



Catarina Sofia Teixeira Espada

Normalização de um Processo Produtivo Numa Cadeia Com Fluxo Não Balanceado: Caso Equipar

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica
na Especialidade de Produção e Projeto

Julho/2018



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Normalização de um Processo Produtivo Numa Cadeia Com Fluxo Não Balanceado: Caso Equipar

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto

Normalization of a Productive Process in a Chain with Unbalanced Flow: Equipar Case

Autor

Catarina Sofia Teixeira Espada

Orientadores

**Professor Doutor Cristóvão Silva, Professor auxiliar com
agregação, Faculdade de Ciências e Tecnologias da
Universidade de Coimbra**

Eng. Rui Dias, Diretor de Operações, Amorim & Irmãos

Júri

Presidente	Professora Doutora Ana Paula Amaro Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogal	Professor Doutor Luís Miguel Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Corticeira Amorim

Coimbra, Julho, 2018

"Não é por as coisas serem difíceis que não temos ousadia. É por não termos ousadia que as coisas são difíceis."

Américo Amorim

Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado contou com o apoio de diversas pessoas, às quais estarei eternamente grata:

- Ao Engenheiro Rui Dias, Diretor de Operações da Corticeira Amorim, pelo desafio que me lançou e por me ter inserido tão bem no mundo industrial. Agradeço ainda toda a orientação, todo o saber que me transmitiu, todas as opiniões e críticas construtivas que me permitiram fazer mais e melhor. Espero que continue a inspirar mais jovens como tem feito;

- Ao Professor Cristóvão Silva, por toda a ajuda, disponibilidade e interesse demonstrados;

- A toda a equipa que compõe a Unidade Industrial Equipar, por me ter integrado tão bem nesta “família”;

- À Engenheira Maria, por todo o acompanhamento e ideias;

- A toda a equipa da TT, em especial aos operadores da Lavação, por todas as sugestões, incentivos e apoio;

- À Isilda Gagueja por todas as boas conversas e por todo o carinho;

- Ao Nélio Pedro, pela paciência e por ter respondido a todas as perguntas que lhe fazia constantemente;

- Ao Eng. Rui Leite, Eng. Christophe Freitas e ao Eng. Victor Hugo por todos os momentos de boa disposição e energia positiva que me proporcionaram.

Não poderia deixar de agradecer aos meus colegas estagiários, com quem partilhei tantos momentos. Obrigada pela camaradagem, boa disposição, amizade e ajuda, levo grandes memórias vossas!

A todos os meus amigos e colegas de faculdade, que estão comigo desde sempre e que sempre me apoiaram.

Ao Bruno, pela compreensão, companheirismo e permanente incentivo com que sempre me acompanhou. Obrigada pela paciência e por estares sempre lá para mim.

Por último dirijo um agradecimento aos meus pais e irmão, mas em especial à minha mãe, por ser desde sempre um modelo de coragem e força, por todos os bons valores que me transmitiu, pelo apoio incondicional no desenvolvimento deste trabalho, por toda a paciência e por ser a minha melhor amiga. A ela dedico este trabalho!

Resumo

A cortiça é uma das grandes imagens de marca de Portugal. Não só pelas suas características únicas, mas também pela importância do setor industrial que suporta, o qual representa um significativo impacto comercial e financeiro na economia do nosso país.

A maioria da cortiça produzida no nosso país é utilizada no fabrico de rolhas que continuam a ser a principal opção dos vinicultores que se preocupam com a qualidade do seu produto. Uma das maiores empresas que continua a apostar na produção e na qualidade das rolhas é a Corticeira Amorim que, neste setor, ocupa o lugar de líder mundial. Foi precisamente esta unidade industrial que serviu de caso de estudo para esta dissertação, por ser um exemplo de investimento constante na melhoria contínua, na inovação e na investigação quer ao nível da melhoria dos processos de produção como na descoberta de novas aplicabilidades desta matéria-prima.

O mercado de rolhas de cortiça tem sido alvo de um aumento exponencial, ao mesmo tempo que também é alvo de uma maior exigência por parte dos atuais clientes, o que cria a necessidade de apostar no melhoramento dos processos produtivos, para que possam dar resposta às necessidades do mercado e garantam a qualidade exigida. É no seguimento deste aumento de procura que surge a necessidade de melhorar as etapas de produção das rolhas TwinTop, produzidas na Unidade Industrial Equipar.

Atualmente a metodologia que apresenta melhor desempenho em termos práticos é o modelo híbrido TLS que assume aspetos da Teoria das Restrições, do *Lean* e do Seis Sigma.

Após um exaustivo estudo bibliográfico, foi concebido um modelo TLS composto por 5 fases que assentam: na análise e identificação do processo restritivo; na exploração da restrição através das ferramentas *Lean* e Seis Sigma; na subordinação do sistema à restrição; na elevação da restrição, caso necessário; na avaliação da restrição. Caso a restrição esteja resolvida, o ciclo fecha e retoma-se o primeiro passo. Por fim, passou-se à implementação do modelo mencionado, através do qual se aplicaram dois ciclos de melhoria contínua, que identificaram a Extrusão e o “TCA” como as restrições.

Palavras-chave: TLS, *Lean*, Teoria das Restrições, Seis Sigma, Fabricação de Rolhas de Cortiça

Abstract

Cork is one of the great brand images of Portugal. Not only for its unique characteristics, but also for the importance of the industrial sector it supports, which represents a significant commercial and financial impact on the economy of our country.

Most of the cork produced in our country is used in the manufacture of stoppers which remain the main choice of winemakers who care about the quality of their product. One of the biggest companies that continues to focus on the production and quality of stoppers is Corticeira Amorim, which in this sector occupies the position of world leader. It was precisely this industrial unit that served as a case study for this dissertation, being an example of constant investment in continuous improvement, innovation and research both in terms of improving production processes and in the discovery of new applications of this raw material.

The cork stopper market has been subject to an exponential increase, while at the same time it is subject to a greater demand from the current customers, which creates the need to bet on the improvement of production processes, so that they can respond to needs and ensure the required quality. Following this increase in demand, there is a need to improve the production stages of the TwinTop stoppers produced at the Equipar Industrial Unit.

Currently the methodology that presents the best performance in practical terms is the hybrid model TLS that assumes aspects of the Theory of Constraints, Lean and Six Sigma.

After an exhaustive bibliographic study, a TLS model was conceived consisting of 5 phases that are based: on the analysis and identification of the restrictive process; in exploring the constraint using the Lean and Six Sigma tools; in the subordination of the system to the restriction; in raising the restriction, if necessary; in the evaluation of the restriction. If the constraint is resolved, the cycle closes and the first step is resumed. Finally, the implementation of the mentioned model was started, through which two cycles of continuous improvement were applied, which identified the Extrusion and the "TCA" as the constraints.

Keywords TLS, *Lean*, Theory Of Constraints, Six Sigma, Manufacture of Cork Stoppers

Índice

Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	viii
Siglas	ix
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Contextualização do problema.....	11
1.2. Enquadramento e motivação.....	12
1.3. Objetivos da dissertação	12
1.4. Estrutura da Dissertação	13
2. CASO DE ESTUDO	15
2.1. Caracterização da Corticeira Amorim	15
2.2. Caracterização da Unidade Industrial Equipar	18
2.3. Caracterização do processo de fabrico.....	19
2.3.1. Etapas e Descrição dos Processos	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
3.1. Sistemas de Melhoria Contínua	27
3.1.1. Sistema <i>Lean</i>	27
3.1.1.1. Principais Ferramentas <i>Lean</i>	30
3.1.2. Sistema TOC.....	33
3.1.2.1. O DBR como ferramenta.....	37
3.1.2.2. Outras ferramentas da TOC.....	39
3.1.3. Sistema Seis Sigma.....	40
3.1.3.1. Ferramentas do Seis Sigma	43
3.1.4. Sistema Integrado Teoria das Restrições, <i>Lean</i> e Seis Sigma (TLS)	45
4. PROPOSTA DE UM MODELO TLS	49
5. PRIMEIRO CICLO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO TLS PROPOSTO.....	53
5.1. Caracterização do sistema e identificação da restrição.....	53
5.1.1. Capacidade dos setores.....	53
5.1.2. Caracterização do estado atual: <i>Value Stream Mapping</i> (VSM).....	59
5.1.3. Simulação em Simul8.....	65
5.1.4. Identificação da Restrição	69
5.2. Explorar a restrição	69
5.3. Subordinar o sistema à restrição	70
5.4. Elevar a restrição ao sistema.....	70
6. SEGUNDO CICLO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO TLS PROPOSTO.....	73
6.1. Identificação da restrição	73
6.2. Explorar a restrição	75
6.2.1. Identificação de desperdícios e métodos de trabalho pouco produtivos	75
6.2.2. Identificação de variabilidade no processo.....	78

6.2.3. Atuar sobre a restrição	81
6.3. Subordinar o sistema à restrição	86
6.4. Outras sugestões de melhoria.....	87
7. CONCLUSÃO.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXO AI- Medições da capacidade da Extrusão	94
ANEXO AII- Medições da capacidade da Colagem	94
ANEXO AIII- Medições da capacidade da Retificação	95
ANEXO AIV- Medições da capacidade da Escolha Eletrónica.....	95
ANEXO B- VSM: <i>Current State</i> do Sistema relativo aos meses de janeiro, fevereiro e março de 2018	97
ANEXO C- Simulação em Simul8: Primeiro Ciclo de Implementação.....	98
ANEXO D- Simulação em Simul8: SegundoCiclo de Implementação	99
ANEXO E- Proposta de Melhoria	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- Presença Mundial da Corticeira Amorim [Adaptado (Amorim, 2017)].....	15
Figura 2.2- Vendas por área de negócio [Adaptado (Amorim, 2017)].....	16
Figura 2.3- Rolha Natural.....	18
Figura 2.4- Rolha Acquamark.....	18
Figura 2.5- Rolha Helix.....	18
Figura 2.6- Rolha Top Series.....	18
Figura 2.7- Rolha Spark.....	18
Figura 2.8- Rolha Twin Top.....	18
Figura 2.9- Rolha Aglomerada.....	18
Figura 2.10- Rolha NeutroCork.....	18
Figura 2.11- Rolha Advantec Color.....	18
Figura 2.12- Rolha TT.....	20
Figura 2.13- Rolha "0+1".....	20
Figura 2.14- Rolha "0+2".....	20
Figura 2.15- Legenda dos símbolos presentes no fluxograma.....	21
Figura 2.16- Processo produtivo da secção TT.....	22
Figura 3.1- Casa TPS.....	28
Figura 3.2- Os cinco princípios <i>Lean</i>	29
Figura 3.3- Passos para criação de um VSM.....	31
Figura 3.4- Tipos de Restrições.....	34
Figura 3.5- Modelo dos cinco passos de foco de Goldratt.....	35
Figura 3.6- Três Questões Básicas da TOC.....	36
Figura 3.7- <i>Drum-Buffer-Rope</i>	38
Figura 3.8- Redução da variabilidade do processo.....	41
Figura 3.9- Ciclo DMAIC.....	42
Figura 3.10- Exemplo de um Diagrama Pareto.....	43
Figura 3.11- Exemplo de um Diagrama Ishikawa.....	44
Figura 3.12- Exemplo de uma Carta de Controlo.....	45
Figura 4.1- Modelo TLS proposto.....	49
Figura 5.1- Modelo de simulação do sistema em estudo.....	66

Figura 5.2- Gráfico da evolução da produção de corpos na Extrusão.	72
Figura 6.1- Tempo de espera de aprovações de TCA.....	74
Figura 6.2- Supermercado da Lavação.	76
Figura 6.3- Quadro de Ordens de Produção.	77
Figura 6.4- <i>Kanban</i>	77
Figura 6.5- Evolução do número de resultados devolvidos à produção.....	79
Figura 6.6- Cestos de Metal.....	80
Figura 6.7- Paloxes	80
Figura 6.8- Quadro Identificador de paloxes.....	81
Figura 6.9- Identificação de paloxes na Lavação.	81
Figura 6.10- Reformulação do Quadro da Produção da Lavação.....	82
Figura 6.11- Placas identificadoras.	83
Figura 6.12- Código de cores.	83
Figura 6.13- Proposta de organização das máquinas da Retificação.....	83
Figura 6.14- Excesso de <i>stock</i> no supermercado	86
Figura 6.15- Falta de organização dos paloxes.....	86
Figura 6.16- Proposta de disposição do supermercado e criação de um <i>Buffer</i>	86

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1- As três questões básicas e as suas Ferramentas.....	40
Tabela 3.2- Descrição das fases do ciclo DMAIC.....	42
Tabela 3.3- Comparação entre os três modelos clássicos.....	45
Tabela 3.4- Forças, Fraquezas e Complementaridade dos três modelos clássicos.....	47
Tabela 5.1- Capacidade Teórica Média das Linhas da Extrusão.....	54
Tabela 5.2- Capacidades Teórica Média das Máquinas da Colagem.....	55
Tabela 5.3- Capacidade Teórica Média das Máquinas da Retificação.....	56
Tabela 5.4- Cálculo da média dos tempos de lavação de cada programa.	57
Tabela 5.5- Capacidade horária média para cada tipo de lavação.....	57
Tabela 5.6- Capacidade Teórica Média das máquinas da Escolha Eletrónica.	57
Tabela 5.7- Capacidade Teórica das máquinas de embalar.....	58
Tabela 5.8- Resumo de Capacidades Teóricas de Todos os Processos.	59
Tabela 5.9- Tempos de Ciclos Teóricos em cada Processo.....	60
Tabela 5.10- Horas de trabalho efetivo durante 1 de janeiro e 31 de março.	61
Tabela 5.11- Quantidade processada em milhares de rolhas durante os meses de janeiro e março.	62
Tabela 5.12- Tempos de Ciclo Atuais.	63
Tabela 5.13- Eficiências de cada processo.	64
Tabela 5.14- <i>Lead Time</i> médio entre processos.	64
Tabela 5.15- Distribuições estatísticas dos processos.	67
Tabela 5.16- Comparação do <i>output</i> do Modelo de Simulação com o <i>output</i> do Sistema Real.....	68
Tabela 5.17- Taxa de ocupação de cada setor/máquina.	68
Tabela 5.18- Taxa de ocupação de cada setor/máquina após elevar a restrição.....	71
Tabela 6.1- Novo <i>Lead Time</i> médio entre processos.....	75
Tabela 6.2- Recolha de amostras de TCA.	84
Tabela 6.3- Entrega de resultados à produção.....	85

SIGLAS

CCR	Capacity- Constrained Resource
CRD	Conflict Resolution Diagnostic
CRT	Current Reality Tree
DBR	Drum-Buffer-Rope
DES	Discrete event Simulation
DFSS	Design For Six Sigma
DMADV	Define-Measure-Analyze-Design-Verify
DMAIC	Define-Measure-Analyze-Improve-Control
EE	Escolha Eletrónica
FIFO	First In First Out
FIT	First Time Through
FRT	Future Reality Tree
JIT	Just-in-time
MÊS	Manufacturing Execution System
MIT	Massachusetts Institute of Technology
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PNC	Produto Não Conforme
PRT	Pre- Requisite Tree
RA	Rolha Aglomerada
RCT	Rolha Champagne Técnica
RN	Rolha NeutroCork
ROSA	Rate Optimal Steam Application
SW	Standard Work
TCA	Tricloroanisol
TLS	TOC, Lean, Seis Sigma
TOC	Theory of Constraints
TP	Thinking Process
TPS	Toyota Production System
TT	Twin Top
U.I	Unidade Industrial
UIC	Ultimate Improvement Cycle
USA	United States of America
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work-in-progress

1. INTRODUÇÃO

Este projeto enquadra-se no domínio de Dissertação em Ambiente Empresarial, parte integrante do Mestrado em Engenharia Mecânica, pela Universidade de Coimbra. O estudo da Dissertação realizou-se numa fábrica de cortiça, pertencente ao grupo Amorim.

A cortiça é um material proveniente da lasca dos troncos do sobreiro, que possui características muito particulares e especiais. As principais referências a este produto surgiram por volta de 3000 a.C. no Egito, onde era utilizado para aparelhos de pesca (APCOR, 2018). No entanto, desde cedo que a principal função da cortiça passa pela sua utilização no fabrico da rolha natural, um dos melhores vedantes para vinhos, encontrado até hoje. Sendo um material ecológico, reciclável e biodegradável, assistimos a uma crescente exploração das suas potenciais utilizações. Estima-se que o montado de sobre retenha todos os anos até 14 milhões de toneladas de CO_2 , sendo um forte aliado da redução dos gases responsáveis pelo efeito de estufa (Amorim, 2018a).

A exploração desta matéria-prima também se reveste de uma importância vital para a economia do país, sendo o seu processamento realizado em fábricas que procuram diariamente melhorar a sua rentabilidade.

Esta dissertação basear-se-á na melhoria do fluxo de materiais num ambiente fabril, dedicado à produção de rolhas de cortiça.

1.1. Contextualização do problema

Atualmente Portugal é o maior produtor e exportador de cortiça a nível mundial, sendo a cortiça considerada como uma “joia” da economia portuguesa. Cerca de 40 milhões de rolhas são produzidas em média por dia em todo o país. De salientar que 34% da área mundial do montado de sobre se localiza em Portugal.

A produção mundial de cortiça é de 340 mil toneladas/ano, das quais 55% são oriundas de Portugal, e em todo o mundo são produzidas 12 mil milhões de rolhas anualmente (Amorim, 2018b). Face a estes números, existe um investimento constante na inovação e melhoramento dos processos de transformação da cortiça. A Corticeira Amorim surge como líder de mercado de produtos derivados da cortiça, a nível mundial, estando presente em mais de 100 países e gerando um volume de negócios superior a 641 milhões

de euros por ano. Contando com quase 150 anos de liderança no mercado, esta empresa foi fundada em 1870 por António Alves Amorim, estando sempre centrada no fabrico de rolhas de cortiça.

A presente dissertação debruçar-se-á sobre o processo de transformação da cortiça, na Unidade Industrial Equipar, situada na zona industrial de Monte da Barca em Coruche, centrando a atenção na secção de Twin Top (TT) que se dedica à produção de rolhas técnicas.

Assim, à semelhança de projetos já devolvidos no passado, foi proposto realizar uma investigação sobre o processo de rolhas TT e “0+1” de forma a detetar os problemas que impedem que a fábrica atinga a produção máxima pretendida. Devido ao crescente aumento de encomendas, é importante entender o que não está a permitir à Equipar atingir o nível de serviço máximo, de forma a responder ao maior número possível de solicitações e de exigências dos clientes.

1.2. Enquadramento e motivação

O principal objetivo das empresas é maximizar os lucros. Todos os sistemas produtivos apresentam fatores que restringem os seus resultados, sendo a minimização destes fatores que eleva os lucros. Maximizar os lucros de uma empresa pode passar pelo aumento dos custos operacionais, desde que isso signifique um aumento do lucro final.

Neste sentido, foi proposto que se analisasse a contribuição da Teoria das Restrições (TOC) com a finalidade de poder vir a ser um dos fatores decisores na apresentação de propostas de melhoria que minimizem o peso da restrição no processo produtivo.

Espera-se que o recurso a esta metodologia ajude na identificação dos fatores críticos que impedem o sucesso da empresa, proporcione a elevação da restrição e aumente os resultados de uma forma superior à dos sistemas tradicionais, sendo estas as razões que estiveram na base da seleção do presente tema.

1.3. Objetivos da dissertação

O principal objetivo desta dissertação consiste na criação de um modelo integrado, baseado na investigação do estado de arte, referente aos sistemas de melhoria

contínua, para ser testado num sistema real. Com esta abordagem, pretende-se analisar os pontos menos fortes que podem ser alvo de melhoria, através da combinação de vários modelos aglutinados num único.

Pretende-se melhorar o processo de produção de rolhas TT e “0+1”; aumentar a rentabilidade do sistema produtivo; promover ações que permitam balancear o fluxo produtivo; atuar sobre processos que estão a afetar negativamente a produção; elaborar planos de ação e propor melhorias a longo prazo.

Este estudo tem como base a análise detalhada de todo o processo produtivo, de forma a identificar corretamente a etapa do processo que restringe a cadeia, e alterá-la posteriormente de modo a garantir a maximização da sua rentabilidade.

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é composta por 6 capítulos com a seguinte estrutura:

Capítulo 1- Apresenta-se o contexto em que se insere a dissertação e a importância da realização deste estudo, os objetivos do trabalho e por fim expõe-se a estrutura da dissertação e síntese dos temas que são abordados.

Capítulo 2- Descreve-se o caso de estudo onde o modelo será testado. Caracteriza-se a empresa e o processo produtivo onde o modelo será aplicado, através de uma síntese do funcionamento dos seus processos.

Capítulo 3- Realiza-se uma revisão bibliográfica relativamente aos sistemas clássicos de melhoria contínua TOC, *Lean* e Seis Sigma, assim como a integração destas 3 metodologias num modelo híbrido TLS (TOC, *Lean* e Seis Sigma).

Capítulo 4- Apresenta-se o modelo TLS proposto para implementação, assim como todas as suas ferramentas.

Capítulo 5- Implementa-se um primeiro ciclo do modelo apresentado no Capítulo 4, procedendo-se à análise e discussão dos resultados.

Capítulo 6- Após a implementação do primeiro ciclo, realiza-se um novo ciclo, sendo dado foco a outra etapa do processo produtivo. São analisados os resultados e propostas melhorias futuras.

Capítulo 7- Neste último capítulo sintetizam-se as principais conclusões desta dissertação e apresenta-se a sugestão de um tema de trabalho futuro.

2. CASO DE ESTUDO

Nesta secção realizar-se-á uma descrição da Corticeira Amorim, seguida da apresentação da unidade industrial em estudo e, para concluir, uma análise pormenorizada do processo produtivo, a unidade de rolhas Twin Top e “0+1”.

2.1. Caracterização da Corticeira Amorim

A Corticeira Amorim já conta com mais de 150 anos de história, tendo sido criada em 1870 por António Alves Amorim, com o objetivo de produzir rolhas para o vinho do Porto. Desde cedo, foi notável a vontade deste empresário de vencer e de se destacar no mercado.

Após a II Guerra Mundial, a terceira geração assumiu a liderança que guiada por Américo Amorim iniciou a exportação para países de Leste, transformando a empresa no maior exportador português com destino a Europa de Leste.

A grande visão de Américo Amorim permitiu uma verticalização do negócio, desde a obtenção da matéria-prima, ao serviço pós-venda. Portugal afirmou-se como o maior produtor de matéria-prima do mundo e líder mundial de vendas. Esta enorme projeção verificou-se a partir do momento em que se procedeu ao aproveitamento dos subprodutos, criando-se uma nova área de negócios: os aglomerados (Amorim, 2018c).

Atualmente, o Grupo Amorim é presidido por António Rios de Amorim cujo principal objetivo passa por acrescentar valor à cortiça, inovando e diferenciando este produto tão natural e único. A Corticeira Amorim encontra-se presente em mais de 100 países, estando representada em 30 unidades industriais, 47 empresas de distribuição e 254 principais agentes, com um volume de negócios de 641 milhões de euros por ano. Na Figura 2.1 encontra-se a representação deste Grupo a nível mundial.



Figura 2.1- Presença Mundial da Corticeira Amorim [Adaptado (Amorim, 2017)].

O volume de negócios apresentado está diretamente ligado à exportação que a Corticeira Amorim realiza. Apenas 4,7% das vendas de 2016 foram destinadas ao mercado nacional. Os clientes com maior peso nas vendas são os países da União Europeia, com 55,9%, seguindo-se os Estados Unidos da América com 20,8% do volume de vendas (Amorim, 2017). Pode dizer-se que um dos fatores para o sucesso do Grupo é o fator Exportação, sendo uma empresa que consegue estar presente em todas as partes do mundo como uma marca de prestígio e de eleição.

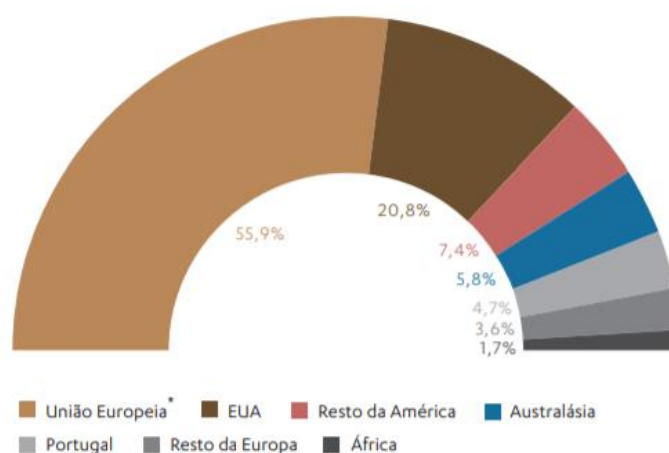


Figura 2.2- Vendas por área de negócio [Adaptado (Amorim, 2017)].

Até à data existem cinco unidades de negócios: as rolhas através da empresa Amorim & Irmãos S.A, os revestimentos, isolamentos, matéria-prima através da Amorim Florestal S.A. e aglomerados compósitos. Existe ainda um departamento dedicado exclusivamente à Inovação e Desenvolvimento, que se foca na pesquisa de novas formas de aplicar a cortiça, bem como desenvolvimento do processo, melhoria da qualidade e aumento da variedade de soluções apresentadas. A conquista mais marcante deste departamento, foi a redução dos níveis de 2,4,6 Tricloroanisol (TCA), o fungo responsável pelo odor desagradável presente no vinho. Este processo redutor dos níveis de TCA acrescentou grande valor à rolha de cortiça.

A unidade de negócios das rolhas é a principal unidade do Grupo. Foi o negócio com o qual o Grupo surgiu de início e continua a ser o mais importante. A Amorim & Irmãos dedica-se ao fabrico de dois tipos de rolhas: as naturais e as técnicas. As rolhas naturais são extraídas diretamente de um traço de cortiça, enquanto que as rolhas técnicas sofrem processos de transformação. Os produtos vendidos existentes são:

-Naturais: São as rolhas extraídas diretamente do traço de cortiça, sendo estas consideradas as de melhor qualidade e maior valor. São usadas nos vinhos mais exigentes. Atualmente são produzidas na U. I. de Lamas, U.I de Portocork e U.I de Vasconcelos e Lyncke.

-Acquamark ®: São rolhas naturais que apresentam muita porosidade, sendo estes espaços preenchidos por cola e pó de cortiça. Podem ser designadas por rolhas colmatadas, e apresentam uma qualidade próxima das rolhas naturais, sendo uma forte aposta. São também produzidas na U. I. de Lamas, U.I de Portocork e U.I de Vasconcelos e Lyncke.

-Helix ®: Após alguns anos de pesquisa surgiu a Helix, que combina uma rolha de cortiça de *design* ergonómico com uma rosca interior no gargalo. É uma solução altamente funcional a qual associa os benefícios ambientais do vidro aos da cortiça, não sendo necessário o uso de saca-rolhas. É produzida na U.I. de Sousa.

-Top Series ®: Estas rolhas são destinadas a clientes de bebidas de luxo, combinando uma rolha de cortiça natural capsulada, sendo permitida aos clientes com poder de compra, a personalização do produto. Apresentam um *design* diferenciador, que se adapta a qualquer tipo de personalização, desde a aplicação de prata até à aplicação de pedras preciosas. É produzida na U.I. Top Series.

-Spark ®: Tipicamente designada como rolha de champagne, apresenta um excelente comportamento mecânico e engarrafamento, sendo constituída por um corpo granulado de cortiça, com dois discos de cortiça natural na extremidade que entra em contacto com o vinho. É usada para vinhos de maior pressão como champagnes, vinhos espumantes ou espumosos. É produzida na U.I. Champcork e na U.I. Equipar e os discos são produzidos na U.I. Ponte de Sôr.

-Twin Top ®: É uma rolha técnica, cuja produção é idêntica à de rolhas de champanhe, pois é constituída por um corpo aglomerado, com um disco de cortiça em ambos os topos. Apesar de manter todas as propriedades benéficas da rolha de cortiça natural, em termos de sustentabilidade, é ideal para vinhos de curto período de estágio na garrada. Apresenta uma excelente relação qualidade-preço. É produzida na U.I. Equipar.

-Aglomeradas ®: A rolha aglomerada é constituída por um corpo aglomerado de cortiça e produtos aglomerantes, sendo indicada para vinhos de consumo rápido (até 6 meses). É a rolha que apresenta menor valor comercial. Atualmente é produzida na U.I. Champcork e U.I Equipar **Erro! A origem da referência não foi encontrada..**

-**NeutroCork®**: É uma rolha composta por micro granulado de cortiça natural compactado em moldes individuais, sendo adequada para vinhos de consumo rápido até 2 anos. Apresenta maior valor comercial que as rolhas aglomeradas sendo produzida na U.I. de Sousa.

-**Advantec®**: A rolha aglomerada pode sofrer um tratamento que previne o aparecimento de TCA (2,4,6 Trichloroanisol), surgindo assim a gama Advantec. Com o objetivo de responder a um público mais jovem, foram criadas rolhas coloridas, que assumem um papel importante como elemento decorativo, denominadas por Advantec Colors.



Figura 2.3- Rolha Natural.



Figura 2.4- Rolha Acquamark.



Figura 2.5- Rolha Helix.



Figura 2.6- Rolha Top Series.



Figura 2.7- Rolha Spark.



Figura 2.8- Rolha Twin Top.



Figura 2.9- Rolha Aglomerada.



Figura 2.10- Rolha NeutroCork.



Figura 2.11- Rolha Advantec Color.

2.2. Caracterização da Unidade Industrial Equipar

O estudo desenvolvido neste trabalho realizou-se na unidade industrial Equipar, situando-se na Vila de Coruche, também conhecida como a capital mundial da cortiça. Esta unidade pertence à Corticeira Amorim desde 2005, tendo sido adquirida com o propósito de aproximar a produção de rolhas à matéria-prima, visto que todas as restantes unidades

industriais do grupo se encontram em Santa Maria da Feira. Desta maneira foi possível reduzir custos de transporte e tempo, tirando partido de todo o conhecimento e cultura que a população de Coruche oferece.

Atualmente, a UI Equipar conta com 235 colaboradores e um volume de produção superior a 1.200.000.000 rolhas por ano sendo assim uma das maiores fábricas de rolhas do mundo.

Para além de se dedicar à produção de rolhas, esta unidade também tem uma secção dedicada à trituração de cortiça na qual é efetuada a cozedura da mesma. A trituração tem como objetivo abastecer a fábrica TT e a Aglomerada, bem como outras fábricas pertencentes ao Grupo. Deste modo, a unidade encontra-se subdividida em quatro segmentos: trituração, dedicada ao fabrico de granulado; unidade de Aglomerados, dedicada ao fabrico de rolhas aglomeradas; unidade de Twin Top, dedicada ao fabrico de rolhas técnicas; e unidade de distribuição, dedicada ao tratamento e marcação de rolhas.

O granulado é obtido a partir do refugo da cortiça como: apara, tira, barriga e broca. Estes materiais são subprodutos da produção de rolhas naturais e de discos. Deste modo, distinguem-se três tipos de granulados: RCT (Rolha Champagne Técnica), RA (Rolha Aglomerada) e RN (Rolha NeutroCork).

2.3. Caracterização do processo de fabrico

A presente dissertação foca-se na secção Twin Top, que conta com 99 colaboradores, operando em três turnos, 7 dias por semana. Nesta secção são fabricadas rolhas técnicas TT, e tal como já foi referido anteriormente, estas rolhas são constituídas por um corpo aglomerado com cortiça RCT e por dois discos de cortiça natural colados em cada extremidade. São também fabricadas rolhas com características idênticas às TT, as rolhas “0+1” que apresentam apenas um disco de um lado do corpo e o outro lado é chanfrado. Existem ainda rolhas com dois discos no mesmo lado e um chanfro do outro lado, chamadas de “0+2”. São estes discos que diferenciam a classe das rolhas, sendo a classificação AA, A, AB, B, BC e C onde AA corresponde à melhor classificação e C à pior.



Figura 2.12- Rolha TT.



Figura 2.13- Rolha "0+1".



Figura 2.14- Rolha "0+2".

Em termos de produção, cerca de 87% das rolhas produzidas correspondem à rolha TT; 10% corresponde à rolha “0+1” e apenas 3% são rolhas “0+2”. Deste modo, o estudo irá centrar-se apenas nas rolhas TT e “0+1” pois são estas as mais relevantes no sistema. Estas rolhas saem da unidade fabril como produto inacabado, não sofrendo tratamento nem sendo marcadas de acordo com as preferências do cliente. São posteriormente enviadas para outras UI de distribuição pelo mundo onde serão submetidas aos processos finais.

2.3.1. Etapas e Descrição dos Processos

O processo produtivo da fábrica é constituído por diversas fases que estão esquematizadas sob a forma de fluxograma na Figura 2.16.

Numa primeira fase as aparas, sobras e refugo são trituradas e transformadas em granulado que posteriormente é sujeito a um tratamento de descontaminação e limpeza denominado por ROSA. De seguida, o granulado atravessa vários processos até chegar ao armazém de produto acabado. Ao longo deste caminho, existem pontos de controlo de qualidade e reprocessamento do produto. Deste modo, pode-se afirmar que existem vários processos que vão acrescentando valor ao produto, enquanto outros não lhe acrescentam diretamente, valor mas que são fundamentais para manter níveis de qualidade e confiança.

Nas diversas etapas do processo produtivo existem sempre *buffers* onde se armazena temporariamente o material até este ser consumido, criando *stocks* intermédios caso estes sejam necessários. Estes *buffers* podem ser silos ou cestos.

Para uma clara interpretação do fluxograma, na Figura 2.15 encontram a descrição de cada símbolo:

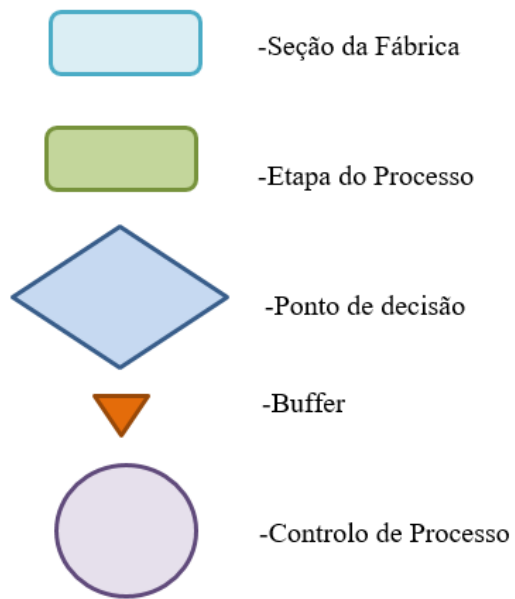


Figura 2.15- Legenda dos símbolos presentes no fluxograma.

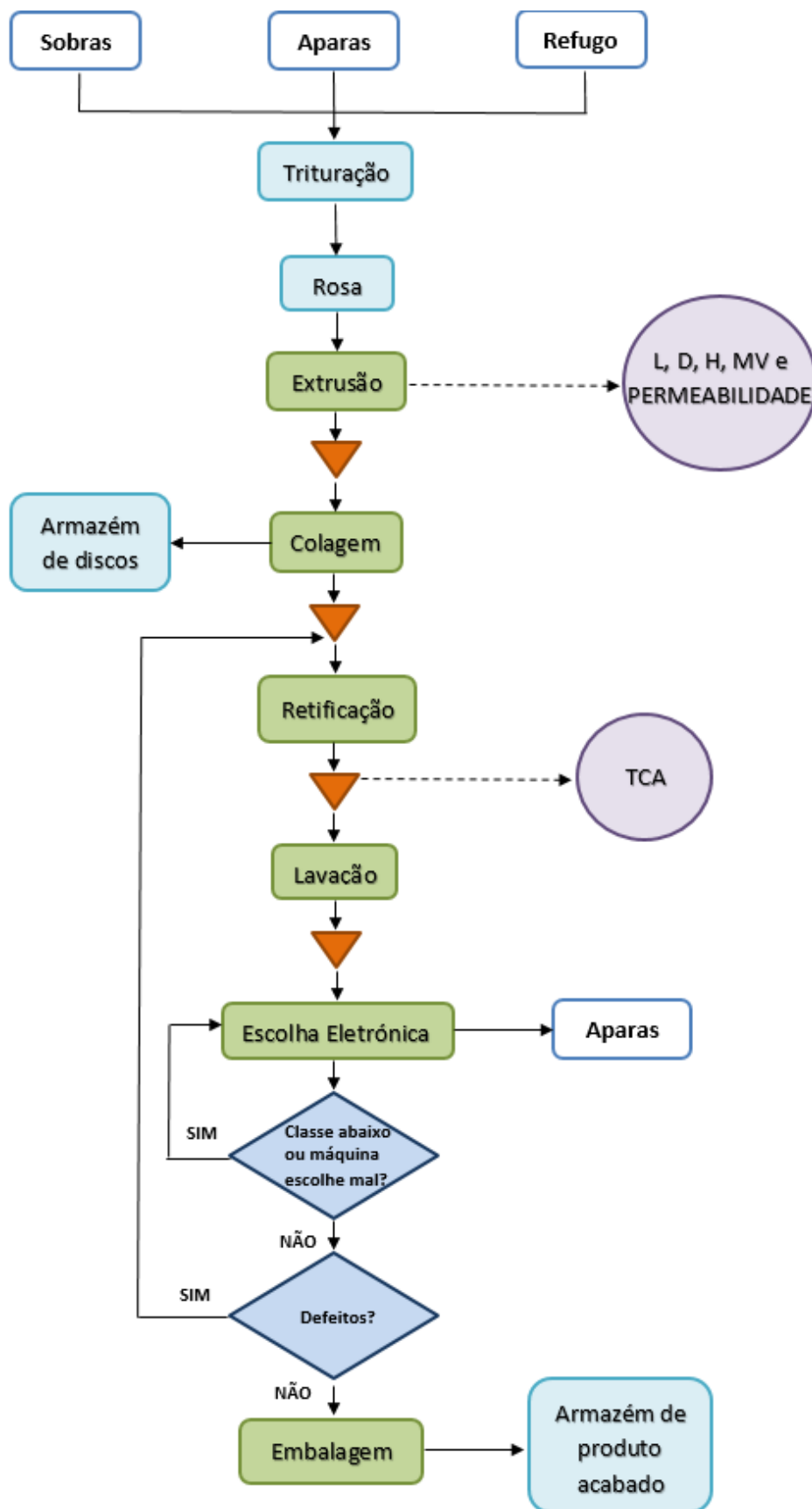


Figura 2.16- Processo produtivo da secção TT.

Trituração- É a primeira etapa no processo produtivo de rolhas. Aqui, de forma geral pode dizer-se que o refugo, sobras e aparas são triturados num moinho chamado MDT e de seguida há uma limpeza num peneiro que separa a cortiça de pedras, terra ou metais. Posteriormente, este granulado é armazenado em silos, sendo transportado para a etapa seguinte através de tubos.

No caso das rolhas TT e “0+1” é utilizado um granulado mais grosso (RCT).

Sistema ROSA (*Rate Optimal Steam Application*)- A cortiça, por norma, encontra-se contaminada por TCA e, sendo a rolha considerada um produto pertencente à indústria alimentar, é importantíssimo que exista um processo de descontaminação. Deste modo, o granulado é submetido ao sistema ROSA que consiste numa destilação de vapor controlada, que remove cerca de 90% do TCA e liberta os voláteis existentes no granulado.

No entanto, através do sistema ROSA a humidade e a massa volúmica do granulado têm tendência a aumentar. Para combater este fator, a empresa desenvolveu um sistema que se baseia na utilização de um micro-ondas que seca o granulado. Após este processo o granulado já poderá ser consumido nas extrusoras.

Extrusão- Nesta etapa o granulado é misturado com produtos químicos com o propósito de aglomerar todos os componentes. Assim, são colocados na misturadora: cola de poliuretano, para aglomerar todos os componentes; latex para melhorar a vedação da rolha; e óleo de parafina que diminui o atrito entre as tubagens e influencia a massa volúmica. Depois de concluída a mistura, esta é introduzida nas extrusoras, mais concretamente dentro de tubos, que por intermédio de um pistão, irão formar um bastão o qual será cortado com recurso a uma serra, dando origem a vários corpos aglomerados.

Existem 3 linhas de extrusoras, cada linha é composta por oito extrusoras, e cada extrusora é composta por dois lados (A e B). Nestas linhas são produzidos bastões com diâmetro de 26 mm, podendo ser cortados com os seguintes comprimentos: 31,2 mm para a rolha TT39; 36,2 mm para a rolha TT44; e 42,5 mm para a rolha “0+1”.

Durante esta etapa, existe um controlo de qualidade onde se mede o comprimento (L), o diâmetro (D), a humidade (H), a massa volúmica (MV) e a permeabilidade em cada uma das linhas. Caso os valores estejam fora das especificações, é necessário afinar as máquinas.

Colagem- Este processo é o que diferencia as rolhas TT das “0+1”. Após a formação de corpos, segue-se a colagem dos discos de cortiça natural aos topos dos corpos (apenas um disco no caso das rolhas “0+1” e dois discos nas rolhas TT). Os discos são fornecidos pela Amorim Florestal, e são armazenados em silos que vão descarregando em cada máquina da colagem.

A colagem é composta por 22 máquinas dispostas em duas linhas, mas apenas 19 se dedicam a colar rolhas TT e “0+1”. Existem ainda dois tipos de máquinas: o modelo 1K que cola os discos com os corpos na vertical, colando um disco primeiro e depois o segundo; e o modelo 2K que cola os discos com os corpos na horizontal, colando os dois discos em simultâneo e que possui aproximadamente o dobro da cadência que as máquinas 1K. Após a colagem dos discos, as rolhas circulam num forno durante 15 minutos de modo a secar a cola entre os corpos e os discos. Em seguida, as rolhas são armazenadas em silos divididos de acordo com as classes.

Retificação- Este processo, também conhecido como “acabamentos mecânicos”, é dividido em duas fases diferentes: Ponçamento, onde as rolhas passam entre duas mós que as deixam polidas e com o diâmetro requerido; e Topejamento, onde os topos são polidos até possuírem o comprimento especificado. Depois do Topejamento pode ainda ocorrer o Chanframento para o caso das rolhas “0+1”. É nesta fase que a rolha ganha a sua configuração final.

Existe um *buffer* intermédio entre o Ponçamento e o Topejamento, visto que apresentam cadências ligeiramente diferentes. Caso exista algum problema no Ponçamento, o Topejamento nunca irá parar por falta de rolhas. Após retificadas, as rolhas são colocadas em palotes que irão abastecer o processo seguinte, a Lavação.

Lavação- Após a retificação, as rolhas são lavadas com agentes branqueadores e desinfetantes e, por fim, enxaguadas. Existem seis máquinas que efetuam quatro tipos de lavação: CL2000 (a lavação mais comum, sendo a que demora mais tempo e deixa as rolhas com aspeto mais branco); CLEAR (com uma cor intermédia); CL0 (é a lavação mais simples e que demora menos tempo, onde a rolha adquire a cor mais parecida com a original); e por fim CHAMPAGNE (não entra neste estudo, sendo usada nas rolhas “0+2”). É nesta fase que se personaliza a rolha de acordo com as exigências do cliente.

Escolha Eletrónica- Neste processo as rolhas sofrem uma seleção, onde os defeitos são retirados, e as classes são confirmadas, para que não haja qualquer tipo de falhas. Este processo é essencial, para garantir que não existe qualquer falha na entrega ao cliente ou perda de margem, caso sejam escolhidas rolhas de classe visual superior aquela que o cliente paga.

A Escolha é constituída por 17 máquinas que trabalham para escolher rolhas do tipo TT e “0+1”. Quando a rolha é escolhida possui quatro saídas possíveis: “Classe” caso pertença à classe visual a ser escolhida e a rolha esteja conforme as especificações, seguindo para embalar; “Classe abaixo” sempre que a rolha apresenta uma classe visual inferior à classe escolhida, sendo repassada juntamente com as rolhas da classe inferior; “Defeitos” quando as rolhas apresentam defeitos capazes de serem corrigidos através do reprocessamento; e por fim “Apara” onde estão os defeitos considerados críticos que não são apropriados para o fabrico de rolhas, não valendo a pena serem reprocessados.

No caso dos “Defeitos”, estes são colocados em cestos de Produto Não-Conforme (PNC) e quando cheios, são transportados até à Retificação onde o diâmetro é reduzido, de forma a tentar eliminar os defeitos laterais, através do chamado “Rebaixo”. Após a Retificação, estas rolhas passam novamente pela Lavação e Escolha Eletrónica. Os defeitos representam uma grande perda para o sistema, tanto a nível produtivo como monetário. O PNC ao ser reprocessado ocupa novamente os processos, e na EE é necessário garantir que não passam defeitos para a “Classe”, caso contrário poderá significar reclamações que implicam grandes prejuízos.

A fiabilidade das máquinas na EE, é importantíssimo, visto que é aqui que se decide o valor de cada rolha consoante a sua classe, e se certifica que não avança produto com defeitos ou fora da conformidade do cliente.

Embalagem- Esta é a fase final do fabrico de rolhas. As rolhas são embaladas em sacos de 5.000 rolhas e colocadas em paletes entre 12 a 18 sacos, consoante altura do transporte. Assim que os sacos se encontram todos empilhados, a paleta é filmada com plástico retrátil, e é colocada uma etiqueta com toda a informação referente ao produto, como o destinatário ou o lote. Por fim, através do recurso a um empilhador, a paleta é transportada e colocada no Armazém de Produto Acabado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com a globalização, aumenta a pressão para fazer mais e melhor. Os gestores enfrentam todos os dias dificuldades, tendo que balancear o aumento das vendas com a redução de custos e inventários, ao mesmo tempo que preveem as próximas tendências. No entanto o maior desafio que enfrentam é sua sobrevivência nesta “guerra” de números e competências (Spector, 2011)!

No presente capítulo serão abordados os principais modelos atuais de melhoria contínua. Assim, será feita uma síntese do sistema *Lean*, Seis Sigma, Teoria das Restrições (TOC), bem como do sistema integrado Teoria das Restrições, *Lean* e Seis Sigma (TLS), definindo a sua origem, fundamentos e ferramentas.

3.1. Sistemas de Melhoria Contínua

A crescente concorrência tem vindo a forçar mudanças nas estruturas organizacionais e obriga a que as empresas façam uma melhor gestão dos recursos disponíveis, de forma a haver a maior rentabilização possível. Os vários sistemas de melhoria contínua surgiram com o objetivo comum de proporcionar suporte à gestão das organizações, sendo este um processo sem fim, podendo ser aplicado a todas as operações. Independentemente do quão bem geridas estão, todas são passíveis de melhoramento.

Os modelos que irão ser abordados foram desenvolvidos por diferentes autores, no entanto, apresentam conceitos que, integrados, podem trazer benefícios adicionais e suprimir muitas deficiências. Todos os modelos apresentam um fator comum: os benefícios a nível financeiro, resultantes da filosofia de redução de *stocks* (Sproull, 2010).

3.1.1. Sistema *Lean*

A origem do pensamento *Lean* surgiu com o aparecimento de grandes pensadores como Henry Ford (com as linhas de produção e criação de valor para o cliente), Fredrick Taylor (com a implementação da padronização e estudo dos tempos de trabalho) e ainda Dr. Deming (pai da gestão da qualidade). A Toyota conseguiu reinventar a gestão industrial existente, através de métodos para evitar falhas, implementou sistemas Pull (fabrico a partir

de um pedido de um cliente, sendo o sistema “puxado” pela procura) através do *Kanban*, conseguindo assim produtos de alta qualidade a preços competitivos.

Pode dizer-se que o conceito de pensamento *Lean* foi oficialmente introduzido em 1980 por um grupo de investigação no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que estudou de perto o tipo de produção japonesa, principalmente o *Toyota Production System* (TPS) (Womack, Jones, & Roos, 1992). O objetivo da produção *Lean* é utilizar o mínimo de recursos e diminuir o tempo de entrega do cliente através de um fluxo contínuo (Droste, 2007). Através desta filosofia é possível: diminuir o *lead time* (tempo de espera) para os clientes; diminuir os stocks para os produtores; melhorar a forma como se realiza cada processo; obter processos mais fiáveis e mais robustos.

O sistema TPS não é considerado uma teoria, mas sim, um conjunto de práticas que levam a um aumento da produtividade e a uma redução de todos os tipos de “MUDAS” (termo japonês que significa desperdício), sem *stocks* e com reduções de *setups*, contrastando muito com a produção em massa, desenvolvida por Henry Ford.

Esta filosofia tem por base uma série de práticas que se encontram resumidas na chamada *Casa do TPS*, desenvolvida por Taiichi Ohno, com o objetivo de tornar a sua aprendizagem mais fácil. A Casa será estável se os seus alicerces, pilares e telhado forem implementados, levando sempre à melhoria dos processos.

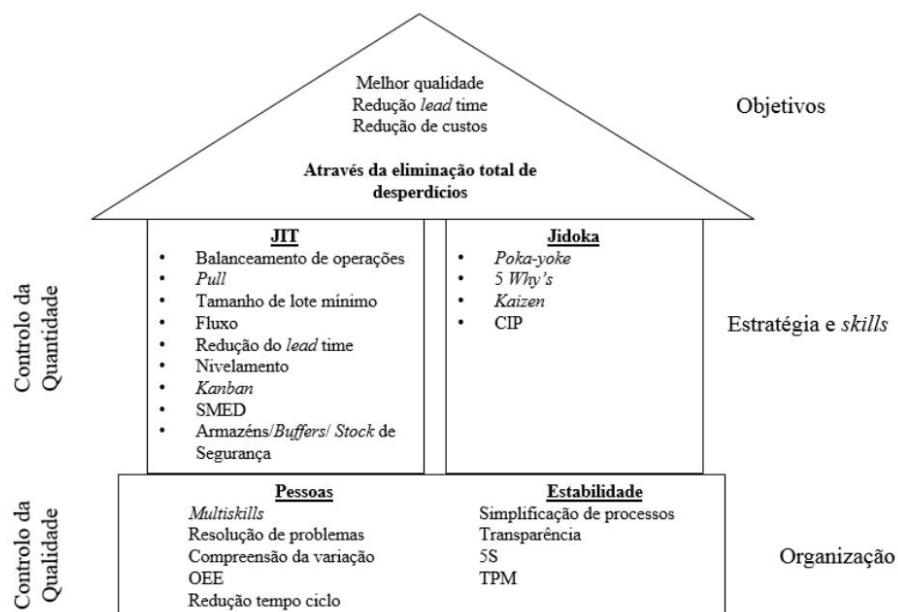


Figura 3.1- Casa TPS.

[Adaptado (Wilson, 2010)]

O primeiro pilar TPS apresentado é o *Just-in-time* (JIT), no qual são fabricados os produtos que o cliente quer, quando quer, mas sempre com qualidade.

Foi ainda desenvolvido o sistema *Kanban* (que em japonês significa quadro indicador), no qual as necessidades são sinalizadas através de um quadro com cartões, existindo um controlo visual eficaz. Este recurso permite alcançar facilmente o JIT, visto que a taxa de produção é controlada pelo *Kanban*, que indica apenas os produtos cujo fabrico é necessário.

O segundo pilar, *Jidoka*, é um termo em japonês que significa “automação com inteligência humana”. Isto é, os equipamentos devem ser capazes de detetar erros ou defeitos bloqueando de imediato o processo, não deixando que estes erros se propaguem para as etapas seguintes. A automação está diretamente ligada ao conceito de *poka-yoke*, cuja base consiste em evitar erros na produção emitindo luzes ou sirenes, sempre que nela são detetadas anomalias, parando esta de imediato (Chiarini, 2013).

Em 1990 foi publicado um livro chamado “The machine that change the world” de James Womack, onde foi comparado o sistema em massa com o sistema *Lean*, dando a conhecer ao mundo o conceito de *Lean manufacturing* (Melton, 2005). Segundo Womack & James (1996) definiram no seu livro os cinco princípios que definem *Lean Thinking*:



Figura 3.2- Os cinco princípios *Lean*.

Em todas as empresas existem atividades que não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto. Assim, identificar e eliminar todas as atividades que causam desperdícios (*MUDA*) é um aspeto fundamental para uma organização que queira implementar *Lean*. Como tal, foram definidas as sete principais fontes de desperdício de uma entidade:

1. **Superprodução-** Sempre que se produz mais do que o consumidor pede, muitas vezes baseando-se em previsões que não correspondem à realidade.
2. **Esperas-** Todo o tempo que não acrescenta qualquer tipo de valor ao produto, onde os recursos como a mão-de-obra, equipamentos e produtos finais estão parados à espera para serem processados.
3. **Inventários (*Stocks*)-** Material no qual foi feito um investimento, mas não pode ser consumido ou de que o cliente simplesmente não necessita. Como é o caso de material que ainda está a ser processado- *work-in-progress* (WIP)-, ou da existência de material em excesso, devido à mentalidade “*just-in-case*”.
4. **Transporte-** O transporte do material de um lado para o outro não acrescenta valor ao produto, e enquanto está a ser deslocado o produto não é processado.
5. **Processamento Inadequados-** adicionar processos que não acrescentam valor ao produto a convicção de que prolongando o processo, o produto irá ter maior qualidade, ou ainda, utilizar incorretamente os equipamentos.
6. **Defeitos-** Erros que ocorrem e que provocam a não conformidade do produto, o qual, necessita de reprocessamento ou de ser eliminado, baixando a produtividade.
7. **Movimentações desnecessárias-** Má organização dos postos de trabalho onde existem vários métodos ou ferramentas para efetuar a mesma atividade, a qual se traduz no desperdício de mão-de-obra.

Muitos autores já consideram um oitavo desperdício (Cox & Schleier, 2010, p. 1068):

8. **Pessoas subutilizadas-** Não utilização da criatividade, raciocínio e capacidades mentais dos operadores que têm a capacidade de tornar mais eficiente o seu trabalho.

3.1.1.1. Principais Ferramentas *Lean*

O sistema *Lean Thinking* oferece um grande leque de ferramentas e métodos para auxiliar as organizações que pretendem melhorar o fluxo de produção, criar valor e tornar os

processos mais eficazes. Nesta secção serão apresentadas algumas das principais ferramentas utilizadas na criação de processos *Lean*.

-**Value Stream Mapping (VSM)** – Esta é uma ferramenta de design que permite ter uma visão global de todo o sistema, mapeando o fluxo de materiais e informações do processo. Todas as ações (valor acrescentado e não acrescentado) são ilustradas, desde a matéria-prima até ao cliente final. Com base no VSM é possível detetar os desperdícios, identificar as suas fontes e visualizar alternativas e melhorias do processo (Tabanli & Ertay, 2013) (Khalid, Hashim, & Salleh, 2014).

Segundo Sheth & Kardani (2014) a aplicação do VSM é realizada em cinco passos que se encontram representados na Figura 3.3:

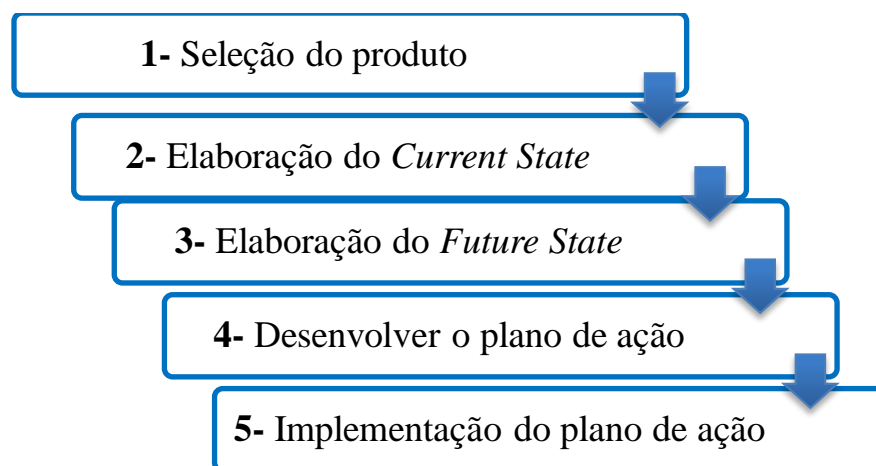


Figura 3.3- Passos para criação de um VSM.

Com o propósito de mostrar diferentes oportunidades de melhoria, o VSM é feito em diferentes momentos, tomando-se por base o mapeamento do estado atual e o mapeamento do estado futuro.

O *Current State Map* documenta o estado atual do sistema, sendo construído a partir de informações recolhidas no “chão de fábrica”.

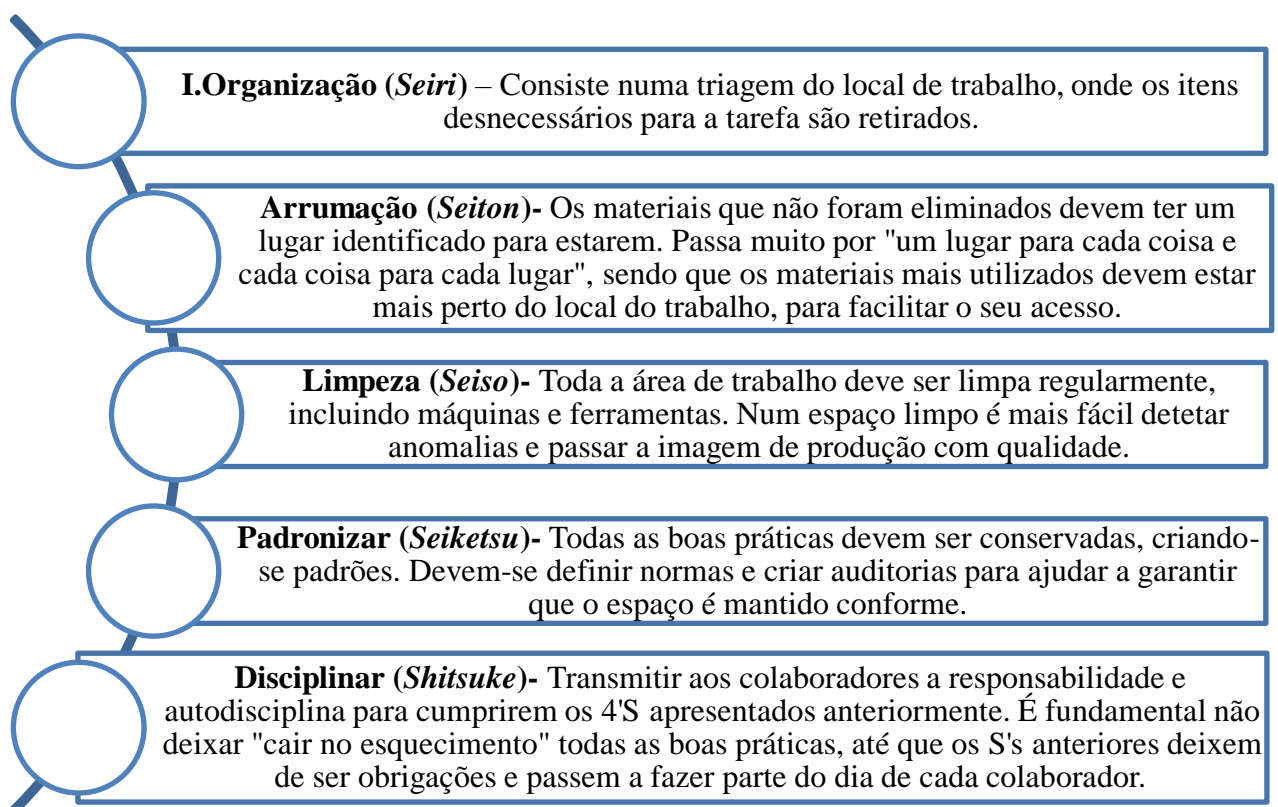
Posteriormente, é desenhado o *Future State Map*, onde se encontraram representadas as melhorias definidas, depois da análise do *Current State Map*, onde são detetadas e mapeadas as atividades que não acrescentam valor ao produto bem como os vários tipos de desperdícios e perdas.

Esta ferramenta é muito útil pois, de uma forma contínua, permite eliminar todos os tipos de perdas e reduzir o tempo de entrega ao cliente (*Lead Time*).

-**First Time Through (FTT)** – É um indicador que avalia a qualidade e eficiência dos produtos, medindo a percentagem de unidades produzidas que não apresentam defeitos, não precisando de ser reprocessadas.

- **Overall Equipment Effectiveness (OEE)** – É um indicador de eficiência que avalia as condições de utilização de um equipamento, baseado em três elementos: *First Time Through* (FTT), *Performance* (P) e *Availability* (A), permitindo atuar concretamente no problema que causa a baixa performance do equipamento (Tanco, Santos, Rodriguez, & Reich, 2013).

-**5S** – Esta ferramenta é constituída por um conjunto de outras cinco ferramentas que têm por objetivo organizar o espaço de trabalho e, acima de tudo, garantir a manutenção das ótimas condições de trabalho. Esta ferramenta consiste em:



-**Kanban** - Palavra japonesa que quer dizer registo ou cartão visual tendo tido origem no sistema *Pull*. Este é um sistema de organizar o trabalho que integra toda a fábrica ao conectar todos os processos entre si. Baseia-se no princípio de que, nenhum posto de trabalho

pode produzir sem a autorização do posto a jusante deste, sendo a autorização dada através de um cartão ou sinal. Este é um processo de lotes pequenos, sendo cada lote definido com um número fixo de peças. Desta forma, existe uma minimização de *Stocks*, é possível responder ao cliente com maior flexibilidade, eliminar todos os inventários *WIP* tornando tudo mais visual e interativo para os colaboradores.

O *Kanban* é uma ferramenta muito usada dado que se adapta a grandes flutuações de procura. Sempre que existam grandes variações no mercado, são facilmente detetadas pela acumulação ou falta de *Kanbans* nas linhas de produção, e caso se tornem constantes, significa que é necessário redimensionar o sistema *Kanban* (Moura, 2007).

-Gestão Visual - É utilizada para que haja uma comunicação visual compreensível a todos os que a veem no exato momento em que a veem. Desta forma, um operador que não conheça o processo, irá conseguir interpretar toda a informação necessária, ser mais autónomo e reduzir os erros. Sendo a informação facilmente partilhada entre todos, a comunicação entre postos de trabalho será mais eficaz, o que contribuirá para uma maior unificação da cultura empresarial. Esta ferramenta é constituída por quadros, sinalizadores sonoros ou visuais e, por vezes, por semáforos (sendo neste caso designado por Andon).

-Standart Work – Esta ferramenta permite normalizar regras e melhorias nos processos de forma consistente. Sempre que se faz uma melhoria em algum processo e se efetua um *Standart Work*, ao expô-lo no local de trabalho consegue-se reduzir a variabilidade do processo, os erros ou acidentes e diminuir o tempo de aprendizagem de um novo colaborador.

-Kaizen- Palavra japonesa que significa “mudança para melhor”. Esta filosofia consiste num conjunto de ações que permitem eliminar desperdícios com base no “bom senso”, envolvendo desde os gestores a todos os operadores. Acredita-se que, para existir melhorias nos processos, é necessário que valores como o espírito de equipa, sabedoria, moral e autodisciplina estejam sempre presentes. Estas melhorias muitas vezes passam por soluções económicas que traduzem em grandes aumentos da produtividade. Sistema Teoria das Restrições (TOC).

3.1.2. Sistema TOC

A Teoria das Restrições foi apresentada pela primeira vez em 1984 pelo físico Eliyahu M. Goldratt com o livro “A meta- um processo de melhoria contínua”. É uma

metodologia que promove a melhoria da produtividade de uma empresa, abordando as organizações produtivas como sistemas, estando todos os processos interligados em sintonia e onde o crescimento da organização não é determinado pelos recursos que esta apresenta, mas sim pela sua restrição.

Inicialmente, quando esta teoria foi apresentada, surgiram muitas questões relativas à sua simplicidade. A verdade é que esta teoria não se baseou na indústria automóvel (Silva, 2015) o que lhe confere uma grande versatilidade para ser aplicada a qualquer tipo de indústria. Apresenta cada vez mais seguidores, tendo já sido aplicada com sucesso em empresas como a Boeing ou a Ford Motor Company.

Nenhum processo sobrevive independente dos outros, devendo a solução englobar todos os elementos de forma coerente (Alves, Cogan, & Almeida, 2011), sendo a TOC uma ferramenta com a capacidade de encontrar o elo mais fraco (restrição) de uma cadeia de valor (Cox & Schleier, 2010). Entende-se por restrição, como o recurso mais escasso ou gargalo, que limita a performance de um sistema relativamente ao seu objetivo (Scheinkopf, 1999) devendo ser encarada como algo dinâmico, podendo hoje ser uma, mas amanhã outra.

Na Figura 3.4 é apresentado a classificação atribuída aos diferentes tipos de restrições:

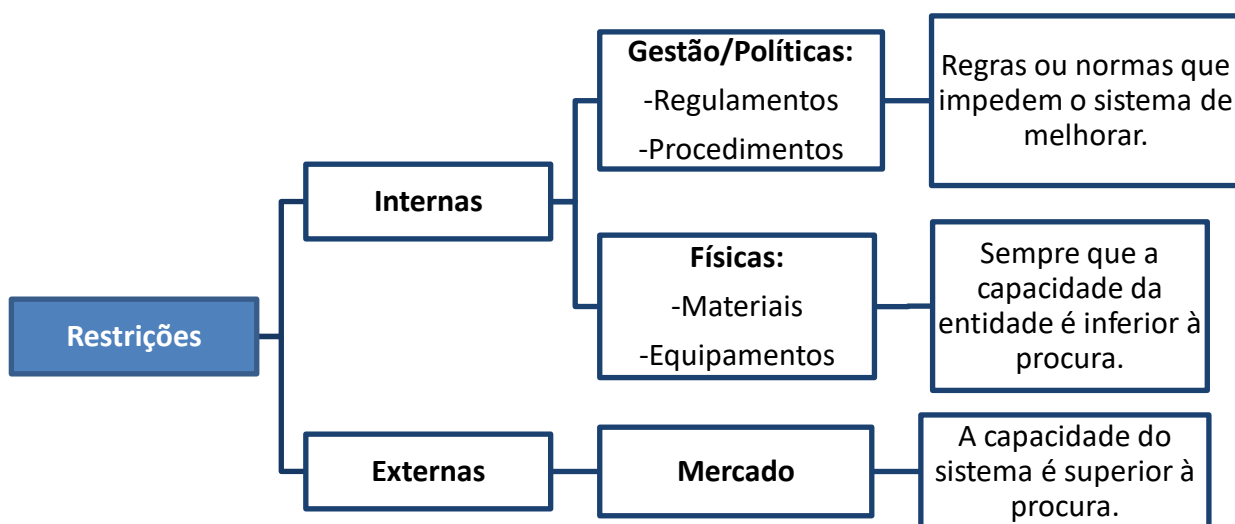


Figura 3.4- Tipos de Restrições.

[Adaptado (Silva, 2015)]

As restrições externas estão diretamente ligadas ao mercado, sendo este difícil de prever. Assim, as restrições internas são aquelas que são mais fáceis de melhorar, visto que as suas causas são facilmente identificadas.

É importante referir que qualquer processo pode ser identificado como: gargalo (restrição) caso a sua capacidade seja inferior à procura; não-gargalo caso a sua capacidade seja maior que a procura; ou CCR (*Capacity-Constrained Resource*) que é um não-gargalo, que facilmente se torna um gargalo, caso o planeamento não seja cuidadosamente elaborado por falta de abastecimento ou atraso no WIP (Jacobs & Chase, 2008).

- **Etapas fundamentais da TOC**

Segundo Goldratt o principal objetivo de qualquer empresa é atingir a meta da organização, que passa por otimizar os seus lucros, através de uma adequada gestão dos recursos. Todos os sistemas produtivos apresentam sempre uma ou mais restrições que limitam todo o processo, caso contrário o lucro seria infinito.

Assim Goldratt propôs que, primeiro se percebesse o sistema e a sua meta, e após isto aplicar um modelo composto por cinco passos de modo a melhorar a eficiência global do sistema, como está representado na Figura 3.5:

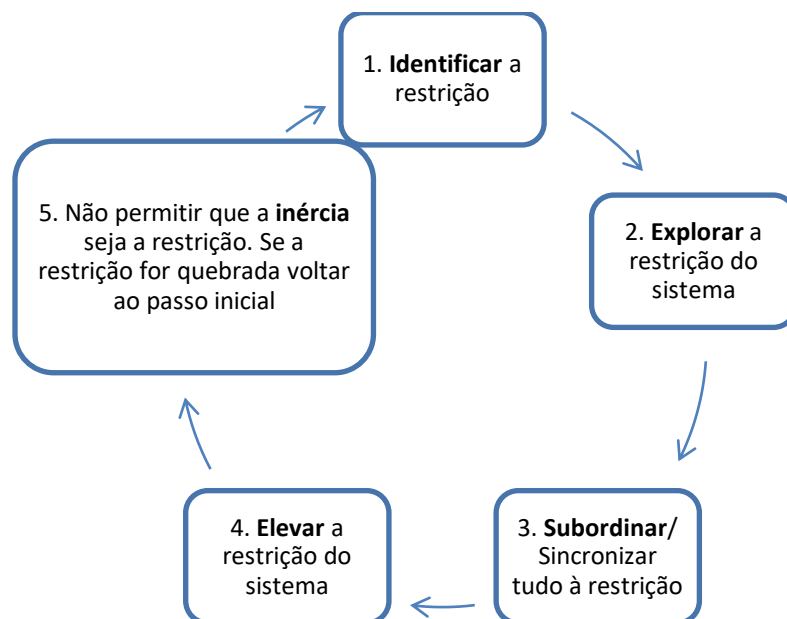


Figura 3.5- Modelo dos cinco passos de foco de Goldratt.

- 1) **Identificar a restrição:** após analisar e compreender todo o processo, é necessário identificar o elo mais fraco para que se consiga obter a máxima rentabilidade possível. Existem várias formas de identificação da restrição, tais como a comparação das capacidades dos equipamentos.

- 2) **Explorar a restrição:** neste passo, o principal objetivo é tornar a restrição o mais eficiente possível. Sem que exista qualquer tipo de investimento financeiro, e recorrendo a ferramentas e métodos adequados, de modo a maximizar o melhor possível a restrição sem que sejam desperdiçadas potencialidades.
- 3) **Subordinar o sistema à restrição:** no terceiro passo, é necessário sincronizar o sistema ao ritmo da restrição. Mesmo que pareça errado, é importante que todo o sistema esteja a trabalhar ao mesmo ritmo, ainda que isso signifique que os processos não-gargalo trabalhem abaixo da sua capacidade máxima. A vantagem de subordinar o sistema à restrição é o facto de se deixar de ter WIP, que não acrescenta qualquer valor.
- 4) **Elevar a restrição ao sistema:** após a exploração e subordinação da restrição, caso esta não tenha sido resolvida, inicia-se o passo quatro, no qual se eleva a restrição. Neste ponto, tem que se aumentar a capacidade da restrição, podendo esta mudança passar pelo investimento monetário em recursos, tais como a aquisição de mais equipamentos ou contratação de mais pessoal. Considera-se que a restrição está resolvida, quando o processo já consegue responder ao ritmo exigido pelo mercado.
- 5) **Avaliação e repetição dos passos anteriores:** por fim, avalia-se se a restrição se mantém ou se existem novas restrições no sistema, iniciando-se assim um novo ciclo. Esta metodologia é cíclica, o que permite que o sistema esteja em constante superação e melhoria contínua. Uma das regras base referidas por Goldratt, é que o sistema não permita que a inércia passe a ser a sua restrição.

Sempre que se trata de uma restrição física, a aplicação dos cinco passos é intuitiva. Porém, existem situações em que a restrição não é física, sendo necessário recorrer a outro tipo de abordagem. Quando as restrições são de origem política, deve-se explorar as três questões básicas da TOC:

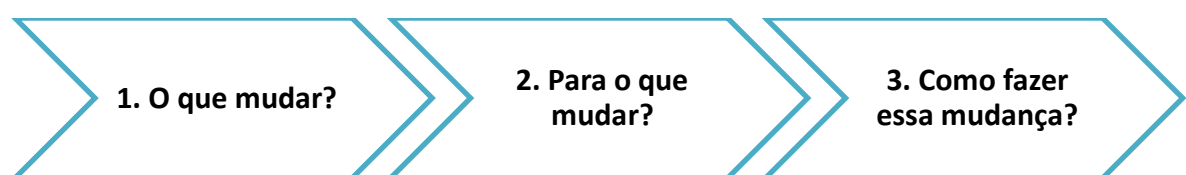


Figura 3.6- Três Questões Básicas da TOC.

A primeira questão refere-se à restrição, que deve ser o principal foco do problema. A segunda, analisa quais as vantagens e alterações que a melhoria da restrição traria para a organização. Por fim, a terceira, pergunta, onde se analisa quais as ferramentas que serão necessárias para efetuar esta mudança.

3.1.2.1. O DBR como ferramenta

O método de planeamento conhecido como *Drum-Buffer-Rope*, ou em português Tambor-Reserva-Corda foi desenvolvido por Goldratt e é uma das principais ferramentas da TOC. Segundo os cinco passos da teoria das restrições, é vital subordinar o sistema à restrição de modo a evitar o aumento de *stocks* intermédios. Para que exista esta sincronização utiliza-se a ferramenta DBR. O objetivo é proteger o elo mais fraco do sistema, conseguindo uniformizar o sistema e eliminar variabilidades.

O DBR é composto pelos mecanismos: Tambor (*Drum*), a Reserva (*Buffer*) e a Corda (*Rope*) como é representado na Figura 3.7:

- **Drum:** É o posto de trabalho na cadeia de produção que é caracterizado como *bottleneck* ou restrição. Também é conhecido como tambor porque é o responsável pelo ritmo da produção, visto que é o posto que apresenta menor capacidade, estando todos os outros postos de trabalho dependentes dele. Segundo a Teoria das Restrições, a restrição é o melhor posto de trabalho para servir como controlo do fluxo da produção, podendo ser um forte auxílio no planeamento.
O facto de existir um processo restritivo, origina dois problemas: acumulação de *stocks* antes do posto tambor, devido à sua capacidade de produção ser superior à da restrição; e por outro lado, os postos posteriores à restrição irão trabalhar a um ritmo abaixo da sua capacidade, reduzindo a sua taxa de produção, e conseqüentemente o *output* do sistema.
- **Buffer:** No caso de faltar material no *bottleneck*, todo o processo produtivo irá sofrer com esta paragem, podendo vir a parar na totalidade. De modo a que o *output* do sistema seja protegido por flutuações, o *bottleneck* deve trabalhar com um *buffer* (reserva), que assegure que este não para, mesmo quando existem complicações nos processos que não são a restrição. Os *buffers* são medidos em unidades temporais, ou em quantidades equivalentes a tempo de trabalho (Thürer, Stevenson, Silva, & Qu, 2017) entre dois pontos do sistema. É então importante definir tanto o tempo como o espaço.

Uma linha de produção deve conter dois *buffers*: o *buffer* da restrição e o *buffer* de expedição. O *buffer* de restrição é medido desde o início do processo até à restrição, e irá proteger a mesma de flutuações a montante. O *buffer* de expedição é medido desde a restrição, até ao local em que o produto acabado irá ser expedido para o cliente. Assim, será possível proteger simultaneamente a restrição e a data de entrega ao cliente.

O tamanho do *buffer* é extremamente importante, porque se este for demasiado elevado, vai acumular uma grande quantidade de *stock* e consequentemente aumentar as despesas operacionais. Por outro lado, se este for demasiado pequeno, não irá conseguir proteger o posto restritivo das instabilidades, perdendo o efeito pretendido.

- **Rope:** Esta analogia representa o mecanismo de comunicação entre a restrição e o início do processo. A partir desta comunicação, o material será libertado para o sistema de acordo com a taxa de processamento do bottleneck, impedindo que o primeiro posto liberte material mais rapidamente do que a restrição o processa. É importante também que, sempre que o *buffer* estiver abaixo dos limites estabelecidos, os postos de trabalho antes destes, garantam a produção para o abastecer.

Desta forma, existem dois tipos de *Ropes*: *Rope 1* que efetua a comunicação entre o cliente e o *bottleneck*, programando a exploração da restrição consoante a procura do mercado; e *Rope 2* que subordina o sistema à restrição, permitindo que o sistema esteja protegido, uma vez que o tamanho do *buffer* está equilibrado com a entrada de materiais.

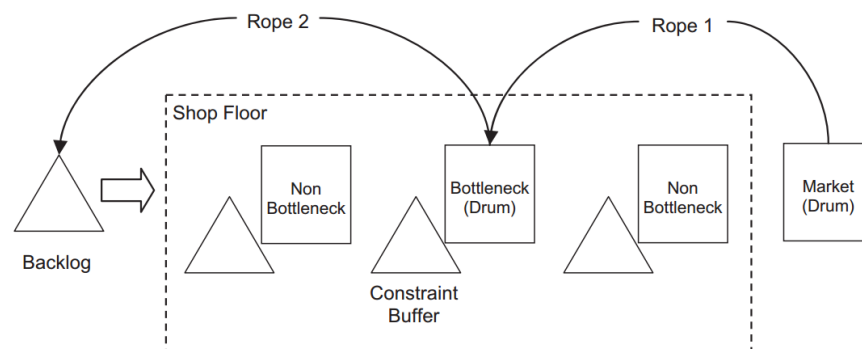


Figura 3.7- *Drum-Buffer-Rope*.

[Fonte (Thürer et al., 2017)]

Esta ferramenta é capaz de reduzir o número de postos a serem planejados, alertar para eventuais interrupções da produção e direcionar a atenção principalmente para os processos restritivos.

3.1.2.2. Outras ferramentas da TOC

A teoria das Restrições apresenta várias ferramentas de apoio. De seguida são abordadas as mais comuns:

- **Medidas de avaliação de desempenho**

A Teoria das Restrições oferece três medidas para avaliar o desempenho de uma entidade (Tenera, 2006): as receitas (T), que o sistema gera através das vendas por unidade de tempo; os investimentos (I), o valor investido em matérias-primas, equipamentos, entre outros; e as despesas operacionais, (OE) que correspondem a todas as despesas para transformar os investimentos em receitas.

- ***Thinking Process***

Para dar resposta às três perguntas básicas da TOC foi desenvolvida uma componente de suporte chamada processo de raciocínio ou *Thinking Process* que é composta por diversas ferramentas, as quais procuram facilitar a identificação da restrição, determinar soluções e desenvolver um pensamento crítico (COX III & SPENCER, 2002).

O TP baseia-se em relações do tipo efeito-causa-efeito e na visão crítica da realidade, procurando-se entender porque é que as coisas acontecem e não como elas acontecem (Lacerda, Rodrigues, & da Silva, 2011). Estas ferramentas garantem meios rigorosos, sistemáticos e lógicos para resolver problemas ligados a políticas de gestão, estando divididas em duas categorias (Cox & Schleier, 2010) (Tenera, 2006):

1) **Lógica causa-efeito**

Árvore da Realidade Atual (CRT- *Current reality Tree*) – Onde se identificam as fraquezas do negócio e quais as causas que as originam.

Árvore de Realidade Futura (FRT- *Future Reality Tree*) – Analisa quais as medidas que se têm de tomar para resolver os problemas e atingir os objetivos.

Árvore de Transição (TT- *Transition Tree*) – Desenvolve os passos necessários para que as ações sejam implementadas.

2) Lógica condicional

Diagrama de Resolução de Conflitos (CRD – *Conflict Resolution Diagram*) – Usado para a resolução de conflitos que estão enraizados na organização, que escondem problemas crônicos.

Árvore de Pré-Requisitos (PRT- *Pre-requisite Tree*) – Identifica o modo de ultrapassar os obstáculos e quais os objetivos.

Na Tabela 3.1 são apresentadas as ferramentas do TP, usadas para cada questão básica.

Tabela 3.1- As três questões básicas e as suas Ferramentas.

[Adaptado (Cox & Schleier, 2010)]

Questão básica da TOC	Ferramenta
O que mudar?	Árvore da Realidade Atual (CRT- <i>Current reality Tree</i>)
Para o que mudar?	Árvore de Realidade Futura (FRT- <i>Future Reality Tree</i>)
	Diagrama de Resolução de Conflitos (CRD – <i>Conflict Resolution Diagram</i>)
Como fazer essa mudança?	Árvore de Transição (TT- <i>Transition Tree</i>)
	Árvore de Pré-Requisitos (PRT- <i>Pre-requisite Tree</i>)

3.1.3. Sistema Seis Sigma

O Seis Sigma teve origem na Motorola nos anos 80, sendo uma ferramenta de melhoria da qualidade utilizada com o objetivo de reduzir o número de defeitos e a variabilidade de um processo. Esta metodologia passou por três gerações distintas. A primeira geração (1985-1993) caracterizou-se por eliminar os defeitos e reduzir os desvios nos processos produtivos, tendo sido desenvolvida pela Motorola. Na segunda geração (1993-2002), para além dos objetivos da primeira geração, introduziu-se também a redução

do custo de fabrico, otimização do *design* do produto, preocupação com a satisfação do cliente, otimização dos projetos e comercialização. Por último, a terceira e última geração (2002-dias de hoje) que introduz a criação de valor nas organizações e *Stakeholders* (Montgomery & Woodall, 2008).

Esta metodologia tem duas perspetivas: a estatística e o negócio. A perspetiva estatística é a base do Seis Sigma, tendo por objetivo atingir menos de 3,4 defeitos por cada milhão de oportunidades, o que equivale uma taxa de eficiência de 99,9997%. A letra σ (Sigma) corresponde ao desvio-padrão para representar a variabilidade do processo. Com o Seis Sigma pretende-se que os processos possuam uma variação menor a seis desvios da média, como está representado na Figura 3.8.

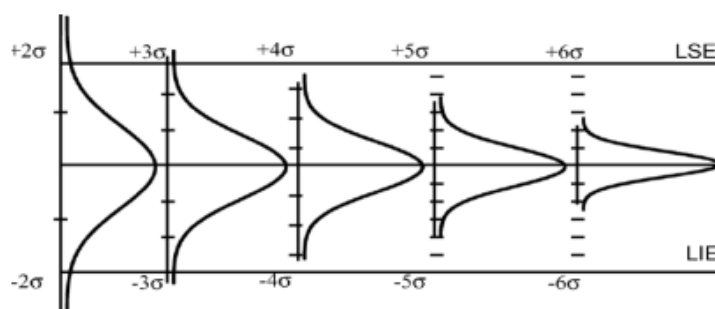


Figura 3.8- Redução da variabilidade do processo.

[Fonte: (Isabel & Quintaneiro, 2014)]

Por outro lado, existe ainda a perspetiva de negócio, sendo esta vista como uma estratégia para melhorar a eficiência e otimizar os processos, sempre com o objetivo de atingir as exigências e necessidades dos clientes.

O Seis Sigma tem como meta a obtenção de processos perfeitos, com um controlo rigoroso de qualidade e análise de dados, sem deixar que qualquer tipo de erro passe sem ser analisado e eliminado.

Para implementar o Seis Sigma, existem dois modelos, constituídos por uma série de etapas focadas na melhoria contínua: o DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) e o DFSS (*Design For Six Sigma*) que adota o modelo DMADV (*Define-Measure-Analyze-Design-Verify*). O modelo DMAIC tem como propósito a melhoria e aperfeiçoamento de processos já existentes, que se traduz numa melhoria da qualidade dos produtos. Enquanto o DMADV é usado para novas implementações de processos/produtos, prevenindo fragilidades funcionais.

O modelo DMAIC, tal como se encontra representado na Figura 3.9, é um ciclo de melhoria contínua que garante melhores resultados ao nível da redução de produtos não-conformes no sistema.



Figura 3.9- Ciclo DMAIC.

Na Tabela 3.2 encontra-se uma síntese das 5 fases do ciclo.

Tabela 3.2- Descrição das fases do ciclo DMAIC.

Fase	Descrição
<i>Define</i> (Definir)	Definir com exatidão o objetivo do projeto, quais os clientes, as suas exigências e quais as suas expectativas. Definem-se quais as datas de início e fim e quais equipas que irão trabalhar no projeto.
<i>Measure</i> (Medir)	Determina-se qual o foco do problema sendo necessário fazer um forte levantamento de dados que permitam concluir quais as métricas a usar, o critério de rejeição a que se irá recorrer e determinar se o equipamento de medida é adequado.
<i>Analyze</i> (Analisar)	Analisam-se as causas de cada problema, fazendo-se uma análise das lacunas existentes entre o desempenho atual e o desempenho que se pretende obter, priorizam-se oportunidades para melhorar e identificam-se fontes de variação.
<i>Improve</i> (Melhorar)	Propõe-se, avalia-se e implementam-se soluções para os problemas através de plano de ação utilizando a tecnologia e a disciplina. Melhora-se o número de defeitos e o processo respeitando sempre as necessidades do cliente.
<i>Control</i> (Controlar)	Definir planos a longo prazo, para evitar que os mesmos problemas voltem a incidir. É necessário garantir que as melhorias forma atingidas e que se mantêm sustentáveis a longo prazo. Para isto é necessário desenvolver e implementar plano de monitorização contínua, de modo a que as melhorias sejam estandardizadas.

Uma das chaves para obter sucesso na implementação do Seis Sigma passa por fazer ajustes na forma de pensar e trabalhar dos colaboradores. Todos os colaboradores devem estar motivados para fazerem o seu trabalho com a melhor qualidade possível, evitando falhas ou facilitismos.

3.1.3.1. Ferramentas do Seis Sigma

As ferramentas do Seis Sigma são ferramentas de controlo de qualidade, cada vez mais frequentes na indústria, por serem tão intuitivas e auxiliarem fortemente a organização dos processos. Cada ferramenta tem a sua própria utilização, não existindo uma “receita” para saber qual receita usar para cada fase do processo. De seguida, são apresentadas algumas das principais ferramentas do sistema Seis Sigma.

- **Diagrama Pareto ou gráfico Pareto**

O gráfico Pareto é um gráfico de barras onde estão ordenadas as frequências das ocorrências, da maior para a menor apresentando a soma total acumulada. O princípio Pareto é conhecido como a proporção “80/20” onde é comum que 80% dos problemas resultem de apenas 20% das causas potenciais, ou seja, 20% dos nossos problemas sem importância podem vir a causar 80% dos nossos problemas mais graves.

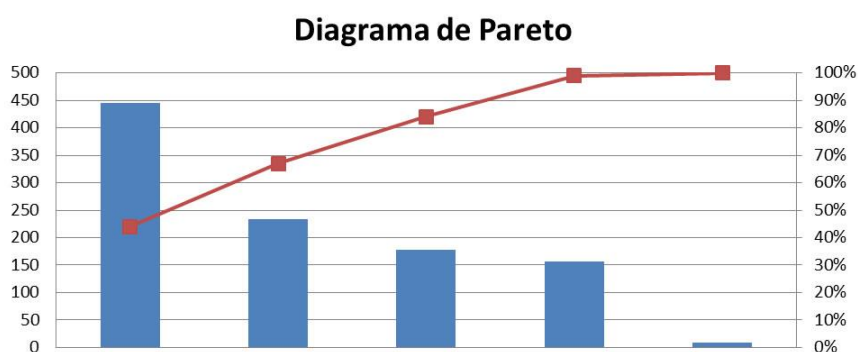


Figura 3.10- Exemplo de um Diagrama Pareto.

Este diagrama permite facilmente visualizar e identificar as causas e os problemas mais triviais, e se estas causas menores forem identificadas e melhoradas, é possível eliminar os principais problemas.

- **Diagrama de Ishikawa**

Também conhecido como o Diagrama Causa-Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe que analisa as causas principais de um problema, dirigindo-se para as sub-causas deste. A partir

deste é possível organizar o raciocínio, entender como vários fatores se relacionam, e obter uma lista de todas as possíveis causas para o problema. Com este diagrama não se comete o erro comum de procurar a verdadeira “causa”, ignorando-se causas que podem estar dependentes umas das outras.

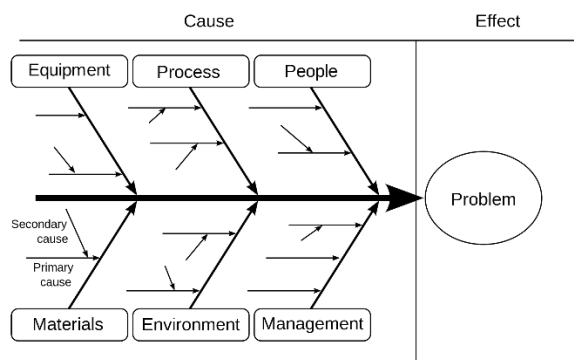


Figura 3.11- Exemplo de um Diagrama Ishikawa.

- **Fluxograma**

É uma representação esquemática de um processo, onde estão ilustradas todas as atividades, fases e pontos de decisão. O fluxograma é uma excelente ferramenta visual que facilita a compreensão do processo, permitindo identificar os pontos mais críticos onde é necessário despender mais atenção.

Ao elaborar-se um fluxograma de um processo são identificados problemas que não eram visíveis antes deste, sendo possível fazer uma análise crítica de possíveis melhorias e alcançar melhores resultados.

- **Cartas de Controle**

As cartas de controle são ferramentas usadas para permitirem o controle e melhoria de um processo através da monitorização do mesmo. Através desta monitorização é possível fazer uma análise estatística do processo, saber se o processo está fora de controle ou com que frequência existem ocorrências fora da conformidade.

Esta ferramenta foi introduzida por *Shewhart*, que demonstrou que se forem definidos limites superiores e inferiores iguais a três vezes o desvio padrão de uma quantidade de amostras, garante-se que 99,73% da variação de causas comuns estariam dentro desses limites, criando-se um controle do processo.

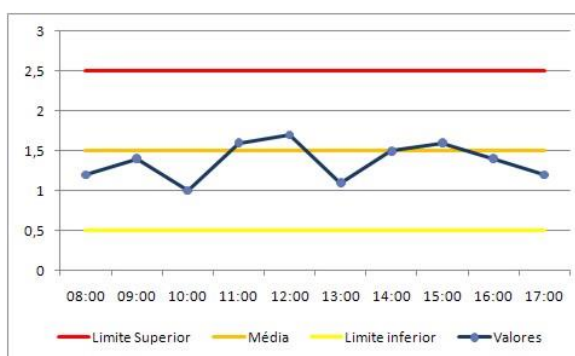


Figura 3.12- Exemplo de uma Carta de Controleo.

Existem cartas de controlo com dois tipos de dados: dados variáveis ou dados tipo atributos. Se forem usados dados variáveis, estes têm de se referir a características que consigam ser expressas em escalas contínuas, como dimensões, temperatura, etc. Por outro lado, os dados do tipo atributos representam valores discretos onde é possível tomar uma decisão: “passa/ não passa”, “conforme/não conforme”.

3.1.4. Sistema Integrado Teoria das Restrições, Lean e Seis Sigma (TLS)

Os três sistemas de melhoria contínua apresentados possuem bases distintas para melhorar os processos produtivos. Contudo é possível verificar que apresentam também diversos elementos complementares que se sobrepõe aos pontos divergentes (Pacheco, 2014).

A combinação destas três abordagens consegue originar um modelo integrado mais versátil, robusto e onde se combinam os pontos mais fortes das três abordagens.

Na Tabela 3.3 procede-se a uma comparação de diversos critérios dos três sistemas de melhoria contínua.

Tabela 3.3- Comparação entre os três modelos clássicos.

[Adaptado (Pacheco, 2014)]

Critério	Lean	Seis Sigma	Teoria das restrições
Teoria	Eliminar desperdícios e identificação do valor	Reduzir a variação e defeitos	Gerenciamento da restrição e gerar ganho
Foco	Foco no fluxo	Foco no problema	Foco na restrição
Objetivos	Simplificar	Estabilizar	Sincronizar

Pressupostos	-A remoção de perdas vai melhorar o desempenho do sistema; -Diversas melhorias pequenas são melhores do que a análise global do sistema.	-Existe um problema; -São usadas ferramentas estatísticas; -Melhoria do output do sistema pela redução de variabilidade de todos os processos.	-Interdependência de processos; -Ênfase na velocidade e no volume.
Efeito primário	Redução do tempo de fluxo	Aumenta o ganho rapidamente	Aumenta o ganho rapidamente
Efeito Secundário	-Reduz a variabilidade; -Reduz o inventário. Novo sistema contabilístico; -Fluxo é o medidor de performance; -Melhora a qualidade e produtividade; -Padroniza o processo.	-Reduz as perdas e gera ganhos rapidamente; -Reduz inventário; -A variabilidade é o medidor de performance; -Melhora a qualidade; -Promove uma cultura de mudança.	-Reduz o inventário e perdas; -Ganho é o medidor de performance; -Melhora a qualidade
Críticas	Não aplica ferramentas estatísticas ou sistemas de análise.	Não considera a interação do sistema. As melhorias no processo são feitas de forma independente.	Ignora outros problemas ou partes da organização por se focar apenas na restrição. Análise de dados não é avaliada.
Impacto Financeiro	Redução do inventário e custo operacional.	Redução do custo operacional.	Aumento dos ganhos.
Facilidade de implementar	Menor dificuldade	Dificuldade média	Maior dificuldade.
Efeito sobre a variabilidade	Reduz	Reduz	Absorve a variabilidade.

Embora a Teoria das Restrições, o *Lean* e Seis Sigma apresentem ferramentas e características diferentes, todas têm em comum uma característica: causarem um impacto financeiro positivo.

Se uma organização optar por recorrer a um destes sistemas isoladamente, irá deparar-se com dificuldade em escolher qual das metodologias aplicar. Assim, Sproull (2010) desenvolveu no seu trabalho uma análise das forças e fraquezas de cada abordagem, que permite compreender melhor o efeito de complementaridade das metodologias.

Tabela 3.4- Forças, Fraquezas e Complementaridade dos três modelos clássicos.

	<i>Lean</i>	Seis Sigma	Teoria das Restrições
Forças	<p>1-Apresenta uma estratégia para integrar melhorias através do mapeamento do fluxo de valor e o foco para maximizar a agregação de valor e reduzir o desperdício.</p> <p>2-Defende inovação do processo.</p> <p>3-Resposta rápida para soluções óbvias.</p> <p>4- Envolvimento da equipa em todos os níveis hierárquicos, combatendo assim a resistência à mudança.</p>	<p>1-Através da abordagem estatística é possível resolver problemas complexos, que não podem ser resolvidos por intuição ou tentativa e erro.</p> <p>2-A recolha de dados que apoia o objetivo.</p> <p>3-O foco na redução da variação melhora a previsibilidade e reduz os riscos.</p>	<p>1-Simplifica os processos com o foco nas restrições para a gestão de um processo, bem como esforços para os melhorar.</p> <p>2-Avalia todos os processos dentro um contexto sistêmico.</p> <p>3-Distingue restrições políticas de restrições físicas.</p> <p>4-Promove a melhoria dos indicadores (ganhos, inventário e custos operacionais).</p>
Fraquezas	<p>1-Ao não avaliar razoavelmente as decisões, pode promover riscos.</p> <p>2-Pode não promover evidências suficientes dos benefícios do negócio perante uma gestão tradicional.</p> <p>3-É limitado quando lida com problemas de interação complexa e recorrente.</p>	<p>1-Os métodos estatísticos não são adequados para a análise da integração do sistema.</p> <p>2-Forte dependência dos métodos estatísticos.</p> <p>3-O forte foco no processo estável pode levar à aversão a correr riscos e procurar soluções mais inovadoras.</p>	<p>1-Demasiado foco na exploração da restrição pode levar a aceitar grandes perdas em outros processos que não são a restrição.</p> <p>2-Se o processo subjacente é inadequado, mesmo que esteja muito bem gerido, pode não alcançar as metas e objetivos.</p> <p>3-Não trata da necessidade de mudança cultural</p>
Complementaridade	<p>1-Força 3 do Seis Sigma.</p> <p>2 – Força 2 do Seis Sigma e Força 4 do TOC.</p> <p>3 – Força 1 do Seis Sigma e Força 3 do TOC.</p>	<p>1 – Força 1 do <i>Lean</i> e Força 2 do TOC.</p> <p>2 – Força 2 e 3 do <i>Lean</i>.</p> <p>3 – Força 2 do <i>Lean</i>.</p>	<p>1 – Força 1 do <i>Lean</i> e Força 2 do Seis Sigma.</p> <p>2 – Força 2 do <i>Lean</i>.</p> <p>3 – Força 4 do <i>Lean</i>.</p>

Constata-se, de forma geral, que há mais pontos de sobreposição entre estas metodologias, do que aspetos de exclusão, o que torna viável construir um modelo integrado, que esteja fortemente ligado à melhoria contínua.

O Sistema TLS, consegue integrar fundamentos, métodos e ferramentas de três metodologias diferentes, permitindo em simultâneo a melhoria contínua dos sistemas através da redução de desperdícios, redução da variabilidade e identificação da restrição que mais prejudica o processo. Neste momento, ainda não foram desenvolvidos muitos modelos,

porém existem já alguns que são importantes de referir como: modelo iTLS desenvolvido por Piratesh e Farrah em 2006; o modelo Ultimate Improvement Cycle (UIC) desenvolvido por Bob Sproull em 2010; o modelo TOCLSS desenvolvido pelo Instituto AGI em 2010; e por fim, o modelo de Excelência 360° desenvolvido por Eduardo Moura em 2010.

Uma das mais conhecidas experiências com o modelo TLS realizou-se na empresa Sanmina-SCI DOE. Durante dois anos e meio, realizaram-se mais de 100 projetos diferentes em 21 fábricas, onde 11 utilizaram o modelo Seis Sigma, 4 o modelo *Lean* e 6 o modelo TLS. As conclusões que se tiraram por comparação, foram que as 6 fábricas que implementaram o TLS apresentaram uma contribuição de 89% no total da redução de custos, enquanto que as que implementaram Seis Sigma e *Lean*, apresentaram apenas uma redução de 7% e 4% respetivamente (Woeppel, 2009).

4. PROPOSTA DE UM MODELO TLS

A metodologia seguida nesta dissertação baseia-se num modelo TLS. Deste modo, neste capítulo é proposto um modelo que combina os sistemas referidos anteriormente, pretendendo-se que o modelo seja flexível, de modo a poder ser implementado em qualquer sistema produtivo.

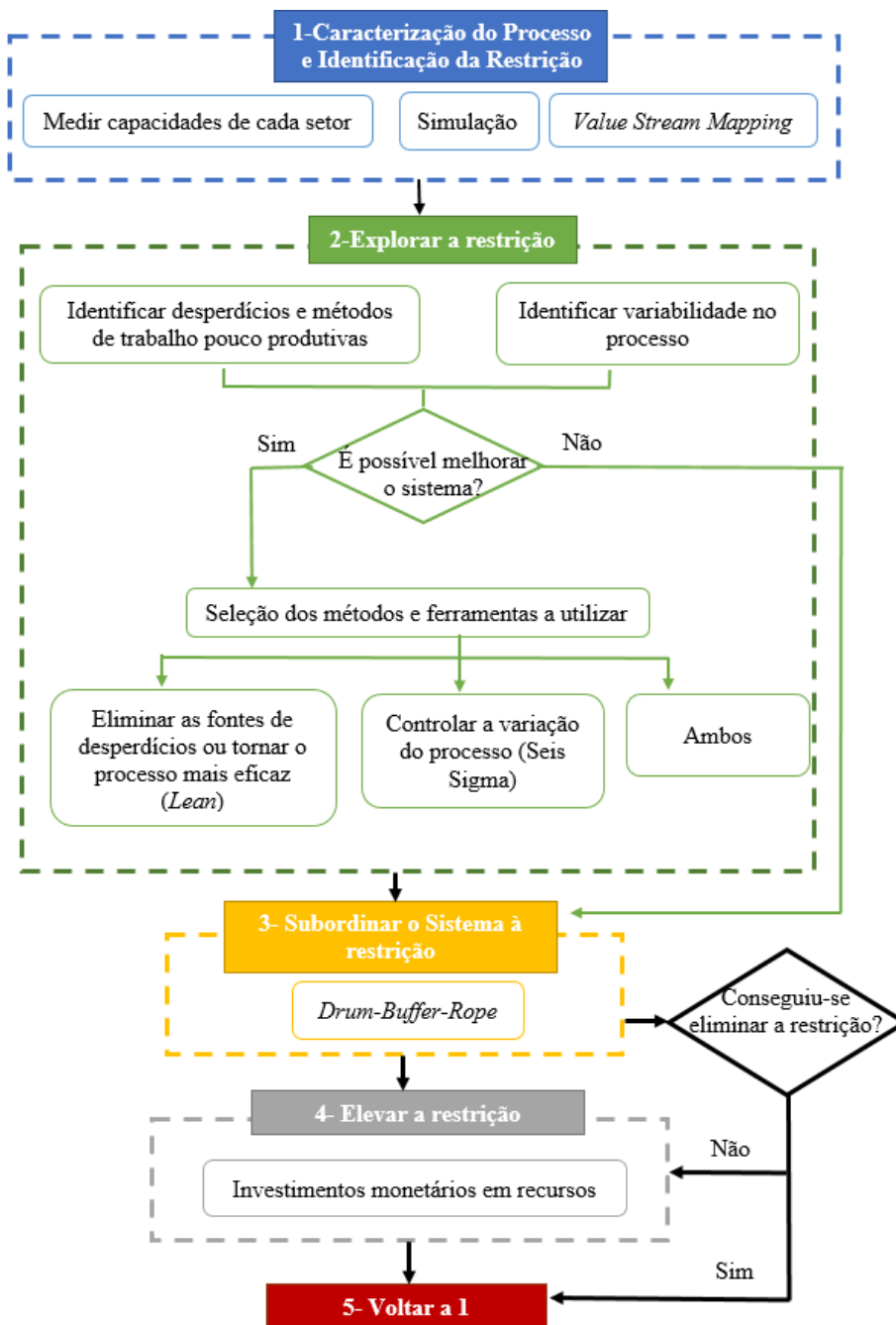


Figura 4.1- Modelo TLS proposto.

O modelo TLS proposto funciona como guia de implementação, porém podem haver alterações consoante as necessidades ou resultados obtidos.

Este modelo baseia-se na lógica do modelo TOC dos cinco passos de foco, complementado com modelos integrados já existentes, como o Modelo UIC, Modelo iTLS, mas especialmente no modelo desenvolvido por Luís Silva (2015), visto que foi aplicado no mesmo sistema produtivo. No entanto, foram feitas algumas alterações, de forma a tornar o modelo o mais completo e versátil possível.

Na fase 1, **Caracterização do Processo e Identificação da Restrição**, o principal objetivo é encontrar a restrição do sistema, isto é, a etapa que limita o processo produtivo de alcançar o seu potencial. Para isso, é necessário caracterizar e explorar o processo detalhadamente, de forma a compreender quais as mudanças necessárias realizar. Para identificar a restrição deve-se:

- Calcular as capacidades de todas as máquinas individualmente, sendo possível obter a capacidade produtiva de cada processo e compará-las.
- Fazer um diagrama do processo, calcular os tempos de ciclo, eficiências, tempos de operações, *takt time* e *lead time*. A partir desta informação é possível contruir um mapeamento do fluxo de valor do processo, ou seja, um VSM do estado atual e compreender melhor o processo e o funcionamento do seu fluxo.
- Recorrer a um simulador que permita imitar o comportamento do sistema real, onde seja possível testar diferentes cenários e acompanhar a evolução de acumulação de inventário antes de cada processo.

A partir das ferramentas acima descritas, segue-se uma análise pormenorizada dos resultados até se concluir qual a restrição do sistema, sendo esta a prioridade e o foco da melhoria.

Na fase 2, **Explorar a restrição**, tal como no segundo passo do modelo de Goldratt é explorada a restrição do sistema. Neste passo não se recorre a investimentos financeiros, passando apenas por “espremer” ao máximo a restrição, tentando torna-la o mais eficiente possível. Para isso, parte-se da identificação dos desperdícios e métodos de trabalho pouco produtivos, bem como da identificação das variabilidades no processo.

No caso de se concluir que o processo não apresenta qualquer tipo de melhorias porque a restrição já se encontra fortemente explorada, deve-se subordinar o sistema à restrição que corresponde à fase 3.

Por outro lado, se existem melhorias que possam ser efetuadas, é necessário selecionar as ferramentas mais indicadas para cada situação. No caso de se identificarem possíveis melhorias nos desperdícios e nos métodos de trabalho, recorre-se a ferramentas *Lean*, sendo de destacar para este modelo as seguintes:

- Melhorar a organização através da aplicação dos 5'S e gestão visual;
- Reformular *Kanban's* da produção;
- Alocar um número mínimo de máquinas para um produto, organizar o trabalho e garantir coesão entre setores;
- Implementar um fluxo contínuo;
- Criar *Standard Work* para garantir a normalização das alterações.

Caso exista variabilidade no processo, recorre-se às ferramentas Seis Sigma, como:

- Através de diagramas de *Ishikawa* (ou Causa-Efeito) avaliar mudanças e seguidamente executá-las.
- Consciencializar os colaboradores para a importância da redução da variabilidade do processo.

A fase 3, **Subordinar o sistema à restrição**, ocorre depois de desenvolvidas todas as melhorias na restrição. É importante que todo o sistema funcione ao mesmo “ritmo”, sendo necessário submeter todo o sistema à restrição, caso contrário, não será possível eliminá-la. Nesta fase implementam-se ferramentas como o DBR, criando-se *buffers* e obrigando os processos a trabalhar à mesma velocidade. É ainda importante que os *Kanbans* sejam dimensionados de acordo com a capacidade da restrição.

Após este processo é necessário avaliar se a restrição foi eliminada, e caso tenha sido deve-se fechar o ciclo atual e iniciar-se um novo ciclo, como indica a fase 5, **Voltar a 1**.

No caso de a restrição não ter sido eliminada inicia-se a fase 4, **Elevar a restrição**. Esta será a última fase do ciclo, e só ocorre se as melhorias efetuadas com as ferramentas mencionadas anteriormente não se revelem suficientes.

Elevar a restrição acarreta investimentos monetários, podendo passar pela contratação de mais colaboradores, compra de novas máquinas, investimentos em novas inovações, entre outros.

Quando terminada esta fase, espera-se a eliminação da restrição, iniciando-se um novo ciclo.

5. PRIMEIRO CICLO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO TLS PROPOSTO

No presente capítulo apresentar-se-á a implementação do modelo TLS proposto no processo produtivo das rolhas TT e “0+1”. Como já foi referido no capítulo anterior, será seguida uma metodologia que tem por base os cinco passos da teoria das restrições.

5.1. Caracterização do sistema e identificação da restrição

Neste subcapítulo proceder-se-á a uma caracterização mais aprofundada relativamente à apresentada na Seção 2.3, onde serão avaliadas as capacidades por setor, o estado atual do sistema a partir de um VSM e uma simulação. A partir de todos os estes resultados será identificada o *bottleneck* da cadeia de produção.

5.1.1. Capacidade dos setores

Para caracterizar um sistema de forma consciente, é prioritário e essencial conhecer as capacidades processamento de cada setor. Deste modo, é importante recordar as diferentes etapas que compõe o processo:

- Extrusão (formação de corpos)
- Colagem (colagem de discos ao corpo)
- Retificação (formação de rolhas com dimensões pretendidas)
- Lavação (processo de lavagem das rolhas com produtos químicos que conferem a cor)
- Escolha Eletrónica (separação de rolhas por grau de qualidade)
- Embalagem (embalamento de rolhas para o cliente final)

Assim, para o cálculo das capacidades, efetuaram-se três medições, onde durante um minuto se calculou o número de rolhas que cada máquina processava em todas as etapas sem contabilizar paragens. O tamanho da amostra é um parâmetro de grande importância porque, se por um lado, amostras desnecessariamente grandes acarretam desperdício de tempo, por

outro lado, amostras pequenas podem levar a resultados não confiáveis. Para confirmar se o número de amostras escolhido é suficiente, utilizou-se o seguinte método de amostragem, a partir do qual se calcula o número de amostras mínimas para cada situação face a um determinado nível de confiança:

$$n = \left(\frac{Z \times \bar{s}}{A \times \bar{x}} \right)^2 \quad (5.1)$$

Onde n representa o número de observações mínimas, Z o intervalo de confiança, \bar{s} o desvio padrão e \bar{x} a média de rolhas processadas por minuto. Para este cálculo assumiu-se uma distribuição normal para o número de rolhas processadas, um intervalo de confiança de 99% ao qual corresponde um valor de Z de 2,575 e um erro de 10%.

➤ Capacidade da Extrusão

Para o caso em estudo apenas se consideraram as linhas 3, 4 e 5 da extrusão que produzem corpos com comprimentos 31,2 mm, 36,2 mm e 42,5 mm. A taxa de produção difere de linha para linha e também do tipo de corpos que produzem, porque comprimentos diferentes originam tempos de produção diferentes. No *Anexo AI* podem-se observar os resultados obtidos após se realizarem as três medições, confirmando-se que o número de amostras mínimas era cumprido. Também se discutiram, com os responsáveis da produção, as conclusões, validando-se assim os resultados obtidos. Encontrados os valores médios de produção por minuto, estimou-se a capacidade de cada linha por hora.

Para se calcular a capacidade total do processo, é necessário ter em consideração a quantidade de cada tipo de corpos que foi produzida. Assim, a partir dos registos da produção concluiu-se que 9,55% dos corpos são de comprimento 31,2 mm, 80,53% de comprimento 36,2 mm e 9,92% de 42,5 mm.

Tabela 5.1- Capacidade Teórica Média das Linhas da Extrusão.

Linhas	Capacidade 31,2 mm (Rolhas/hora)	Capacidade 36,2 mm (Rolhas/hora)	Capacidade 42,5 mm (Rolhas/hora)	Capacidade teórica (Rolhas/hora)
3	44 160,00	38 400,00	33 600,00	38 232,00
4	46 080,00	39 360,00	34 560,00	39 276,00
5	50 880,00	40 320,00	35 520,00	40 596,00

A capacidade teórica da Extrusão é dada pela soma das capacidades das linhas 3, 4 e 5 o que resulta em **118 104 rolhas/hora**.

➤ Capacidade da Colagem

A colagem é um processo que apresenta dois tipos de máquinas: 1K e 2K, com capacidades de produção muito distintas. Para o tipo de rolhas em estudo, não se considera as máquinas 2.9, 2.10 e 2.11. À semelhança do que foi feito no processo anterior, no *Anexo AIII* encontram-se os resultados obtidos através das três medições. Na tabela 5.2 encontra-se a média da capacidade teórica de cada máquina da colagem

Tabela 5.2- Capacidades Teórica Média das Máquinas da Colagem

Máquina	Capacidade (Rolhas/minuto)	Capacidade (Rolhas p/hora)
1.1	182,00	10 920,00
1.2	180,00	10 800,00
1.3	178,00	10 680,00
1.4	194,00	11 640,00
1.5	181,00	10 860,00
1.6	195,00	11 700,00
1.7	194,00	11 640,00
1.8	191,00	11 460,00
1.9	188,00	11 280,00
1.10	98,00	5 880,00
1.11	99,00	5 940,00
2.1	191,00	11 460,00
2.2	190,00	11 400,00
2.3	200,00	12 000,00
2.4	197,00	11 820,00
2.5	102,00	6 120,00
2.6	103,00	6 180,00
2.7	102,00	6 120,00
2.8	103,00	6 180,00

A capacidade teórica da colagem é dada pela soma das capacidades de cada máquina, sendo esta **184 080 rolhas/hora**.

➤ Capacidade da Retificação

A retificação, ou Acabamentos Mecânicos, é constituída por duas etapas: o Ponçamento e de seguida o Topejamento. Para fazer as medições desta secção consideraram-se apenas as

cadências do topejamento, visto que as ponçadeiras trabalham a um ritmo bastante elevado, permitindo abastecer o *buffer* para alimentar as topejadeiras. Mais uma vez, foram efetuadas três medições, cujos resultados obtidos se podem observar no *Anexo AIII*. Na Tabela 5.3, encontra-se registada a média da capacidade teórica de cada máquina.

Tabela 5.3- Capacidade Teórica Média das Máquinas da Retificação.

Máquina	Capacidade (Rolhas p/minuto)	Capacidade (Rolhas p/hora)
1	180,00	10 800,00
2	194,00	11 640,00
3	170,00	10 200,00
4	176,00	10 560,00
5	188,00	11 280,00
6	191,00	11 460,00
7	192,00	11 520,00
8	176,00	10 560,00
9	198,00	11 880,00
10	180,00	10 800,00
11	175,00	10 500,00
12	184,00	11 040,00
13	179,00	10 740,00
14	195,00	11 700,00
17	195,00	11 700,00

A capacidade teórica da retificação é dada pela soma das capacidades das máquinas que a compõe, sendo de **166 380 rolhas/hora**.

➤ Capacidade da Lavação

Na lavação procedeu-se ao cálculo das capacidades de forma diferente, devido ao facto deste setor possuir características muito próprias, dependendo totalmente dos operadores para carregarem e descarregarem as máquinas. Este setor é composto por seis máquinas, com diferentes capacidades e diferentes tempos de lavação para os diversos programas. Dentro destas seis máquinas, das quais cinco apresentam uma capacidade de 60 000 rolhas/lavação e uma capacidade para 45 000 rolhas/lavação.

Como já foi referido, os tempos de cada programa dependem da máquina em que são efetuados. Assim, foi cronometrado o tempo de cada programa de lavação para as diferentes máquinas, adicionado o tempo de carga e descarga das máquinas e calculadas as respetivas médias para cada programa. Concluiu-se que os tempos não diferem muito uns dos outros. Os resultados encontram-se na Tabela 5.4.

Tabela 5.4- Cálculo da média dos tempos de lavação de cada programa.

Programa	Máquina 1 (min.)	Máquina 2 (min.)	Máquina 3 (min.)	Máquina 4 (min.)	Máquina 5 (min.)	Máquina 6 (min.)	Média dos tempos (min.)
CI2000	165	180	195	150	150	150	165
CL0	70	70	70	60	60	80	70
Clear	140	140	140	85	85	-	120

Em seguida foi calculada a capacidade horária para cada tipo de lavação, como está apresentado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5- Capacidade horária média para cada tipo de lavação.

Programa	Média dos tempos de lavação	Capacidade Máquinas 1-5	Capacidade Máquina 6	Capacidade Horária (rolhas/hora)
CI2000	165,00	60 000,00	45 000,00	125 455,00
CL0	70,00	60 000,00	45 000,00	295 714,00
Clear	120,00	60 000,00	45 000,00	172 500,00

Para o cálculo da capacidade teórica da lavação é necessário saber a quantidade percentual de cada tipo de lavação que foi realizado no último ano. Assim, através dos registos da produção chegou-se à conclusão que 71% das lavações efetuadas são de CI2000, 27% de Clear e 2% de CL0. Através de uma média ponderada foi possível calcular a capacidade teórica, sendo esta **141 563 rolhas/hora**.

➤ Capacidade da Escolha Eletrónica

À semelhança dos processos anteriores, também foram efetuadas três medições de um minuto cada, estando os resultados apresentados no *Anexo IV*. Na Tabela 5.6 encontra-se o valor médio das três observações em cada máquina.

Tabela 5.6- Capacidade Teórica Média das máquinas da Escolha Eletrónica.

Máquina	Capacidade (Rolhas/minuto)	Capacidade (Rolhas /hora)
1	202	12 120,00
2	200	12 000,00
3	205	12 300,00
4	201	12 060,00
5	168	10 080,00
6	170	10 200,00

7	165	9 900,00
8	171	10 260,00
9	166	9 960,00
10	163	9 780,00
11	167	10 020,00
12	169	10 140,00
13	173	10 380,00
14	168	10 080,00
15	162	9 720,00
16	208	12 480,00
18	199	11 940,00

Verifica-se que a capacidade teórica do processo da Escolha Eletrónica é de **183 420 rolhas/hora**.

➤ Capacidade da Embalagem

A capacidade da embalagem está fortemente relacionada com o número de operadores que lhe estão alocados. Este processo depende do tempo que a máquina demora a encher um saco, mas também do tempo que o operador demora a concluir o ensacamento, a registar informaticamente o lote e ainda o tempo de filmar as paletes. Existem duas máquinas de embalar que, para funcionarem, necessitam sempre de um operador. No entanto, apenas um dos turnos é composto por dois operadores.

Há ainda que ter em conta que, sempre que o operador não está no seu posto de trabalho, o processo de embalagem é obrigado a parar. Assim, por turno, trabalha no máximo 7 horas por dia visto que o operador tem de fazer paragens para pausas e refeições.

Desta forma, acompanhou-se a atividade de um operador, cronometrando-se o tempo que demora a encher um saco (que contém 5 000 rolhas), o tempo que demora a formar uma palete (com 18 sacos) e o tempo que se demora a filmar uma palete. Os resultados encontram-se na Tabela 5.7.

Tabela 5.7- Capacidade Teórica das máquinas de embalar.

	Tempo de completar um saco (Minutos)	Tempo de completar uma palete (Minutos)	Tempo de filmar uma palete (Minutos)	Capacidade (Rolhas p/minuto)
Máquina 1	1,14	32	2	139 500
Máquina 2	1,5	36	2	124 342

Como já foi referido, a máquina 2 apenas trabalha num dos turnos, tendo sido necessário considerar este aspeto. Pode-se então concluir que a capacidade teórica da embalagem é de **180 948 rolhas/hora**.

➤ **Resumo das Capacidades Teóricas do Sistema**

Na Tabela 5.8 é apresentado um resumo das capacidades teóricas de todos os processos calculados. Neste cálculo não se têm em consideração micro-paragens, paragens para manutenção e limpezas dos equipamentos ou avarias e acontecimentos não programados.

Tabela 5.8- Resumo de Capacidades Teóricas de Todos os Processos.

Processo	Capacidade Teórica (Rolhas/hora)
Extrusão	118 104
Colagem	184 080
Retificação	166 380
Lavação	141 563
Escolha Eletrónica	183 420
Embalagem	180 948

Como se pode concluir, a partir da análise do resumo das capacidades, que a restrição do processo em termos de capacidade teórica é a Extrusão, apresentando uma capacidade de cerca de 36% abaixo da Colagem (o processo com maior capacidade produtiva). No entanto serão usadas mais ferramenta, a fim de chegar a uma conclusão fundamentada.

5.1.2. Caracterização do estado atual: *Value Stream Mapping* (VSM)

Para se realizar um VSM é necessário calcular diversas métricas. Deste modo, serão apresentadas de forma sequencial todos os cálculos realizados para chegar ao *Current State*.

- ***Takt Time***

O *Takt Time* do sistema corresponde ao ritmo de produção necessário para conseguir responder à procura do mercado. Esta unidade indica a cadência de produção de uma peça traduzida em segundos, sendo dada pela Equação 5.2:

$$Takt\ Toma = \frac{Tempo\ Disponível}{Valor\ Orçamentado} \quad (5.2)$$

Segundo o departamento de logística, para o ano de 2018 o valor orçamentado diário para as rolhas TT e “0+1” é de 2,800 milhões de rolhas/dia. Assim, o valor em segundos para o qual se deve produzir um milhar de rolhas é:

$$Takt\ Time = \frac{60 \times 60 \times 24}{2800} = 30,86\ seg / mil\ rolhas \quad (5.2)$$

- **Tempo de Ciclo Teórico**

Em seguida, foi calculado o tempo de ciclo teórico, isto é, os segundos necessários para se processarem mil rolhas numa situação de funcionamento, ideal sem paragens nem contratempos. Utilizou-se a Equação 5.3 e os valores obtidos encontram-se na Tabela 5.9.

$$Tempo\ de\ Ciclo\ Teórico = \frac{1000 \times 3600}{Capacidade\ Teórica} \quad (5.3)$$

Tabela 5.9- Tempos de Ciclos Teóricos em cada Processo.

Processo	Capacidade Teórica (Rolhas/h)	Tempo de ciclo teórico (Seg/Mil Rolhas)
Extrusão	118 104	30,48
Colagem	184 080	19,56
Retificação	166 380	21,64
Lavação	141 563	25,43
Escolha Eletrónica	183 420	19,63
Embalagem	180 948	19,90

- **Tempo de Ciclo Real**

O tempo de ciclo real dificilmente corresponde ao tempo de ciclo teórico, devido a diversos fatores, sendo os mais frequentes:

-A falta de alimentação das máquinas, visto que a alimentação é feita manualmente ou com o auxílio de um empilhador, à exceção da retificação. Na retificação a alimentação é feita com auxílio de um tapete que faz a ligação entre os silos da colagem e as primeiras máquinas de retificar;

- Avarias ou encravamentos nas máquinas, que exigem a intervenção de um operador, aumentando o tempo de ciclo;
- Paragens planeadas para limpeza das máquinas, mudanças ou alterações logísticas;
- Falhas humanas, como falhas no abastecimento das máquinas ou erros dos operadores.

Deste modo, para o cálculo do tempo de ciclo real foi feito um levantamento dos dados existentes no registo da produção dos meses de janeiro, fevereiro e março de 2018.

Embora a secção TT trabalhe 24 horas por dia, cinco dias por semana, existem diferenças no tempo de operação produtiva de cada processo. Existem processos que dependem totalmente da presença do operador (como a embalagem), e outros que funcionam mesmo na ausência de operadores (como a retificação, colagem, etc.), ou processos que exigem mais limpeza, manutenção e tempo de arranque. Assim, na Tabela 5.10 está representado o tempo de operação diário de cada processo e o número de horas efetivamente trabalhadas durante o período de 1 de Janeiro a 31 de Março (o que corresponde a 61 dias).

Tabela 5.10- Horas de trabalho efetivo durante 1 de janeiro e 31 de março.

Processo	Tempo de operação diário	Horas de trabalho efetivo entre 1 janeiro e 31 de março
Extrusão	21,5 h/dia	1311,5 h
Colagem	23 h/dia	1403,0 h
Retificação	23,5 h/dia	1433,5 h
Lavação	23 h/dia	1403,0 h
Escolha Eletrónica	23,5 h/dia	1433,5 h
Embalagem	22 h/dia	1342,0 h

Através dos dados da Tabela 5.11 é possível saber a quantidade real produzida em cada processo, em milhares de rolhas, entre os meses de janeiro e março, durante as horas de trabalho efetivo. Como existem processos que necessitam de reprocessamentos, foi necessário fazer pela primeira vez a distinção entre o que é produto processado e o que é produto reprocessado.

Tabela 5.11- Quantidade processada em milhares de rolhas durante os meses de janeiro e março.

Processo	Quantidade de rolhas processadas (Milhares)		
Extrusão	129 561		
Colagem	147 455		
Retificação	141 942	11 069	153 011
Lavação	139 355	14 195	153 055
Escolha Eletrónica	146 768	15 402	162 170
Embalagem	139 458		

Legenda:

- Quantidade total processada
- Quantidade processada à primeira
- Quantidade reprocessada

As quantidades produzidas de processo para processo não são as mesmas, podendo estas diferenças ser causadas por diversos motivos:

- Como só agora está a ser instalado o *software* MES (*Manufacturing Execution System*), o registo das produções em processos como a Extrusão e a Lavação é feito de forma visual através do volume existente nos cestos ou palotes que estão a ser processados em cada máquina. Esta forma de contabilização leva muitas vezes a erros, especialmente por parte dos operadores menos experientes;

-Existe muito material que saem do sistema, sendo identificado como apara e não é contabilizado;

-Como todos os registos são feitos manualmente, por vezes os operadores podem cometer erros de compilação ao registar os resultados na base de dados;

-A produção não funciona por ordem FIFO, sendo puxada para o processo seguinte, segundo o planeamento da produção e as necessidades. Muitas vezes há produto que fica em espera sem percorrer todos os por não ser tão urgente.

Assim, o tempo de ciclo atual é dado pela Equação 5.4:

$$\text{Tempo de Ciclo Atual} = \frac{3600}{\text{Produção horária}} \quad (5.4)$$

Onde:

$$Produção\ Horária = \frac{Quantidade\ total\ processada}{Horas\ de\ trabalho\ efetivo} \quad (5.5)$$

Estando os resultados apresentados na Tabela 5.12.

Tabela 5.12- Tempos de Ciclo Atuais.

Processo	Quantidade total processada (milhares de rolhas)	Horas de trabalho efetivo	Produção Horária (rolhas/h)	Tempo de ciclo atual
Extrusão	129 561	1311,5 h	98,78	36,44
Colagem	147 455	1403,0 h	105,09	34,26
Retificação	153 011	1433,5 h	106,74	33,73
Lavação	153 055	1403,0 h	109,44	32,89
Escolha Eletrónica	162 170	1433,5 h	113,12	31,82
Embalagem	139 458	1342,0 h	103,92	34,64

É possível identificar a restrição sempre que o tempo de ciclo for superior ao **Takt Time**. Neste caso, nenhum dos processos apresenta capacidade para produzir de modo a satisfazer as necessidades dos clientes, sendo o processo mais restritivo o da Extrusão.

- **Eficiência de cada processo**

A eficiência permite saber como estão a funcionar os processos, sendo uma ótima métrica de produção. O tempo disponível para todos os processos é de 24 h. A expressão para calcular a eficiência é dada pela Equação 5.5.

$$Eficiência = Taxa\ de\ velocidade\ de\ operação \times Taxa\ de\ operação\ líquida \quad (5.5)$$

Onde,

$$Taxa\ de\ velocidade\ de\ operação = \frac{Tempo\ de\ Ciclo\ Teórico}{Tempo\ de\ Ciclo\ Atual} \quad (5.6)$$

E

$$Taxa\ de\ operação\ líquida = \frac{Tempo\ disponível}{Tempo\ de\ operação} \quad (5.7)$$

Tabela 5.13- Eficiências de cada processo.

Processo	Taxa de operação líquida	Taxa de velocidade de operação	Eficiência
Extrusão	$\frac{24 \text{ h}}{21,5 \text{ h}} = 1,12$	$\frac{30,48}{36,44} = 0,84$	93,4 %
Colagem	$\frac{24 \text{ h}}{23 \text{ h}} = 1,04$	$\frac{19,56}{34,26} = 0,57$	59,6 %
Retificação	$\frac{24 \text{ h}}{23,5 \text{ h}} = 1,02$	$\frac{21,64}{32,89} = 0,64$	65,5 %
Lavação	$\frac{24 \text{ h}}{23 \text{ h}} = 1,04$	$\frac{25,43}{32,89} = 0,69$	72,3 %
Escolha Eletrónica	$\frac{24 \text{ h}}{23,5 \text{ h}} = 1,02$	$\frac{19,63}{31,82} = 0,62$	63 %
Embalagem	$\frac{24 \text{ h}}{22 \text{ h}} = 1,09$	$\frac{19,90}{34,64} = 0,57448$	62,7 %

- *Lead Time*

Entende-se como *Lead Time* o tempo decorrido desde a chegada de um pedido de um cliente, até que este pedido seja satisfeito. Deste modo foi feito um acompanhamento diário de três lotes, controlando-se a sua deslocação, de modo a identificar o *Lead Time* médio existente entre processos. Os resultados encontram-se representados na Tabela 5.14.

Tabela 5.14- *Lead Time* médio entre processos.

Processo	<i>Lead Time</i> médio (horas)
Rosa → Extrusão	24 h
Extrusão → Colagem	6 h
Colagem → Retificação	16 h
Retificação → Lavação	10 h
Lavação → Escolha Eletrónica	8 h
Escolha Eletrónica → Embalagem	10 h

A partir de todos os dados expostos foi possível contruir o VSM relativo ao período de 1 de janeiro a 31 de março de 2018, disponível no *Anexo B*.

É possível concluir que o *Lead Time* do sistema é de 74 horas no total, o que significa que, em média, a encomenda demora aproximadamente 3 dias a ser processada, desde o

momento em que entra no sistema. Os processos que acrescentam valor representam apenas 0,0007649 % dos gastos da produção. Há ainda que ter em conta que o processo que apresenta maior tempo de ciclo é a Extrusão, mas, por outro lado tem uma eficiência de 93,4%.

5.1.3. Simulação em Simul8

Atualmente, recorre-se cada vez mais, a simulações para analisar o desempenho de sistemas operacionais sem afetar o sistema real (Alabdulkarim, Ball, & Tiwari, 2015). Segundo Robinson (2015) uma simulação é “uma imitação experimental simplificada de um sistema operacional, à medida que este progride no tempo, com o objetivo de melhor compreender/ e ou analisar esse sistema”. A simulação foi nomeada como a segunda técnica mais usada na gestão de operações, sendo assim uma ótima ferramenta para identificação da restrição no sistema em estudo.

O modelo em questão é classificado como dinâmico, estocástico e discreto. Considerou-se dinâmico porque representa a evolução do sistema ao longo do tempo; estocástico porque não é possível prever o que vai acontecer, existindo variabilidade, que faz com que o comportamento do sistema não seja previsível tanto ao nível de *inputs* como de *outputs*; e discreto porque o valor das variáveis só se altera em instantes de tempo específicos e não continuamente.

Pode-se então considerar este modelo como um modelo de simulação por eventos discretos DES- *Discrete Event Simulation*.

Primeiramente, definiram-se as unidades temporais (*Clock Properties*). A unidade de tempo usada na simulação foram os minutos. O sistema opera 5 dias por semana, de segunda a sexta, começando cada dia à 00:00 (*Start time each day*) e com uma duração de 24 horas (*Duration of the day*). Considerou-se um *warm-up-time* de 2880 minutos, o que equivale a 2 dias, e um período de recolha de dados (*Results Collection Period*) de 40 dias.

Habitualmente no chão de fábrica, a contabilização de rolhas é feita de forma visual, através do volume existente nos cestos que transportam as rolhas. Para simplificar e aproximar a simulação ao sistema real, a unidade de produção que se aplicou no modelo será um cesto, que corresponde a 60 000 rolhas.

Foi criado o modelo, que se encontra ilustrado na Figura 5.1, estando também presente no *Anexo C*.

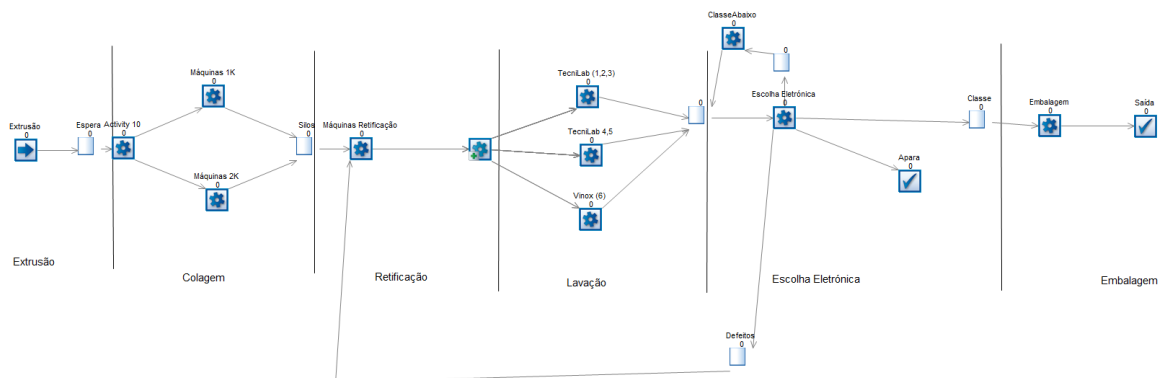


Figura 5.1- Modelo de simulação do sistema em estudo.

No modelo considerou-se a EXTRUSÃO como o *start point*, visto que é aqui que são processados os corpos para abastecer o resto da cadeia. Após a extrusão, os corpos são armazenados em cestos, seguindo para a COLAGEM. Este processo é dividido em dois tipos de máquinas com capacidades bastante distintas: as 1K e as 2K.

Sempre que é possível, as rolas têm como prioridade as máquinas 2K. Após a colagem, todas as rolas são transportadas por silos até à RETIFICAÇÃO.

A passagem para o processo da LAVAÇÃO apresenta algumas particularidades. Neste processo existem 6 máquinas, onde os três programas de lavagem apresentam tempos de ciclo diferentes de máquina para máquina. Os tempos de lavagem como: TecniLab (1,2,3), TecniLab (4,5) e Vinox (6). Associou-se a cada tipo de lavagem a média dos tempos de ciclo. Ainda se determinou que 71% das rolas efetuam a lavagem CI2000, 27% Clear e 2% CI0. Tanto as máquinas TecniLab (1,2,3) como as TecniLab (4,5) efetuam os três programas de lavagem, enquanto a Vinox (6) apenas lava em CI2000. O destino das rolas em termos de máquina é aleatório, desde que a máquina que esteja disponível efetue o programa de lavagem escolhido.

Em seguida segue-se a ESCOLHA ELETRÓNICA onde, consoante a análise das máquinas da escolha, as rolas podem seguir 4 caminhos: 83% do produto é Classe e, portanto, seguem para a EMBALAGEM saindo do sistema; 8% são Classe Abaixo e voltam a ser escolhidas eletronicamente; 7% são defeitos, e necessitam de ser reprocessadas, voltando para a retificação; e por fim 2% são considerados apara, saindo do sistema. Deste modo, existem duas formas de o produto sair do sistema (*End*): se for apara ou se o produto já estiver embalado.

Depois de projetar o modelo foi necessário associar a cada processo uma distribuição que se aproximasse o máximo possível da realidade industrial. Inicialmente fez-se a aproximação das produções das máquinas a distribuições conhecidas. Por questões de simplificação, achou-se por bem assumir distribuições normais em todos os processos. A variação natural de muitos processos industriais é aleatória, no entanto, tem-se vindo a observar que a maioria das variáveis possuem uma distribuição de frequências que é aproximadamente uma distribuição de probabilidade normal.

Assim, a partir dos registos da produção, para uma distribuição normal, calculou-se a média dos tempos (em minutos) que cada processo demora até completar um cesto, sendo o desvio padrão 20% em relação à média. Na Tabela 5.15 são apresentadas as distribuições de cada processo.

Tabela 5.15- Distribuições estatísticas dos processos.

Processo			Distribuição	Expressão	Unidade
Extrusão			Normal	N (42.9 ; 8.6)	Min.
Colagem	Máquinas 1K		Normal	N (188.15 ; 37.6)	Min.
	Máquinas 2K		Normal	N (42.1 ; 8.1)	
Retificação			Normal	N (32 ; 6.4)	Min
Lavação	TecniLab (1,2,3)	Clear	Fixa	47	Min.
		CI2000	Fixa	60	
		CIO	Fixa	24	
	TecniLab (4,5)	Clear	Fixa	47,5	
		CI2000	Fixa	75	
		CIO	Fixa	30	
	Vinox	CI2000	Fixa	150	
Escolha Eletrónica			Normal	N (29.8 ; 5.95)	Min
Embalagem			Normal	N (38.7 ; 7.7)	Min.

Por último, foi efetuada a validação e verificação do modelo de simulação. Para isso fez-se uma análise ao *output*, de forma a confirmar se o modelo é uma representação fidedigna da realidade, considerando-se o período de uma semana. Recolheram-se dados do

sistema real, e comparou-se o *output* do modelo com o *output* do sistema. Se as diferenças entre estes forem pequenas, pode-se considerar o modelo como válido, podendo o gestor tomar decisões com base no modelo. Na Tabela 5.16, encontram-se os resultados obtidos.

Tabela 5.16- Comparação do *output* do Modelo de Simulação com o *output* do Sistema Real.

Output do Sistema Real	Output do Modelo de Simulação	Diferença
152 Cestos	159 Cestos	-7 Cestos
165 Cestos	168 Cestos	+3 Cestos
170 Cestos	165 Cestos	+5 Cestos

As diferenças não são significativas, podendo considerar-se o modelo de simulação válido.

Deste modo, correu-se a simulação e obtiveram-se dados que irão ao encontro do objetivo deste estudo: encontrar a restrição do sistema. Na Tabela 5.17 encontra-se um resumo de todas as taxas de ocupação de cada setor/máquina. Há que ter em conta que, como a Extrusão é o *Star Point*, este processo já se encontra na sua ocupação máxima.

Tabela 5.17- Taxa de ocupação de cada setor/máquina.

Processo		Taxa de ocupação (%)
Extrusão		100 %
Colagem	Máquinas 1K	80%
	Máquinas 2K	80,15%
Retificação		80,01%
Lavação	TecniLab (1,2,3)	59,15%
	TecniLab (4,5)	54,02%
	Vinox (6)	65,23%
Escolha Eletrónica		81,43%
Embalagem		88,03%

Outra variável muito importante para a identificação da restrição é a quantidade de cestos que se encontram em fila de espera, pois desta forma é possível ter uma noção de onde haverá maior acumulação de WIP. Assim, no decorrer da simulação, concluiu-se que no máximo se iriam acumular 3 cestos, sendo esta acumulação de WIP insignificante.

Deste modo, pode afirmar-se que, com a cadência que a Extrusão apresenta, não existirá WIP relevante no sistema.

5.1.4. Identificação da Restrição

Neste momento, a procura do mercado é muito superior à capacidade de resposta da unidade fabril, não sendo possível responder a todos os pedidos no tempo desejado pelo cliente. Assim, constata-se desde já que a restrição do sistema é interna.

Numa primeira fase, mediram-se as capacidades teóricas de cada etapa do processo produtivo, apurando-se que a Extrusão era a etapa com menor capacidade. De seguida, ao efetuar-se um VSM, verificou-se que a Extrusão apresentava o maior tempo de ciclo (36,44 seg/mil rolhas) para um *Takt Time* bastante inferior (30,86 seg/mil rolhas), e ainda o maior *Lead Time*, de cerca de 24 horas.

Por fim, para confirmar os resultados obtidos, realizou-se uma Simulação, onde se confirmou que não existe WIP ao longo das várias etapas do processo, devido ao facto da Extrusão não fornecer material suficiente para abastecer os restantes processos.

Em suma, a partir dos dados obtidos, concluiu-se que a Extrusão é a etapa limitadora de todo o processo produtivo, sendo esta a restrição do sistema. Esta conclusão é facilmente verificável no chão de fábrica, observando-se recorrentemente paragens devido à falta de corpos, sendo necessário recorrer a fornecedores externos.

5.2. Explorar a restrição

Como foi referido, a restrição do sistema é a Extrusão, sendo esta a etapa onde será concentrado todo o foco para melhorias. O objetivo de explorar a restrição é torná-la o mais eficiente possível. Porém, como foi mostrado na Tabela 5.13, este processo já apresenta uma taxa de eficiência de 93,4%, muito acima das restantes etapas do processo.

Assim, foi feito um acompanhamento durante várias semanas para se entender se seria possível melhorar algumas práticas de trabalho, variabilidades existentes no processo ou falhas ao nível dos 5'S. Concluiu-se que o processo já se encontrava explorado, não sendo possível realizar esta etapa da TOC.

5.3. Subordinar o sistema à restrição

Nesta fase, seria necessário sincronizar o sistema ao ritmo da restrição, mas na verdade o sistema já se encontra automaticamente submetido a esta. Visto que a Extrusão foi identificada como a restrição, e por outro lado, é o início do processo produtivo, é esta que dita qual o ritmo a que todos os postos de trabalho operam.

A vantagem de submeter o sistema à restrição, seria combater a acumulação de WIP, mas neste caso, todos os postos de trabalho têm uma capacidade de processamento acima da Extrusão, não causando problemas deste tipo.

Muitas vezes, quando se subordina o sistema ao ritmo da restrição, certos postos de trabalho deixam de operar na sua capacidade máxima, existindo até, máquinas paradas. No caso em estudo isso já acontece, existindo ocorrências de paragens na Colagem devido à falta de corpos provenientes da Extrusão.

5.4. Elevar a restrição ao sistema

Uma vez que não foi possível explorar a restrição, devido ao facto de esta já se encontrar com altos níveis de eficiência, boa organização de trabalho e pouca variabilidade, a solução que resta é a de elevar, o que nesta fase da TOC implica realizar investimentos.

Para isso existem duas opções: a extrusão operar mais horas que os restantes postos de trabalho ou aquisição de mais extrusoras. Como a segunda opção significa largos investimentos que não estão contabilizados no orçamento anual, optou-se por estudar a primeira opção.

Através da simulação estimou-se o tempo necessário que a extrusão necessitaria de trabalhar para que deixasse de ser a restrição do sistema. Por sucessivos incrementos temporais chegou-se à conclusão que esta deveria operar **5 dias e 18 horas**, sem contabilizar paragens semanais para limpezas e manutenções.

As taxas de ocupação de cada setor/máquina obtidas pela simulação após a elevação da restrição encontram-se na Tabela 5.18, podendo afirmar-se que o sistema se encontra balanceado e na sua capacidade máxima.

Tabela 5.18- Taxa de ocupação de cada setor/máquina após elevar a restrição

Processo		Taxa de ocupação (%)
Extrusão		100 %
Colagem	Máquinas 1K	97,42%
	Máquinas 2K	94,48%
Retificação		94,64%
Lavação	TecniLab (1,2,3)	79,51%
	TecniLab (4,5)	79,41%
	Vinox (6)	76,65%
Escolha Eletrónica		95,79%
Embalagem		99,86%

Em termos práticos este posto deveria operar 7 dias por semana, para que fossem feitas todas as habituais paragens para limpezas que demoram cerca de um dia, ao passo que os restantes postos trabalhariam apenas 5 dias por semana.

Para isso, foi necessária a contratação de seis colaboradores, o que equivaleu a um investimento salarial de 90 000 mil euros por ano. Apesar de esta mudança ter sido implementada em finais de março, o seu retorno não foi imediato, devido à falta de experiência por parte dos operadores. Visto que esta etapa é a mais complexa de todo o processo produtivo, foram necessárias várias horas de formação e acompanhamento de pessoal especializado até se obterem resultados.

De forma a avaliar a evolução da produção de corpos na extrusão, recorreu-se aos registos da produção e comparou-se durante quatro semanas a quantidade de corpos produzidos quando a extrusão operava apenas 5 dias por semana e quando passou a operar 7 dias por semana, encontrando-se o seguinte gráfico representado na Figura 5.2.

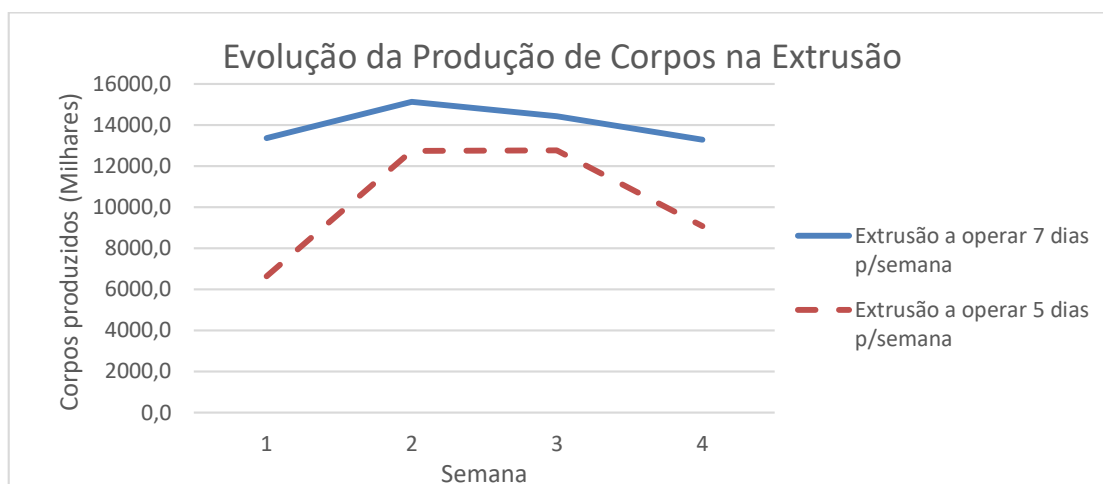


Figura 5.2- Gráfico da evolução da produção de corpos na Extrusão.

Facilmente se concluí que houve um aumento da produção médio de 3746,3 Milhares de corpos por semana.

Apesar da medida proposta ter sido a Extrusão operar 7 dias por semana e os restantes postos de trabalho apenas 5 dias por semana, foi decidido pela direção que as restantes etapas também iriam operar, mas a 50%, ao fim de semana. Verificou-se um aumento da produção de corpos, mas não suficiente para acabar com a falta de material existente na Colagem.

Para que, após a Extrusão, deixem de existir paragens sucessivas nos processos por falta de material, é necessário que a direção tome conhecimento e reconheça que cada processo possui diferentes capacidades e ritmos, pelo que é há necessidade de tomar medidas que permitam o balanceamento adequado da cadeia produtiva.

6. SEGUNDO CICLO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO TLS PROPOSTO

Neste capítulo procede-se à aplicação de um segundo ciclo de implementação do modelo TLS proposto no Capítulo 4. Imediatamente após a elevação da Extrusão no Capítulo 5, surgiu uma nova restrição no sistema, que foi facilmente identificada, observando o chão de fábrica.

6.1. Identificação da restrição

Como já foi referido anteriormente, cerca de 87% das rolhas que são produzidas são TT, e destas, 80% têm como destino um cliente do USA.

No final do mês de abril, surgiram várias reclamações por parte deste cliente, exigindo que, a partir daquela data, as rolhas apresentassem níveis de TCA iguais ou inferiores a 0,5 ppt, caso contrário, a encomenda seria rejeitada. Até então, todas as recolhas de amostras para análise de TCA eram realizadas na Escolha Eletrónica. O cliente em questão é o principal (e praticamente único) comprador de rolhas com lavação CI2000. Ora uma possível rejeição implicaria a perda total do lote, dado que mesmo que houvesse clientes que a aceitar a mercadoria com níveis de TCA superiores a 0,5 ppt, não a adquiriam, devido ao tipo de lavação a que esta fora sujeita (CI2000).

A partir daí deliberou-se que todas as amostras seriam recolhidas no processo anterior à Lavagem, a Retificação, e, caso obtivessem níveis de TCA inferiores a 0,5 ppt, seriam sujeitas a uma lavagem do tipo CI2000 e vendidas aos USA. No entanto, caso fossem rejeitadas, por níveis de TCA superiores a 0,5 ppt, seriam sujeitas a outro tipo de lavagem e seguiriam para outro cliente.

Através desta mudança, a empresa não correria o risco de produzir material sem ter à vista um cliente final, ou de acumular mercadoria no armazém de Produto Acabado.

Porém, esta mudança alterou significativamente o normal funcionamento da fábrica. Normalmente, quando as amostras são recolhidas, são colocadas em soak onde é necessário permanecerem durante 24 horas e posteriormente analisadas num cromatógrafo. Ultrapassadas as 24 horas, é necessário analisar cada amostra, aproximadamente durante 15

minutos. Todo este tempo somado, significa uma grande quantidade de WIP no chão de fábrica, que não pode avançar no processo produtivo sem respostas do laboratório.

É importante referir que o laboratório funciona em horário normal (das 8 horas às 17 horas) e que, no mínimo, existe um intervalo de 26 horas, desde que as amostras são recolhidas, até ao momento em que os resultados são devolvidos à produção.

Tendo em conta esta realidade, foi adicionada à simulação uma nova etapa, designada por “TCA”, na qual o material irá permanecer em espera durante 1560 minutos (26 horas), como se encontra representado na Figura 6.1. O modelo de simulação encontra-se disponível no *Anexo D*.

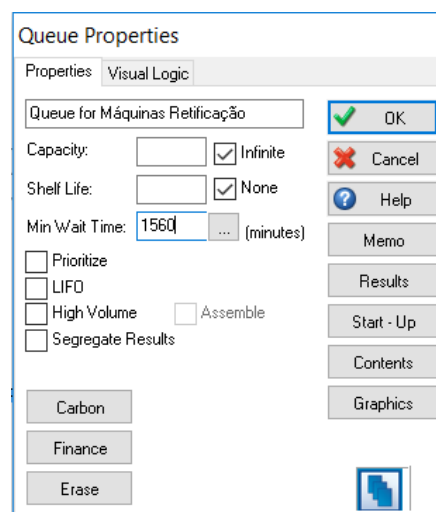


Figura 6.1- Tempo de espera de aprovações de TCA.

Apesar deste tempo de espera não se traduzir numa atividade produtiva, considerou-se que deveria ser encarada como uma etapa do processo produtivo, visto que a sua paragem iria provocar alterações em todo o processo que a sucede.

De acordo com a simulação, é nesta etapa que se acumulará a maior quantidade de *stock* (38 Cestos).

Paralelamente, realizou-se um acompanhamento diário de 5 lotes, de modo a verificar a existência, entre processos, de um novo *Lead time* médio. Contactou-se que, devido ao tempo de espera dos resultados de TCA, existia um lead time de 45 horas, o que equivale a cerca de 62 cestos por dia. Podemos observar o registo destes resultados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1- Novo *Lead Time* médio entre processos.

Processo	<i>Lead Time</i> médio (horas)
Rosa → Extrusão	25 h
Extrusão → Colagem	16 h
Colagem → Retificação	16 h
Retificação → TCA → Lavação	45 h
Lavação → Escolha Eletrónica	10 h
Escolha Eletrónica → Embalagem	9 h

Assim, a partir dos resultados da simulação e com base no novo *lead time*, facilmente se conclui que o TCA representa a atual restrição do sistema.

Por outro lado, têm-se verificado diversas paragens em vários pontos do processo, que resultam de alguma falta de organização, atrasos e de uma inadequada gestão dos recursos existente nesta etapa. Perante esta realidade, faz todo o sentido considerar o “TCA” como uma nova restrição do processo, a qual necessita de ser explorada, de forma a minimizar as consequências nefastas que têm causado à produção.

6.2. Explorar a restrição

Nesta fase, proceder-se-á à análise de todas as fontes de desperdício e variabilidade que não permitem obter a máxima rentabilidade desta nova etapa do processo. Esta análise é de interesse vital para a empresa. A implementação deste novo método de trabalho tem provocado a paragem recorrente de máquinas por falta de material, o que tem originado grandes quebras na produção.

6.2.1. Identificação de desperdícios e métodos de trabalho pouco produtivos

- **Falhas na gestão visual no supermercado**

O supermercado existente entre a Retificação e a Lavação é composto por 12 filas, podendo algumas conter até 9 cestos por fila. Após o processamento do produto na Retificação, este fica a aguardar aprovações ou disponibilidade de máquinas neste supermercado, assistindo-se a alguma debilidade na gestão visual do mesmo. Na Figura 6.2 é possível observar as diversas filas que contêm produto, o qual não está identificado no início de cada fila, não sendo possível ao operador localizar os diferentes tipos de rolhas.



Figura 6.2- Supermercado da Lavação.

É ainda difícil entender qual o produto que foi aprovado pelo laboratório, e qual se encontra em inspeção. Este tipo de organização pode levar a grandes erros, como a lavagem de um produto que foi rejeitado por excesso de TCA. A necessidade, sentida pelos operadores, em solicitar constantemente informações, ou em recorrer a empilhadores para verificarem o que se encontra nas diversas filas do supermercado, é um *MUDA* que pode ser facilmente eliminado. Assim, é urgente alterar este tipo de organização, colocando etiquetas de identificação do produto, no início cada fila.

- **Oportunidades de melhoria no quadro de ordens de produção e falhas ao nível dos 5'S**

Todas as semanas é elaborado um plano da produção, consoante as necessidades do mercado. Este plano é executado para a Lavação, sendo o encarregado da produção o responsável direto pela organização dos restantes postos de trabalho, de forma a garantir o fornecimento de produto necessário à Lavação. O quadro que se encontra nesta etapa, não apresenta espaço suficiente para a quantidade de artigos produzidos semanalmente, nem permite qualquer tipo de gestão visual. Tal como é demonstrado na Figura 6.3, apenas existe espaço para colocar 16 artigos. Como forma de suprimir as necessidades por parte da produção, são colocadas folhas provisórias, com fita aderente, indicando novas ordens de fabrico necessárias para a semana. Esta falha de gestão visual representa uma excelente oportunidade de aplicação dos 5'S, visto que as folhas que são coladas criam mais lixo, desorganização e impossibilidade de reutilização (pois não podem ser utilizadas mais que uma vez).



Figura 6.3- Quadro de Ordens de Produção.



Figura 6.4- Kanban.

Outra falha verificada, é a dificuldade, por parte do operador, em entender o que se encontra em atraso, ou quais as lavagens que é necessário realizar em cada dia da semana. Visto que cada ordem de produção é colocada num *Kanban* (Cartão de sinalização) isolado, tal como é demonstrado na Figura 6.4, no qual se indica o número de lavagens necessárias por dia, torna-se difícil ter uma noção do panorama semanal.

Também aqui se assiste a uma boa oportunidade de aplicar diferentes métodos de gestão visual, ao nível do código de cores para cada artigo.

No final da semana, quando são atualizadas as ordens de produção, poder-se-ia associar cada ordem à cor do artigo correspondente, tornando mais rápida a identificação pelo operador, do tipo de produto que deveria ser processado nesse dia.

- **Falta de alocação de máquinas**

Sempre que existem mudanças de calibre nas máquinas verifica-se: uma grande perda de tempo na programação das mesmas; uma maior incidência na ocorrência de defeitos nas primeiras horas de produção, devido à necessidade de afinação; substancial perda de tempo na calibração.

A necessidade de alocação de máquinas, é um aspeto fundamental para uma maior produtividade e qualidade do produto.

No caso de estudo, em concreto, existe uma necessidade de alocação de máquinas na Retificação. Tal como referido, sempre que se alteram máquinas, existe uma grande perda de produção. Caso estas máquinas estejam a produzir rolhas TT para os USA, as amostras não irão ser recolhidas ou serão recolhidas horas mais tarde, o que irá originar carência de material aprovado na Lavagem. Na eventualidade de se verificar uma paragem na

Retificação, em cerca de 24 horas, a Lavação irá sofrer as consequências diretas, sendo imprescindível a existência de um fluxo contínuo entre os processos Retificação, “TCA” e Lavação. O facto de as máquinas estarem previamente alocadas a um produto, oferece garantias ao laboratório de que existirão sempre amostras para recolha e consequentes aprovações que serão devolvidas à Lavação no dia seguinte.

- **Necessidade de *Standard Work***

Os métodos de trabalho podem sofrer alterações que podem potenciar ganhos na produtividade. Uma alteração no processo que poderá ser vantajosa é a reformulação da organização existente entre a Retificação, Laboratório e Lavação. Através de um *Standard Work* podem ser testadas “regras” de trabalho, para que o fluxo existente entre estes três postos nunca pare, melhorando-se a organização do trabalho e criando-se rotinas.

Assim, todas as ações necessárias para que o fluxo seja contínuo, estarão apresentadas no SW, sendo do conhecimento geral da fábrica.

6.2.2. Identificação de variabilidade no processo

Para que um sistema seja produtivo, é importante que a variabilidade seja mínima ou se possível inexistente, por questão de estabilidade e segurança na resposta ao cliente. Deste modo, é de grande interesse estudar todos os fatores que provocam instabilidade no chão de fábrica.

- **Variabilidade por parte do laboratório na quantidade de resultados devolvidos à produção**

Como já foi referido, é importantíssimo que o laboratório dê amostras de TCA de forma sincronizada com a produção. Para isso procedeu-se a um acompanhamento durante 21 dias, no qual se avaliou a quantidade de resultados que eram devolvidos à produção, e a hora da devolução.

Conforme se pode contactar no gráfico da Figura 6.5, existe uma grande variabilidade na quantidade de resultados devolvidos, existindo vários dias em que não foram devolvidos quaisquer tipos de resultados.

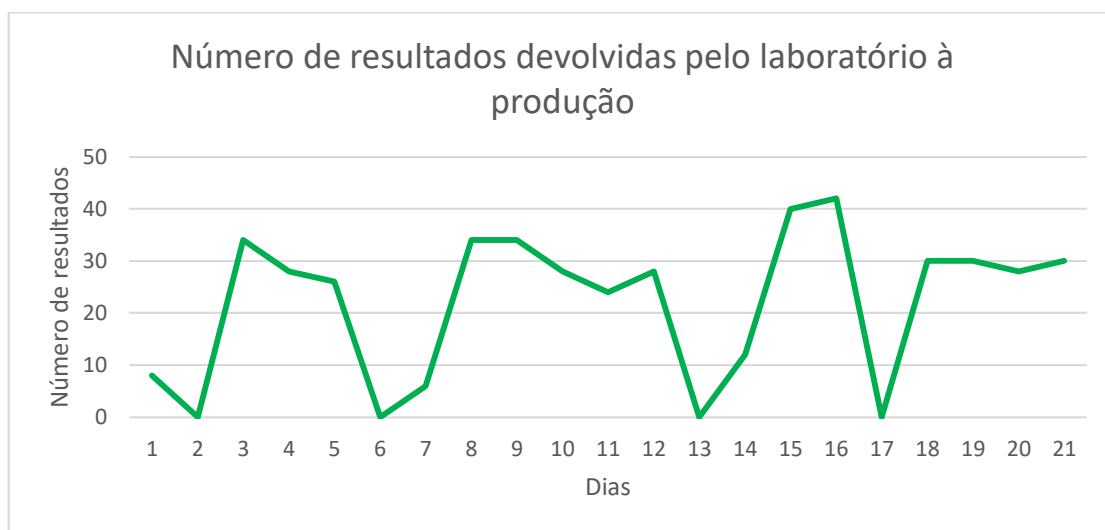


Figura 6.5- Evolução do número de resultados devolvidos à produção.

Esta variabilidade causa grande instabilidade ao nível do chão de fábrica. Por vezes, o simples facto de a produção obter aprovações de TCA uma hora mais tarde do que o suposto, observam-se paragens de 3 a 4 máquinas na lavação.

Para além das paragens na Lavação por falta de aprovações, o “TCA” poderá provocar paragens noutros setores, devido à circulação dos paloxes onde são colocadas as rolhas. A partir da Retificação, o transporte de rolhas deixa de se efetuar em silos, passando a efetuar-se em paloxes. Todo o material retificado é colocado em paloxes, que quando cheios são transportados, com o auxílio de um empilhador, até ao supermercado da Lavação, onde permanecem até existir disponibilidade para serem processados. Quando isso acontece, as rolhas são introduzidas em máquinas (que têm capacidade aproximada para dois paloxes) que regressão de novo à Retificação. Quando a lavação termina, as rolhas são colocadas em cestos de metal, os quais seguem para a Escolha Eletrónica. Nas Figuras 6.6 e 6.7 é possível entender de forma visual esta diferença.



Figura 6.6- Cestos de Metal



Figura 6.7- Paloxes

Constatou-se que devido a este atraso nas aprovações, por parte do laboratório, houve uma grande acumulação de paloxes que não podiam ser processados no supermercado da Lavação, deixando de existir paloxes disponíveis na Retificação para colocar rolhas retificadas. Esta paragem de máquinas na Retificação originou falta de amostras para o laboratório o que num prazo, de 26 horas, originou novamente falta de material aprovado na Lavação.

Para que exista fluxo da produção é necessário que exista um fluxo constante de paloxes, caso contrário assistir-se-á a uma constante paragem das máquinas e a uma acumulação de WIP. É pois, fundamental que, tanto a direção como a produção, encarem o “TCA” como uma nova etapa do processo e, caso esta não funcione a um ritmo adequado às restantes etapas, a produção irá sofrer um estrangulamento.

- **Variabilidade por parte dos operadores, no número de lavações realizadas por turno**

Outro aspeto que foi avaliado, foi a quantidade de lavações realizadas por turno, no que toca ao material que necessita de aprovações de TCA (sobretudo lavação C12000). Constatou-se que, sempre que um turno recebia aprovações, efetuava o máximo de lavações possíveis, sem ter em consideração os restantes turnos. Os turnos seguintes, como não tinham material aprovado para lavar, tinham tendência a processar rebaixes (defeitos que foram rebaixados na retificação). Acontece que, todos os defeitos são escolhidos em apenas uma máquina da Escolha Eletrónica, tendo esta máquina capacidade para processar 3 cestos por dia. Bastava um turno efetuar mais de 3 lavações de defeitos, que se verificava uma

acumulação de WIP no supermercado da Escolha Eletrónica e, conseqüentemente, uma grande ocupação de cestos que iriam fazer falta na colocação do material resultante da Lavação.

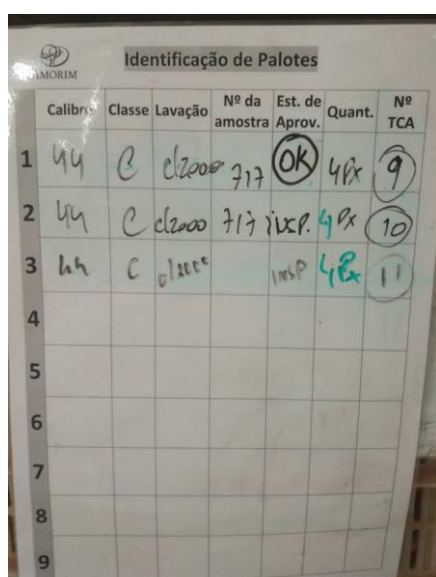
Conclui-se que também é necessário normalizar o trabalho na Lavação. Ainda que um turno receba 20 aprovações do laboratório, tem de haver uma consciencialização de que estas devem ser repartidas pelos restantes turnos, de forma a equilibrar o processamento na Escolha Eletrónica.

6.2.3. Atuar sobre a restrição

Depois de feito um levantamento de todas as oportunidades de melhoria no processo, é altura de recorrer a ferramentas *Lean* para que surjam formas de otimização do processo.

- **Melhoria da gestão visual do supermercado**

A primeira melhoria realizada para facilitar a gestão visual, foi a colocação de quadros identificadores de paloxes. O primeiro paloxe de cada fila contém a identificação de todos os paloxes que se encontram atrás deste, onde é possível saber, consoante a posição, o calibre, a classe, o tipo de lavação, o nº de amostra, a quantidade, e sobretudo se o paloxe já se encontra aprovado pelo laboratório ou ainda está em inspeção (Figuras 6.8 e 6.9). Assim que o laboratório aprova uma amostra, o encarregado da produção é informado e dirige-se ao supermercado da lavação para alterar o estado de aprovação de “Inspeção” para “OK”.



Identificação de Palotes

	Calibre	Classe	Lavação	Nº da amostra	Est. de Aprov.	Quant.	Nº TCA
1	44	C	el2000	717	OK	4px	9
2	44	C	el2000	717	insp.	4px	10
3	44	C	el2000		insp.	4px	11
4							
5							
6							
7							
8							
9							

Figura 6.8- Quadro Identificador de paloxes.



Figura 6.9- Identificação de paloxes na Lavação.

Foi colocado velcro branco em todos os paloxes e quadros identificadores, de forma a que não existam falhas ao nível dos 5'S com a utilização de fitas aderentes. Os operadores aprovaram esta medida, afirmando que desta forma identificam facilmente o produto, e não necessitam de pedir constantemente informações acerca das aprovações por parte do laboratório.

- **Reformulação do Quadro da Produção e melhoria da gestão visual**

De forma a suprimir as necessidades da produção, foi realizado um novo quadro com as dimensões do anterior, no qual é possível colocar 36 artigos. Ao contrário do quadro anterior, neste não existem *kanban's* isolados, o que permite ao operador ter uma gestão visual da semana inteira, devido ao facto dos dias da semana se encontrarem organizados num eixo horizontal conforme é ilustrado na Figura 6.10.

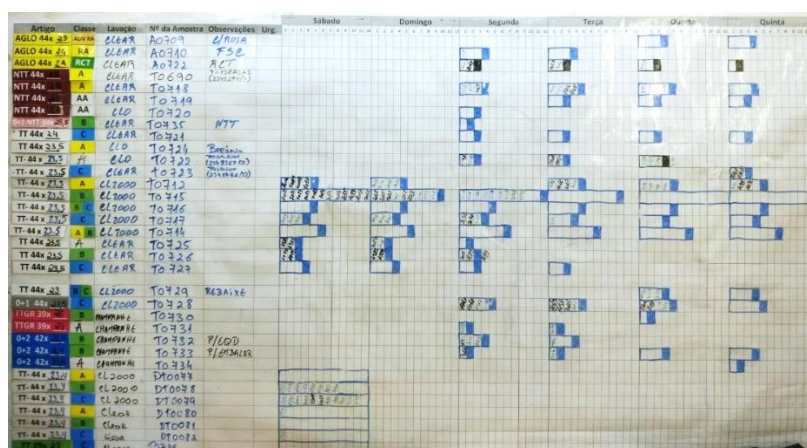


Figura 6.10- Reformulação do Quadro da Produção da Lavação.

Deste modo é mais fácil compreender quais os produtos que se encontram atrasados ou adiantados, sendo as ordens de produção mais facilmente cumpridas por parte dos operadores.

Foi ainda adaptado ao quadro o código de cores já existente na fábrica, através da criação de placas com a cor associada a cada tipo de rolha. Nestas placas o encarregado da produção apenas indica o diâmetro da rolha (parâmetro variável), tal como é mostrado na Figura 6.11 e 6.12. Tanto o quadro da produção como as placas contêm velcro, sendo bastante prática a sua aplicação e remoção.



Figura 6.11- Placas identificadoras.

PRODUTO	CÓR
TT	VERDE 39 BRANCO 44
0+1	CINZA
GRD	ROSA
0+2	AZUL
ESPUMOSOS	
AGLO RCT	VERDE ESCURO
AGLO RA	AMARELO 39 BRANCO 44
ADVANTEC	CREME
FSC	LARANJA
PNC	ENCARNADO
APARA	CASTANHO
DESPERDÍCIO	PRETO

Figura 6.12- Código de cores.

Através desta gestão visual, o operador mesmo que não olhe com atenção para o quadro, relaciona a cor da placa ao tipo de rolha que tem de processar. Esta melhoria é bastante útil para aferir o grau de cumprimento do plano, sem haver a necessidade de recorrer a registos da produção.

- **Balaceamento do Fluxo**

Para existir um balaceamento do fluxo produtivo, existe um conjunto de medidas que têm de ser cumpridas em simultâneo. Assim, foi proposto à direção um conjunto de ações que se considerou serem necessárias para que o fluxo seja estabelecido, como: alocação de máquinas na retificação; standardização dos horários de recolha de amostras e entrega de resultados; e um número definido de lavações por turno, em termos de CI2000.

1. Alocação de máquinas

Como já foi referido, a alocação de máquinas na retificação é um aspeto muito importante, pois garante ao laboratório o fornecimento constante de amostras para recolha. Assim, realizou-se um acompanhamento no chão de fábrica, concluiu-se que seria necessária a alocação de pelo menos 9 máquinas para produzir TT USA, de acordo com a procura do mercado. A alteração proposta encontra-se ilustrada na figura 6.13.

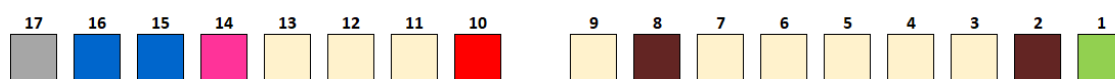









Figura 6.13- Proposta de organização das máquinas da Retificação.

Legenda:

	Material à espera de resultados de TCA
	Outras rolhas TT
	Rolhas Neutro Cork
	Rolhas 0+2; 0+1 GR
	TT GR
	0+1
	Defeitos

Quando não se justificar a produção de rolhas especiais de TT, a máquina 1 poderá passar a produzir material para os USA.

Ao contrário do que habitualmente se verifica no chão de fábrica, sugere-se que exista apenas uma máquina a retificar defeitos, visto que a Escolha Eletrónica não tem capacidade para processar uma quantidade superior relativamente ao que é retificado por máquina.

2. Standardização dos horários de recolha de amostras e entrega de resultados

Esta medida é, talvez, a mais importante. É vital que exista um controlo apertado relativamente aos horários em que se verifica a recolha das amostras e a entrega dos resultados à produção. Visto que o fator “tempo” é a maior restrição do “TCA”, avançou-se com uma previsão do melhor horário para proceder à recolha e à entrega dos resultados. Esta previsão baseou-se em cálculos exaustivos e visa evitar a falta de material na lavação e a garantir uma menor acumulação de WIP. Assim, considera-se que se devem recolher 28 amostras por dia. Esta proposta de organização de trabalho pode ser consultada na Tabela 6.2.

Tabela 6.2- Recolha de amostras de TCA.

Hora	Quantidade de amostras recolhidas
8:00 h	20 amostras
12:00 h	4 amostras
16:00 h	4 amostras

Como o laboratório apenas opera num turno, às 8:00 horas serão recolhidas as 20 amostras correspondentes à produção do turno 1 e do turno 3.

Após estas recolhas, os resultados da análise do TCA apenas serão devolvidos 25h a 26h mais tarde. Assim, é vital que não existam atrasos na comunicação com a produção, encontrando-se a sugestão de laboração representada na Tabela 6.3.

Tabela 6.3- Entrega de resultados à produção.

Hora	Quantidade de amostras devolvidas
10:00 h	20 amostras
13:00 h	4 amostras
17:00 h	4 amostras

Foram consideradas estas horas devido à existência de um único período de funcionamento do laboratório (das 8h às 17h). O ideal seria o laboratório operar pelo menos em 3 turnos de forma a existirem aprovações em todos os turnos, viabilizando a continuidade do fluxo de paloxes. Toda a produção realizada após as 16 horas, nos turnos 3 e 1, chega a permanecer no supermercado da lavação por 42 horas, até à sua aprovação. Desta forma a diminuição do *stock* acumulado revela-se um objetivo muito difícil de concretizar

3. Número de Lavações TT Cl2000 por turno

Por fim, é ainda importante estabelecer um número de lavações por turno. Sendo recolhidas aproximadamente 28 amostras por dia, cada turno deve ter o cuidado de gerir as lavações de forma a que não haja uma acumulação excessiva de um único tipo de produto na Escolha Eletrónica. Portanto, cada turno deve processar aproximadamente 9 lavações, mesmo que se encontre mais produto aprovado no supermercado da lavação.

É necessária a consciencialização de que não se devem processar mais de 3 lavações de defeitos diárias, visto ser esta a capacidade de processamento da Escolha Eletrónica.

- **Criação de *Standard Work***

De forma a que as alterações na organização do trabalho sejam cumpridas, é necessário recorrer à ferramenta *Standard Work* e construir as respetivas normas. Devido à falta de tempo, não houve oportunidade de testar estas melhorias no chão de fábrica e de construir o respetivo *Standard Work*, no entanto foi apresentada uma proposta de melhoria segundo as normas da ferramenta. Esta proposta encontra-se definida no *Anexo E*.

6.3. Subordinar o sistema à restrição

Depois de realizadas algumas melhorias e expostas as propostas de outras alterações de melhoria, avançou-se para uma nova etapa que se traduz na subordinação do sistema à restrição.

Uma das ferramentas que a TOC utiliza para submeter o sistema à restrição é o DBR. Este mecanismo ajuda a nivelar a produção ao longo de todo o processo cujo primeiro passo é a identificação do *Drum* (Tambor) que, neste caso, já foi identificada como o “TCA”. É nesta etapa que se dita o ritmo de toda a produção.

O segundo passo do DBR refere-se à criação de um *buffer*. No caso em estudo o “TCA” não é uma etapa física, mas dá origem a um *buffer* antes da Lavagem. No entanto, como não se calculou o tamanho deste, verificou-se uma acumulação descontrolada de WIP. Como é visível na Figura 6.14, o supermercado da Lavagem possui material para mais de 68 lavagens, deixando de existir espaço para as rolhas que não são TT USA. Desta forma, os operadores foram obrigados a colocar o restante material noutra área, como se demonstra na Figura 6.15, onde se pode verificar que há dificuldades em manobrar o empilhador, por falta de espaço.



Figura 6.14- Excesso de *stock* no supermercado



Figura 6.15- Falta de organização dos paloxes

De forma a submeter o sistema à restrição, sugeriu-se à direção que a disposição do supermercado da Lavagem fosse alterada e que se criasse um *buffer* de produto já aprovado. Esta proposta encontra-se na Figura 6.16.

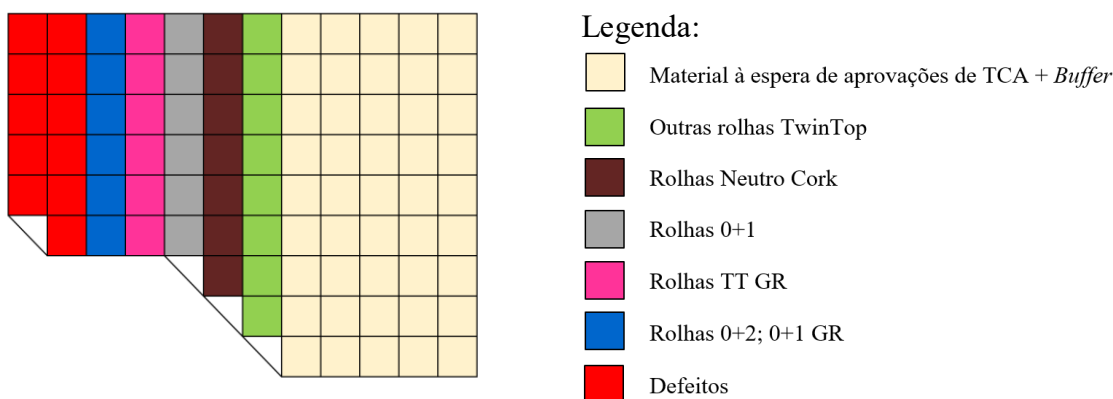


Figura 6.16- Proposta de disposição do supermercado e criação de um *Buffer*

Desta forma, passaria a existir um espaço destinado a 45 lavações nas quais se encontraria produto aprovado e produto à espera de aprovação. Realizou-se um estudo com o objetivo de identificar o número de lavações sujeitas à espera de aprovação, caso o laboratório cumprisse as normas acima referidas, e chegou-se à conclusão que seriam 35. Ficou ainda decidido que seria essencial a criação de um *buffer* de 8 horas (um turno), para que na eventualidade de haver algum problema no laboratório não houvesse necessidade de parar a produção, mantendo o fluxo de cestos. A criação deste turno de 8 horas corresponderia a 10 lavações, completando o espaço reservado para as 45 lavações. Não é possível separar, por filas, o produto que se encontra em inspeção do produto que está aprovado, devido à dificuldade de movimentações de cestos. Se de cada vez que o material fosse aprovado, este se movimentasse para uma fila de “produto aprovado”, seria necessário recorrer a um empilhador. Esta ação não acrescenta qualquer tipo de valor ao produto.

A partir desta marcação visual, sempre que o número de cestos fosse superior ao espaço confinado aos mesmos, funcionaria como aviso para a produção de que algo não estaria a ser cumprido, alertando o laboratório ou os operadores da Lavação para a necessidade de alteração dos procedimentos.

Por fim, o supermercado da lavação foi dividido e organizado por tipos de rolha consoante a procura por parte do cliente, de forma a que existisse uma melhor gestão visual e maior limpeza do espaço de trabalho.

Devido à escassez de tempo, até à data, não foi possível testar o tamanho do *buffer*, embora a direção tenha decidido que esse procedimento se realizaria a curto prazo.

6.4. Outras sugestões de melhoria

Para além das sugestões de melhoria apresentadas ao logo do trabalho realizado, é necessário realçar que numa empresa a melhoria deve ser contínua e promotora de objetivos mais ambiciosos. Também nesta empresa é possível aumentar a rentabilidade introduzindo outras melhorias que passo a citar:

- Contratação de mais colaboradores na seção do laboratório para garantir um fluxo contínuo nas aprovações enviadas à produção, o que teria como consequência um aumento dos cestos disponíveis;

- Aquisição de um cromatógrafo adicional para colmatar o atual déficit do número de análises realizadas, que causa paragens constantes na produção, evitando em simultâneo os gastos com a contratação de serviços externos, que se têm verificado nos últimos meses.
- Aquisição de uma nova máquina 3CONTROL na Escolha Eletrónica, em consequência da elevada procura das rolhas Neutro Cork.
- Adaptação da organização da Escolha Eletrónica à realidade da produção, através da delimitação de uma área, no chão do supermercado, destinada aos defeitos, que permita aos operadores visualizarem facilmente a acumulação de WIP, dando ordem de paragem à Retificação de processamento dos referidos defeitos. Em consequência, esta pausa permitirá o balanceamento do fluxo de defeitos.

A introdução destas melhorias deverá potenciar a produção, aumentando os lucros reais da empresa.

7. CONCLUSÃO

Sendo o grupo Amorim, o maior produtor de cortiça, a inovação, a ousadia e a constante melhoria são aspetos que acompanham as empresas deste grupo. Foi com esta convicção que se desenvolveu todo o estudo que deu origem a várias propostas de melhoria, algumas das quais foram aplicadas e outras serão aplicadas a curto prazo.

A proposta e implementação do Modelo TLS revelou-se uma solução eficaz para o balanceamento de uma cadeia produtiva, podendo ser uma boa ferramenta de auxílio para gestores que tenham interesse em melhorar continuamente o seu sistema produtivo.

O modelo proposto é compreende 5 fases, tendo sido realizados dois ciclos de estudo. Na primeira fase caracterizou-se o sistema, realizou-se um VSM e construiu-se uma simulação em Simul8, tendo sido identificada a Extrusão como restrição. Não houve possibilidade de se explorar a restrição, visto que esta já se encontrava com altos níveis de eficiência. O sistema já se encontrava automaticamente subordinado à restrição, tendo sido decidido que era necessário elevar a restrição. Desta forma, por recurso à simulação, concluiu-se que seria necessário que a Extrusão operasse sete dias por semana, enquanto os restantes postos de trabalho trabalhariam apenas 5 dias por semana, de forma a produzir corpos suficientes para abastecer a Colagem. Para isso, procedeu-se à contratação de 6 colaboradores, introduzindo-se um quarto turno.

Imediatamente após o término do primeiro ciclo, surgiu outra restrição que foi facilmente identificável no chão de fábrica: o local onde se passou a fazer a recolha das análises de TCA. Assim, entendeu-se que esta restrição deveria ser vista como mais uma etapa do sistema produtivo, visto que sempre que esta se interrompia, todo o sistema produtivo sofria uma paragem.

Na segunda fase do modelo, foram identificadas várias fontes de desperdício e de variabilidade. Consequentemente também se identificaram várias oportunidades de melhoria. Foi possível proceder a várias melhorias recorrendo a ferramentas *Lean*, melhorando a gestão visual do supermercado e a organização do espaço de trabalho. Apesar de não ter havido oportunidade de implementação, foram propostas diversas melhorias para balancear o fluxo produtivo e combater as paragens que têm ocorrido com grande frequência. Tal como o Modelo sugere, podem ser utilizadas tanto ferramentas *Lean* como Seis Sigma

para explorar a restrição detetada. No caso em estudo, não houve necessidade de recorrer às ferramentas Seis Sigma, apesar de existência de variabilidade no sistema, visto que a solução apresentada passava apenas pelo uso de ferramentas *Lean* e organização de trabalho.

Na terceira fase do processo, submeteu-se o sistema à restrição, através da sugestão de implementação do mecanismo DBR, passando o sistema a funcionar ao ritmo da restrição, reduzindo-se a produção em excesso que se acumulava no supermercado da Lavação. Desta forma, seria possível passar de uma acumulação de 65 lavações diárias, à espera de aprovação, para 35 lavações. Também se criaria um *buffer* de 8 horas que permitiria a continuidade de trabalho da lavação, caso o laboratório não conseguisse dar aprovações atempadas à produção.

Devido a impedimentos de caráter temporal, não foi possível reavaliar a restrição e concluir o último ciclo. No entanto, acredita-se que com as medidas propostas, a restrição passará a ser outra.

Aconselha-se a que se desenvolvam novas iterações, para que novas melhorias sejam introduzidas, principalmente no processo restritivo.

Sugere-se que futuramente se debrucem exaustivamente sobre a origem dos defeitos pois a sua redução traria enormes vantagens para a empresa, tanto ao nível das perdas causadas pelo material rejeitado como ao nível de ocupação desnecessária das máquinas durante o processo de reprocessamento dos materiais que ainda podem ser aproveitados.

A principal dificuldade ocorrida ao longo deste caso de estudo traduziu-se na limitação de recursos financeiros disponíveis para efetuar mudanças. Esta barreira financeira, na prática, provocou adiamentos na implementação das melhorias. Porém, convém referir que, na generalidade, a implementação do referido modelo se revelou muito positiva quer pelos resultados obtidos, quer pela oportunidade criada para ampliação de conhecimentos práticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alabdulkarim, A. A., Ball, P., & Tiwari, A. (2015). Assessing asset monitoring levels for maintenance operations: A simulation approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(5), 632–659. <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2013-0003>
- Alves, A., Cogan, S., & Almeida, R. S. de. (2011). Utilizando o processo de raciocínio da Teoria das Restrições para a gestão de projetos de pesquisas e atividades científicas. *Sistemas & Gestão*, 5(3), 161–178. Retrieved from <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V5N3A4%5Cnhttp://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/download/V5N3A4/V5N3A4>
- Amorim. (2017). Relatório de contas. Retrieved from https://www.amorim.com/xms/files/Investidores/5_Relatorio_e_Contas/RelatorioContas2016.pdf
- Amorim. (2018a). A Cortiça- Benefícios ambientais. Retrieved from <https://www.amorim.com/a-cortica/beneficios-ambientais-e-sociais/>
- Amorim. (2018b). Mitos e Curiosidades. Retrieved from <https://www.amorim.com/a-cortica/mitos-e-curiosidades>
- Amorim. (2018c). Para um produto singular, uma empresa com saber. Retrieved from <https://www.amorimcork.com/pt/amorim-irmaos-cork-stoppers-business-unit/>
- APCOR. (2018). No Title. Retrieved from <https://www.apcor.pt/cortica/factos-curiosidades/historia/>
- Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office* (Vol. 3). <https://doi.org/10.1007/978-88-470-2510-3>
- Cox, J. F., & Schleier, J. G. (2010). *Theory of Constraints Handbook. Chemistry & ...*. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200490137>
- Droste, A. (2007). *Lean thinking, banish waste and create wealth in your corporation. Action Learning: Research and Practice* (Vol. 4). <https://doi.org/10.1080/14767330701233988>
- Isabel, S., & Quintaneiro, N. (2014). Uma perspectiva Lean Seis Sigma na Melhoria Contínua de um Sistema Logístico de Produção Orientadora : Professora Doutora

Alexandra Tenera.

Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2008). *Operations and supply management*.

Khalid, N. K. M., Hashim, A. Y. B., & Salleh, M. R. (2014). On Value Stream Mapping and Its Industrial Significance. *Journal of Industrial and Intelligent Information*, 2(2), 88–90. <https://doi.org/10.12720/jiii.2.2.88-90>

Lacerda, D. P., Rodrigues, L. H., & da Silva, A. C. (2011). Evaluating the synergy of business process engineering and theory of constraints thinking process | Avaliação da sinergia entre a engenharia de processos e o processo de pensamento da teoria das restrições. *Producao*, 21(2), 284–300. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000019>

Melton, T. (2005). *The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries*. *Chemical Engineering Research and Design* (Vol. 83).

Montgomery, D. C., & Woodall, W. H. (2008). *An overview of six sigma*. *International Statistical Review* (Vol. 76). <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2008.00061.x>

Moura, R. A. (2007). *Kanban - A Simplicidade do Controle da Produção*.

Pacheco, D. A. de J. (2014). Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. *Production*, 24(4), 940–956. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132014005000002>

Robinson, S. (2015). A Tutorial on Conceptual Modeling for Simulation. *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*, 1820–1834. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Scheinkopf, L. J. (1999). *Thinking for a Change: Putting the TOC Thinking Processes to Use*. *The St Lucie Press APICS Series on Constraints Management*. Retrieved from <http://www.amazon.com/Thinking-Change-Processes-Constraints-Management/dp/1574441019>

Sheth, P. P., Deshpande, V. A., & Kardani, H. R. (2014). Value Stream Mapping : a Case Study of Automotive Industry.

Silva, L. (2015). Ensaio exploratório de um modelo TLS num Sistema Produtivo Lean : Caso Equipar, Master Thesis. Retrieved from <https://run.unl.pt/handle/10362/16769>

Spector, Y. (2011). Theory of constraint methodology where the constraint is the business model. *International Journal of Production Research*, 49(11), 3387–3394. <https://doi.org/10.1080/00207541003801283>

- Sproull, B. (2010). *The ultimate improvement cycle: maximizing profits through the integration of lean, six sigma, and the theory of constraints*.
- Tabanlı, R. M., & Ertay, T. (2013). *Value stream mapping and benefit-cost analysis application for value visibility of a pilot project on RFID investment integrated to a manual production control system - A case study*. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (Vol. 66). <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4383-x>
- Tanco, M., Santos, J., Rodriguez, J. L., & Reich, J. (2013). *Applying lean techniques to nougat fabrication: A seasonal case study*. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (Vol. 68). <https://doi.org/10.1007/s00170-013-4960-7>
- Tenera, A. (2006). *Contribuição para a Melhoria da Gestão da Incerteza na Duração dos Projectos através da Teoria das Restrições (Dissertação para obtenção do Grau de Doutor)*.
- Thürer, M., Stevenson, M., Silva, C., & Qu, T. (2017). Drum-buffer-rope and workload control in High-variety flow and job shops with bottlenecks: An assessment by simulation. *International Journal of Production Economics*, 188(January 2016), 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.03.025>
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Woepfel, M. (2009). How to Double Your Bottom Line with TLS. Retrieved from <http://pinnacle-strategies.com>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection*. *Harvard Business Review* (Vol. 74). <https://doi.org/Article>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1992). *The machine that changed the world*. *Business Horizons* (Vol. 35). [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(92\)90074-J](https://doi.org/10.1016/0007-6813(92)90074-J)

ANEXO A/- Medições da capacidade da Extrusão

Diâmetro 31,2						
Linha	1ª Medição	2ª Medição	3ª Medição	Média	Desvio Padrão	Nº de amostras necessárias
3	736	732	740	736	4	1
4	768	785	752	768,3	16,50252506	1
5	880	848	817	848,3	31,50132272	1

Diâmetro 36,2						
Linha	1ª Medição	2ª Medição	3ª Medição	Média	Desvio Padrão	Nº de amostras necessárias
3	632	608	680	640	36,66060556	3
4	688	624	656	656	32	2
5	631	672	712	671,7	40,50102879	3

Diâmetro 42,5						
Linha	1ª Medição	2ª Medição	3ª Medição	Média	Desvio Padrão	Nº de amostras necessárias
3	592	528	560	560	32	3
4	576	600	553	576,3	23,50177298	2
5	592	599	584	591,7	7,505553499	1

ANEXO AII- Medições da capacidade da Colagem

Máquina	1ª Medição	2ª Medição	3ª Medição	Média	Desvio Padrão	Nº mínimo de amostras
1.1	182	187	178	182,3333	4,509249753	2
1.2	185	176	180	180,3333	4,509249753	2
1.3	183	178	172	177,6667	5,507570547	3
1.4	199	190	193	194	4,582575695	2
1.5	178	185	180	181	3,605551275	2
1.6	192	196	197	195	2,645751311	1
1.7	194	189	198	193,6667	4,509249753	2
1.8	195	186	192	191	4,582575695	2
1.9	190	188	187	188,3333	1,527525232	1
1.10	95	99	100	98	2,645751311	2
1.11	98	99	100	99	1	1
2.1	195	190	188	191	3,605551275	1

2.2	185	190	195	190	5	2
2.3	205	200	196	200,3333	4,509249753	2
2.4	198	199	195	197,3333	2,081665999	1
2.5	103	105	99	102,3333	3,055050463	3
2.6	103	104	102	103	1	1
2.7	99	101	105	101,6667	3,055050463	3
2.8	105	104	100	103	2,645751311	2

ANEXO AIII- Medições da capacidade da Retificação

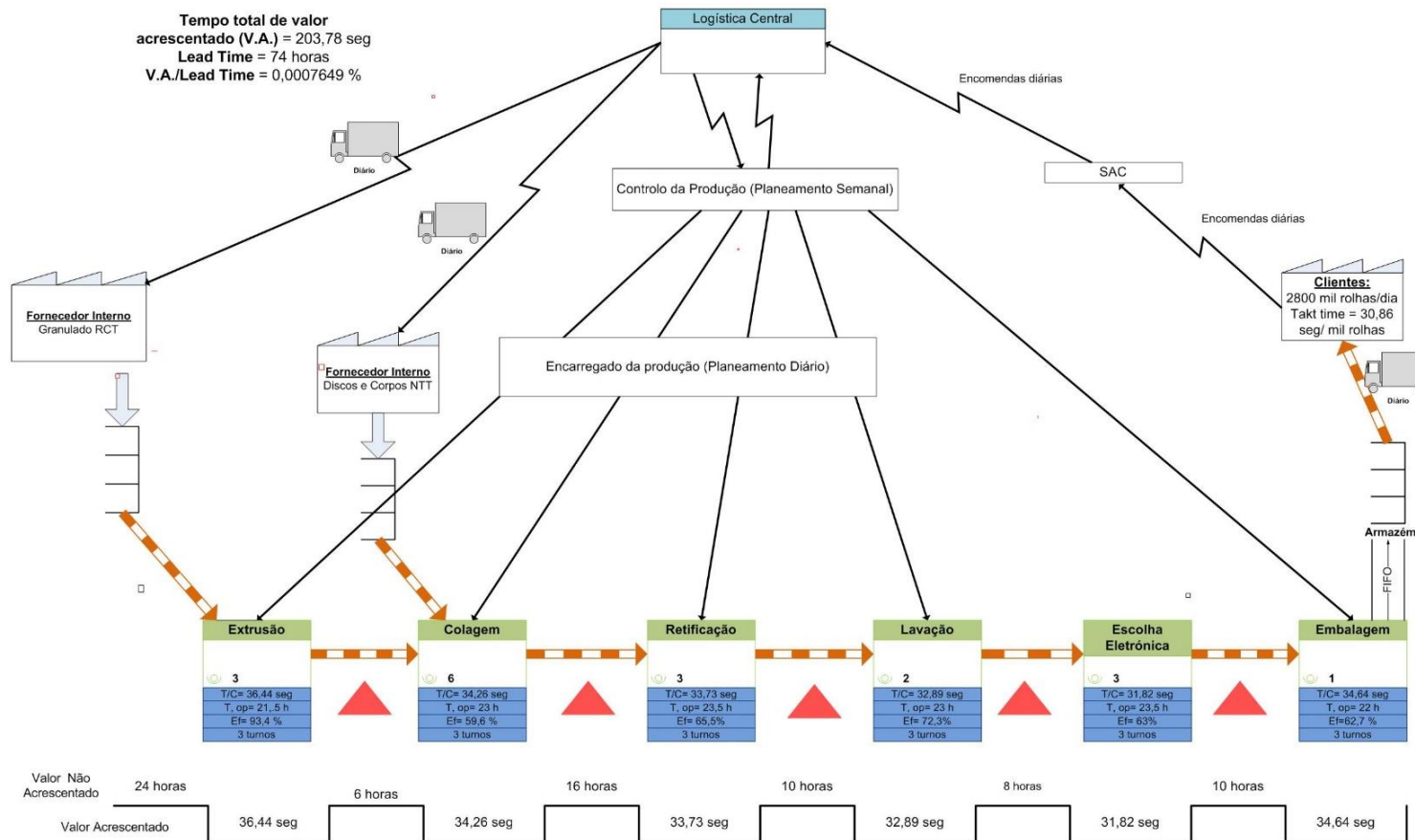
Máquina	1º Medição	2º Medição	3º Medição	Média	Desvio Padrão	Nº mínimo de amostras
1	182	180	178	180	2	1
2	191	197	194	194	3	1
3	175	167	168	170	4,358898944	2
4	177	180	171	176	4,582575695	2
5	188	187	190	188,3333	1,527525232	1
6	195	190	188	191	3,605551275	1
7	185	194	196	191,6667	5,859465277	3
8	177	178	174	176,3333	2,081665999	1
9	199	200	195	198	2,645751311	1
10	179	182	180	180,3333	1,527525232	1
11	176	178	170	174,6667	4,163331999	2
12	185	188	180	184,3333	4,041451884	2
13	180	179	178	179	1	1
14	190	200	195	195	5	2
17	199	198	189	195,3333	5,507570547	3

ANEXO AIV- Medições da capacidade da Escolha Eletrónica

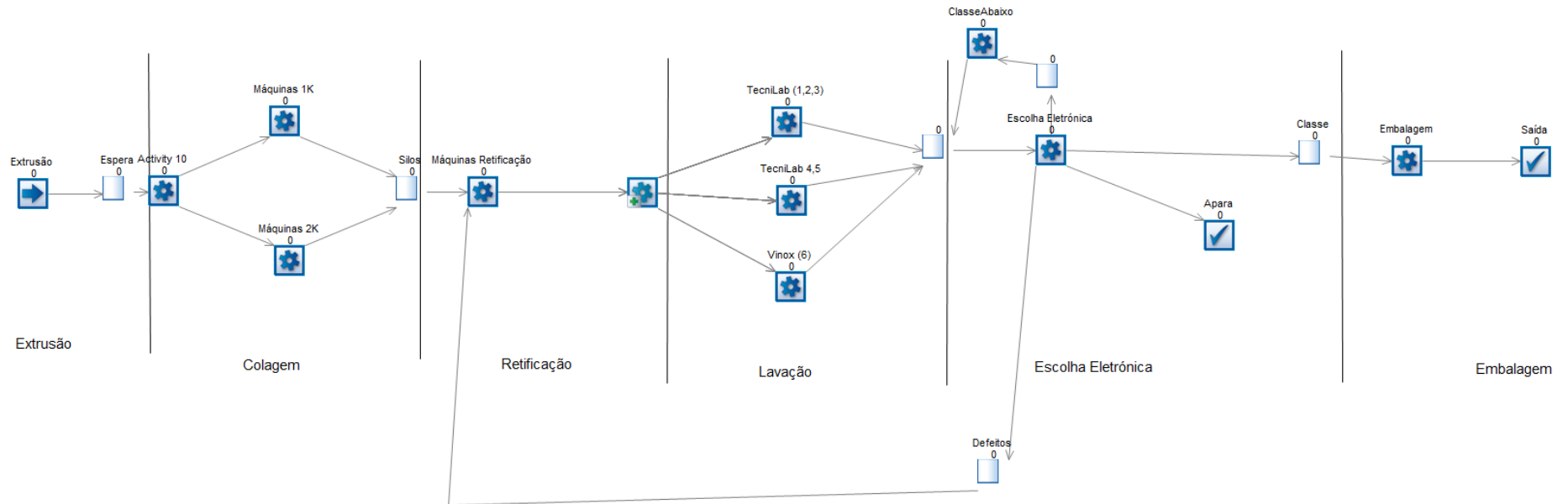
Máquina	1º Medição	2º Medição	3º Medição	Média	Desvio Padrão	Nº mínimo de amostras
1	205	200	201	202	2,645751311	1
2	197	199	205	200,3333	4,163331999	2
3	203	205	206	204,6667	1,527525232	1
4	207	195	200	200,6667	6,027713773	3
5	170	172	163	168,3333	4,725815626	3
6	168	169	172	169,6667	2,081665999	1

7	166	165	163	164,6667	1,527525232	1
8	170	169	174	171	2,645751311	1
9	160	170	167	165,6667	5,131601439	3
10	162	165	163	163,3333	1,527525232	1
11	168	171	161	166,6667	5,131601439	3
12	168	170	169	169	1	1
13	177	173	168	172,6667	4,509249753	2
14	170	169	166	168,3333	2,081665999	1
15	160	168	162	163,3333	4,163331999	2
16	201	209	213	207,6667	6,110100927	3

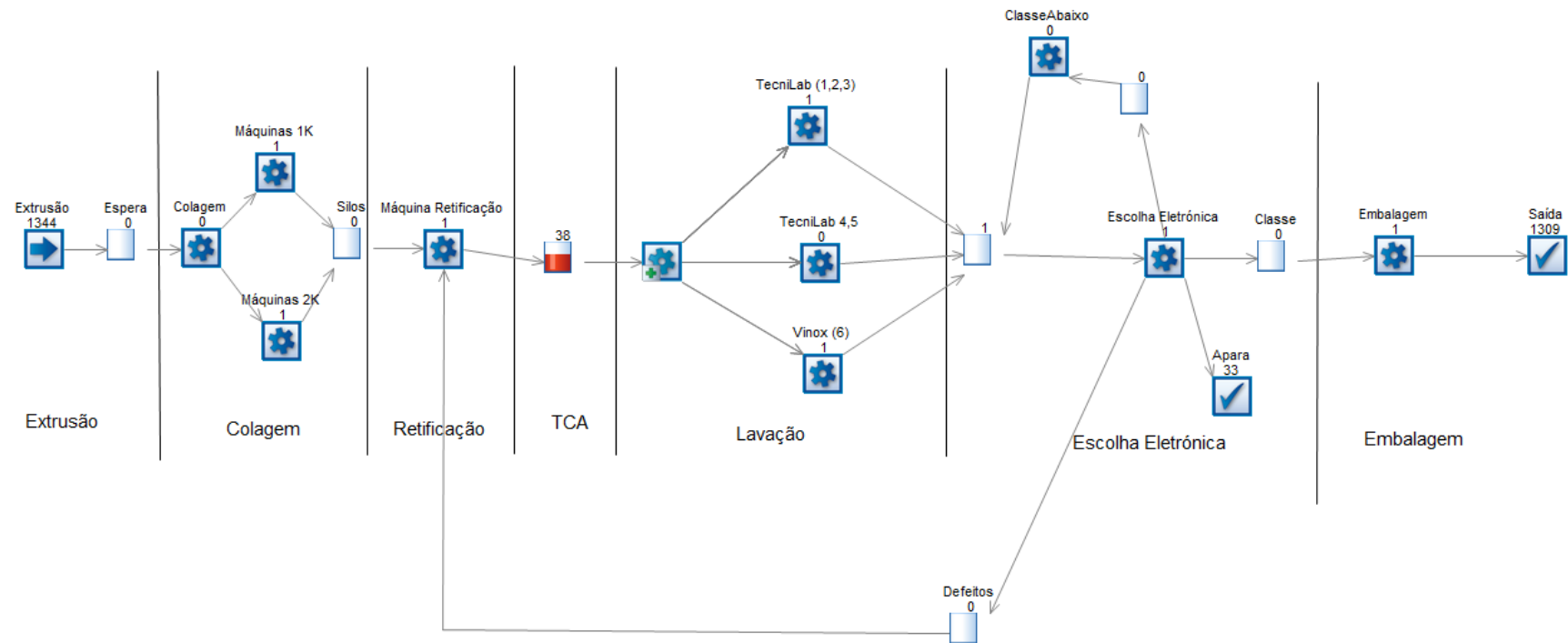
ANEXO B- VSM: *Current State* do Sistema relativo aos meses de janeiro, fevereiro e março de 2018



ANEXO C- SIMULAÇÃO EM SIMUL8: PRIMEIRO CICLO DE IMPLEMENTAÇÃO



ANEXO D- SIMULAÇÃO EM SIMUL8: SEGUNDOCICLO DE IMPLEMENTAÇÃO



ANEXO E- Proposta de Melhoria



Propostas de Melhoria

0



Nº	Descrição da propostas de Melhoria	Prioridade (autonomia total - 1; apoio externo - 2)	Necessita de Teste? (S/N)	Data realização	Responsável	Investimento?
1	Laboratório recolher amostras de TT USA todos os dias às 8 horas (20 amostras); 12 horas (4 amostras); e 16 horas (4 amostras)	1	Não	16/07/2018	Diana Dias	Não
2	Laboratório devolver aprovações à produção de TT USA todos os dias às 10 horas (20 amostras); 13 horas (4 amostras); e 17 horas (4 amostras)	1	Não	17/07/2018	Diana Dias	Não
3	Na Lavação, cada turno efetua apenas 9 Lavações de TT CI2000	1	Não	17/07/2018	Nélio Pedro	Não
4	Na Lavação não se efetua mais de 3 lavações de defeitos por dia	1	Não	16/07/2018	Nélio Pedro	Não