Fuga	20	30	1	X							20	
22	Colocar o sistema de infusão	60	700	12	X						60		
23	Colocação rolo plástico vácuo no suporte	5	65	1			X					5	
24	Colocar 1º plástico de vácuo	25	300	5	X						15	10	
25	Colocar o 2º plástico de vácuo	30	360	5	X						20	10	
26	Testar vácuos	15		1		X						15	
27	Iniciar infusão (1ª parte)	60	40	1	X						60		
28	Finalizar infusão (2ª parte)	120	350	2	X						120		
Total		775	2749		18	1	6	0	0	3	550	225	0

Tabela 9- Previsão de melhoria geral do processo de construção LS

Processo LS	Atual	Previsão	Melhoria
Lead Time (minutos)	1090	775	-29%
Fibra (minutos)	480	375	-22%
Infusão (minutos)	610	400	-34%
Total Value Added Time (minutos)	550	550	-
Value Stream Ratio (%)	50%	71%	+21%
ENVA (%)	35%	29%	-6%
NVA (%)	14%	-	-14%

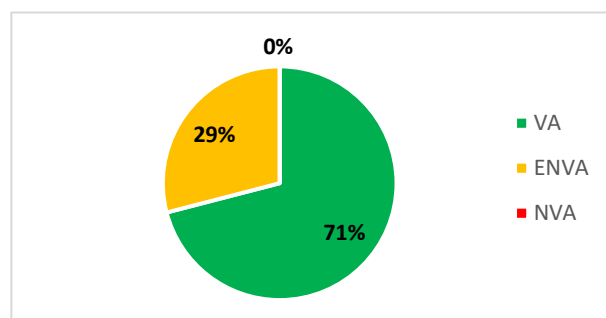


Figura 41- Previsão do processo de construção LS na sua melhor performance

Como está explícito na tabela 9, no caso do processo de construção da casca do Lado de Subpressão, foi possível prever uma redução de 29% no Lead Time, sendo que o tempo de trabalho da equipa de fibra foi reduzido em 21,9%, e o da equipa de infusão em 34,4%. Em termos de Valor adicionado, como se pode ver na figura 41, prevê-se uma melhoria de 21%. Em relação ao desperdício gerado pelo processo, prevê-se a eliminação completa do NVA e uma redução do ENVA em 6%.

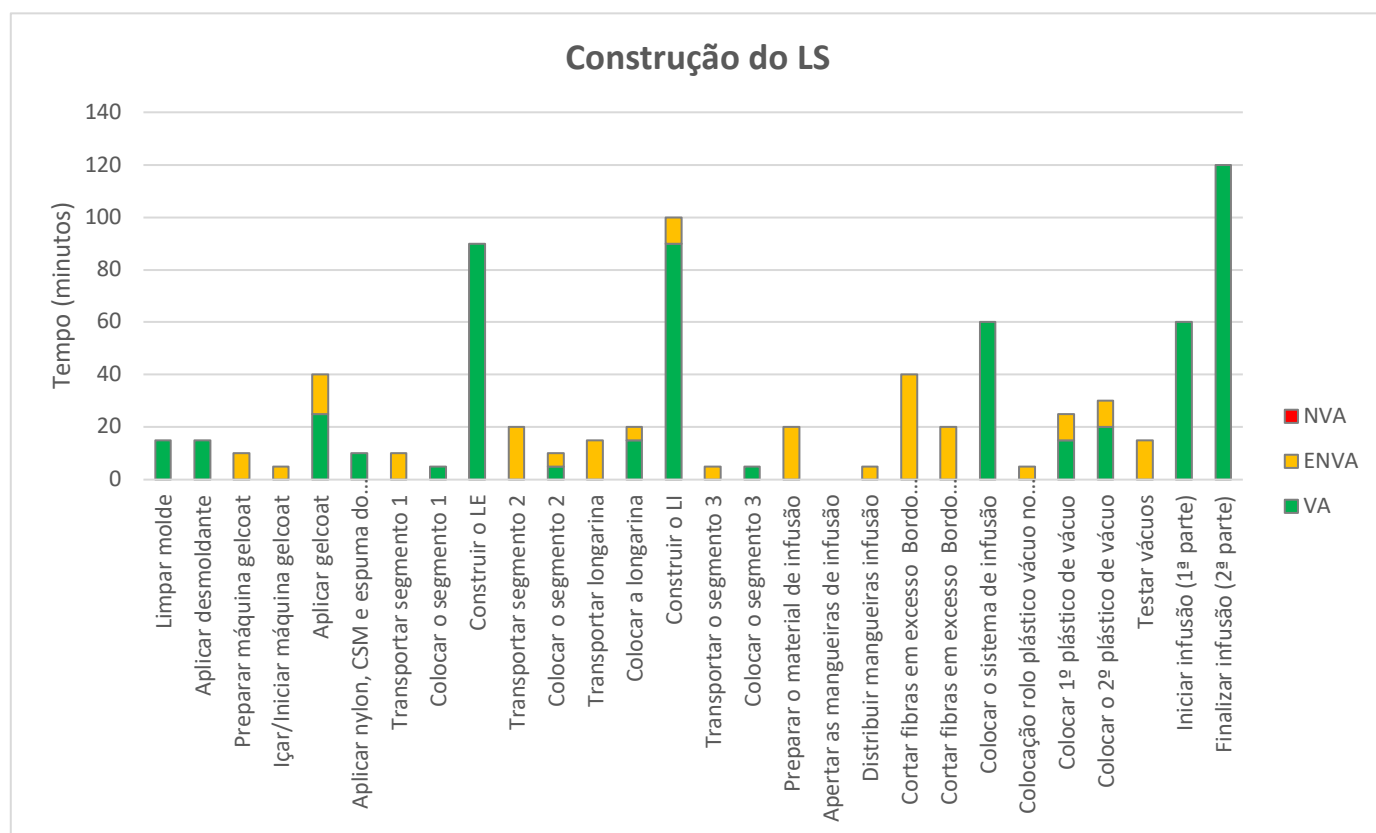


Figura 42- Vista de todas as tarefas constituintes do processo de construção LS, gerando o mínimo de desperdício possível (previsão).

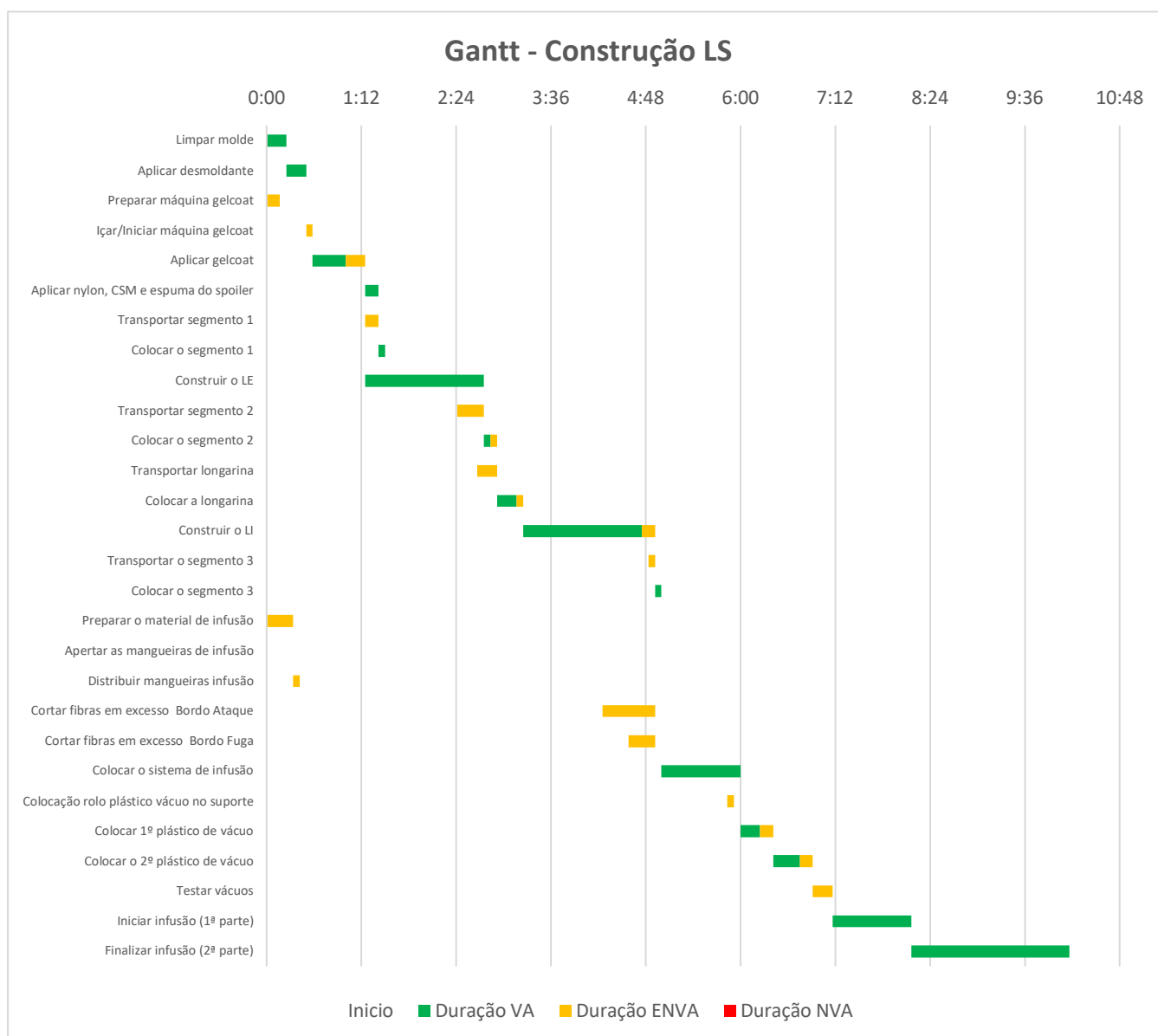


Figura 43- Vista de todas as tarefas constituintes do processo de construção LS, gerando o mínimo de desperdício possível (previsão).

No que diz respeito ao balanceamento do processo, através do estudo do mesmo foi possível verificar, em termos de gestão de tempo e recursos, que seria possível realizar algumas alterações que permitiriam colmatar situações de esperas, mantendo o trabalho mais fluente e encadeando as tarefas de forma mais harmoniosa (comparação de valores das figuras 42 e 43, com os valores anteriores das 32 e 34). Tendo em conta a análise anterior da situação atual do processo, ao reorganizar as tarefas produtivas, foi possível identificar situações onde o ajuste era possível, traduzindo-se numa melhoria final do tempo de ciclo do processo em geral.

Assim, prevê-se a passagem de uma situação atual de 12h25 de tempo de ciclo do processo de construção LS, para 10h10, reduzindo a duração total do processo em 2h15.

Através do desenho do novo *Value Stream Map* (figura 44) do processo de construção do LS, é possível resumir toda a prospeção efetuada. Esta ferramenta visual dá a conhecer, de uma forma simples, onde se fariam alterações no processo, e como se traduziriam essas mesmas alterações, em termos de desperdício.

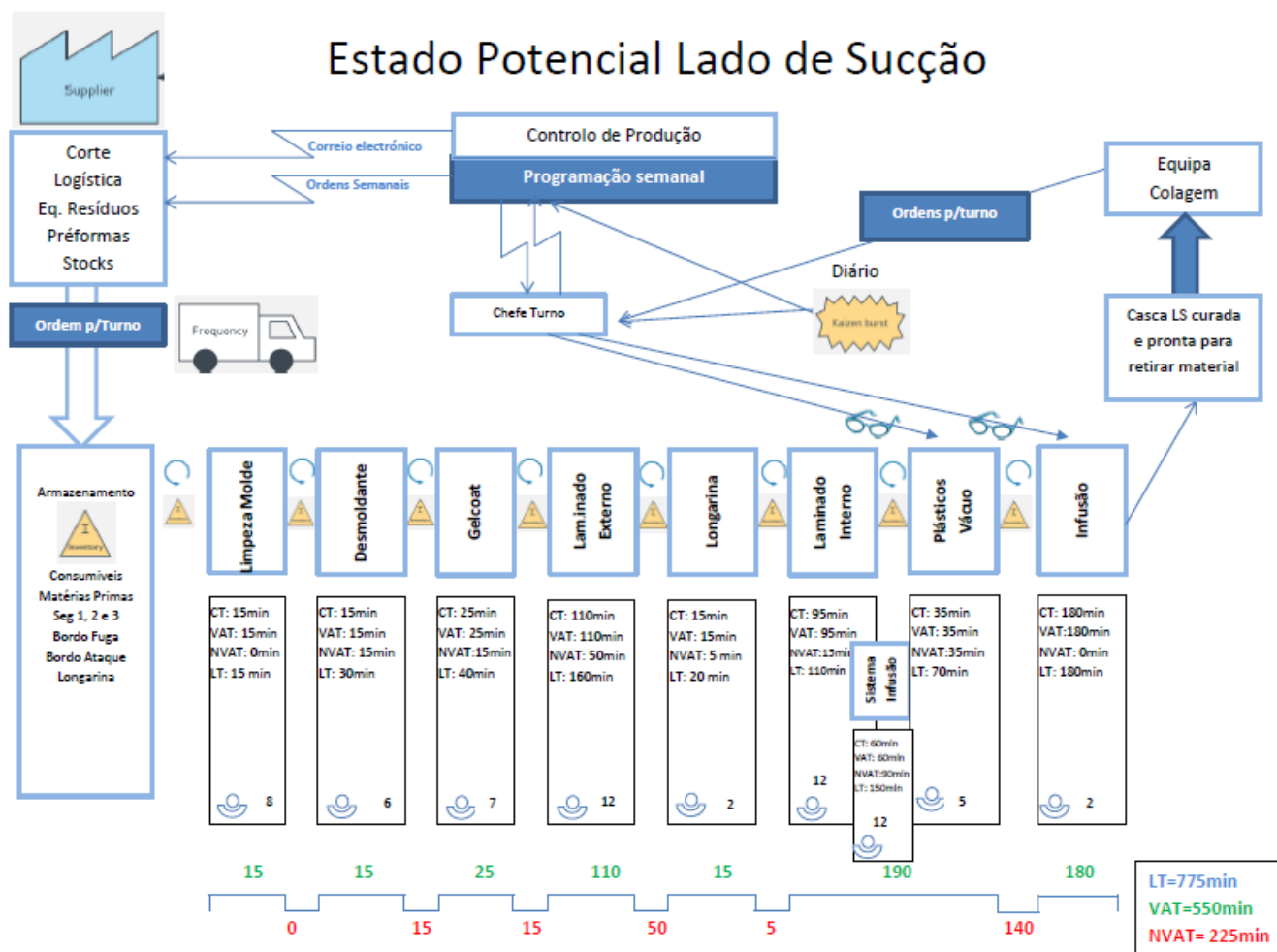


Figura 44- Mapa de Fluxo de Valor do Processo de construção da Casca do Lado de Subpressão, resultante da previsão de melhoria.

→ Lado de Pressão

Na tabela 10, pode ver-se o novo Mapa de Processo, elaborado para o Lado de Pressão.

Tabela 10- Perspetiva da melhor performance do Processo de construção da Casca do Lado de Pressão

Descrição da tarefa	Tempo	Distância	Pessoas	Operação	Inspeção	Transporte	Armazenamento	Espera	Movimentação	VA	ENVA	NVA
	minutos	metros	unidades	○	□	→	▽	D	⬠			
Limpar molde	15	60	8	X						15		
Aplicar desmoldante	15	60	6	X						15		
Preparar máquina gelcoat	10	120	2						X		10	
Íçar/Iniciar máquina gelcoat	5		1			X					5	
Aplicar gelcoat	40	60	7	X						25	15	
Aplicar nylon, CSM e espuma flatback	15	60	6	X						10	5	
Transportar segmento 1	5	2	1			X					5	
Colocar o segmento 1	5		3	X						5		
Construir o LE	60	60	12	X						60		
Transportar segmento 2	5	85	1			X					5	
Colocar o segmento 2	10		3	X						5	5	
Transportar longarina	15	90	2			X					15	
Colocar a longarina	20		2	X						15	5	
Construir o U	150	60	15	X						140	10	
Transportar o segmento 3	5	25	1			X					5	
Colocar o segmento 3	5	2	3	X						5		
Preparar o material de infusão	20	150	2						X		20	
Apertar as mangueiras de infusão	0		1	X								
Distribuir mangueiras infusão	5	60	1						X		5	
Cortar fibras em excesso Bordo Ataque	30	60	1	X							30	
Cortar fibras em excesso Bordo de Fuga	20	30	1	X							20	
Colocar o sistema de infusão	60	60	12	X						60		
Colocação rolo plástico vácuo no suporte	10	65	1			X					5	
Transportar o Bordo de Ataque	10	75	2			X					10	
Colocar o Bordo de Ataque	10		10	X						5	5	
Transportar o Bordo de Fuga	10	80	1			X					10	
Colocar o Bordo de Fuga	15		8	X						10	5	
Colocar 1º plástico de vácuo	25	60	7	X						15	10	
Colocar o 2º plástico de vácuo	30	60	7	X						20	10	
Testar vácuos	25		1		X						15	10
Iniciar infusão (1ª parte)	60	40	1	X						60		
Finalizar infusão (2ª parte)	120	350	2	X						120		
Total	830	1774		20	1	8	0	0	3	585	230	10

Tabela 11- Previsão de melhoria geral do processo de construção LP

Coluna I	Atual	Previsão	Melhoria
Lead Time (minutos)	1075	825	-23%
Fibra (minutos)	460	380	-21%
Infusão (minutos)	615	450	-27%
Total Value Added Time (minutos)	585	585	-
Value Stream Ratio (%)	54%	70%	+16%
ENVA (%)	33%	28%	-5%
NVA (%)	12%	1%	-11%

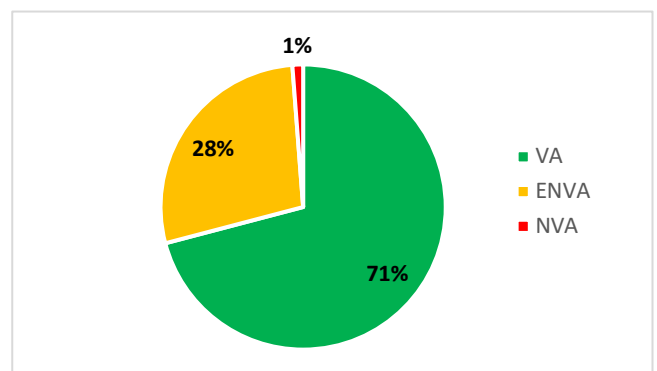


Figura 45- Previsão do processo de construção LP na sua melhor performance

No que diz respeito ao processo produtivo do Lado de Pressão, foi possível prever uma diminuição de 23,3% do Lead Time, sendo que o tempo de trabalho na equipa de fibra foi reduzido em 20,8%, e o da equipa de infusão em 26,8% (tabela 11). Em termos de VA, prevê-se uma melhoria de 16%. Em relação ao desperdício gerado pelo processo, prevê-se uma redução de 5% no ENVA, e de 11% no NVA (figura 45).

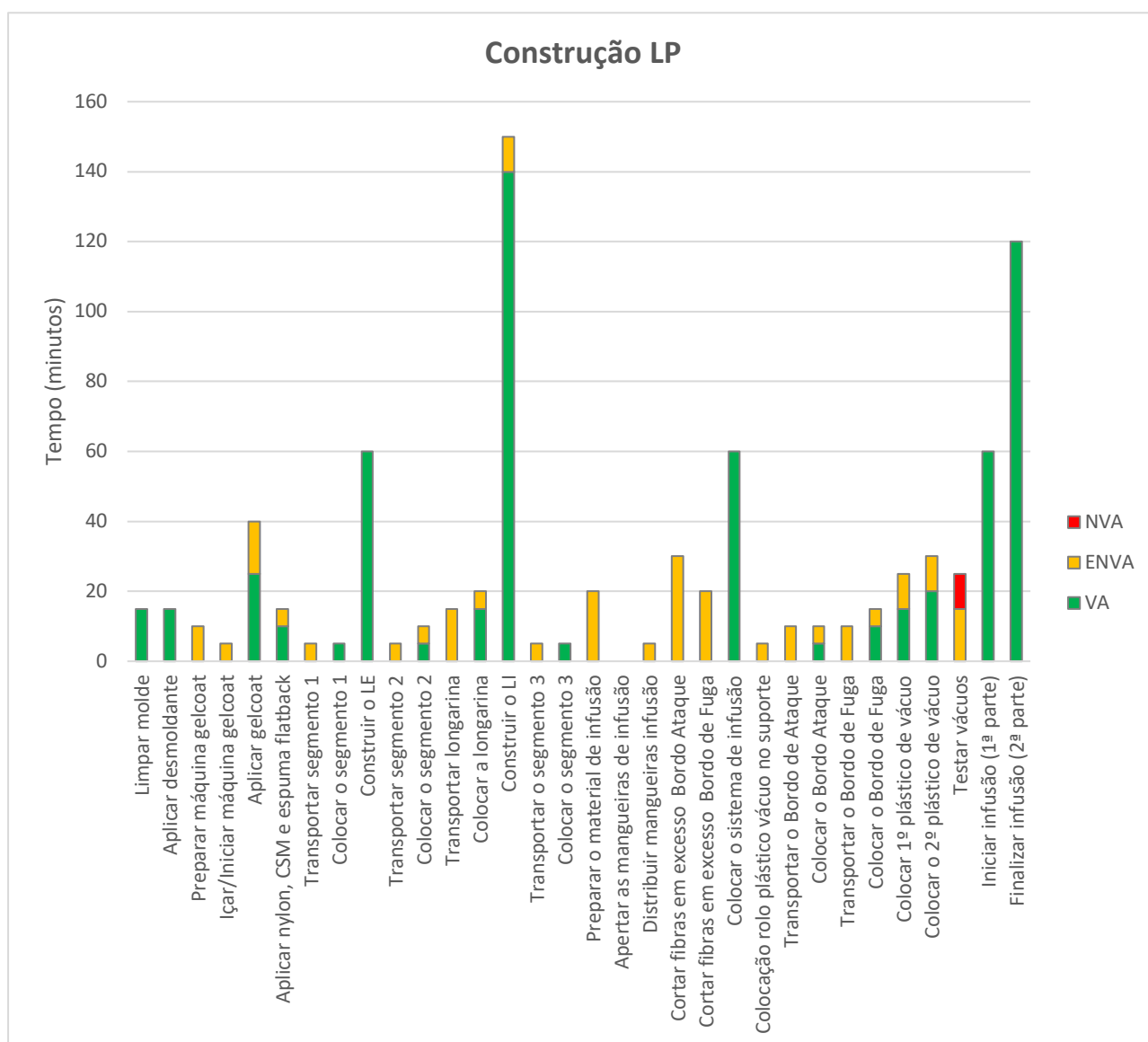


Figura 46- Vista de todas as tarefas constituintes do processo de construção LP gerando o mínimo de desperdício possível (previsão).

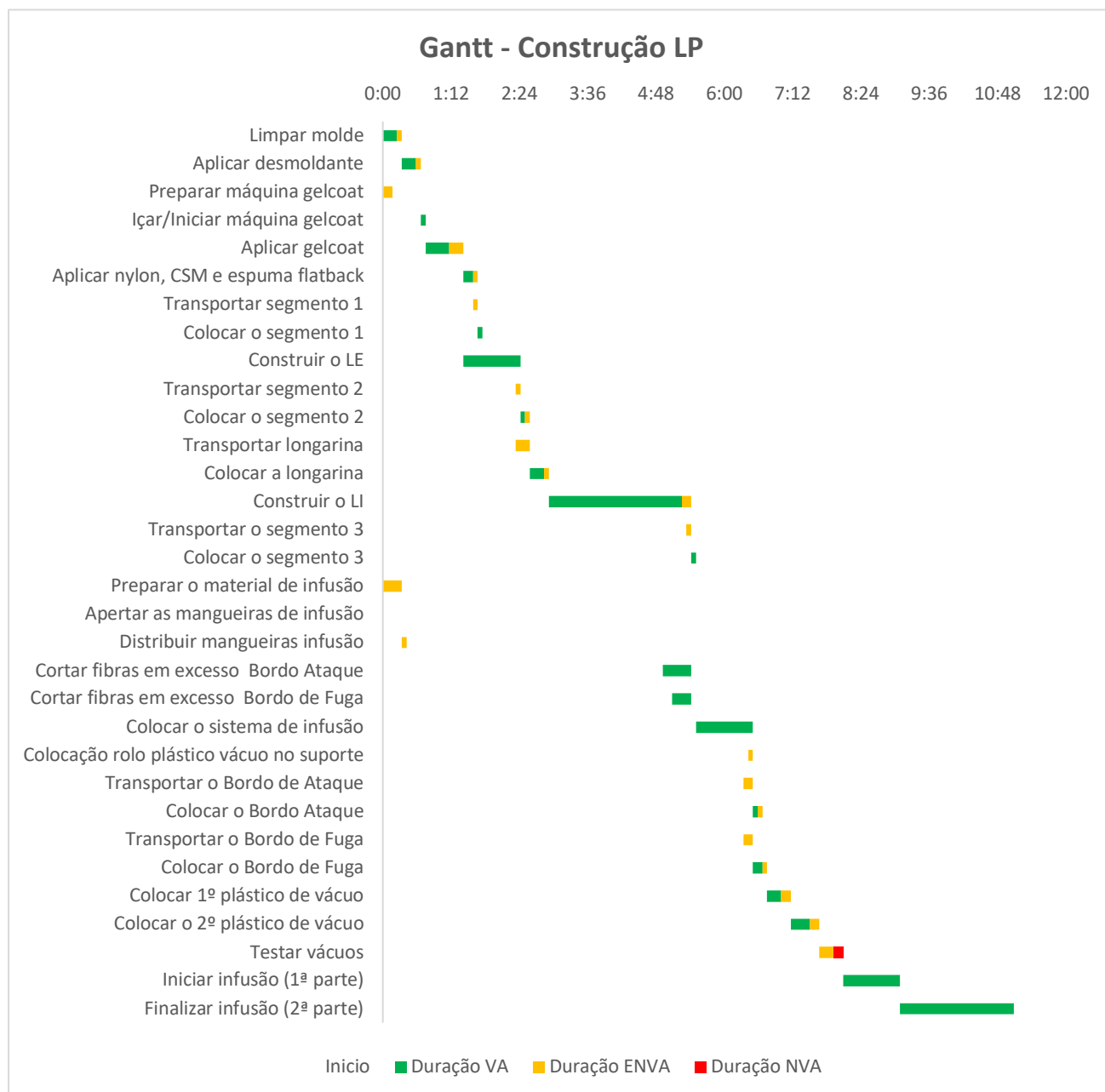


Figura 47- Vista de todas as tarefas constituintes do processo de construção LP gerando o mínimo de desperdício possível (previsão).

Em relação ao balanceamento do processo, à semelhança do que aconteceu com o Lado de Subpressão, foi também possível fazer uma previsão da capacidade do processo em termos de organização de tempos de espera, e tarefas a acontecer em simultâneo. Comparando os anteriores valores das figuras 33 e 35, com os novos valores apresentados nas figuras 46 e 47, comprova-se que, com uma boa gestão, é possível repensar o desenrolar do processo de forma mais limpa e organizada, melhorando o seu fluxo. Com este ajuste, prevê-se uma diminuição do tempo de ciclo de 12h10, para 10h55, contando com uma melhoria de 1h15 no tempo de ciclo do processo.

Como se pode verificar na figura 48, à semelhança do LS, através do desenho do novo *Value Stream Map* do processo de construção do LP, é possível resumir toda a prospeção efetuada. Esta ferramenta visual dá a conhecer, de uma forma simples, onde foram feitas alterações no processo, e como se traduziram essas mesmas alterações, em termos de desperdício.

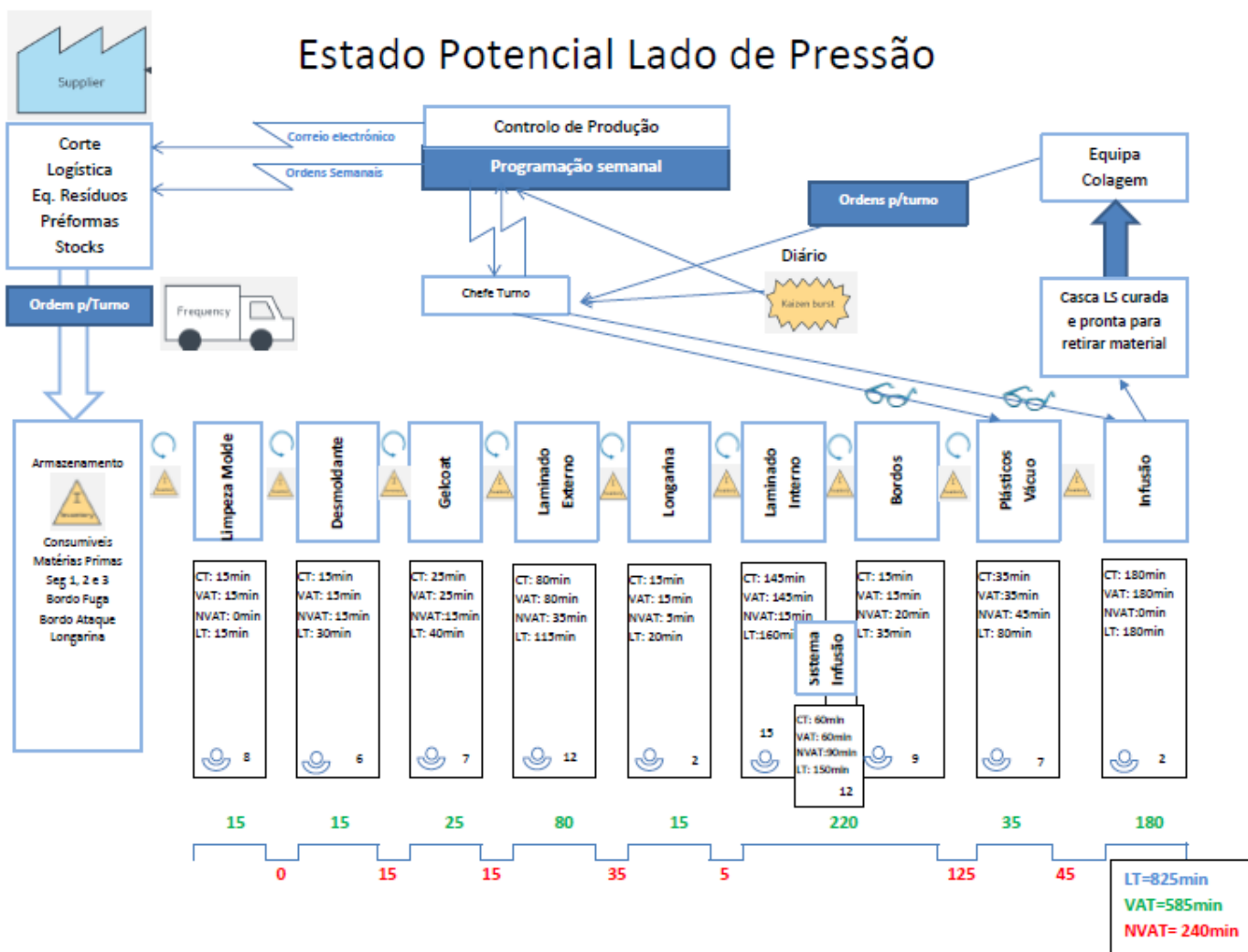


Figura 48- Mapa de Fluxo de Valor do Processo de construção da Casca do Lado de Pressão, resultante da previsão de melhoria.

Conclusões obtidas:

Através desta simulação da melhor performance do processo, foi possível prever, ou fazer uma estimativa, do seu funcionamento, após este estar estabilizado e limpo de todas as possíveis causas de desperdício. Olhando para os valores do estado atual (figura 49) e do estado futuro previsto (figura 50), denota-se imediatamente diferença na percentagem de tempo de VA em ambos os LS e LP, com uma subida média de 37%. Simultaneamente é possível verificar que existiu uma redução significativa também no ENVA, que se traduziu numa média de 5,5%. Por sua vez, o NVA sofreu uma redução significativa, sendo quase totalmente eliminado.

						FIBRA					INFUSÃO				
	Lead Time	VA Time	ENVA	NVA	%VA	Time	VA	ENVA	NVA	%VA	Time	VA	ENVA	NVA	%VA
LP	1075	585	360	130	54,4%	460	295	120	45	64%	615	290	240	85	47%
LS	1090	550	385	155	50,5%	480	275	185	20	57%	610	275	200	135	45%

Figura 49- Valores medidos no estado atual do processo.

						FIBRA					INFUSÃO				
	Lead Time	VA Time	ENVA	NVA	%VA	Time	VA	ENVA	NVA	%VA	Time	VA	ENVA	NVA	%VA
LP	825	585	230	10	70,9%	380	295	85	0	78%	450	290	145	10	64%
LS	775	550	225	-	71,0%	375	275	100	0	73%	400	275	125	0	69%

Figura 50- Valores previstos após desenho do novo mapa de processo.

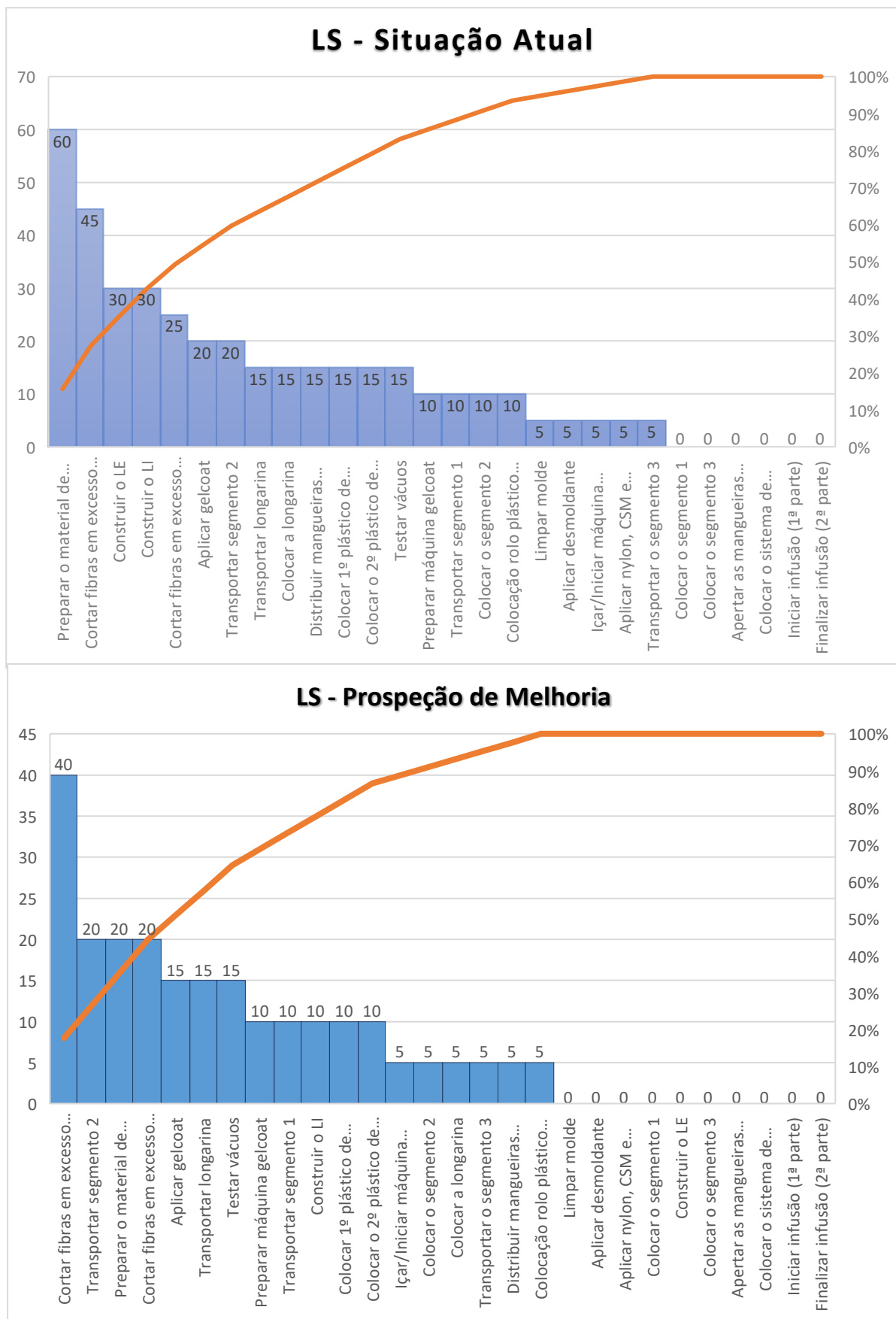


Figura 51 – Comparação dos níveis de desperdício no processo de construção do Lado de Subpressão, entre o estado atual do processo, e após aplicação das melhorias estudadas.

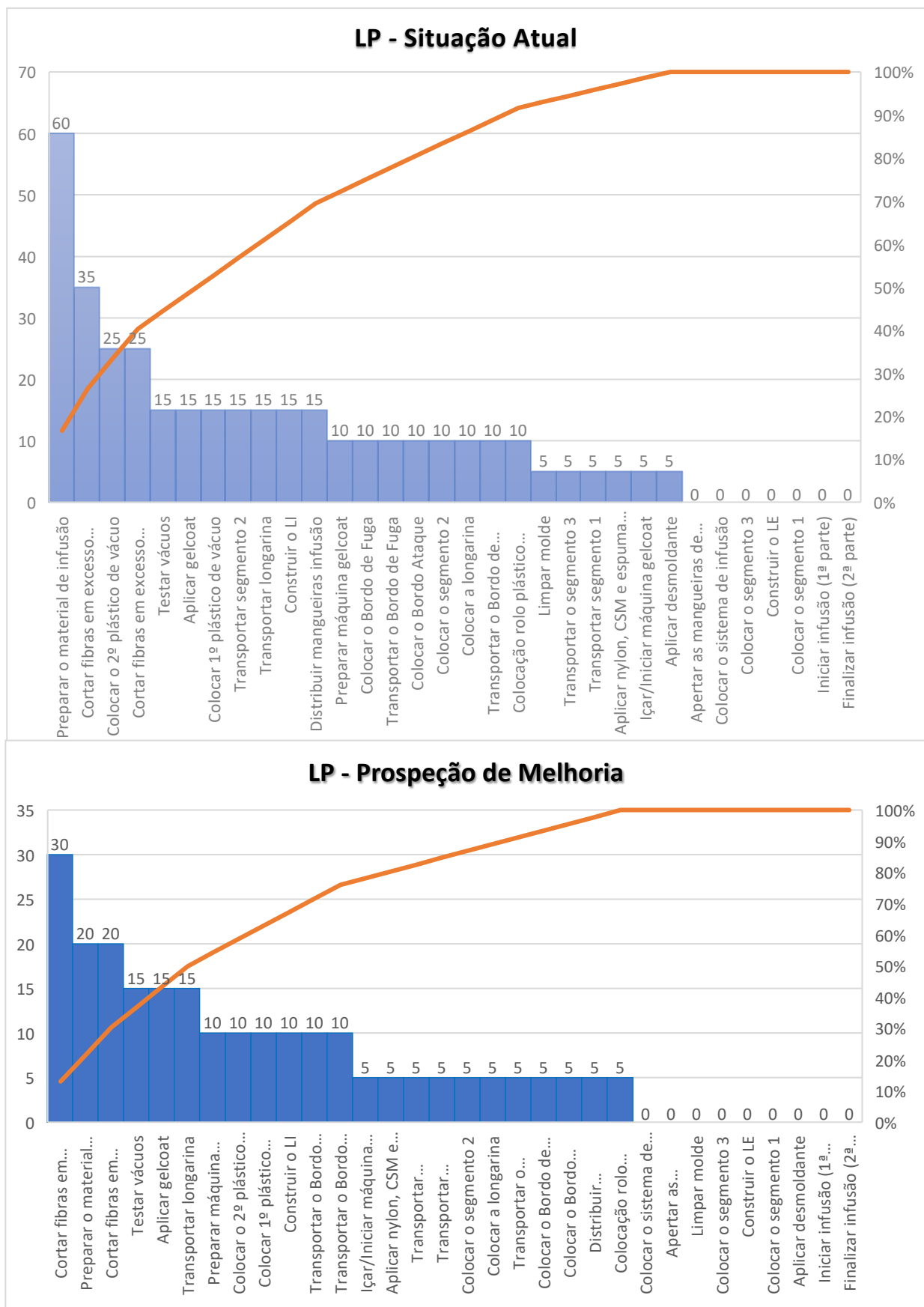


Figura 52 - Comparação dos níveis de desperdício no processo de construção do Lado de Pressão, entre o estado atual do processo, e após aplicação das melhorias estudadas.

Tal como se pode verificar nos gráficos acima (figuras 51 e 52), é notável a diferença entre o estado atual do processo e toda a potencial redução de desperdício que o mesmo permite. Ao visualizar esta comparação das situações, antes e depois de aplicar as melhorias, no gráfico de Pareto, é possível identificar facilmente quais as tarefas que estão a causar mais desperdício, e de que forma estas serão afetadas pelas medidas implementadas, tal como os efeitos que produzirão no processo em geral.

No caso do LS, o desperdício foi completamente eliminado em quatro tarefas, reduzindo de 22 para 18 aquelas que efetivamente geram algum tipo de desperdício. No LP as tarefas causadoras de desperdício foram reduzidas de 25 para 23, sendo que a criação de desperdício foi eliminada na totalidade em duas tarefas constituintes do processo.

Em ambos os processos, LS e LP, salienta-se a redução significativa do nível de desperdício gerado (refletido em tempo), em quase todas as tarefas que mais desperdício geram dentro do processo. Em suma, este não é eliminado, mas sofre uma redução bastante significativa.

3.3.4.2.1 Métricas Utilizadas: previsão do estado futuro

Nesta secção, e depois de todo o estudo de previsão do potencial do processo, foram calculadas as métricas e acordo com as previsões efetuadas.

Value Added Time:

$$VA_{LS} = 550$$

$$VA_{LP} = 585$$

Non Value Added Time:

$$NVA_{LS} = 0$$

$$NVA_{LP} = 10$$

Essential Non Value Added Time:

$$ENVA_{LS} = 225$$

$$ENVA_{LP} = 230$$

Lead Time:

$$LT_{LS} = VA + ENVA + NVA = 550 + 225 + 0 = 775$$

$$LT_{LP} = VA + ENVA + NVA = 585 + 230 + 10 = 825$$

Cycle Time:

$$CT_{LP} = VA = 550$$

$$CT_{LP} = VA = 585$$

Throughput:

$$Throughput_{LS} = \frac{WIP}{LT} = \frac{1}{775} = 0,001290323$$

$$Throughput_{LP} = \frac{WIP}{LT} = \frac{1}{825} = 0,001212121$$

O *Throughput* do LS é de ≈ 0.00129 produtos acabados por minuto, ou seja, $\approx 0,0774$ por hora e $\approx 0,62$ por turno. O *Throughput* do LP é de $\approx 0,00121$ produtos acabados por minuto, ou seja, $\approx 0,0726$ por hora, e de $\approx 0,58$ por turno.

Eficiência do ciclo de processo:

$$PCE_{LS} = \frac{VAT}{LT} = \frac{550}{775} = \mathbf{0,709677419}$$

$$PCE_{LP} = \frac{VAT}{LT} = \frac{585}{825} = \mathbf{0,709090909}$$

Através desta medição é possível ver que tanto o processo LS, como o LP passam a ter uma eficiência de 71%.

3.3.5 Melhorias Implementadas

Uma vez feito o estudo do processo, e estimados os efeitos teóricos de possíveis melhorias, foram identificadas as tarefas que causavam maior desperdício ao mesmo, para que pudesse, para cada uma delas, ser apresentada uma proposta de melhoria²¹.

Após este estudo, e com ajuda de todas as ferramentas utilizadas anteriormente, foi possível identificar as etapas do processo que estariam a gerar mais desperdício. Foi também, tendo por base estes resultados, possível identificar as etapas que, tendo em conta o contexto da unidade fabril e a fase em que esta se encontra, permitiam a aplicação das melhorias apresentadas para cada uma delas.

3.3.5.1 *Preparação do material de infusão*

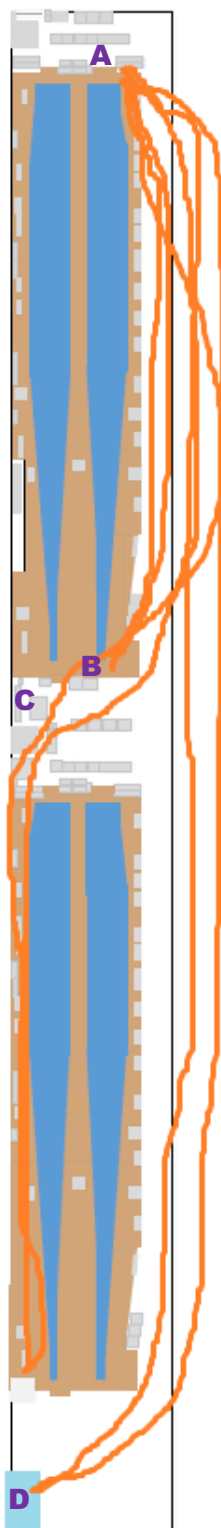
Sendo esta uma tarefa que maior desperdício causava durante o processo produtivo²², e também por ser uma tarefa de retrabalho, foi apresentada uma sugestão de melhoria. Esta tarefa implicava que o colaborador percorresse vários passos durante a execução da mesma, repetindo caminhos e levando demasiado tempo a atingir o seu objetivo. Para estudar esta tarefa de forma mais detalhada e precisa, acompanhou-se um colaborador durante a execução da mesma, registando todos os passos e tempos. Este registo foi efetuado na forma de um Diagrama de *Spaghetti*.

²¹As propostas de melhoria foram devidamente fundamentadas, redigidas e enviadas aos coordenadores do programa de Sugestão de Melhorias da ENEOP3. As mesmas foram colocadas em prática mediante aprovação e supervisão dos mesmos coordenadores.

²² Tarefa geradora unicamente de ENVA e NVA.

→ Situação Atual

Foi abordada a tarefa “Preparar Material de Infusão”, e retratada a situação atual (Diagrama de Spaghetti representado na figura 53). Para a contagem usou-se como referência a medida em passos, sendo que um passo equivale a 0,80m de distância.



Nesta situação, o colaborador chega ao posto de trabalho e é incumbido de realizar a tarefa. O colaborador inicia a tarefa, sem qualquer tipo de planejamento, efetuando os seguintes passos:

- Partindo do ponto A, dirige-se ao ponto B, para distribuir material;
- Regressa ao ponto A, e verifica que falta material;
- Dirige-se ao ponto C para recolher o material em falta;
- Ao chegar ao ponto C, lembra-se que necessita de material do ponto D;
- Dirige-se ao ponto D para recolher material;
- Dirige-se novamente ao ponto B, para depositar material;
- Volta ao ponto A, onde verifica que se esqueceu de confirmar se existia todo o material necessário. Verifica que ainda existe material em falta (que não se encontra no ponto C – *Kanban*) e dirige-se ao ponto E (armazém) para o solicitar;
- Retorna ao ponto A, agora com todo o material necessário.

Passos dados durante a execução da tarefa:

1269 passos ≈ 1015, 20 metros

NVA: 15min

ENVA: 60min

Lead Time ≈ 75 minutos

Melhorias sugeridas:

- Criar Lista de Verificação a ser utilizada na execução da tarefa, onde conste todo o material necessário;
- Colocar um segundo suporte para o rolo de meio de separação, na tip do Molde 1, à semelhança do Molde 2;
- Organização e abastecimento do *Kanban*. Garantir que o *Kanban* esteja sempre abastecido, em todos os turnos, com o material necessário à execução das tarefas a ser realizadas pelas equipas dos moldes principais.
- Redução do tempo de tarefa, através da eliminação da retificação das abraçadeiras dos kits de mangueiras de infusão. A equipa dos Pré-cortes, responsável pela elaboração dos kits, elimina esta necessidade, colocando devidamente as abraçadeiras, na fase de elaboração dos mesmos, evitando uma tarefa de retrabalho.
- Redução do tempo de tarefa, através da eliminação da retificação das abraçadeiras dos kits de mangueiras de infusão. A equipa dos Pré-cortes, responsável pela elaboração dos kits, elimina esta necessidade, colocando devidamente as abraçadeiras, na fase de elaboração dos mesmos, evitando uma tarefa de retrabalho.

Figura 53 - Diagrama de Spaghetti da tarefa de Preparação do Material de Infusão no estado atual.

→ Situação Melhorada



Após a implementação das melhorias acima mencionadas, retrata-se aquele que deveria ser o cenário de execução da mesma tarefa (figura 52).

O colaborador chega ao local de trabalho e é incumbido de realizar a tarefa. Antes de começar a tarefa, o colaborador certifica-se de que possui a lista de verificação da mesma, de forma a poder planejar os passos a dar:

- No ponto A, o colaborador verifica o material existente em stock, e regista todas as faltas na sua lista de verificação; prepara o material existente.
- Dirige-se ao ponto C, onde recolhe o material em falta;
- Dirige-se ao ponto D, onde recolhe o meio de separação;
- Dirige-se ao ponto B, onde deposita todo o material recolhido;
- Regressa ao ponto A, onde procura receber nova tarefa por parte do seu superior.

Passos dados durante a execução da tarefa:

248 passos ≈ 198,40 metros

NVA: 0min

ENVA: 20min

Lead Time ≈ 20 minutos

O colaborador passa a ter mais noção de poupança de passos e de tempo, tal como um melhor conhecimento da tarefa a desempenhar.

Lead Time ≈ 20 minutos

O colaborador passa a ter mais noção de poupança de passos e de tempo, tal como um melhor conhecimento da tarefa a desempenhar.

Figura 54- Diagrama de Spaghetti da tarefa de Preparação do Material de Infusão após implementação de melhoria.

→ Melhorias Alcançadas

Aplicando esta melhoria, e verificando os resultados na tabela 12, deu-se uma redução de tempo de execução da tarefa de 55 minutos, refletindo-se numa redução do Lead Time em 73,3%. Simultaneamente, reduziu-se o número de passos do colaborador, diminuindo o percurso percorrido de 1015,20 metros para 198,40 metros, o que refletiu numa redução de 80,5% da distância percorrida pelo colaborador. O NVA foi eliminado e o ENVA teve uma redução de 66,7%.

Em termos gerais, após a aplicação desta melhoria, o Lead Time do processo de construção teve uma redução de 6,9%, o NVA foi reduzido em 9,7% e o ENVA em 15,6%.

Tabela 12- Comparação de quantidade de desperdício antes e depois da implementação da melhoria.

Preparação Material Infusão	Situação Atual	Situação Melhorada	% de redução
Lead Time	75min	20min	73,3%
Distância	1015,20 metros	198,40 metros	80,5%
NVA	15min	0min	100%
ENVA	60min	20min	66,7%

Através desta análise, prova-se que a implementação destas mudanças na execução da tarefa em análise, se traduz numa melhoria significativa para o processo de fabricação em geral, refletida na redução de desperdício e aumento da eficiência. De acordo com a análise efetuada na secção 3.3.3.2, ao estado atual do processo, confirma-se que a duração desta tarefa era de 75 minutos. É também possível comparar os resultados obtidos, à previsão efetuada anteriormente na secção 3.3.3.3, e comprovar que, efetivamente, a aplicação das melhorias sugeridas obteve o impacto pretendido, contribuindo assim para a redução de desperdício.

3.3.5.2 Distribuir mangueiras de infusão

Após o estudo da situação atual do processo de construção, outra das tarefas que foi identificada como prioritária à redução de desperdício foi a de distribuição das mangueiras de infusão. Por ser uma tarefa cujo trabalho origina, na sua totalidade, ENVA, foi uma das tarefas alvo de melhoria.

Esta tarefa era uma das que mais confusão causava nos colaboradores. Para a execução de cada infusão, são necessárias várias mangueiras que permitem a injeção de resina no molde, que são utilizadas assim que esteja concluída a fase de construção de fibra, durante o processo de infusão.

A equipa dos pré-cortes envia conjuntos de mangueiras, previamente preparados, para a área dos moldes principais, onde estes são devidamente aparelhados e distribuídos (figura 55).

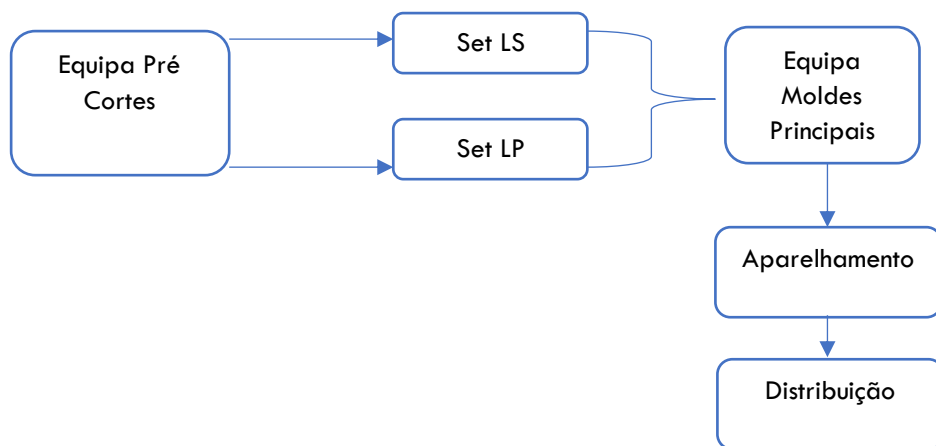


Figura 55- Diagrama de processo de caminho percorrido pelos sets de mangueiras de infusão, desde a sua criação até à sua utilização.

Estes conjuntos estão divididos em duas (na casca LS) ou três (na casca LP) partes, que o colaborador encarregue da tarefa de distribuição, tem de aparelhar num único sistema, e distribuir pelo molde, nos respetivos locais dos pontos de infusão, deixando-as prontas para utilizar, após a colocação dos plásticos de vácuo. Cada conjunto é composto por diferentes tipos de mangueiras, de diferentes espessuras, onde existem pontos de injeção de resina, pontos de recolha de resina, e pontos de aparelhamento. Por ser um sistema complexo, é importante que cada ponto seja posicionado no local correto do molde, e que o sistema seja devidamente aparelhado, de forma a estar pronto a utilizar, assim que é necessário dar início à infusão.

→ Situação Atual

Ao estudar a situação atual de execução desta tarefa verificou-se que, muitas vezes, os colaboradores demonstravam bastante dificuldade em unir este sistema de forma correta, levando a erros que eram muitas vezes detetados apenas na hora de colocar as mangueiras, após as mesmas estarem colocadas ou, por vezes, até mesmo após o início da injeção de resina. Estas situações eram causadoras de perdas de tempo ou defeitos, ou seja, desperdício. O colaborador demorava 15 minutos (*Lead Time*) a efetuar a totalidade da tarefa, sendo que perdia cerca de 10 minutos (NVA) a tentar perceber como unir o set, ou até mesmo a corrigir erros de má execução na união dos mesmos (ver fluxograma da figura 56), gerando tempos de desperdício desnecessário. Assim, ao acompanhar o colaborador na execução da tarefa, procurou-se determinar a causa desta confusão. A solução encontrada foi a criação de um sistema de etiquetagem que permitisse ao colaborador executar a tarefa sem dúvidas e de forma correta.

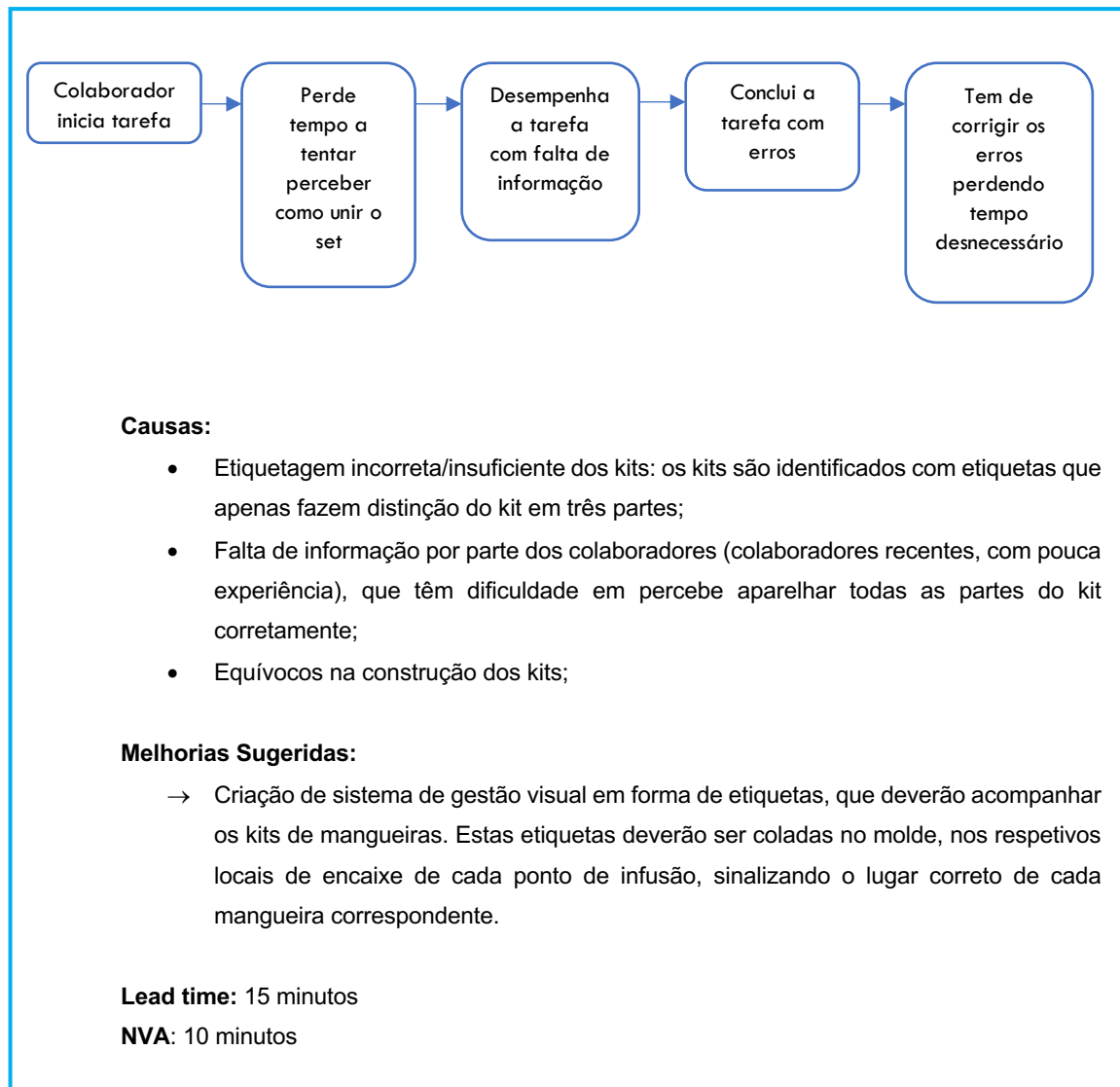


Figura 56- Diagrama explicativo da situação atual da tarefa de Distribuição de Mangueiras de infusão

→ Melhorias Alcançadas

Com base nas instruções de preparação dos conjuntos de mangueiras²³, foi pensado e desenhado um sistema de etiquetas que permitisse aos colaboradores fazer a distinção das várias mangueiras de infusão que constituem os conjuntos (ver figura 57). Estas etiquetas foram também colocadas nos moldes de construção, de forma a sinalizar os locais corretos onde as mangueiras devem ser distribuídas, de forma a evitar erros.

Esta identificação assenta num esquema de cores que ajuda o colaborador a identificar facilmente os pontos de injeção de resina, recolha de resina e aparelhamento.

Kits Mangueiras E-126 LS												
Pontos de Infusão (Identificados a verde)					Pontos ao Balde (Identificados a azul)				Emendas (identificadas a cor-de-rosa)			
Nº Etiqueta	Raio	Designação	Espessura	Notas	Nº Etiqueta	Designação	Espessura	Notas	Nº Etiqueta	Designação	Espessura	Notas
1	R4800	BA1a	16mm	Enfitar juntas	1	Balde Flange	16mm		1	1A	16mm	
2	R4800	BA1b	16mm		2	Balde Tip 1	16mm		2	1B	16mm	
3	R8500	BA2a	16mm		3	Balde tip 2	25mm		3	2A	16mm	
4	R8500	BA2b	16mm		4	Balde FL/Máq	25mm		4	2B	16mm	
5	R1300C	BA3	16mm		5	Balde Ar	16mm					
6	R1600C	BF4	16mm	enfitar juntas								
7	R1800C	BA5	16mm									
8	R2200C	BF6	16mm									
9	R2300C	BA7	16mm									
10	R2800C	BA8	16mm									
11	R2800C	BF9	16mm	enfitar juntas								
12	R1000C	BA10	25mm									
13	R1600C	BA11	25mm									
14	R2300C	BA12	25mm									
15	R3900C	BA13	25mm									
16	FL1	FL1 Reforço	25mm	enfitar juntas								
17	FL2	FL2 Preforma	25mm									
18	AR1	FL-AR1-BA	16mm	enfitar juntas								
19	AR2	FL-AR2-Bfa	16mm									
20	R1250C	FL-AR3-BF	16mm	L S-AR								

Figura 57- Esquema de etiquetagem de mangueiras

De acordo com os dados refletidos na tabela 13, apresentando uma redução de 66,7% no Lead Time, e a eliminação por completo do NVA desta tarefa, comprova-se que o sistema de gestão visual aplicado reflete melhorias na mesma. Ao utilizar este esquema, qualquer colaborador que seja incumbido da tarefa em análise poderá executá-la sem dificuldades e, acima de tudo, sem erros (ver figura 58). A aplicação deste sistema de controlo visual permitiu, tal como afirmado por Pinto (2009), apoiar o aumento de eficiência e eficácia das operações, tornando as coisas visíveis, lógicas e intuitivas, transformando as tarefas mais simples. Neste caso em específico, uma tarefa que se

²³ Por motivos de confidencialidade impostas pela empresa, estas instruções não podem ser divulgadas neste trabalho.

revelava confusa, e que por vezes necessitava de um colaborador que já a conhecesse, tornou-se simples e fácil de realizar, com a ajuda das etiquetas de sinalização.

Tabela 13- Comparação de quantidade de desperdício antes e depois da implementação da melhoria.

Distribuição de Mangueiras de Infusão	Situação Atual	Situação Melhorada	% de redução
Lead Time	15min	5min	66,7%
NVA	10min	eliminado	100%

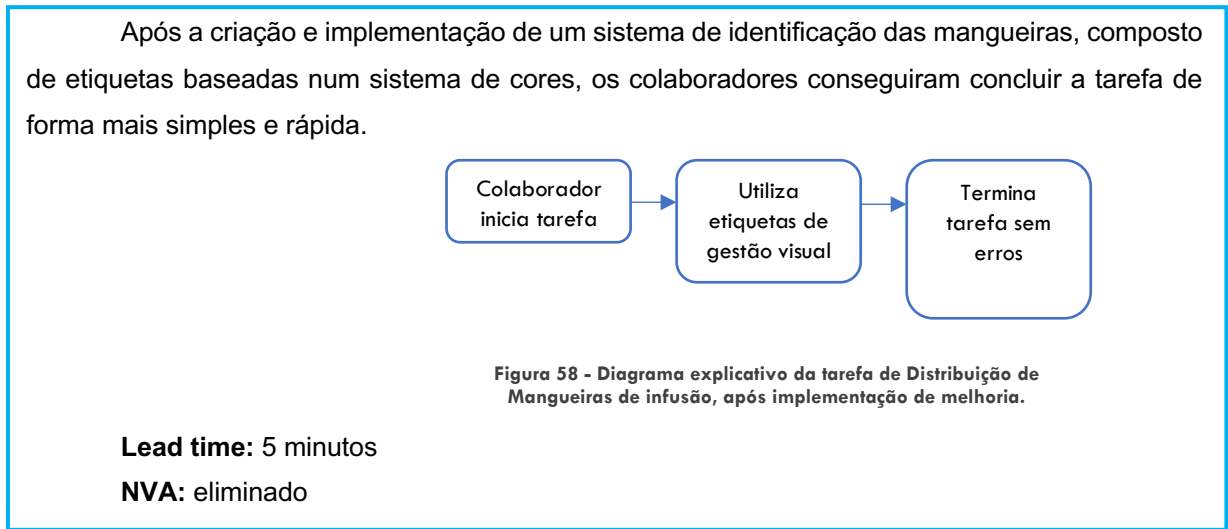


Figura 58 - Diagrama explicativo da tarefa de Distribuição de Mangueiras de infusão, após implementação de melhoria.

3.3.5.3 Melhorias Implementadas: Resultados

Pode ver-se ilustrado no gráfico abaixo (figura 59), nas barras representadas a verde e vermelho, uma comparação dos estados antes e depois , respetivamente, da implementação das melhorias sugeridas. São imediatamente perceptíveis as diferenças conseguidas após a implementação das melhorias *Lean*. O desperdício gerado nas tarefas de Preparação do Material de Infusão e na tarefa de Distribuição de Mangueiras de Infusão sofreu uma redução de cerca de dois terços, contribuindo assim para a redução do *Lead Time* geral do processo.

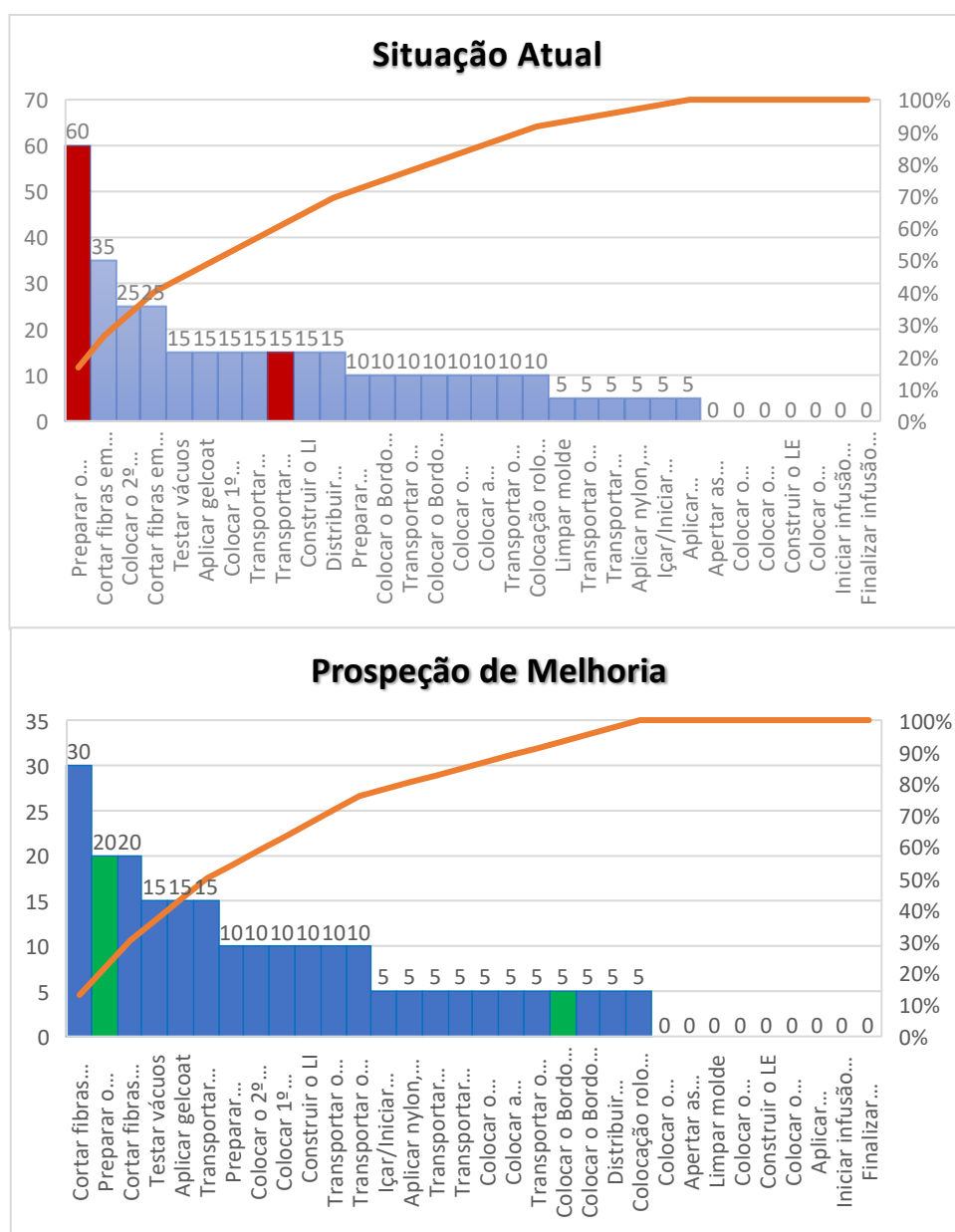


Figura 59- Representação detalhada dos resultados obtidos após implementação de melhorias Lean às tarefas de Preparação do Material de Infusão e Distribuição das Mangueiras de Infusão

4 Discussão de Resultados

Atualmente, os mercados são cada vez mais exigentes, e a necessidade de multiplicar esforços para fornecer ao consumidor produtos adaptados às suas necessidades é cada vez maior. A competitividade das empresas é cada vez maior e a diferenciação pela oferta de soluções cada vez mais personalizadas, que vão de encontro às necessidades do cliente, é de forma crescente, um fator imprescindível de destaque no mercado e de assegurar a entrega de produtos de qualidade. Assim, a melhoria contínua tem um papel chave no esforço das empresas, garantindo a satisfação do cliente, através da oferta da mais alta qualidade. No entanto, esta evolução traz desafios contínuos às empresas, que necessitam de acompanhar as tendências globais a nível de gestão da produção.

Embora tenha tido os seus primórdios entre as décadas de 50, o *Lean Thinking* revela-se como um sistema de gestão que está em constante evolução, desenvolvendo, até à atualidade, métodos constantes de aprimoramento do processo produtivo das empresas, em todas as suas áreas. Para que seja possível implementar todas estas melhorias *Lean*, as empresas necessitam de criar projetos que as auxiliem, estabelecendo as diretrizes necessárias para alcançar os objetivos desejados.

A empresa em estudo, a ENERCON, apesar de já ter uma forte presença internacional, e de já ter, na sua fábrica de Viana do Castelo, implantadas diversas metodologias *Lean*, aceitou o desafio da criação deste projeto, na busca de futuras possíveis melhorias em termos de redução de desperdícios, tentando encontrar resposta à problemática apresentada na introdução deste trabalho: *De que forma pode a implementação do modelo de gestão Lean contribuir para a melhoria do processo de fibra e infusão?*, apresentando as seguintes hipóteses de investigação:

- *H1: A implementação do modelo Lean torna o processo de fibra e infusão mais eficiente;*
- *H2: A implementação do modelo de gestão Lean ao processo de fibra e infusão melhora a produtividade;*

Após concluir este trabalho, é possível confirmar ambas as hipóteses.

Num primeiro momento, a análise aprofundada que foi efetuada ao processo produtivo, permitiu identificar a presença de diversos tipos de desperdícios, o que se revelou no VSM do estado atual do processo. Pode verificar-se, através das métricas *Lean*

analisadas (verificar síntese de resultados na tabela 14), que o processo não está a decorrer na sua plena capacidade, deixando espaço para muitas possíveis melhorias. Foram estudadas e acompanhadas todas as tarefas que estavam a gerar desperdícios (como tempos de espera, erros de produção, deslocações desnecessárias, etc.), e feita uma previsão de cada tarefa, eliminando todos os desperdícios possíveis. Este estudo permitiu prever o estado futuro do processo, assumindo o seu potencial, no caso de serem eliminados todos os desperdícios anteriormente identificados. Os resultados podem ser comparados na tabela abaixo, onde se pode perceber a melhoria potencial em termos de desperdícios: eliminação quase por completo do NVA e uma redução substancial do ENVA. Por sua vez, esta eliminação de desperdício refletiu-se na redução do *Lead time*. A métrica *Throughput* permitiu também entender que o processo, no estado futuro, permite concluir um maior número de produto acabado por turno, garantindo um melhor aproveitamento do tempo de produção. Em termos de eficiência, é possível verificar, através da métrica *Process Cycle Efficiency*, uma subida da eficiência do processo produtivo, do valor atual de 54%, para 71%. Na prática, o cálculo desta métrica, no estado futuro, sumariza todo o estudo de potencial do processo, confirmando todas as melhorias que este pode receber, de forma a maximizar a sua eficiência.

No que toca às duas sugestões de melhoria implementadas, foi possível comprovar, através de medição real, e acompanhamento das tarefas, que as ferramentas *Lean* e ferramentas da qualidade (lista de verificação, fornecimento utilização correta do *Kanban* e sistema de gestão visual), aplicadas às tarefas em análise, permitiram resultados ao nível da redução de custos, reduzindo o *Lead Time*.

Verificou-se, no ambiente fabril, que por vezes a tentativa de implementação de mudanças é um processo que pode ser demorado, e que sofre alguma resistência, por parte de alguns colaboradores. No entanto, estes reconheceram os benefícios da implementação da nova metodologia, após a confirmação das melhorias conseguidas. É imprescindível, como defendido pela filosofia *Lean Thinking*, que numa organização, todos os colaboradores façam parte do processo, sendo um esforço de todos, para todos.

Tabela 14- Tabela de comparação de resultados das medições dos estados do processo produtivo, no seu estado atual, e na previsão do estado futuro.

Métrica	Estado Atual	Estado futuro
Value Added	$VA_{LS} = 550$ $VA_{LP} = 585$	$VA_{LS} = 550$ $VA_{LP} = 585$
Non Vale Added	$NVA_{LS} = 155$ $NVA_{LP} = 130$	$NVA_{LS} = 0$ $NVA_{LP} = 10$
Essential Non Value Added	$ENVA_{LS} = 385$ $ENVA_{LP} = 360$	$ENVA_{LS} = 225$ $ENVA_{LP} = 230$
Lead Time	$LT_{LS} = 1090$ $LT_{LP} = 1075$	$LT_{LS} = 775$ $LT_{LP} = 825$
Cycle Time	$CT_{LP} = VA = 550$ $CT_{LP} = VA = 585$	$CT_{LP} = VA = 550$ $CT_{LP} = VA = 585$
Throughput	$Throughput_{LS} = \frac{WIP}{LT} = \frac{1}{1090}$ $= 0,000917431$ $Throughput_{LP} = \frac{WIP}{LT} = \frac{1}{1075}$ $= 0,000930233$	$Throughput_{LS} = \frac{WIP}{LT} = \frac{1}{775}$ $= 0,001290323$ $Throughput_{LP} = \frac{WIP}{LT} = \frac{1}{825}$ $= 0,001212121$
Process Cycle Efficiency	$PCE_{LS} = \frac{VAT}{LT} = \frac{550}{1090}$ $= 0,504587156$ $PCE_{LP} = \frac{VAT}{LT} = \frac{585}{1075}$ $= 0,544186047$	$PCE_{LS} = \frac{VAT}{LT} = \frac{550}{775}$ $= 0,709677419$ $PCE_{LP} = \frac{VAT}{LT} = \frac{585}{825}$ $= 0,709090909$

5 Conclusões

Por se encontrar a atravessar uma fase de mudança, não foi possível implementar na fábrica outras melhorias que foram sugeridas, o que foi mencionado inicialmente, na secção de riscos e constrangimentos do *Project Charter*. No entanto ressalta-se a existência da continuidade de implementação da metodologia *Lean* nesta unidade fabril, existindo ainda diversas oportunidades de eliminação de desperdício. No entanto, reconhece-se que esta evolução deve ser gradual, sugerindo-se a adaptação constante às necessidades de todas as partes interessadas.

6 Referências Bibliográficas

- Albertin, M. R. e Pontes, H. L. J. (2016). *Gestão de Processos e Técnicas de Produção Enxuta*. Curitiba. Intersaberes.
- Alves, M. R. e Barbosa, C. (2016). *Série Ferramentas e Modelos da Qualidade: Métodos Gráficos Úteis na Análise de Dados*. Cadernos de Ciência e Tecnologia Alimentar, 1 (1), 1-46.
- Amaral, B. (2019). *Como criar um fluxograma em 5 passos*. SmlBlog, obtido de <https://blog.smlbrasil.com.br/5-passos-para-criacao-de-um-fluxograma/>, última vez visitado em 1 de novembro de 2019.
- Autor Desconhecido (2014). *Diagrama de Ishikawa*. Obtido de <https://gestaodalogistica.wordpress.com/2012/10/21/diagrama-de-ishikawa/>, última vez visitado em 1 de novembro de 2019.
- Ballé, M. (2015). *TPS or The Toyota Way*, Lean Enterprise Institute. Obtido de <https://www.lean.org/LeanPost/Posting.cfm?LeanPostId=514>, última vez visitado em 2 de fevereiro de 2020.
- César, F. (2011). *Ferramentas Básicas da Qualidade*. Biblioteca 24 Horas. 25-27, obtido de Livros Google: <https://books.google.pt/books?id=CniEMu69GTgC>. Última vez visitado em 3 de janeiro de 2020.
- Chase, R., Aquilano, N. & Jacobs, F. (2001). *Operations management for competitive advantage*. Boston: McGraw-Hill Irwin.
- Davenport, T. H. (1993) *Need radical innovation and continuous improvement? Integrate process reengineering and TQM*. Planning Review, 21(3), 6–12.
- Dias, J. (2005). *Logística global e macrologística*. Lisboa, Edições Sílabo.
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. Florida: St. Lucie Press.
- Filho, M. F. (2014). *Treinamento: construção de diagrama SIPOC e FMEA de processos*. Advance Consultoria. Obtido de

<http://www.advanceconsultoria.com/?p=5357>. Última vez visitado em 5 de fevereiro de 2020.

- Firake, S. T & Inamdar, K. H. (2014). *Productivity Improvement of Automotive Assembly Line Through Line Balancing*. International Journal of Technical Research and Applications 2 (3), 124,128. Obtido de: www.ijtra.com. Última vez visitado em junho de 2019.
- Freitas, E. B., (2016), *Algumas Métricas Lean*, Blog Engenharia da Produção. Obtido de <http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com/2016/07/algumas-metricas-lean.html>. Última vez visitado em 17 de setembro de 2019.
- George, M. (2005). *The lean Six Sigma pocket toolbox: a quick reference guide to nearly 100 tools for improving process quality, speed, and complexity*. New York London: McGraw-Hill.
- Gil, J. (2017). *Ferramentas da Qualidade*. Obtido de <https://slideplayer.com.br/slide/10767434/>. Última vez visitado em 3 de outubro de 2019.
- Gitlow, H., Oppenheim, A. & Oppenheim, R. (1995). *Quality Management: Tools and Methods for Improvement*. Chicago: Irwin.
- Hall, R. (1983). *Zero inventories*. Homewood, Ill: Dow Jones-Irwin.
- Hermes (2018). *Gráfico de Gantt no Excel: 2 maneiras de criá-lo facilmente*. Obtido de <https://exceleasy.com.br/grafico-de-gantt-no-excel/>. Última vez visitado em 1 de fevereiro de 2020.
- Imai, M. (1986). *Kaizen (Kizen), the key to Japan's competitive success*. New York: Random House Business Division.
- Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control: The Japanese Way*. London: Prentice-Hall.
- Júnior, A. (2016). *Mura: Como eliminar a inconsistência e irregularidade na produção*. JBernardes Consultoria. Obtido de

http://jaimegilbernardes.blogspot.com/2016/07/mura-como-eliminar-inconsistencia-e_1.html. Última vez visitado em 5 de dezembro do 2019.

- Leite, C. (2019). *Aplique o 5S e aumente a eficiência do seu ambiente de trabalho*. ArtSoft Sistemas. Obtido de <https://www.artsoftsistemas.com.br/blog/aplique-o-5s-e-aumentae-a-eficiencia-do-seu-ambiente-de-trabalho/>. Última vez visitado em abril de 2019.
- Liker, J. & Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook: a practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. New York: McGraw-Hill.
- Liker, J. (2004), *The Toyota Way – 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, New York: McGraw-Hill.
- Lins, E. (1993). *Ferramentas básicas da Qualidade*. Ciências da Informação, 22(2), 153-161.
- Marchwinski, C. & Shook, J. (2014). *Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*. Brookline, Mass: Lean Enterprise Institute.
- Marcondes, J. S. (2016). *Diagrama ou Gráfico de Pareto: Ferramenta da Qualidade*. Blog Gestão de Segurança Privada. Obtido de <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/diagrama-ou-grafico-de-pareto-conceito/>. Última vez visitado em 20 de Janeiro de 2019.
- Marcondes, J. S. (2016). *Histograma de frequência: o que é? Conceito, Como fazer, Exemplo*. Blog Gestão de Segurança Privada, obtido de <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/histograma-de-frequencia-conceito/>. Última vez visitado em 4 de Março de 2019.
- Martins, T. (2019). *Manufatura “puxada” (“Pull system”) ou “empurrada” (“Push system”)?*. Obtido de <https://www.linkedin.com/pulse/manufatura-puxada-pull-system-ou-empurrada-push-t%C3%BAlio-martins/>. Última vez visitado em 3 de janeiro de 2020.
- Mitchell, B. (1992) *The Six Sigma appeal*. Engineering Management Journal, 2(1), 41-47.

- Neto, M. R. (2014). *Matriz RACI: entenda o que é e como usar*. VEC. Obtido de <http://valorecompetencia.com.br/gestao-de-operacoes/matriz-raci-entenda-o-que-e-e-como-usar>. Última vez visitado em 3 de setembro de 2019.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Cambridge, Mass: Productivity Press.
- Palhares, M. A. (2014). *Análise e melhoria do processo produtivo do Pólo II da Mercatus: uma abordagem Lean*. Projeto de Mestrado, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro.
- Pessoa, G. A. (2010). *Notas de Aula PDCA e Seis Sigma: metodologia e ferramentas da qualidade*. FAMA, São Luís.
- Pinto, J. (2009). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel, Edições Técnicas, Lda.
- Pinto, J. (2010). *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*. Lisboa: Lidel, Edições Técnicas, Lda.
- Pinto, J. (2013). *Manutenção Lean: Hoje, manter a mesma velocidade é o suficiente para perder terreno para a concorrência....* Lisboa: Lidel, Edições Técnicas, Lda
- Porter, M. (1985). *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. New York London: Free Press Collier Macmillan.
- Pyzdek, T. (2003). *Six sigma project planner : a step-by-step guide to leading a six sigma project through DMAIC*. New Delhi: Tata McGraw Hill.
- Pyzdek, T. and Keller, P.A. (2010) *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. 3rd Edition, McGraw-Hill, New York.
- Rezende, F. (2015). *O Modelo da Cadeia de Valor de Michael Porter*. Gestão por Processos e Projetos. Obtido de <http://www.gestaoporprocessos.com.br/o-modelo-de-cadeia-de-valor-de-michael-porter/>, última vez visitado em 15 de novembro de 2019.

- Rosilane, L. (2005). Ferramentas da Qualidade. Obtido de <https://pt.slideshare.net/rosilane32aula-qualidade-3>. Última vez visitado em 3 de fevereiro de 2019.
- Rother, M. & Shook, J. (1998). *Learning to see : value stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute.
- Santos, R. & Rebelo, M. (1990). A Qualidade: técnicas e ferramentas. Porto, Porto Editora.
- Shingo, S. & Dillon, A. (1989). *A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint*. Cambridge, Mass Productivity Press.
- Silveira, C. B. (2014). *Muda, Mura e Muri: O modelo 3M do sistema Toyota de Produção*. Citisystems, obtido de <https://www.citisystems.com.br/muda-mura-muri/>. Última vez visitado em 3 de janeiro de 2020.
- Suarez, G. A. (2018). *VSM no combate ao desperdício por NORTEGUBISIAN*. Quality Way, obtido de <https://qualityway.wordpress.com/2018/06/23/vsm-no-combate-ao-desperdicio-por-nortegubisian/>. Última vez visitado em 5 de janeiro de 2020.
- Suzaki, K. (1987). *The new manufacturing challenge: techniques for continuous improvement*. New York London: Free Press Collier Macmillan Publishers.
- Womack, J. & Jones, D. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York, NY: Simon & Schuster.
- Womack, J., Jones, D. & Roos, D. (1991). *The machine that changed the world: how Japan's secret weapon in the global auto wars will revolutionize western industry*. New York, NY: HarperPerennial.

7 Bibliografia

Por se considerar igualmente importante para o caso de estudo, apresenta-se abaixo uma lista de outras obras e literatura consultadas durante o desenvolvimento do presente trabalho:

- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E. & Sanctis, I. D. (2016). *Lean practices implementation and their relationships with operational responsiveness and company performance: an Italian study*. International Journal of Production Research, 55 (3), 769-794. DOI: 10.1080/00207543.2016.1211346.
- Browning, T. R. & Sanders, N. R. (2012). *Can Innovation Be Lean* . California Management Review, 54, (4) University of California. Obtido de <https://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=3c3460fb-1612-44af-94db-c5217d4c0674%40pdc-v-sessmgr06>, ultima vez visitado em 3 de Novembro de 2019.
- Byrne, A. (2019), *Ask Art: Why is Takt Time So Important in a Lean Turnaround*. Lean Enterprise Institute. Obtido de <https://www.lean.org/LeanPost/Posting.cfm?LeanPostId=1096>, última vez visitado em 20 de janeiro de 2020.
- Calazans, L. B. B. e Silva, G. (2016) *Inovação de processo: uma análise em empresas com práticas sustentáveis*. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS, 5 (2), 115-129. DOI: 10.5585/geas.v5i2.395.
- Carvalho, P. S. e Rosa, L. C. (2017) *Uso de Ferramentas da Qualidade na Correção de não Conformidade em uma Metalúrgica*. Revista FSA, 15 (1), 172-186. DOI: 10.12819/2018.15.1.10.
- Costa R.S. e Jardim E.G.M. (2010) Os cinco passos do Pensamento Enxuto. Obtido de: <http://www.trilhaprojetos.com.br>. Última vez visitado em 10 de outubro de 2019.
- Filipe, J., da Silva & Marques, P. (2015). Utilização de Ferramentas da Qualidade num Sistema Operacional numa Empresa. Tese de Mestrado, Escola de Engenharia.

- Ishikawa, K. (1990). Introduction to quality control. Tokyo: 3A Corp.
- Junkherr, L. L. & Spies, R. F., (2016) *Metodologia Lean e a simplificação dos processos industriais*. Faculdade Dom Alberto, de Santa Cruz do Sul.
- Kämpf, T. (2018) *Lean and White-Collar Work: Towards New Forms of Industrialisation of Knowledge Work and Office Jobs*. TripleC, 16(2), 901-918. Obtido de: www.isf-muenchen.de. Última vez visitado em 5 de outubro de 2019.
- Larissa, A., Prisco, M., e José, P. & de Toledo, C. (2000). *Lean Thinking e Lean Manufacturing*. GEPEQ – Grupo de Estudo e Pesquisa em Qualidade, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos.
- Lopes, J. F. G. (2015). *Aplicação de princípios Lean thinking numa empresa do setor automóvel: a importância dos KPI*. Tese de Mestrado, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro.
- Luiz, A. M. A. P., Salgado, E. G e Hikich, S. E. (2016) *Estudo de caso: Avaliação da importância dos indicadores de desempenho, da comunicação e das ferramentas da qualidade em uma empresa biotecnológica*. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, 14, (2), 127-141. Obtido de <https://dialnet.unirioja.es>. Última vez visitado em 17 de fevereiro de 2019.
- Maia, L. C., Alves, A. C. & Leão, C. P. (2011). *Metodologias para implementar Lean Production: uma revisão crítica de literatura*. Artigo apresentado na Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas. Obtido de https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/18874/1/CLME2011LM_A_A_CL.pdf. Última vez visitado em 23 de novembro de 2019.
- Martins, A. R. C. (2013). *Implementação de um projeto Lean Management numa empresa de serviços de água*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra.
- Mostafa, S., Lee, S. H., Dumrak, J., Chileshe, N. & Soltan, H. (2015). *Lean thinking for a maintenance process*. Production & Manufacturing Research, 3 (1), 236-272. DOI: 10.1080/21693277.2015.1074124.

- Oehmen, J. & Rebentisch, E. (2010). *Waste in Lean Product Development*. Lean Advancement Initiative Paper Series: “Lean Product Development for Practitioners”, Massachusetts Institute of Technology.
- Oláh, J., Szolnok, A., Nagy, G., Lengyel, P. & Popp, J. (2017). *The Impact of Lean Thinking on Workforce Motivation: A Success Factor at LEGO Manufacturing Ltd.* Journal of Competitiveness, 9 (2), 93--109. DOI: 10.7441/joc.2017.02.07.
- Pakdil, F. & Leonard, K. M. (2016). *Implementing and sustaining lean processes: the dilemma of societal culture effects*. International Journal of Production Research, 55 (3), 700-717. DOI: 10.1080/00207543.2016.1200761.
- Paoli, M. F., Lucato, W. C e Santos, J. C. S. (2016) *Implantação da manufatura enxuta e a cultura organizacional: estudo de múltiplos casos*. Exacta, 14 (1), 47-69. DOI: 10.5585/ExactaEP.v14n1.6125
- Paredes-Rodriguez, A. M. (2017). *Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio*. Entramado, 13 (1), 262-277. DOI: 10.18041/entramado.2017v13n1.25103.
- Peinado, J. & Graeml, A. R. (2014). *A prática da gestão de operações nas organizações*. Revista de Administração de Empresas, 54(5), 483-495. Obtido de <https://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=97750318&S=R&D=a9h&EbscoContent=dGJyMNLe80Sep7M4zOX0OLCmr1Cep7BSr624SbKWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzprkiuqLdluePfgeyx43zx>. Última vez visitado em 19 de dezembro de 2019.
- Pereira, R. (2010). *How to Calculate Process Cycle Efficiency*. Gemba Academy. Obtido de <https://blog.gembaacademy.com/2010/04/15/how-to-calculate-process-cycle-efficiency/>. Última vez visitado em 18 de Outubro de 2019.
- Rad, P. & Levin, G. (2002). *The Advanced Project Management Office*. Boca Raton: CRC Press. DOI: 10.1201/9781420000375
- Silva, I. B., Miyake, D. I., Batocchio, A. & Agostinho, O. L. (2011). *Integrando a promoção das metodologias and Lean Manufacturing and e Six and Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças*.

Gestão de Produção, São Carlos, 18 (4), 687-704.

- Simboli, A., Taddeo, R. & Morgante, A. (2014). *Value and Wastes in Manufacturing. An Overview and a New Perspective Based on Eco-Efficiency*. Administrative Sciences, 4 (3), 173-191. DOI: 10.3390/admsci4030173.
- Sugai, M., McIntosh, R. I. & Novask, O. (2007). *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso*. Gest. Prod., 14 (2), 323 - 335.
- Vasconcellos, A. L. C e Lucas, S. F. (2012). *Gestão pela qualidade: dos primórdios aos modelos de excelência em gestão*. Artigo apresentado no VIII Congresso Nacional De Excelência Em Gestão, Rio de Janeiro.
- Vitor, P. (2010), *Cálculo do Lead Time em User Stories*. Info Q: Disseminando Conhecimento e Inovação em Desenvolvimento de Software Corporativo. Obtido de <https://www.infoq.com/br/articles/lead-time-user-stories/>. Última vez visitado em 27 de novembro de 2019.