



Inês Maria Gonçalves Folhadela Mendes Furtado

Licenciada em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

Sugestão de Operacionalização de um Modelo TLS na Indústria Corticeira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera
Professora Auxiliar, FCT-UNL

Coorientador: Dr.º Rui Manuel Ferreira Dias
Diretor de Operações, Amorim & Irmãos - Equipar

Júri:

Presidente: Professora Doutora Virgínia Arimateia de Campos Machado
Professora Auxiliar, FCT- UNL

Arguente: Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas
Professora Auxiliar, FCT- UNL

Vogal: Professora Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera
Professora Auxiliar, FCT-UNL



Inês Maria Gonçalves Folhadela Mendes Furtado

Licenciada em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

**Sugestão de Operacionalização de um
Modelo TLS na Indústria Corticeira**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa

Coorientador: Dr.º Rui Manuel Ferreira Dias
Diretor de Operações, Amorim & Irmãos - Equipar

Janeiro, 2017

Sugestão de Operacionalização de um Modelo TLS na Indústria Corticeira

Copyright© Inês Maria Gonçalves Folhadela Mendes Furtado, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Ao meu Avô Luiz...

Agradecimentos

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional, o meu sincero e profundo agradecimento.

À Professora Alexandra Tenera, pelo acompanhamento e orientação ao longo deste trabalho, por todo o apoio e conselhos transmitidos que em tudo contribuíram para a melhoria deste projeto. Agradeço, ainda, a dedicação e interesse demonstrado no tema e na constante evolução do mesmo - foi uma ajuda preciosa e sem a qual não teria sido possível alcançar estes resultados.

Ao Dr. Rui Dias agradeço o desafio proposto na UI Equipar; por me ter inserido tão bem no mundo industrial e por ter me proporcionado a excelente oportunidade de desenvolver este tema numa empresa tão valorizada e enriquecedora, tanto a nível pessoal como profissional. Agradeço, também, todo o apoio, sugestões e opiniões que me possibilitaram querer fazer mais e melhor.

Quero agradecer à UI Equipar pela oportunidade de me acolher neste projeto e todas as pessoas com quem lidei ao longo dos meses e que me proporcionaram sempre um ótimo bem-estar. Agradeço à Eng.^a Maria, pelo acompanhamento e constantes desafios propostos; a toda a equipa do TT, na qual gostaria de destacar a Isilda Gagueja, pelo carinho e paciência em todos os momentos e pelo apoio, interesse e ajuda na implementação de todas as fases deste trabalho; aos operadores da Lavação e da EE que tanto apoiaram e incentivaram as minhas ideias e sugestões e por toda a alegria e aprendizagem; ao Mário Brandão, Francisco Delgado e Paulo Santos pelo constante incentivo, esclarecimentos e ajudas; e, claro, aos meus companheiros estagiários pela compreensão e apoio quando existiam dias em que tudo parecia não estar no rumo certo. Gostava, ainda, de agradecer ao Eng.^o Rui Leite, Dra. Ana Silva e Eng.^o Tiago Ferreira com quem partilhava diariamente as longas viagens casa-trabalho-casa por todos os desabafos, conversas, conselhos, além da alegria e boa disposição, que tão importantes foram para mim.

Por fim, gostava de agradecer às pessoas mais importantes e que tanto contribuíram para todo este sucesso – a minha Família – pelo constante incentivo, união, carinho e persistência. Destaco os meus Pais que sempre estiveram presentes e a quem devo tudo, por sempre acreditarem em mim, por me apoiarem incondicionalmente e por todos os valores que desde cedo me inculcaram e que fazem de mim uma melhor pessoa; e os meus irmãos, cunhados e sobrinha por todas as vezes em que disseram as coisas mais disparatadas só para me animarem e mostrarem que com ânimo tudo era mais simples.

A todos os meus amigos que estão comigo desde sempre e que, mais uma vez, não falharam. Agradeço toda a amizade, confiança e expectativas depositadas em mim.

A todos os meus colegas de faculdade que partilharam comigo bons e maus momentos, em especial, às minhas “meninas” pelo companheirismo e amizade, por todas as conquistas e complicações que nos fizeram chegar aqui.

Ao Nuno, por tudo e mais alguma coisa.

Resumo

A indústria da cortiça em Portugal é, sem dúvida, uma indústria de incomparável referência, não só pelo seu impacto na economia nacional, mas também porque o maior produtor mundial de cortiça é de nacionalidade portuguesa – Corticeira Amorim. Sendo atual líder mundial do setor, mantém uma forte aposta no desenvolvimento e inovação, na constante melhoria dos processos produtivos e produtos, estando presente nos mais distintos mercados, desde os mais conhecidos, como as rolhas, até aos mais diversificados, como a construção civil, indústria automóvel e aeronáutica, ferroviária, e até mesmo em utensílios para o lar, como forma de manter o elevado nível de satisfação que desde sempre habitou os seus clientes e simultaneamente manter o atual posicionamento.

Não obstante esta situação, o mercado das rolhas sofreu uma quebra nos últimos anos e, embora, numa atual fase de crescimento, o aparecimento de novos produtos, que pretendem ser soluções alternativas às rolhas e as crescentes exigências por parte dos clientes, preocupam os produtores. É no seguimento desta preocupação que surge a presente dissertação.

Neste sentido e em linha com a estratégia definida pela empresa, a Unidade Industrial Equipar procura explorar novas e melhores práticas, com o objetivo de melhorar cada vez mais a sua produção, e para tal, procura um modelo que responda a estes desafios. Atualmente pode-se considerar que os modelos integrados TLS, modelo que resulta da integração da Teoria das Restrições com o *Lean* e Seis Sigma, são os que se apresentam mais vantajosos. Foi sugerido o desenvolvimento da implementação de um modelo integrador das três metodologias tendo assim sido aplicado ao sistema produtivo das rolhas técnicas *Twin-Top*.

Numa segunda fase foi proposta a utilização de ferramentas *Lean*, Seis Sigma e de Análise de Valor com vista à sua operacionalização, após um levantamento bibliográfico onde se analisou os modelos existentes e se selecionado o modelo a implementar.

Numa última fase procedeu-se à sua implementação tendo sido aplicado um ciclo de melhoria. Neste ciclo identificou-se o processo de Lavação como restrição do sistema e, após diversas melhorias aplicadas, foi possível eliminar a restrição deste processo, torná-lo mais eficiente e produtivo e, assim, resultando um aumento da capacidade do processo.

Palavras- chave: Rolhas; Melhoria Contínua; TOC; *Lean*; Seis Sigma; Simulação

Abstract

The cork industry in Portugal is undoubtedly one of single reference, not just by its impact on the national economy, but also because the world largest cork producer is Portuguese – Corticeira Amorim. Being the world leader in this sector, it maintains a determinant focus on development and innovation, on constant improvement of production processes and products, with a presence in the most distinct markets, ranging from those more traditionally known, such as the cork stoppers, to the most diversified such as construction, auto and aeronautical industries, trains, and even kitchen ware, as a means to maintain a high level of satisfaction of its customers, as well as its pole position in the market.

Even so, the cork stoppers market suffered a drawback in the past years, with a recent turn around to growth very recently. The new products that aim to replace the traditional stoppers, together with the increasing quality demands from the clients, concerns the producers. Thus the background for this dissertation.

Aligning with the company's strategy, this unit – Equipar – in a constant search for new and better practices aimed at optimizing production, engaged in a model that would answer these challenges.

Actually it can be considered that the model of an integrated TLS, resulting from the combination of the Theory of Constraints together with Lean and Six Sigma is the model that presents better advantages. For this, it was suggested to develop a model that would integrate the three methodologies, and to be applied to the production of technical cork stoppers, known as Twin Top.

To begin with, a thorough analysis was made to the existing models and a TLS model was then developed. This continuous improvement TLS model consists in five different phases, each accounting for the five fundamental steps of the TOC. The primary goal it is to develop improvements, solve the constraints of the system and at the same time avoid obsolete situations and not generating a constant upgrading.

In the second phase, the model refers to the Exploitation of the constraint, where tools of Lean, Six Sigma and Value Analysis were used. The second last step refers to the evaluation to the status of the restriction after improvements were made – to decide if there is a need for investments or if the restriction was overcome, which being the case, one goes back to step one and restarts a whole new cycle of improvement.

In the present dissertation, a cycle of improvement was sufficient. The process of “Lavação” was defined to be the restriction of the system and after several steps of improvements it was possible to eliminate that same restriction in the process, making it more efficient and productive, resulting in an increase in process capacity.

Being the case, the objectives of the present dissertations were achieved.

Keywords: Cork, Continuous Improvement, TOC, Lean, Six-Sigma, Simulation

Índice de Matérias

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Contextualização do Problema	1
1.2	Enquadramento e Motivação do Estudo	2
1.3	Objetivos do Estudo e Metodologia de Investigação	3
1.4	Estrutura da Dissertação	4
Capítulo 2	Sistemas de Integração TLS e suas ferramentas	5
2.1	Sistemas de Integração Parcial	14
2.1.1	TOC + <i>Lean</i> (TOCLEAN)	15
2.1.2	TOC + Seis Sigma (TOCSS)	16
2.1.3	<i>Lean</i> + Seis Sigma (LSS)	17
2.2	Sistemas de Integração Total (Sistemas TLS)	19
2.2.1	Modelo TOCLSS	22
2.2.2	Modelo de Excelência 360º	23
2.2.3	Modelo UIC	24
2.2.4	Modelo iTLS	25
2.2.5	Modelo 7BG	26
2.2.6	Modelo TLS	27
Capítulo 3	Caracterização do Sistema: Caso de Estudo	31
3.1	Caracterização da Empresa	31
3.2	Caracterização da Unidade Industrial	36
3.3	Caraterização do Sistema em Estudo	40
3.3.1	Processos	42
3.3.2	Características do Sistema	48
Capítulo 4	Proposta Metodológica da Operacionalização TLS	55
4.1	Proposta de Análise do Sistema e Identificação da Restrição	57
4.2	Proposta de Exploração da Restrição	58
4.3	Proposta de Melhoria e Submissão do Sistema à Restrição	61
4.4	Proposta de Reavaliação da Restrição e Melhoria do Desempenho do Sistema	62
Capítulo 5	Implementação do Modelo TLS proposto	65
5.1	Análise do Sistema e Identificação da Restrição	65
5.1.1	Estudo das Capacidades	65
5.1.2	Simulação em Arena e Simulação Real	76
5.2	Exploração da Restrição	86

5.2.1	Caraterização e Identificação das Fontes de Desperdícios	87
5.2.2	Caraterização e Identificação das Fontes de Variabilidade	90
5.2.3	Diagnóstico da Criação de Valor	96
5.2.4	Proposta de Melhoria	99
5.2.5	Atuação sobre a Restrição	100
5.3	Submissão/Subordinação do Sistema à Restrição.....	105
5.4	Reavaliação da Restrição.....	110
5.5	Melhorias no Sistema.....	111
Capítulo 6	Conclusões Finais e Sugestões de Trabalho Futuro	113
	Referências Bibliográficas	117
	Anexos	121

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Metodologia de Estudo	3
Figura 2.1 - Evolução Cronológica da TOC	6
Figura 2.2 - Tipos de Restrições Existentes	8
Figura 2.3 - As Três Questões Básicas da TOC	8
Figura 2.4 - Cinco Passos Fundamentais da TOC	9
Figura 2.5 - As Três Questões Básicas e suas Ferramentas Lógicas	10
Figura 2.6 – DBR: Exemplo	11
Figura 2.7 – Possíveis Integrações Metodológicas.....	20
Figura 2.8 - Modelo de Integração TOCLSS®	22
Figura 2.9 - Modelo de Integração Excelência 360º	23
Figura 2.10 – Modelo de Integração <i>Ultimate Improvement Cycle</i>	24
Figura 2.11 - Modelo de Integração iTLS	25
Figura 2.12 - Ferramentas Recomendadas em cada passo do Modelo iTLS	26
Figura 2.13 - Modelo de Integração 7BG®.....	26
Figura 2.14 - Modelo de Integração TLS	27
Figura 2.15 - Resultados da Utilização das Ferramentas	28
Figura 3.1 - Presença Mundial da Corticeira Amorim	32
Figura 3.2 - Composição do Grupo AMORIM	33
Figura 3.3 - Organigrama da UN Rolhas	33
Figura 3.4 - Gama de Produtos	34
Figura 3.5 - Vendas Consolidadas por Unidade de Negócio	35
Figura 3.6 - Vendas de Rolhas : EBTIDA	36
Figura 3.7 - Localização da UI de Coruche	37
Figura 3.8 - Fotografia Aérea da Equipar	37
Figura 3.9 - Rolhas Aglomeradas.....	39
Figura 3.10 - Rolhas TT	39
Figura 3.11 - Presença Mundial da Amorim & Irmãos.....	40
Figura 3.12 - Processos de Fabrico da UI Equipar.....	41
Figura 3.13 - Especificações das Rolhas TT	41
Figura 3.14 – Principais Processos de Transformação: Esquema.....	43
Figura 3.15 – Extrusão: Esquema Geral.....	45
Figura 3.16 - Acabamentos Mecânicos: Esquema Geral.....	46
Figura 3.17 – Tipos de Lavações Existentes: Padrões	46
Figura 3.18 - <i>Layout</i> Pormenorizado com Fluxos na Secção Escolha.....	48
Figura 3.19 - Código de Cores	49
Figura 3.20 – Etiquetas de Identificação: Exemplo.....	49
Figura 3.21 - Quadro de Ordens de Produção.....	50

Figura 3.22 – Silos: Exemplo	51
Figura 3.23 – Cestos: Exemplo	51
Figura 3.24 – Palotes: Exemplo.....	52
Figura 3.25 – Alcofas: Exemplo.....	52
Figura 3.26 - Quadro <i>Kaizen</i>	53
Figura 4.1 - Modelo TLS e Ferramentas Propostas.....	55
Figura 4.2 - Etapas da Primeira Fase do Modelo.....	57
Figura 4.3 - Etapas da Segunda Fase do Modelo	58
Figura 4.4 - Etapa de Proposta de Melhoria.....	61
Figura 4.5 - Etapas da Terceira Fase do Modelo.....	62
Figura 4.6 – Últimas Fases do Modelo	63
Figura 5.1 - Quantidade de Rolhas Processadas no Sistema em JAN e FEV	73
Figura 5.2 – Modelação do Sistema em ARENA.....	76
Figura 5.3 - Recursos do Modelo de Simulação	79
Figura 5.4 - <i>Run Setup</i> do Modelo Atual.....	80
Figura 5.5 – Taxa de Utilização dos Recursos.....	80
Figura 5.6 - Variação do WIP, em cestos, antes de cada processo do sistema	84
Figura 5.7 - Acumulação de WIP antes da Lavação.....	86
Figura 5.8 - Diagrama de Fluxos das Deslocações dos Operadores da Lavação	87
Figura 5.9 - Rolhas para Controlo de Humidade.....	88
Figura 5.10 - Rolhas no Chão por Falha de Localização de Abertura	89
Figura 5.11 - Defeitos Antes da Lavação : Diagrama de Pareto	92
Figura 5.12 - Defeitos Depois da Lavação: Diagrama de Pareto	93
Figura 5.13 - Diagrama de Ishikawa para o Problema do Número de Lavações por dia	94
Figura 5.14 – Proposta de Atuação: Modelo A3	99
Figura 5.15 – Proposta de Tabuleiro para as Rolhas que aguardam Controlo de Humidade	100
Figura 5.16 – Proposta de Colocação dos Palotes.....	101
Figura 5.17 – Proposta de Rodas Velhas vs. Rodas Novas	102
Figura 5.18 - Limites das Cartas de Controlo	104
Figura 5.19 - Carta de Controlo da Média	104
Figura 5.20 - Carta de Controlo da Amplitude.....	104
Figura 5.21 - Solução proposta para o plano detalhado da restrição.....	107
Figura 5.22 - Planeamento S21 vs Lavações Realizadas S21	107
Figura 5.23 - Matriz Resultante da Aplicação da Ferramenta <i>Solver</i>	108
Figura 5.24 - Evolução do WIP: Comparação.....	109
Figura 5.25 - Fila de Espera na Lavação.....	110

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Resumo das componentes da TOC	6
Tabela 2.2 - Comparação Metodológica.....	12
Tabela 2.3 - Forças, Fraquezas e Complementaridades das Abordagens	13
Tabela 2.4 - Modelos de Integração TOC e <i>Lean</i>	15
Tabela 2.5 - Modelos de Integração TOC e Seis Sigma	17
Tabela 2.6 - Modelos de Integração <i>Lean</i> e Seis Sigma.....	18
Tabela 2.7 - Principais Sinergias da Integração das Três Abordagens	21
Tabela 3.1 - Tipos de Granulados	38
Tabela 3.2 – Caracterização do Processo.....	42
Tabela 4.1 - Ferramentas <i>Lean</i> a aplicar	59
Tabela 4.2 - Ferramentas Seis Sigma a aplicar	60
Tabela 4.3 - Fase, Ferramentas e Resultados esperados na aplicação do Modelo TLS.....	63
Tabela 4.4 - Fase, Ferramentas e Resultados esperados na aplicação do Modelo TLS (continuação) 64	
Tabela 5.1 - Crescimento Médio do Bastão em Cada Linha da Extrusão	66
Tabela 5.2 - Capacidade Teórica da Extrusão.....	66
Tabela 5.3 – Resultados dos Tempos das Máquinas de Colar	67
Tabela 5.4 - Resultado dos Tempos das Máquinas Retificadoras	68
Tabela 5.5 - Capacidade Horária do Processo Lavação.....	69
Tabela 5.6 - Resultados dos Tempos das Máquinas de Escolha.....	70
Tabela 5.7 - Resultados dos Tempos das Máquinas de Embalagem.....	71
Tabela 5.8 - Resumo das Capacidades Medidas em cada processo	72
Tabela 5.9 - Horas Efetivas para Trabalho Produtivo em Janeiro e Fevereiro de 2016.....	73
Tabela 5.10 - Tempos de Ciclo Atuais em cada Processo do Sistema	75
Tabela 5.11 - Processos Lavação e Embalagem: Cálculo das Eficiências	75
Tabela 5.12 - Valores das Eficiências dos Processos	75
Tabela 5.13 - <i>Output</i> do Modelo de Simulação com o <i>Output</i> Real do Sistema	78
Tabela 5.14 - Distribuições Estatísticas dos Processos que compõem o sistema.....	79
Tabela 5.15 - Tempo, médio, na Fila de Espera.....	81
Tabela 5.16 - Resumo dos Tempos de Ciclo (seg./mil rolhas)	82
Tabela 5.17 - Valores do <i>Lead Time</i> do processo	83
Tabela 5.18 - Equações de tendência linear e derivada da variação do WIP antes de cada processo. 85	
Tabela 5.19 - Tipos de Defeitos.....	91
Tabela 5.20 - Defeitos encontrados Antes da Lavação.....	91
Tabela 5.21 - Defeitos encontrados agregados por Tipo de Defeito Antes da Lavação	92
Tabela 5.22 - Defeitos encontrados Depois da Lavação.....	93
Tabela 5.23 - Defeitos encontrados agregados por Tipo de Defeito Depois da Lavação	93
Tabela 5.24 - Estudo das Razões que impedem os operadores de realizar mais lavações.....	95

Tabela 5.25 - Análise de Valor no processo de Fabrico das Rolhas TT	97
Tabela 5.26 - Percentagem de Ocorrência das Lavações	98
Tabela 5.27 - Sugestões de Melhorias a Tarefas	101
Tabela 5.28 - Fórmulas para o cálculo dos Limites de Controlo	103
Tabela 5.29 - Valores das constantes	103

Siglas e Acrónimos

AGLO	Secção Aglomerada
CC	Carta de Controlo
D	Diâmetro
DBR	<i>Drum-Buffer-Rope</i>
DMAIC	<i>Define – Measure – Analyze – Improve – Control</i>
DOE	<i>Design of Experiments</i>
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidades
EBITDA	<i>Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization</i>
EE	Escolha Eletrónica
EM	Escolha Manual
EQD	Equipar Distribuição
H	Humidades
JIT	<i>Just in Time</i>
L	Comprimento
LC	Linha Central
LIC	Limite Inferior de Controlo
LSC	Limite Superior de Controlo
LSS	<i>Lean Seis Sigma</i>
MP	Matéria-Prima
MV	Massa Volúmica
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan – Do – Check – Act</i>
PNC	Produto Não Conforme
PNC - LAV	Produto Não Conforme da Lavação
RA	Granulado Médio
RCT	Granulado Grosso
RN	Granulado Fino
ROSA	<i>Rate Optimal Steam Application</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>
SW	<i>Standard Work</i>
TCA	<i>2,4,6 Trichloroanisol</i>
TLS	TOC, <i>Lean</i> , Seis Sigma
TOC	<i>Theory of Constraints</i>

TP	<i>Thinking Process</i>
TT	<i>Secção Twin Top</i>
UI	Unidade Industrial
UN	Unidade de Negócios
VOC	Voz do Cliente
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

Capítulo 1 Introdução

Estima-se que desde os povos do Antigo Egito e da Civilização Romana já se utilizava a cortiça para produzir rolhas para garrafas. No entanto, a utilização da cortiça a um nível pré-industrial remete aos finais do século XVII. Hoje em dia, os vinhos vedados com rolha de cortiça, são considerados vinhos de boa ou muito boa qualidade o que resultou, segundo, A.C. Nielsen, entre 2010 e 2012, num incremento de 26% das vendas e 23% das receitas contra um decréscimo de 12% e 7% nos vedantes artificiais (Amorim, 2016).

Além de estar provado que a cortiça é, por excelência, o mais adequado vedante para vinhos, a sua componente natural permite ser 100% reciclável, 100% sustentável, e ainda ter um impacto positivo para a atmosfera, já que permite reter CO₂ da mesma. Estudos comprovam que uma adega que utilize rolhas de cortiça pode reduzir as emissões de CO₂ das suas garrafas entre 18% e 40% e por conseguinte, está a melhorar o seu desempenho ambiental e a manutenção de um ecossistema único no mundo, o montado. (Amorim, 2016).

1.1 Contextualização do Problema

Anualmente são produzidas 340 mil toneladas de cortiça em todo o mundo, sendo que 55% desta produção é oriunda de Portugal. Cada tonelada de cortiça pode dar origem a 66 700 rolhas, o que se pode traduzir em 12 mil milhões de rolhas/ano. Estima-se que existem mais de 2,2 milhões de hectares de floresta de sobreiros e cerca de 730 mil situam-se em Portugal. Sendo assim, atualmente, Portugal é líder na produção e distribuição de cortiça a nível mundial, produzindo mais de metade da produção mundial, cerca de 100.000 toneladas de produtos de cortiça.

A principal responsável por estes números é a Corticeira Amorim. Esta empresa portuguesa é a maior empresa mundial de produtos derivados da cortiça; lidera o setor e é a empresa que mais contribui para a inovação da cortiça, está presente em mais de cem países gerando um volume de negócios de cerca de 560 milhões de euros por ano; em 2015 registou um crescimento de 7% em relação a 2014 com vendas semestrais de 309,2 milhões de euros (APCOR, 2016). A sua existência já conta com quase 150 anos, tendo sido fundada em 1870 por António Alves Amorim, para a produção de rolhas de cortiça para o vinho do Porto. Embora seja a maior exportadora de produtos de cortiça a competitividade e as exigências do mercado global são cada vez mais elevadas, tanto a nível de produtos como de preços e, neste sentido, a constante inovação é fulcral. De salientar que a Corticeira Amorim, tem-se feito presente em vários ramos diferentes ao fabrico das rolhas mas sempre com o intuito de aproveitar todos os possíveis desperdícios de alguns produtos para criar novos. Por exemplo, propôs uma nova solução para os relvados de futebol naturais que reduz o impacto das quedas dos jogadores em 40%, tendo sido já utilizada no EURO 2016; desenvolveu diversos projetos que foram apresentados na “Milan Design

Week”; tem vindo a desenvolver soluções de isolamentos para veículos especiais (o veículo P50, utilizado pela NASA e já levou um astronauta a dirigir-se à Amorim *Cork Composites* nos EUA para agradecer aos colaboradores todo o trabalho).

Toda esta produção, todos estes projetos desenvolvidos a par de uma visão global, a sustentabilidade económico-financeira, a capacidade de mudança, a relação com *shareholders*, o posicionamento inovador e o pensamento “out-of-the-box”, são ativos que têm valorizado e evidenciado a Corticeira Amorim no quadro empresarial português. Por estas razões, no ano 2016, a Corticeira Amorim recebeu diferentes prémios de reconhecimento – Empresa do Ano, EXCELLENS OECONOMIA; Melhor *Investor Relations Office*; Distinção *Amcham Tributes*; e foi colocada no TOP30 das marcas mais valiosas em Portugal.

No entanto, para a realização destes projetos e para a aquisição de todos estes ativos acima mencionados é necessário um trabalho diário de pesquisa, estudos e de procura de melhorias, de processos mais otimizados, de formas e técnicas de obter o melhor resultado possível. Desta forma, o Diretor Industrial da Unidade Industrial (UI) Equipar propôs ao Departamento de Engenharia Industrial da FCT-UNL que fosse realizada uma investigação sobre o processo de produção das rolhas técnicas TT e “0+1”. Esta investigação foi realizada entre 2014 e 2015 e, neste seguimento, o Diretor Industrial propôs que fosse realizada, novamente, esta investigação de forma a reavaliar e validar o estudo feito. Desta forma pretende-se verificar se o comportamento dos processos se mantém e se as melhorias aplicadas ainda correspondem à realidade. Pois ainda existem fatores que impedem a maximizar a produção da UI e, conseqüentemente impedem a Equipar de atingir um melhor nível de serviço. Este nível é um fator muito importante para a empresa porque a degradação do mesmo poderá significar descontentamento dos clientes e, simultaneamente, representar uma oportunidade para os concorrentes.

1.2 Enquadramento e Motivação do Estudo

No contexto económico atual, os mercados são cada vez mais exigentes e a necessidade de responder de forma mais eficiente e eficaz possível torna-se uma prioridade. Assim, as organizações procuram uma forma de responder mais rápida a um menor custo, aumentando a sua eficiência interna e melhoria da utilização de recursos.

Neste sentido, o Diretor Industrial da UI Equipar propôs a aplicação de uma metodologia de melhoria contínua que permita aumentar a produtividade do processo produtivo. Assim, a dissertação insere-se no âmbito da implementação de um modelo de integração de três metodologias (Teoria das Restrições, *Lean* e Seis Sigma) no sistema produtivo das rolhas técnicas da secção TT.

Espera-se que a aplicação destas metodologias resulte na obtenção de resultados positivos e, assim, representar uma maior motivação ao tema.

1.3 Objetivos do Estudo e Metodologia de Investigação

A realização desta dissertação tem como principal objetivo a proposta de operacionalização de um modelo TLS selecionado dos modelos de integração existentes e apresentados no estado da arte. Com esta abordagem pretende-se conhecer e analisar os modelos existentes e avaliar quais os pontos menos fortes que se podem tornar oportunidades de melhoria para a exploração de um modelo mais completo.

Pretende-se que este modelo seja aplicado num sistema produtivo e que, conseqüentemente permita criar melhorias ao sistema de fabrico das rolhas técnicas TT e 0+1 da Unidade Industrial Equipar; aumentar a produtividade desse sistema sem por em causa a qualidade; atuar sobre processos e/ou operações que afetem o fluxo de produção; implementar planos de ação e propor melhorias a médio/longo prazo.

Para a persecução dos objetivos propostos procedeu-se à revisão bibliográfica dos atuais sistemas de melhoria contínua com vista à identificação das ferramentas e abordagens mais comuns na sua operacionalização, com particular incidência nos sistemas integradores e, posteriormente, a proposta de operacionalização num caso de estudo, para averiguar os seus resultados.

A Figura 1.1 apresenta a metodologia a seguir na realização da dissertação:

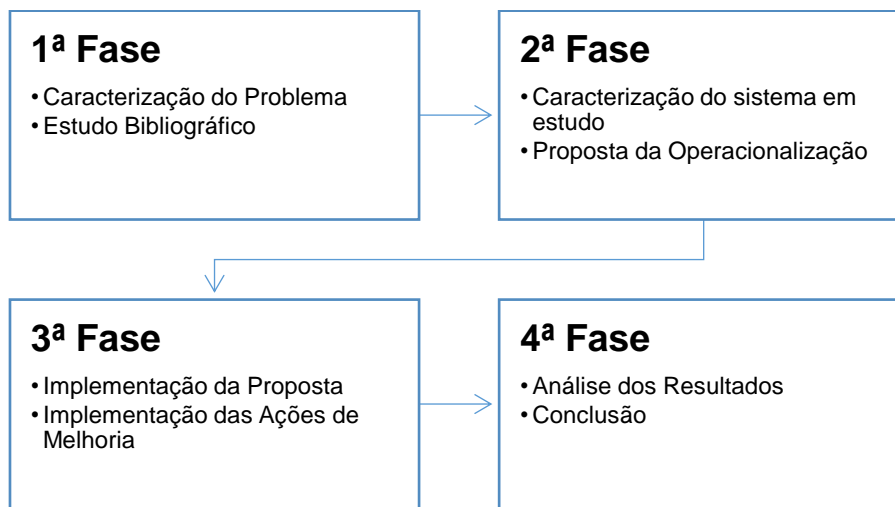


Figura 1.1 - Metodologia de Estudo

Mais detalhadamente, cada fase deverá incluir os seguintes aspetos

- 1ª Fase:
 - Caracterização da Corticeira Amorim e, em especial, da Unidade Industrial Equipar para contextualização do problema que motivou há realização da dissertação, fazendo uma abordagem dos processos e do funcionamento do sistema;
 - Estudo aprofundado sobre a metodologia Teoria das Restrições (TOC) e as suas aplicações;
 - Realização do estudo bibliográfico sobre os modelos de integração da metodologia TOC com as metodologias *Lean* e Seis Sigma;

- Estudo e análise crítica dos modelos de integração TLS, verificando pontos mais e menos fortes de cada modelo.
- 2ª Fase:
 - Seleção do modelo TLS a implementar;
 - Proposta de melhorias a realizar ao modelo TLS selecionado fazendo com que este fique mais completo;
 - Sugestão de operacionalização do modelo.
- 3ª Fase:
 - Exploração do modelo;
 - Análise, compreensão e avaliação do sistema;
 - Implementação de ações de melhorias.
- 4ª Fase:
 - Análise dos resultados obtidos com a aplicação do modelo e das respectivas ferramentas e ações;
 - Conclusão sobre os resultados alcançados;
 - Apresentação de conclusões finais e sugestões para futuros trabalhos.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é composta por 6 capítulos que estão divididos da seguinte forma:

Capítulo 1: Abordagem do contexto atual da problemática, apresentação da relevância do estudo e a motivação. Apresentação dos objetivos propostos e a delimitação da metodologia e, por fim, apresentação da estrutura da dissertação.

Capítulo 2: Capítulo referente à revisão bibliográfica onde são apresentados os modelos existentes sendo apresentada uma análise crítica dos mesmos.

Capítulo 3: Apresentação do caso de estudo onde o modelo proposto será testado. Apresentação e caracterização do sistema, os seus processos e funcionamento.

Capítulo 4: Apresentação do modelo TLS selecionado bem como as ferramentas e técnicas a utilizar.

Capítulo 5: Exposição de todos os procedimentos da aplicação do modelo, apresentação dos resultados obtidos e discussão dos mesmos.

Capítulo 6: Neste último capítulo sintetizam-se as principais conclusões do estudo realizado, desenvolvimentos e o impacto sentido no sistema e, são apresentadas propostas de trabalhos futuros.

Capítulo 2 Sistemas de Integração TLS e suas ferramentas

Neste capítulo apresentam-se os fundamentos teóricos que serviram de suporte ao estudo da presente dissertação. Sendo o âmbito da dissertação a aplicação de um modelo de integração TLS, o presente capítulo tem enfoque na apresentação sucinta das metodologias que compõem um modelo TLS (Teoria das Restrições, *Lean* e Seis Sigma), na apresentação dos modelos de integração parciais e totais mas o especial enfoque é na análise e discussão dos principais modelos de integração totais TLS desenvolvidos. É feita uma análise destes modelos TLS desenvolvidos, comparando-os e avaliando as suas contribuições, vantagens e fragilidades.

Desta forma inicia-se por fazer uma apresentação sucinta dos modelos clássicos de melhoria contínua que irão dar origem a sistemas integrados – Teoria das Restrições, Produção *Lean* e Sistemas Seis Sigma.

A Teoria das Restrições é uma metodologia que promove a melhoria contínua melhorando os processos de uma organização que possam limitar a organização de atingir os objetivos. Esta metodologia foi apresentada em 1984 com a publicação do livro “The Goal” (A Meta, em português). Neste livro, Goldratt defende que a TOC é uma filosofia de gestão que pretende maximizar os resultados das organizações, tanto a nível operacional como a nível estratégico, recorrendo à melhoria do desempenho das mesmas (Quintaneiro, 2014) e desta forma tornar as organizações mais competitivas. Para tal, defende uma metodologia onde a identificação da restrição do sistema é crucial e é o ponto de partida para a aplicação da mesma, já que para Goldratt a restrição do sistema, o seu elo mais fraco, é que determina o sucesso de uma organização. Assim, esta metodologia explora a mudança da cultura de gestão e define novas formas de olhar para os sistemas produtivos estabelecendo indicadores simples a usar numa organização (Delgado, 2015). É uma metodologia simples e com elevada versatilidade, que ao longo dos anos introduziu novas perspetivas a sistemas produtivos mas rapidamente novos estudos e experimentações de Goldratt (1997) e Dettmer (2003) permitiram alargar as áreas de intervenção para a gestão de projetos, planeamento estratégico e estratégia empresarial, respetivamente. Apesar de menos desenvolvido a TOC também tem sido aplicada na gestão de cadeias de abastecimento (Rahman, 2002).

Assim sendo, existem diversos trabalhos e artigos já publicados sobre a TOC e as suas aplicações e melhorias que podem ser analisados e revistos para melhor compreensão de todas as evoluções da TOC (Spencer, 1992; Spence & Cox, 1995; Mabin & Balderstone, 2000, 2003; Tenera, 2006).

Segundo, Watson et al (2006), existiram cinco Eras que marcaram a evolução da TOC e que apresentaram diversas designações. A evolução cronológica destas Eras está presente na Figura 2.1:

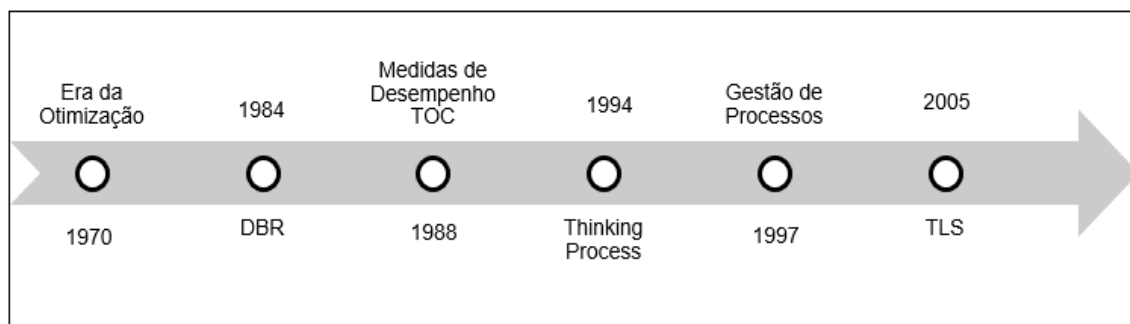


Figura 2.1 - Evolução Cronológica da TOC

[Adaptado: Watson et al (2006) p.121]

A Era da OPT, inicialmente, era designada por *Optimized Production Timetable*, mas, dada a sua estreita relação com o desenvolvimento da aplicação informática de programação da produção a palavra “Timetable” foi substituída por “Technology” (Spencer & Cox, 1995; Tenera, 2006). Mais tarde foram surgindo novas implementações e, conseqüentemente, novos termos, mas segundo Mabin e Balderstone (2000), a designação mais correta, quando se pretende incluir todas as componentes, é a TOC. Estas componentes estão sintetizadas na Tabela 2.1 apresentada de seguida:

Tabela 2.1 - Resumo das componentes da TOC

[Adaptado: Tenera (2006) p.90]

Componente Prescritiva		Componente Reflexiva
Componente Estratégica	Conceitos e Princípios	Análise e Resolução de Problemas
	Princípios Conceptuais Prescrições: <ul style="list-style-type: none"> As Três Questões Básicas Os Cinco Passos Fundamentais Os seis níveis de Resistência	Ferramentas Lógicas: <ul style="list-style-type: none"> Árvore da realidade atual (CRT) Diagrama de resolução de conflitos (CRD) Árvore de realidade futura (FRT) Árvore de pré-requisitos (PRT) Árvore de transição (TT) Princípios de Validação: <ul style="list-style-type: none"> Categorias de Reserva Legítimas (CLR)
Componente Operacional	Aplicações Lógicas Específicas	Medidas de Avaliação de Desempenho
	Tambor-Reserva- Corda (DBR) Cadeia Crítica (CC) Gestão de Reservas (BM) Análise (VAT)	Receitas, (<i>T</i>) Investimento, (<i>I</i>) Despesas Operacionais, (<i>OE</i>)

Desta Tabela 2.1 pode-se verificar, então, quais são os conceitos e princípios que definem a componente estratégica da TOC. Ainda a nível da componente estratégica podem ser identificadas as ferramentas de análise e resolução de problemas e os respetivos princípios de validação, as quais permitem caracterizar e refletir sobre os sistemas. No que diz respeito às componentes operacionais podem-se identificar as componentes prescritivas – as aplicações lógicas propostas para a atuação em determinados sistemas específicos e as componentes refletivas – medidas de avaliação de desempenho que permitem avaliar o impacto das alterações nos sistemas.

Na componente prescritiva é de destacar os princípios específicos para a melhoria dos sistemas que incluem as Três Questões Básicas e os Cinco Passos Fundamentais. Na componente reflexiva o processo de análise e resolução de problemas é constituído por um conjunto de ferramentas gráficas lógicas e princípios de validação, designado por Processo de Reflexão (TP). As aplicações lógicas específicas a determinados sistemas integram o conjunto de metodologias, métodos e ferramentas a utilizar na determinação de soluções desenvolvidas para diversas áreas de aplicação. O quadrante avaliativo é constituído por três medidas básicas de avaliação de desempenho: o *Throughput* (T) ou Receitas, *Inventory* (I) ou Investimento e *Operating Expense* (OE) ou Despesas Operacionais (Tenera, 2006).

A TOC pode, então, ser considerada uma teoria prescritiva criada e desenvolvida para promover a melhoria do desempenho global dos sistemas e, segundo Goldratt, é o elo mais fraco que é determinante para o sucesso da organização e deverá ser neste elo que os esforços para a resolução do problema devem estar concentrados. Neste sentido, Rahamn (1998) sumariza o conceito TOC em dois pontos:

- Todos os sistemas tem que ter, pelo menos, uma restrição. Caso não tivessem, a organização gerava lucros ilimitados.
- A restrição deve ser encarada como uma oportunidade de melhoria. A sua resolução significará melhor *performance* da organização (Lucas, 2014).

Podem existir diversos tipos de restrições que condicionam um sistema e é importante identificá-los pois irão ter forma de atuar distintas. Goldratt e Fox (1986), Sproull (2009) e McMullen (1998) evidenciam dois tipos de restrição que impedem o progresso de uma organização: as restrições físicas e as não físicas. Como exemplo das restrições físicas, tem-se os equipamentos, as capacidades produtivas, a pouca procura, materiais, enquanto más políticas de gestão ou regulamentos, falta de informação são consideradas restrições não físicas ou restrições políticas.

No entanto, outros autores como Watson et al (2006) e Roldão e Ribeiro optaram por fazer algumas subdivisões às restrições, tornando esta divisão mais abrangente e completa. Assim, dividiram as restrições físicas em dois subgrupos e acrescentam um novo tipo de restrição, a restrição humana (nesta restrição associam-se os comportamentos dos operadores, as qualificações e atitudes dos mesmos).

Todos estes tipos de restrições são restrições inseridas no sistema, ou seja, existem internamente, dentro da organização, e, como tal, são consideradas restrições internas. No entanto, existem restrições que podem ser movidas para fora do sistema quando a restrição passa a ser a pouca procura do produto, ou

seja, quando há uma alteração do comportamento dos mercados e a fábrica passa a ter uma capacidade superior à procura, neste caso fala-se em restrições externas.

Tal como se pode verificar, na Figura 2.2, dentro de cada tipo de restrição existem classificações de acordo com a causa que está na sua origem.



Figura 2.2 - Tipos de Restrições Existentes

[Adaptado: Silva (2015) p.8]

Como as restrições externas dependem de comportamentos dos mercados e nem sempre a organização consegue traduzir as suas produções em vendas, as restrições internas acabam por ser mais fáceis de melhorar. As restrições físicas e humanas são as mais fáceis de identificar e até de melhorar, já que as suas causas podem ser facilmente observadas e constada em discussão com operadores. Acabam por, muitas vezes, ter um resultado rápido representando melhorias das capacidades ou da organização de trabalho, por exemplo. No entanto, Goldratt (1986) defende que, muitas vezes, as restrições são de carácter não físico. Ou seja, políticas ou regras utilizadas pelas organizações nem sempre são as mais corretas, por exemplo, a escolha de utilização de lotes de elevada dimensão que provoca excesso de WIP ou produto acabado. As restrições políticas podem ser quaisquer características inerentes ao negócio que entrem em conflito com os objetivos da organização e impeçam o sistema de atingir a sua capacidade potencial (Lucas, 2014).

Assim sendo, torna-se essencial, antes de qualquer melhoria, analisar o sistema e identificar o que é importante mudar e como mudar, já que nem todas as alterações se traduzem em verdadeiras melhorias. Tal como foi referido anteriormente, um dos princípios específicos da TOC que deve ser testado é a resposta às três questões básicas, presentes na Figura 2.3:

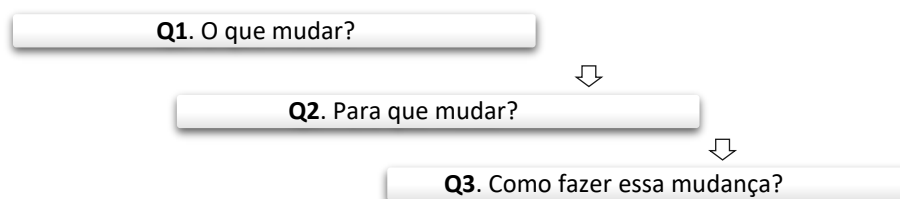


Figura 2.3 - As Três Questões Básicas da TOC

A primeira questão refere-se ao elo mais fraco do sistema, aquilo em que o estudo se deve focar para melhorar. Consequentemente, a segunda pergunta evoca o objetivo de mudar, isto é, quais as alterações, vantagens e melhorias é que estas mudanças vão significar para a organização. E para tal ocorrer, como se vai proceder à mudança, terceira questão. Que ferramentas, técnicas e/ou princípios se vão utilizar.

No seu livro em 1984 e nos seus estudos seguintes, Goldratt, apresentou a Teoria das Restrições como um ciclo de melhoria contínua baseada em Cinco Passos Fundamentais (Figura 2.4)

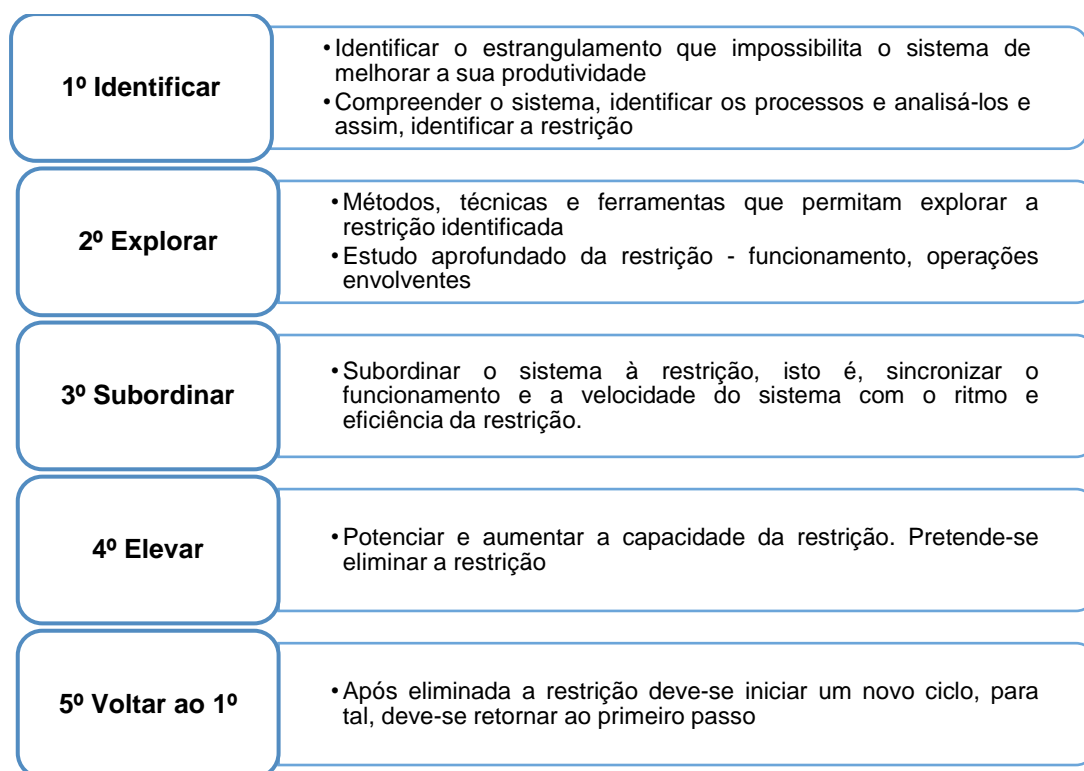


Figura 2.4 - Cinco Passos Fundamentais da TOC

Numa procura de respostas às três questões básicas da TOC, surge o Processo de Reflexão (ou *Thinking Process*, TP), sendo onde a TOC apresenta o seu maior potencial de desenvolvimento (Dettmer, 1997, Mabin & Balderston, 2000, Tenera, 2006). O TP é uma componente de suporte à identificação e resolução de problemas, enquadra-se nas ferramentas lógicas de suporte à tomada de decisão conforme os objetivos. É uma ferramenta que permite evidenciar restrições de forma eficaz e eficiente permitindo melhorar resultados e, portanto, é utilizada por investigadores e organizações de forma a equacionar uma perspetiva futura. Isto porque permite quantificar os ganhos mas, também, permite desenvolver um pensamento crítico – por exemplo, empresas na área dos serviços usam frequentemente o TP para a implementação da TOC (Şimşit, Günay e Vayvay, 2014); Chou, Lu e Tang (2012) aplicaram a metodologia TP da TOC na redução de *stocks* numa indústria aeronáutica; Ghorbani, Arabzad, Shirouyehzad e Shahin (2014) propuseram uma configuração de uma linha de produção através de ferramenta TP, com o objetivo de otimização de *stocks*, recursos e *output* (Paz, 2016).

A Figura 2.5 apresenta as ferramentas lógicas sugeridas pelo TP inseridas em cada uma das questões que pretende responder.

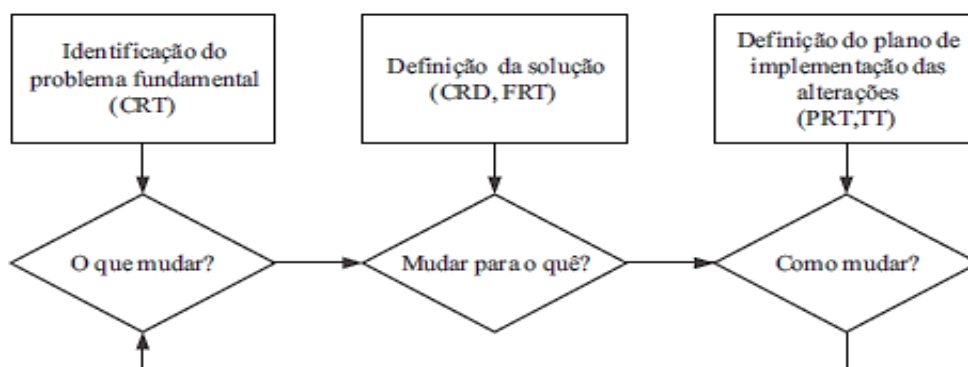


Figura 2.5 - As Três Questões Básicas e suas Ferramentas Lógicas

[Adaptado: Tenera (2006) p.94]

Tal como se pode verificar na Figura 2.5, utiliza-se a Árvore da Realidade Atual (CRT) para identificar e analisar o problema; o Diagrama de Resolução de Conflitos (CRD) e a Árvore da Realidade Futura (FRT) para identificar e resolver conflitos e para procurar soluções alternativas, respetivamente. Por fim, para assegurar a coerência da solução e para determinar as principais ações a executar durante a implementação dessas soluções deve-se optar pela construção de uma Árvore de Pré-Requisitos (PRT) e de uma Árvore de Transição (TT). Segundo Cox & Schleier (2010) estas ferramentas TP podem-se dividir em duas categorias: Lógica Causa – Efeito (CRT, FRT, TT) e Lógica Condicional (CRD, PRT).

Outra ferramenta muito utilizada em implementações da Teoria das Restrições é o DBR (*Drum – Buffer – Rope*, em português Tambor-Reserva-Corda) (Figura 2.6). Esta ferramenta, aplicada em sistemas produtivos e à gestão de projetos, promove a constituição das reservas estratégicas e a sincronização dos fluxos através de mecanismos logísticos de alerta (Tenera, 2006). É uma técnica utilizada na TOC quando se pretende subordinar o sistema à restrição, pois é uma técnica que visa a sincronização da produção através do balanceamento do fluxo produtivo e não da capacidade individual de cada processo, permite subordinar os processos não restritivos à restrição, permitindo a redução dos *stocks* intermédios e a sobreprodução. Constitui um método híbrido de programação da produção, em que os materiais e componentes são empurrados por um mecanismo de libertação de materiais e componentes, a Corda, garantindo o ajuste das necessidades às flutuações que possam ocorrer na cadência produtiva no recurso limitativo, o Tambor. Este tambor “marca”, então, o ritmo do sistema, ou seja, a restrição do sistema é que deverá dar a indicação do ritmo a que o sistema deve produzir, pois é o processo mais lento e que define a cadência sobre a qual todos os outros devem trabalhar. Não faz sentido outros processos trabalharem de forma muito mais acelerada face ao gargalo da produção, porque depois irá haver excesso de produção e será necessário armazenar produtos em vias de fabrico porque o processo restritivo não consegue dar resposta. Uma vez no sistema, os materiais e componentes são puxados pelos centros de processamento subsequentes, reservas temporais, por antecipação das unidades necessárias para a alimentação do tambor, são introduzidas em pontos específicos do sistema produtivo, procurando assim evitar que a incerteza existente no sistema, externa ao tambor, interfira na cadência da produção,

algo semelhante aos tempos de aprovisionamento, no Planeamento das Necessidades de Materiais (MRP) (Goldratt & Cox, 1992; Goldratt & Fox, 1986; Tenera, 2006).

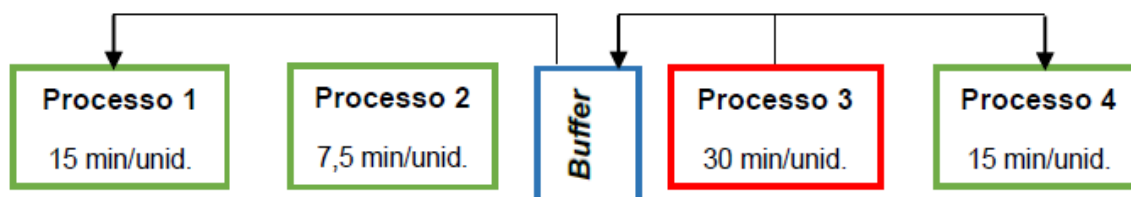


Figura 2.6 – DBR: Exemplo
[Adaptado: Silva (2015) p.11]

Na Figura 2.6 verifica-se, então, que o Processo 3 é o processo restritivo e, como tal vai marcar o ritmo de produção, funcionando como tambor. Imediatamente antes existe uma reserva que serve de inventário de segurança. Este pretende proteger a restrição de qualquer variação não prevista. As setas representam a corda que simboliza a transmissão de informação do sistema (Silva, 2015).

Com a melhoria do processo, as falhas nas reservas têm tendência a desaparecer, permitindo a melhoria do nível dos *stocks* intermédios, dos tempos de processamento e da própria dimensão dos *buffers*. Resumidamente, o objetivo da gestão dos *buffers* é:

- Planear a proteção necessária da restrição;
- Recomendar ações para aumentar ou diminuir a dimensão dos *buffers*;
- Recomendar ações de melhoria a médio prazo;
- Identificar a existência de outros processos com perda de capacidade protetora.

A filosofia *Lean*, por sua vez, é uma filosofia que foca a sua atenção na criação de valor e para tal dá preferência à eliminação de todas as atividades que não acrescentam valor e um fluxo contínuo de produção, promovendo assim um escoamento mais rápido do produto para o cliente, aplicando assim uma visão através da perspetiva do cliente. Esta filosofia destaca sete principais desperdícios e procura intervir com as suas diversas ferramentas (5S, JIT, VSM, SW, SMED, *Kaizen*, entre outras) sobre esses desperdícios que são: Sobreprodução, Defeitos, *Stocks* desnecessários, Transporte, Esperas, Movimentações desnecessárias e Sobre processamento, e assim reduzi-los ou eliminá-los ao máximo. A identificação e eliminação destes desperdícios é, então, o aspeto mais fundamental da filosofia *Lean*.

Outras das metodologias é o Seis Sigma. Esta metodologia, por sua vez, foca-se na eliminação de erros que podem ser a causa de defeitos e na diminuição da variabilidade dos processos (Werkema, 2006; Freitas, 2014). É uma estratégia de gestão técnica e quantitativa, com o intuito de reduzir significativamente o número de produtos não conformes e a variabilidade de um processo, tendo sempre como objetivo o aumento da eficiência das organizações por via da melhoria da qualidade dos produtos e, conseqüentemente elevar os rendimentos das organizações (Laguna & Marklund, 2013; Lin et al., 2012). Para tal o SS utiliza um conjunto de ferramentas e metodologias que aplicadas visam atingir estes objetivos. A diminuição da variabilidade nos processos é o principal foco desta filosofia, criando uma maior uniformização produtiva que traz benefícios ao nível do controlo e previsão da produção (Freitas, 2014).

Todos estas metodologias foram desenvolvidos, individualmente, com o intuito de suportar as práticas de organização e gestão das empresas e organizações tendo como base a melhoria contínua, a melhoria de processos, a redução de desperdícios e, conseqüentemente, a criação de valor e aumentos dos lucros das organizações. A abordagem dos conceitos, técnicas e ferramentas das metodologias já tem vindo a ser explorados e podem ser encontrados em diversos trabalhos – TOC (Spencer, 1992; Tenera, 2006; Cox, 2010; Delgado, 2014), *Lean* (Womack, Jones e Ross, 1996; Liker, 2005; Stamm, 2009; Stone, 2012), Seis Sigma (Pande et al., 2000; Werkema, 2002; Mccarty et al., 2004).

A Tabela 2.2 apresenta uma síntese comparativa das três metodologias evidenciando tanto os seus focos, as suas estruturas para atingir os objetivos como pequenos pressupostos e desvantagens de cada uma.

Tabela 2.2 - Comparação Metodológica
[Adaptado: Sproull (2009) p.333, Pacheco (2013)]

	TOC	LEAN	SEIS SIGMA
Origem	Goldratt, 1980	Toyota (Toyoda, Ohno e Shingo 1950's)	Motorola e General Electrics (1980's)
Teoria	Gestão das restrições e criação de ganhos	Eliminação de desperdícios e criação de valor	Redução da variabilidade e dos defeitos
Foco	Na restrição	No fluxo	No problema
Estrutura de Aplicação	1. Identificar a restrição 2. Explorar a restrição 3. Subordinar o processo 4. Elevar a restrição 5. Voltar ao passo 1	1. Especificar valor 2. Identificar o fluxo de valor 3. Subordinar o processo 4. Sistema <i>pull</i> 5. Voltar ao passo 1	1. Definir 2. Medir 3. Analisar 4. Melhorar 5. Controlar
Objetivo e Meta	Melhorar o desempenho da restrição e aumentar os lucros	Simplificar as operações do sistema e maximizar a produtividade do mesmo	Estabilizar os processos e reduzir defeitos
Pressuposto	Ênfase na velocidade e no volume. Utilizar os sistemas existentes e interdependência de processos.	Melhoria do desempenho pela eliminação dos desperdícios. Muitas melhorias pequenas podem ser melhores que a análise sistemática.	Há uma melhoria do sistema se houver uma redução da variabilidade dos processos.
Efeito Primário	Ganhos rápidos	Redução do tempo de fluxo	Processo uniformizado
Efeito Secundário	Redução de <i>stocks</i> intermédios. Melhoria das capacidades dos processos	Melhoria da produtividade. Redução de desperdícios. Criação de valor	Melhoria da qualidade. Redução dos defeitos e da variabilidade do processo.
Desvantagens	Ignora partes da organização	Não aplica ferramentas estatísticas ou sistemas de análises. Foco limitado em perdas.	Interdependência do sistema não é contabilizada. Melhorias dos processos são independentes.

Além das principais características das metodologias é importante fazer um levantamento das forças, fraquezas e possíveis medidas a tomar para combater estas fraquezas. Foi Thompson (2005) que iniciou esta pesquisa. A Tabela 2.3 apresenta esses pontos.

Tabela 2.3 - Forças, Fraquezas e Complementaridades das Abordagens
[Adaptado: Sproull (2009), Okimura & Souza (2012), Silva (2015) p.21]

	TOC	LEAN	SEIS SIGMA
Força	<ol style="list-style-type: none"> 1. Promove a simplificação de processos e administração de recursos através do foco na restrição para a gestão de um processo. 2. Avalia todos os processos dentro de um contexto para garantir que os recursos não estão limitados à capacidade das não restrições. 3. Distingue restrição política vs. Física 4. Procura uma direção apropriada na melhoria dos indicadores (ganhos, níveis de <i>stock</i> e custos operacionais). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proporciona uma estratégia apropriada para integrar melhorias utilizando mapas de fluxos de valor. O foco é sempre o de criar valor e reduzir desperdícios. 2. Promove diretamente e defende avanços na inovação. 3. Resposta rápida a oportunidades identificadas. 4. Mudança de cultura e do trabalho local e resistência a mudança são suportadas pelo envolvimento direto da equipa em todos os níveis hierárquicos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. O rigor e a disciplina são usados para resolver problemas complexos visto que não podem ser solucionados pela simples intuição ou tentativa e erro. 2. A recolha de dados suporta os objetivos da empresa e garante apoio da gestão para obter recursos. 3. O foco está na redução da variabilidade, reduzindo riscos e variações e melhorando a previsibilidade.
Fraqueza	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muito ênfase na exploração da restrição pode levar a aceitar ou tolerar perdas nos processos não restritivos. 2. Se o processo subjacente é fundamentalmente inadequado, não importa o quão bem gerido, ele pode não alcançar as metas e objetivos. 3. O processo de mudança da TOC é orientado tecnicamente e portanto não trata diretamente da necessidade de mudança. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Não avaliar razoavelmente as consequências pode promover riscos. 2. Não identificar todos os benefícios dos negócios perante uma gestão tradicional. 3. Tem limitações quando lida com problemas de interatividade complexa e recorrentes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Métodos estatísticos nem sempre são adequados para alguns sistemas – pode-se calcular o nível sigma mas não se pode ter a certeza de como estabelecer o nível sigma para as interações dos processos e falhas. 2. Forte dependência de métodos estatísticos. 3. O forte foco no processo estável pode conduzir a uma aversão ao risco, podendo penalizar novas abordagens inovadoras.
Complementaridade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Força 1 do <i>Lean</i> e Força 2 do <i>SS</i> 2. Força 2 do <i>Lean</i> 3. Força 2 do <i>Lean</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Força 3 do <i>SS</i> 2. Força 2 do <i>SS</i> e Força 4 da <i>TOC</i> 3. Força 1 do <i>SS</i> e Força 3 da <i>TOC</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Força 1 do <i>Lean</i> e Força 2 da <i>TOC</i> 2. Força 2 e Força 3 do <i>Lean</i> 3. Força 2 do <i>Lean</i>

Como é visível na Tabela 2.3, existem mais fatores em que as metodologias se podem identificar e complementar, do que os fatores em que se excluem. Neste sentido a construção de um modelo de melhoria contínua composto pela integração destas metodologias é uma aposta bastante otimista e que

se pode traduzir em modelos mais compostos, robustos e coerentes sendo, assim, possíveis alternativas às atuais estratégias das empresas.

Okimura (2012) e Pacheco (2014) fazem uma síntese das complementaridades encontradas nas três metodologias:

- A TOC pretende caracterizar o sistema, incentivar a identificação das restrições e manter um foco nos pontos mais restritivos. Todas as ações e esforços de melhoria devem ser direcionadas para esta restrição com a abordagem *Lean* e Seis Sigma. A gestão destas melhorias deve criar diversas melhorias não só no processo restritivo em si mas como em todo o sistema produtivo como a redução de *stocks* intermédios, a melhoria de medidas de desempenho, redução de desperdícios, entre outras;
- O *Lean*, por sua vez, permite uma abordagem do fluxo produtivo que visa a redução de desperdícios nos pontos identificados. A aplicação de diversas ferramentas tão diferentes mas, simultaneamente, complementares possibilita a resolução de problemas a vários níveis hierárquicos fazendo com que haja uma melhoria contínua dos sistemas produtivos;
- Por fim, as ferramentas Seis Sigma são implementadas nos pontos restritivos, também, com o objetivo de reduzir a variabilidade e os defeitos e melhorar a consistência dos resultados, a estabilidade e previsibilidade dos processos. Podem, e é aconselhável, aplicar as ferramentas SS aos processos seguintes à restrição para que o desempenho da implementação TOC e *Lean* seja mais potencializada.

2.1 Sistemas de Integração Parcial

A aplicação das metodologias TOC, *Lean* e Seis Sigma individualmente já tem sido explorada por diversos autores como Womack, Jones e Roos (1990), Rahman (2002), Spencer (1992), Dettmer (2003), Hahn, Doganasksoy e Hoerl (2000), Aboelmaged (2010). No entanto, a crescente complexidade dos sistemas, da competitividade do mercado e das exigências dos consumidores começou a evidenciar algumas falhas na utilização destas ferramentas de forma individual. Neste sentido, autores como Hein e Kevin (1999), Antunes (1998), Gusmão (1998), Dettmer (2001) ou Ehie e Sheu (2005), Jin et al. (2009), Herrera (2009), Quintaneiro (2014), Pinto (2012), Gouveia (2012) entre outros, procuraram e exploraram a integração de duas metodologias de forma simultânea. Esta integração, ou seja processo de complementar, mais do que uma metodologia num modelo, é uma prática cada vez mais necessária para responder aos aspetos anteriormente reforçados. No entanto, além de ser necessário responder às exigências dos consumidores, a implementação de sistemas híbridos pretende traduzir-se em diversos ganhos para as organizações – redução de *stock*, melhoria da restrição do sistema, eliminação de desperdícios, aumento da qualidade.

2.1.1 TOC + *Lean* (TOCLEAN)

Segundo Okimura (2013), TOC e *Lean* são duas metodologias que embora com bases distintas, já que uma promove a gestão da melhoria pela restrição a outra visa a eliminação de desperdícios, apresentam aspetos bastantes similares e até complementares, tais como a procura do aumento do ganho e dos lucros, a otimização do fluxo produtivo e a eliminação de atividades que não acrescentem valor ao produto. A integração da TOC com a filosofia *Lean*, tem como princípio o aumento da capacidade de produção e da eficiência do processo, através da identificação das limitações e aumento do fluxo de produção (Paz, 2015). No seu estudo, Okimura (2013) através de uma ferramenta de busca identifica 56 publicações sobre a integração destes das filosofias mas nem todas retratam novos modelos. A Tabela 2.4 apresenta alguns modelos de integração TOC e *Lean* desenvolvidos, as imagens dos modelos estão presentes no Anexo A.I.

Tabela 2.4 - Modelos de Integração TOC e *Lean*

Integração	Autor	Características e Modelo
TOC + <i>LEAN</i>	Antunes (1998)	<p>Este modelo tem duas fases, ambas passam pelo Planeamento, Execução e Controlo. No entanto, a primeira fase identifica a restrição e cria um plano estratégico e esse plano serve de gestão à produção. Mas, por outro lado, a segunda fase é uma fase mais complexa e recorre a <i>softwares</i> e ações concretas (DBR, <i>Kanban</i>, horas extras de trabalho).</p> <p>Contudo para aplicar qualquer uma das fases é necessário cumprir dois pré-requisitos: fazer melhorias a nível macro no sistema e criar medidas que estabilizem estas melhorias.</p>
	Gusmão (1998)	<p>Direcionado para pequenas e médias empresas, é um modelo que deve ser implementado nas restrições e, em seguida, alargado para toda a empresa. Utiliza ferramentas <i>Lean</i> até que o sistema atinja o padrão desejado.</p> <p>O modelo inicia-se com uma abordagem sobre o sistema fazendo um mapeamento dos fluxos e daí partem os cinco passos fundamentais da TOC.</p>
	Dettmer (2001)	<p>Este modelo combina os cinco passos da TOC com as ferramentas <i>Lean</i>. O modelo utiliza os cinco passos para focalizar os esforços e depois utiliza ferramentas <i>Lean</i> em cada passo para eliminar desperdícios, otimizar processos e aumentar os ganhos.</p>

Além dos modelos apresentados existem, ainda, outros modelos que foram adaptados, explorados e aplicados e que estão presentes em diversos trabalhos com a respectiva explicação, ferramentas e resultados – Sproull (2009), Ramos (2010), Paz (2015). O autor Luciano Okimura (2013) no seu trabalho de “Uma exploração dos modelos de uso integrado da Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma” apresenta algumas publicações deste tema.

Embora sejam duas metodologias com aspetos diferentes, os objetivos básicos como aumentar o lucro da empresa, o nível da qualidade dos produtos, a capacidade de produção, a redução de custos, do *lead time*, estão presentes em ambas, logo existem muitos pontos em que os esforços se podem conciliar.

Quanto aos modelos sugeridos pelos autores, pode-se verificar que os autores consideram que a restrição é interna, ou seja, que faz parte do sistema e que, maioritariamente está relacionada com a capacidade de um processo.

2.1.2 TOC + Seis Sigma (TOCSS)

Para Jin et al. (2009), a TOC e o SS são metodologias que possuem filosofias diferentes, mas que por necessidades das empresas passam pela utilização conjunta das duas. Isto porque o SS possui uma elevada capacidade de resolução de problemas complexos e a TOC pode identificar a restrição e potencializar os ganhos na organização.

Segundo Okimura (2013) na sua pesquisa sobre as publicações TOC e SS, esta é a menos explorada sendo apenas encontradas 21 publicações na base de dados *Scopus*. A Tabela 2.5 apresenta três modelos desenvolvidos. No entanto, além destes autores, autores como Husby (2007), Snee (2010), Pacheco, Jung e Ten Caten (2013) exploraram os limites e as possibilidades de integração das metodologias TOC e Seis Sigma.

Contudo, muitas das publicações existentes exploram resultados destes modelos apresentados evidenciando novas aplicações e resultados. No entanto, é, certamente, a integração menos explorada e portanto com resultados menos conhecidos.

As três abordagens utilizam o raciocínio de sincronizar os cinco passos fundamentais da TOC com o ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), pois afirmam que as duas metodologias oferecem semelhanças na melhoria contínua. Os autores defendem, ainda, que os modelos se devem iniciar com a identificação da restrição e que esta deve ser analisada, medida e controlada através de ferramentas estatísticas o que permite alargar a compreensão do problema e, conseqüentemente, as das soluções. Assim, a TOC explora e analisa o sistema como um todo, ajudando a focar os esforços no elo mais fraco da cadeia, enquanto o SS promove medidas de melhoria de desempenho e/ou resolução de problemas, reduzindo a variação do sistema e gerando mais lucros ao sistema.

Tabela 2.5 - Modelos de Integração TOC e Seis Sigma

Integração	Autor	Características
TOC + Seis Sigma	Ehie e Sheu (2005)	<p>A base deste modelo são as fases identificadas pela TOC integradas com o ciclo DMAIC:</p> <ul style="list-style-type: none"> E1) Identificar a restrição que condiciona a melhoria de desempenho E2) Explorar a mesma utilizando as fases de Medir e Analisar do SS (identificar a causa-raiz) E3) Explorar utilizando a fase <i>Improve</i> E4) Subordinar utilizando a fase Controlo do SS E5) Elevar a capacidade da restrição E6) Avaliação do sistema e da próxima restrição.
	Jin et al (2009)	<p>É um modelo para aplicar a pequenas empresas com orçamentos reduzidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> E1) Identificar a restrição utilizando a CRT E2) Definir os processos seguintes à restrição E3) Medir a situação atual através de diversas ferramentas (histogramas, Diagrama de Dispersão, Pareto) E4) Analisar as possíveis causas raiz do problema E5) Explorar a Restrição E6) Subordinar o sistema E7) Validar ou Verificar os dados (não faz parte da TOC nem do ciclo DMAIC) E8) Melhorar o projeto (DOE, por exemplo) E9) Elevar a restrição (caso haja orçamento) E10) Controlar e Verificar a Inércia.
	Soni (2011)	<p>Este modelo utiliza uma junção dos passos de cada metodologia para culminar tudo num único modelo, dividindo assim o modelo em quatro grandes passos. Assim, em cada passo, é inserido, pelo menos, um dos cinco passos fundamentais da TOC e uma das fases do ciclo DMAIC. Assim, os quatro grandes passos são, então, Identificar uma oportunidade significativa (Identificar restrição, DM do ciclo DMAIC); Analisar o problema (fase <i>Analyze</i> do DMAIC e fase de explorar a restrição); Desenvolver a solução (<i>Improve</i>, subordinar e elevar) e por último, Verificar e melhorar continuamente (<i>Control</i>, voltar ao primeiro passo).</p>

2.1.3 **Lean + Seis Sigma (LSS)**

Contrariamente à integração anterior, a integração LSS (*Lean Seis Sigma*) é a integração mais explorada e que conta com mais publicações, segundo a pesquisa de Okimura (2013). É uma integração que pretende atingir todo o tipo de oportunidade de melhoria de uma organização já que as medidas a nível de SS são implementadas por trabalhadores especializados e as ferramentas *Lean* promovem a formação dos operadores e eliminação de atividades que não acrescentem qualquer valor. Assim, segundo alguns autores, como Pepper e Spedding (2010) e Snee (2010), a implementação das metodologias de forma isolada não é tão eficaz como a implementação das duas em simultâneo pois em simultâneo permitem responder a diferentes problemas que podem surgir.

Embora as filosofias *Lean* e Seis Sigma sejam totalmente independentes entre si, estas complementam-se devido aos objetivos que têm em comum: melhoria da capacidade produtiva e redução do desperdício. Ambas exigem alterações culturais nas empresas, mais formação a todos os colaboradores e uma nova abordagem ao método de gestão (Arnheiter e Maleyeff (2006), Freitas (2014)). A Tabela 2.6 apresenta, então, alguns modelos de integração LSS explorados e testados.

Tabela 2.6 - Modelos de Integração *Lean* e Seis Sigma

Integração	Autor	Característica
Lean + Seis Sigma	Pepper e Spedding (2010)	Neste modelo utiliza-se o pensamento <i>Lean</i> como uma base estratégica e daqui devem-se identificar os pontos que irão ser oportunidades de melhoria. Após identificados esses pontos, utilizam-se ferramentas SS para criar melhorias ao sistema responder de forma mais eficiente possível.
	Snee (2010)	Inicialmente é realizada uma análise do negócio para identificar a natureza que o plano <i>Lean</i> a implementar deverá ter (produção <i>pull</i> ou criação de valor). Para sustentar este plano da melhor forma devem ser aplicadas ferramentas LSS, como o ciclo DMAIC, associadas a ferramentas de melhoria e de redução de desperdício.
	Salah, Rahim e Carretero (2010)	Este modelo baseia-se no ciclo PDCA estruturando as suas ações no ciclo DMAIC. Assim segue as fases do pensamento <i>Lean</i> – Identificar o problema, criar um mapeamento dos sistema e dos fluxos, implementar sistema <i>pull</i> e, assim, atingir um melhor nível de resultados. Utiliza, também, as fases do ciclo DMAIC com respetivas ferramentas para atingir estes objetivos.
	Chen e Lyu (2009)	Este modelo está estruturado segundo as fases do ciclo DMAIC e em cada fase estão apresentadas ferramentas e técnicas associadas. No entanto, este modelo, apesar de já aplicado e ter apresentado diversas melhorias, estas foram maioritariamente no aumento da qualidade já que, embora seja um modelo LSS, apresenta mais ferramentas do âmbito do SS.
	Thomas et al (2009)	O modelo tem vindo a ser melhorado e aperfeiçoado e, atualmente, é um modelo composto por duas etapas. Uma das etapas segue os passos do ciclo DMAIC; a outra etapa passa pela aplicação de ferramentas <i>Lean</i> .
	Quintaneiro (2014)	É um modelo composto por quatro fases, representadas pelas quatro cores diferentes. Essas quatro fases são: Diagnóstico do Sistema; Análise dos dados e Identificação de oportunidades de melhoria; Proposta de Melhoria; e Implementação e Verificação dos resultados. O autor apresenta os objetivos de cada fase e quais as ferramentas que melhor se adaptam.

A integração destas ferramentas pode ser considerada, entre as integrações de duas metodologias, a mais consolidada para as empresas, pois é, a mais explorada e aplicada. Neste sentido, acaba por ser a integração mais aperfeiçoada e a que mais facilmente se tem acesso – segundo Okimura (2013), a base *Scopus* apresenta mais de 800 publicações sobre este tema. A maioria destas publicações são sobre as vantagens e limites destas filosofias, aplicação destes modelos, exploração de novas oportunidades como a aplicação destas metodologias a outros sectores que não os produtivos. Assim sendo, diversos autores procuraram apresentar trabalhos sobre esta integração - Pinto (2012), Gouveia (2012), Kuniyoshi (2006), Dias (2011).

O facto de serem duas metodologias simples e que têm ferramentas que facilmente se integram também impulsiona esta integração. De acordo com Arnheiter e Maleyeff (2005), além das vantagens já apresentadas a aplicação das duas metodologias, em simultâneo, resulta em melhores resultados obtidos tanto no ponto de vista da empresa como do cliente.

2.2 Sistemas de Integração Total (Sistemas TLS)

A Teoria das Restrições, o *Lean* e o Seis Sigma contribuíram para diversas empresas se tornarem mais inovadoras e competitivas. No entanto, o constante crescimento e o consecutivo aumento da exigência dos mercados conduzem a uma necessidade de investimento nas organizações, com o intuito de estas se tornem mais eficiente, de forma a manterem-se as mais competitivas possíveis. Assim, a utilização individual destas ferramentas torna-se insuficiente, podendo já não se traduzir numa melhoria assim tão significativa.

Neste sentido, Sproull (2009) defende um uso integrado das três metodologias (embora chamando-lhe UIC (*Ultimate Improvement Cycle*)), o que incentivou diversas organizações a estudar o melhor destas três metodologias e a integrar tudo num único modelo de gestão. Esta integração foi denominada por Modelos de Integração TLS (TOC, *Lean* e Seis Sigma) (Okimura e Souza, 2012). É, então, uma metodologia que integra as três filosofias e que pretende alcançar resultados globais e não apenas locais.

Desde o início, que estes modelos têm sido explorados recorrendo à aplicação em diferentes organizações e melhorando as variáveis procurando um modelo final único. Esta metodologia integra as ferramentas da Teoria das Restrições, *Lean* e Seis Sigma, e, após um estudo individual e uma comparação, compreendeu-se que as três metodologias tinham mais aspetos em comum do que fatores diferenciadores e, portanto, a sua utilização em simultâneo iria representar melhores resultados para as organizações. E algumas destas semelhanças e resultados já eram visíveis com a aplicação integrada do *Lean* e do Seis Sigma, por exemplo.

O LSS é uma estratégia utilizada já em alguns casos e com resultados conhecidos e positivos; empresas como a Motorola, General Electric, Toyota, Intel já têm a sua sustentabilidade no mercado bastante e, em parte, devido à utilização desta estratégia. Assim, a integração da TOC com a LSS permite criar rigor e disciplina à aplicação da TOC isolada, pois permite reduzir desperdícios e variações no sistema (Sproull, 2009).

Após a análise das referências bibliográficas apresentadas nos tópicos anteriores e de estudos comparativos, é possível fazer uma análise comparativa das três metodologias evidenciando aspectos chave das mesmas.

Assim, uma metodologia TLS pretende solucionar problemas recorrentes das aplicações de melhoria contínua individuais, pois permite recorrer a ferramentas das três metodologias. Logo, com a integração das três metodologias a taxa de satisfação de resultados é superior à taxa quando ocorre a aplicação de uma metodologia só. E assim, vários autores defendem que a integração destas ferramentas é o ingrediente para o sucesso.

A Figura 2.7 apresenta as três metodologias e as respectivas integrações dando origem à integração simultânea das três metodologias. Desta integração surge, então, a metodologia TLS – Teoria das Restrições, *Lean* e Seis Sigma, cada uma destas promove uma diferente ação mas que em conjunto servirá de método para uma organização atingir um melhor nível e eficiência e eficácia.

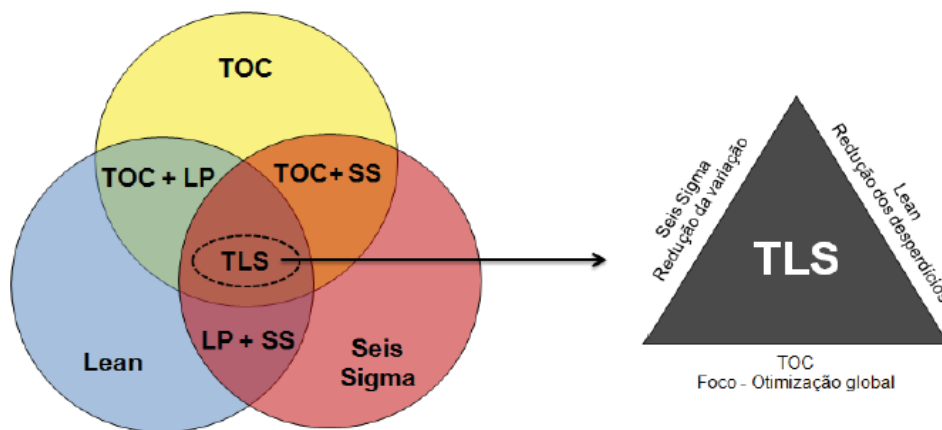


Figura 2.7 – Possíveis Integrações Metodológicas

Assim, uma metodologia TLS pretende solucionar problemas recorrentes das aplicações de melhoria contínua individuais, pois permite recorrer a ferramentas das três metodologias. Logo, com a integração das três metodologias, a taxa de satisfação de resultados é superior à taxa quando ocorre a aplicação de uma metodologia só. E, assim, diversos autores defendem que a integração destas ferramentas é o ingrediente para o sucesso.

Embora desenvolvidos por diferentes autores, as constantes atualizações e melhorias permitiram obter um resultado em que o foco era semelhante. Esta semelhança permite criar uma complementaridade entre os métodos e, neste sentido, os próximos subcapítulos irão apresentar uma sugestão de operacionalização de um modelo e os resultados dessa operacionalização.

Como foi referido, a integração das metodologias de forma a criar um modelo mais completo tem sido uma prática cada vez mais recorrente. No entanto, criar um modelo, testá-lo e expô-lo nem sempre é um estudo fácil. Ou seja, embora a intenção de integração das três metodologias apenas num modelo de gestão seja uma prática recente, já conta com seis trabalhos desenvolvidos:

- Modelo iTLS – introduzido por Pirasteh e Farah em 2006 mas só mais tarde é que foi revisto por Pirasteh e Fox em 2010
- Modelo UIC - desenvolvido por Bob Sproull em 2010
- Modelo TOCLSS – criado pelo Instituto AGI em 2010
- Modelo de Excelência 360º - desenvolvido por Eduardo Moura em 2010
- Modelo 7BG – criado por Gutierrez em 2012
- Modelo TLS – criado por Luís Diogo Silva em 2015

Apesar de já se terem apresentado alguns modelos de integração de duas metodologias, na presente dissertação, discute-se a operacionalização de um modelo que integre as três metodologias que já tem sido abordado nos últimos anos e, desta forma, é importante conhecer as sinergias que cada metodologia pode oferecer ao interagir com as restantes. A Tabela 2.7 apresenta, então, as principais interações existentes.

Tabela 2.7 - Principais Sinergias da Integração das Três Abordagens
[Adaptado: Moura (2012), Silva (2015) p.24]

	TOC é ajudada	Lean é ajudado:	SS é ajudado:
TOC ajuda		A gerir melhor o fluxo nas restrições; Na gestão dos projetos através do <i>Thinking Process</i> e o <i>Critical Chain</i> .	A estabelecer um foco aos projeto de melhoria Seis Sigma; Pois o impacto financeiro das suas ações é avaliado pela contabilidade de ganhos da TOC.
Lean ajuda	Na implementação de soluções TOC porque aumenta a integração dos colaboradores, o controlo visual e reduz a dependência de computadores.		A focar o Seis Sigma na redução da variabilidade e aumento da satisfação dos clientes pois promove a eliminação de desperdícios que podem tornar os processos mais eficientes.
Seis Sigma ajuda	A analisar, controlar e ajustar os <i>buffer</i> do produto; Porque vê os seus ganhos operacionais a aumentar graças ao aumento da satisfação dos clientes.	Na redução da variabilidade o que permite alcançar processos mais estáveis e fiáveis devido ao estudo e otimização da variação dos processos.	

Segundo alguns autores, para construir um modelo híbrido mais composto e robusto, existem fatores críticos que devem ser considerados (Silva, 2015):

- Escolher as práticas, técnicas, ferramentas e medidas referentes a cada metodologia que façam mais sentido aplicar no contexto do problema e na resolução de problemas – Qual é o objetivo? Reduzir variabilidade? Aumentar produtividade?

- b. Fazer uma correta análise e avaliação da empresa, dos processos, suas forças, fraquezas e objetivos
- c. Eliminar barreiras de comunicação e envolvimento dos operadores na resolução dos problemas
- d. Criar medidas e ações que estejam sincronizadas com os objetivos e estratégias da empresa

Para Sproull (2009), a chave do sucesso dos modelos híbridos TLS passa por três pontos: identificar o processo restritivo e os ganhos operacionais da empresa; decidir como explorar a restrição e que ferramentas utilizar; e, por fim, subordinar todo o sistema ao comportamento da restrição e avaliar se é necessário um investimento mais profundo, ou seja, um investimento monetário. Concluindo, então, que a base de um modelo TLS deva ser a Teoria das Restrições, aplicando ferramentas *Lean* e Seis Sigma.

Assim, tendo em conta estes fatores, alguns autores acima apresentados exploraram hipóteses de aplicação de um modelo TLS a diversos sistemas produtivos – embora só tenham sido aplicado a sistemas produtivos a abordagem TLS também pode ser aplicada em organizações de serviços. Tal como foi referido, existem seis modelos de integração TLS publicados e nos próximos subcapítulos esses modelos são apresentados, no entanto, existem diversos estudos feitos sobre estes modelos que podem ser consultados (Moura, 2010; Pacheco, 2012; Okimura, 2013; Mercado, 2014; Silva, 2015).

2.2.1 Modelo TOCLSS

A Figura 2.8 apresenta o modelo TOCLSS® criado pelo Instituto AGI em 2010.

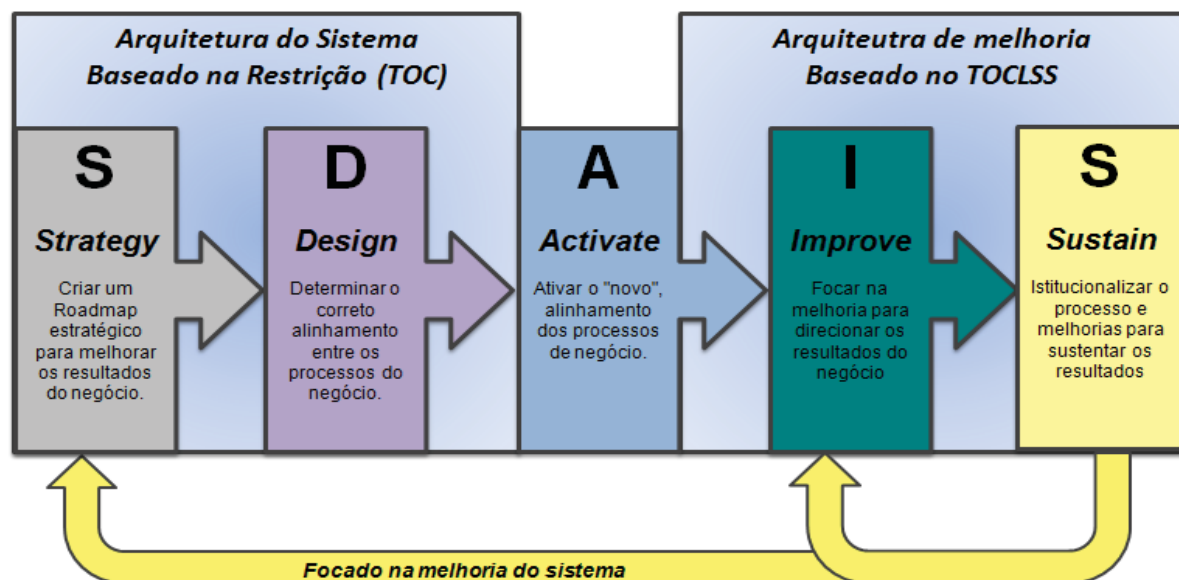


Figura 2.8 - Modelo de Integração TOCLSS®

[Adaptado: Okimura (2013), p95]

Este modelo possui duas arquiteturas diferentes - uma baseada na restrição e que pretende produzir um sistema em que os processos funcionam de maneira estável e previsível; e outra arquitetura baseada

na sinergia entre TOC, *Lean* e SS, onde se pretende atingir uma melhoria de forma sistemática. As suas características diferenciadoras são o facto de o modelo ser composto por um *roadmap* de cinco fases:

- 1º *Strategy* (criar uma estratégia coerente)
- 2º *Design* (projetar o plano de implementação que se irá aplicar)
- 3º *Activate* (ativar as ações do plano de implementação)
- 4º *Improve* (aplicar as melhorias que irão permitir aumentar ganhos, reduzir *stocks* e despesas)
- 5º *Sustain* (sustentar as melhorias criando planos de manutenção e de verificação)

Algumas das ferramentas sugeridas para a operacionalização deste modelo são *Roadmap*, VSM, Árvores de Realidade Futura, 5S, SMED, TPM, *Poka Yoke*, DOE, Diagrama Causa-Efeito, SW, Gestão Visual.

2.2.2 Modelo de Excelência 360º

A Figura 2.9 apresenta o Modelo de Excelência 360º criado por Moura em 2010.



Figura 2.9 - Modelo de Integração Excelência 360º

[Adaptado: Okimura (2013), p.88]

Segundo Moura (2010), para melhores resultados é necessário uma intervenção coordenada em todos os processos. Para tal, opta-se por integrar quatro métodos com fins diferentes: TOC – identificação e exploração da restrição; GPP – padronização dos processos e simplificação de questões administrativas; *Lean* – eliminação de desperdícios; SS – redução de variabilidade. As características diferenciadoras deste modelo passam pelo facto do modelo integrar um método novo face aos restantes modelos, a Gestão por Processos. Assim sendo, partindo do estado atual do sistema, utiliza-se a TOC para identificar a restrição e focalizar todos os esforços para a mesma, utilizam-se as ferramentas *Lean* e SS e ainda

GPP para explorar a restrição. Esta integração quadrupla é o suficiente para atingir o *Know-how*, em seguida surge o *Know-what* (critérios de excelência que visam orientar a aplicação eficaz do *know-how*) e o *Know-why* (é a ideologia empresarial – visão, valores, missão e objetivos).

Algumas das ferramentas que o autor sugere utilizar neste modelo são: *Roadmap*, árvores de Realidade Atual e Futura, VSM, ciclo DMAIC, VOC, TP, 5S, SMED.

2.2.3 Modelo UIC

A Figura 2.10 apresenta o Modelo UIC – *Ultimate Improvement Cycle* (Último Ciclo de Melhoria).

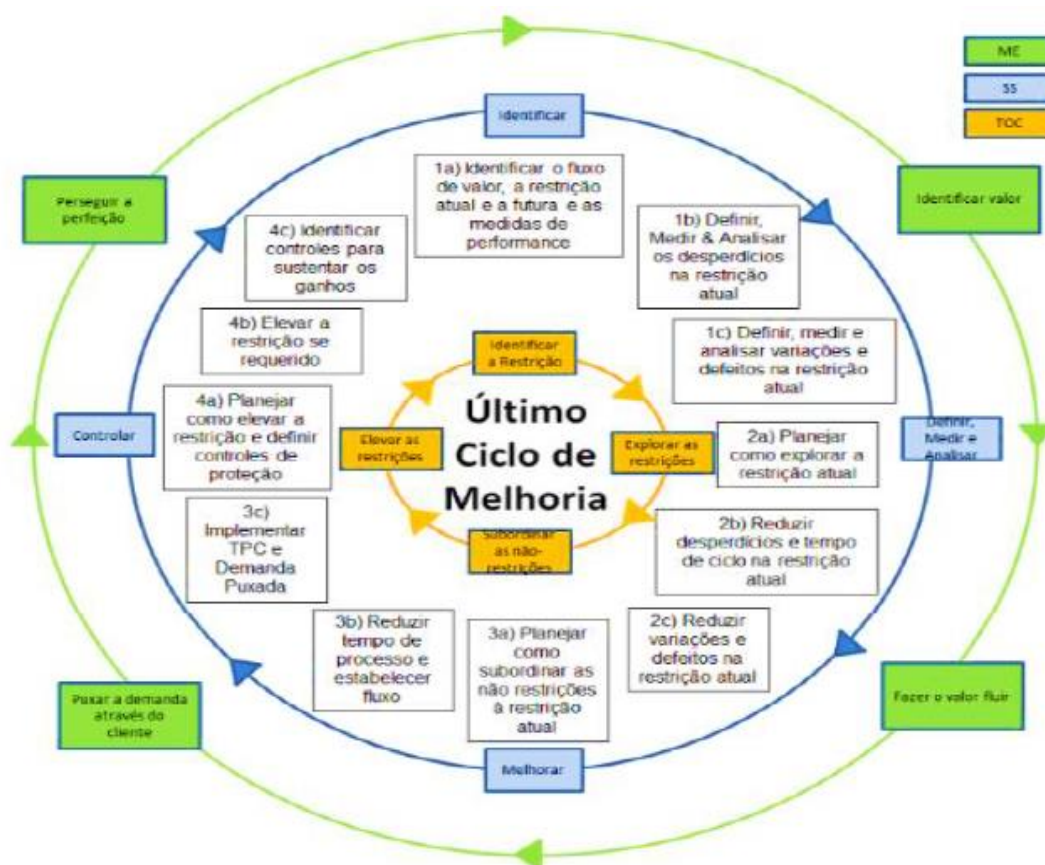


Figura 2.10 – Modelo de Integração *Ultimate Improvement Cycle*
[Adaptado: Silva (2015), p.27]

Este modelo é baseado nos cinco pontos da TOC, nos cinco princípios do *Lean* e no ciclo DMAIC do Seis Sigma. Apresenta uma forma cíclica com três níveis que corresponde aos três ciclos de melhoria. O primeiro círculo (o círculo interior, o núcleo) corresponde ao círculo da Teoria das Restrições. Este círculo pretende focalizar o estudo num processo identificado como restritivo ao alcance do objetivo da organização. Após identificada a restrição, passa-se para o segundo círculo que corresponde à aplicação do ciclo DMAIC à restrição e, em seguida, passa-se para o círculo externo que corresponde ao ciclo de melhoria da metodologia *Lean*, esta forma de atuação é uma das características que torna este modelo tão completo. É um modelo que apresenta, ainda, uma descrição pormenorizada dos passos que devem

ser realizados e quais as ferramentas mais apropriadas a aplicar (Silva, 2015), assim, não apresenta ferramentas e técnicas mas sim uma estratégia fundamentada e viável de aplicação do modelo promovendo o retorno do investimento.

Algumas das ferramentas sugeridas são: VSM, *Roadmap*, Análise de Métricas e Indicadores, 5S, Gestão Visual, DOE, Diagrama de Pareto e Diagrama Causa-Efeito, *Run Chart*, DBR, Sistema *Pull*, *Standard Work*.

2.2.4 Modelo iTLS

A Figura 2.11 apresenta o Modelo iTLS™ de Pirasteh e Fox (2010).



Figura 2.11 - Modelo de Integração iTLS

[Adaptado: Mercado (2014), p.45]

O modelo apresentado utiliza como base os passos fundamentais da Teoria das Restrições para identificar a restrição, focar as melhorias, e estes devem ser aplicados numa fase mais inicial do modelo, enquanto procura utilizar as metodologias *Lean* e Seis Sigma para eliminar desperdícios e reduzir a variabilidade, respetivamente, nos passos mais intermédios do modelo. Na fase final do modelo devem ser aplicadas, novamente, ferramentas TOC com o intuito de elevar a restrição e aumentar os ganhos. A Figura 2.12 apresenta as ferramentas recomendadas em cada fase do Modelo.

Visto que o modelo funciona como um ciclo contínuo de melhoria, após concluído deve ser aplicado novamente pois há a possibilidade de surgir uma nova restrição e, conseqüentemente, os esforços tem de ser redirecionados.

	1- Mobilizar e focar	2- Explorar a restrição	3- Eliminar as fontes de desperdícios	4- Controlar a variação do processo	5- Controlar as atividades de controle	6- Remover a restrição e estabilizar	7- Reavaliar o sistema
TweelBox	<ul style="list-style-type: none"> - Missão - Visão Global - Analisar estado atual - Identificar o problema - Identificar rede fluxos - Modificar os objetivos - Escopo do trabalho - Membros do time - Entregas - Benefícios, Retorno sobre os investimentos - Linha de tempo do projeto 	<ul style="list-style-type: none"> - Focar na restrição - Identificar o valor - WCE - Mapeamento de fluxo de valor - Remover atividades que não agregam valor - QFD - Plano de contenção - Controle de fluxos - Métricas - causa Raiz - 5 S - Reinstaurar 	<ul style="list-style-type: none"> - Medir os processos - Analisar e verificar as fontes de desperdícios - Estabelecer pulmões - CE-CNX - FMEA - Implementar mudanças - Identificar os gaps da VOC/VOCP - Instruir 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar parâmetros de controle - Estabelecer plano de controle - controles de DPM (Defeitos por milhão) - Estabilizar a rede de fluxos - Implantar mudanças - Analisar a variância - Qualidade / Finanças / Ops / Controle de DDE - Novo fluxo de valor - Instruir 	<ul style="list-style-type: none"> - Subordinar atividades afluentes a restrição - Implementar e controlar as métricas - Revisar o SOP - Implantar auditorias - Eficiência Global das Métricas - Reinstaurar 	<ul style="list-style-type: none"> - Implantar poka yoke - Focar em sistemas de prevenção - Envolver colaboradores - Estabelecer indicadores de controle - MOR - Padronização - QBR - Padronização - Implementar TOS - Treinar e educar 	<ul style="list-style-type: none"> - Ir para o passo 1 - Identificar e priorizar a restrição do sistema
	TOC	LEAN	SEIS SIGMA	LEAN	TOC		

Figura 2.12 - Ferramentas Recomendadas em cada passo do Modelo iTLS

[Adaptado: Silva (2015), p.27]

2.2.5 Modelo 7BG

A Figura 2.13 apresenta o Modelo 7BG® de Gutierrez (2012).



Figura 2.13 - Modelo de Integração 7BG®

[Adaptado : Okimura (2013), p.97]

O Modelo 7BG® (7 Behaviors to Goal – 7 Etapas até ao Objetivo) é um modelo que procura construir uma filosofia que identifica, explora e elimina as restrições de uma empresa, baseia-se nas três metodologias já apresentadas. Tal como indica o seu nome, este modelo é composto por sete etapas e o autor

explicita qual a metodologia que melhor se aplica em cada um dos passos. Assim, nos passos em que o objetivo seja identificar a restrição ou focalizar ações, segue-se uma política TOC, enquanto se o objetivo for reduzir desperdícios ou variabilidades do sistema, devem-se aplicar ferramentas Lean e SS.

Algumas ferramentas e ações sugeridas por Gutierrez (2012) são então: realização de reuniões diárias onde se promove a comunicação da equipa, Gestão TPC, Análise dos Fluxos de Processo, Diagrama de Causa-Efeito, FMEA, Diagrama de Pareto, SMED, 5S, *Kaizen*, VSM.

2.2.6 Modelo TLS

A Figura 2.14 apresenta o Modelo TLS de Luís Silva (2015).

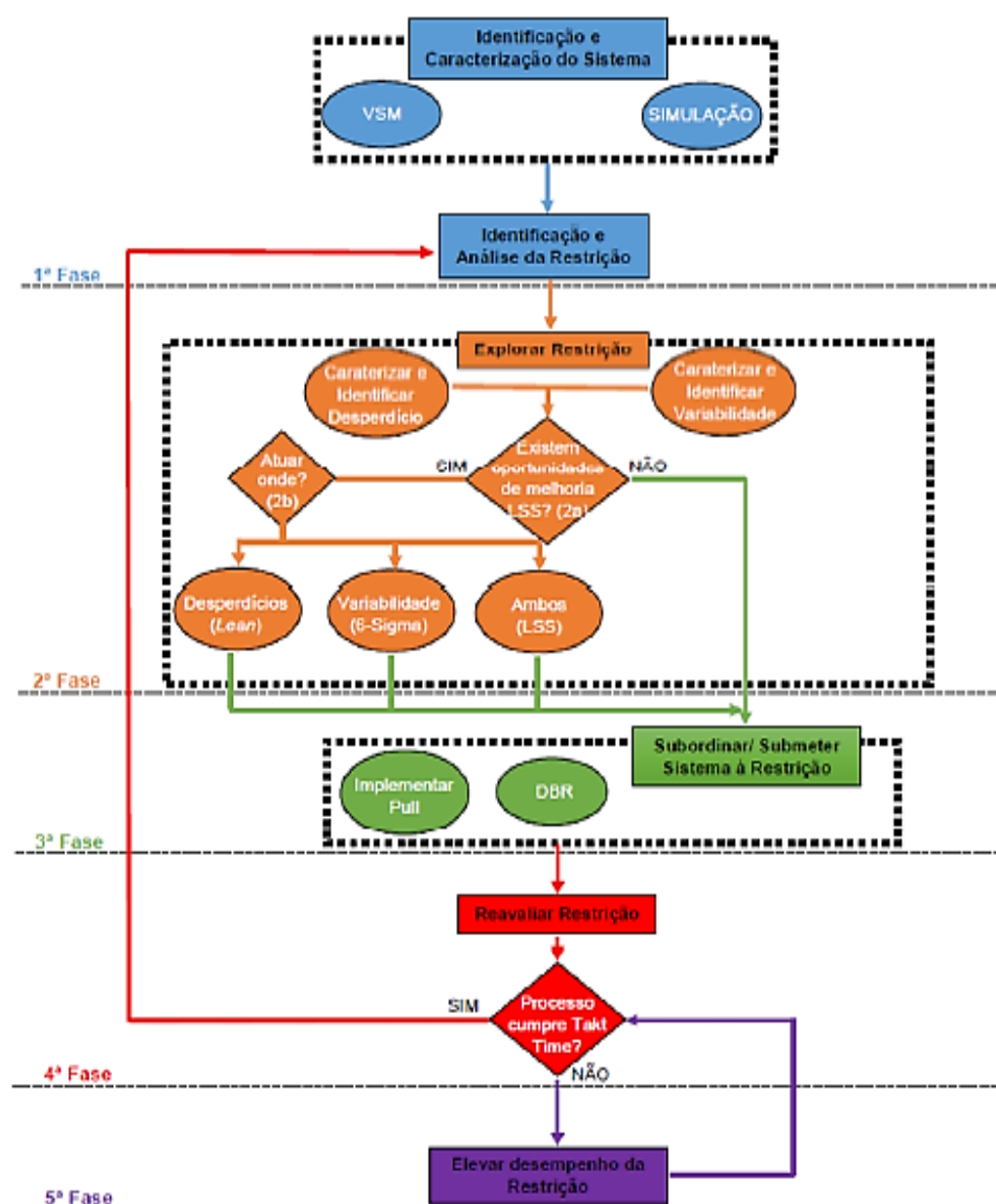


Figura 2.14 - Modelo de Integração TLS

[Adaptado: Silva (2015), p.29]

A lógica seguida na conceção do modelo proposto foi utilizar os cinco passos fundamentais do método TOC e recorrer a ferramentas *Lean* e Seis Sigma para aplicar melhorias. É um modelo composto por cinco fases (os cinco passos fundamentais da TOC). Em cada fase são sugeridas lógicas que ajudem a completar o estudo (na primeira fase o autor sugere a utilização de simulação, por exemplo, para avaliar o comportamento do WIP). Sugere, também, a utilização de ferramentas *Lean* e Seis Sigma, mas com caminhos mais direccionados, ou seja, procura explorar a restrição recorrendo a *Lean* se for o caso de desperdícios, 5S se for variabilidade ou LSS se forem ambas.

O autor deste modelo proposto e aplicado sugere a utilização das seguintes ferramentas VSM, Simulação Real, Análise de Indicadores de Produção, Diagrama de Esparguete, 5S, SMED, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa-Efeito, DOE, SPC, SW, VOC e *Run Chart*.

Embora os autores tenham sugerido algumas ferramentas e ações ao implementar os modelos, estas devem ser adaptados ao contexto em estudo e nem todas as ferramentas podem ser adequadas.

A maioria dos modelos acima apresentados já foram aplicados em empresas e organizações como: Stephen Gould Corporation, Intel Corporation, Salamanca: Catering Services, TIMCO – Aviation Services, Republic Industries International, US Navy and Marine Corps, Boeing Company, Corticeira AMORIM (Okimura, 2013).

➤ **Conclusão das abordagens e ferramentas dos Modelos de Integração TLS**

Qualquer um dos modelos integrados aplicados representaram benefícios e ganhos para as empresas, desde a criação de uma nova filosofia de gestão de produção, à redução de *stock* intermédio e de produto acabado, à redução do tempo de produção, à existência de *buffers* de segurança apenas quando estritamente necessário, ao aumento de capacidades de processos, às melhorias básicas nos postos de trabalho. Estas melhorias possibilitaram a empresas como a Verreries Brosse, por exemplo, um aumento de 31% das vendas ou à Autoliv um aumento de 70% nas entregas de peças por semana.

Após avaliar várias aplicações e as respetivas conclusões pode-se afirmar que os resultados que advêm de uma aplicação de um modelo TLS, focados nos cinco passos utilizando ferramentas *Lean* e Seis Sigma para explorar e resolver a restrição, são significativamente melhores do que aplicar cada metodologia individualmente (Figura 2.15):

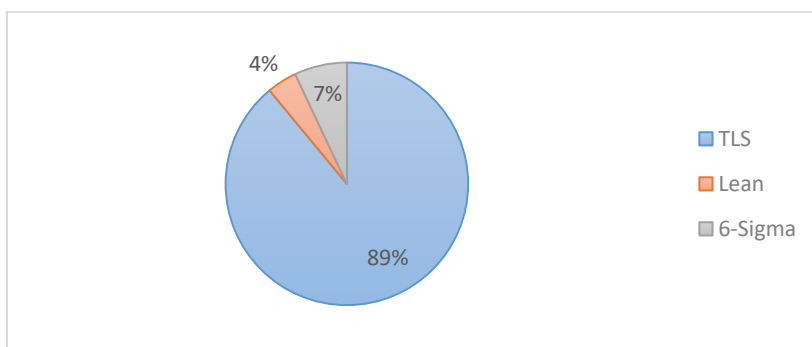


Figura 2.15 - Resultados da Utilização das Ferramentas
[Adaptado: Mercado (2014), p.42]

Pode-se verificar, então, que a aplicação de um modelo de integração TLS é muito mais vantajosa do que a aplicação individual de qualquer uma das metodologias. Verificou-se, também, que os modelos encontrados são bastante genéricos e que não têm qualquer obrigatoriedade quanto ao seu destino, embora tenham sido todos aplicados a sistemas produtivos. No entanto, são, igualmente, capazes de serem aplicados a projetos ou ao sector dos serviços. São modelos que procuram preencher algumas lacunas no que diz respeito a aspetos competitivos face a outros modelos, ou seja, são modelos que visam a melhoria das dimensões competitivas das organizações. Para tal na criação destes modelos, há uma preocupação na interdependência do plano estratégico e não apenas na criação de atos isolados.

Os modelos que vão mais de encontro ao objetivo da presente dissertação serão os modelos *Ultimate Improvement Cycle* (UIC) de Sproull, o modelo iTLS de Pirasteh e Fox e o modelo TLS de Luís Silva por serem os modelos que apresentam uma maior complementaridade das ferramentas, uma elevada consciência da atualidade dos sistemas na construção e aplicação. No entanto, como o Modelo TLS de Luís Silva já teve em consideração estes dois modelos, encontra-se completo e sugestivo para qualquer implementação.

Estes modelos não se limitam a apresentar os passos que devem ser aplicados mas ilustram as ferramentas e as formas como se deve atuar sobre os problemas; apresentam uma forma intuitiva, um desenho simples de fácil abordagem, compreensão e aplicação o que ajuda a que qualquer organização possa facilmente aplicar o modelo. É possível verificar que existem algumas ferramentas mais comuns e referidas em quase todos os modelos como é o caso das ferramentas *Lean* - VSM, 5S, SMED, *Standard Work*, estas ferramentas pretendem eliminar desperdícios, criar melhorias na produção que resultem em aumento de produtividade e, conseqüentemente, acréscimo de valor ao sistema. Mas são, também, referidas ferramentas que têm como objetivo reduzir defeitos e a variabilidade do sistema e assim obter uma produção mais estabilizada – Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa-Efeito, DOE, FMEA. Estas são as ferramentas que todos os autores defendem na implementação do seu modelo, já que por um lado, são ferramentas simples e que permitem concluir e obter diversos resultados e, por outro, são ferramentas que facilmente se aplicam e que não necessitam de investimento. Além das ferramentas *Lean* e *SS* sugeridas, os autores também defendem que a utilização do DBR para subordinar o sistema à restrição é a melhor abordagem.

Embora não sejam ferramentas, a análise e a criação de indicadores de produção e qualidade como a Eficiência, Disponibilidade dos equipamentos ou o número de produto não conforme ou a percentagem de defeitos, são métodos que todos os modelos apresentam, pois é uma mais-valia e permite controlar o sistema e a produção de forma fácil e intuitiva.

Após avaliar as explorações existentes e partindo do pressuposto que nenhum modelo está efetivamente perfeito e que há sempre melhorias possíveis e formas de tornar um modelo mais completo optou-se por utilizar o modelo TLS de Luís Silva, também porque já tinha sido implementado anteriormente na mesma organização, para aplicar melhorias e sugerir um novo modelo.

Assim sendo, pode-se verificar que nenhum dos modelos procurou recriar o sistema produtivo num *software* de simulação, o que nos dias de hoje pode ser uma mais-valia não só para a aplicação de um

projeto TLS, mas para a representação de qualquer possível intervenção e avaliar a forma como o sistema cria valor ao produto. Estes são dois aspetos que na perspetiva do autor podem representar potenciais ganhos para o modelo TLS e para as organizações onde este for implementado.

Capítulo 3 Caracterização do Sistema: Caso de Estudo

No presente capítulo será apresentado o caso de estudo em análise, começando por uma abordagem da empresa em causa, a Corticeira Amorim, focando a Unidade Industrial Equipar na qual o projeto foi desenvolvido e, em seguida, será feita uma abordagem do sistema produtivo. Nesta abordagem será feita uma caracterização dos processos, pormenorizando os processos críticos que representam a restrição do sistema de fabrico das rolhas técnicas *Twin-Top* e “0+1”.

3.1 Caracterização da Empresa

O Grupo Amorim é uma das maiores, mais empreendedoras e dinâmicas, multinacionais de origem portuguesa e familiar. Com quase 150 anos de história, tendo sido fundada em 1870 por António Alves Amorim e tendo tido origem no negócio de cortiça para a produção de rolhas de cortiça para o vinho do Porto. Guiado por uma visão de crescimento sustentado, liderado desde 1952 pelo empresário Américo Amorim, o Grupo tem apostado na diversificação da sua atuação, através do investimento em setores e áreas geográficas com elevado potencial de rentabilidade e, atualmente, vê as suas áreas de negócio diversificadas, passando pela energia, cortiça, pelas áreas financeiras e de imobiliário. No entanto, é na área da Cortiça que o Grupo mais se destaca com a Corticeira Amorim. Atualmente é presidida por António Rios de Amorim, representando a quarta geração da família.

É o maior grupo a nível mundial no que diz respeito à produção de produtos derivados da cortiça, a sua missão é acrescentar valor à cortiça, de forma competitiva, diferenciada e inovadora, em perfeita harmonia com a natureza. Lidera o setor e é a empresa que mais contribui para a inovação da cortiça – “Mais do que qualquer outro *player* do mercado, a Corticeira Amorim investiu sem paralelo na investigação, na inovação e no *design*, desenvolvendo um portefólio de produtos e soluções de elevado valor acrescentado, que antecipam as tendências do mercado e superam as expectativas de algumas das mais exigentes indústrias a nível mundial” (Amorim, 2016). O que vai de encontro à sua visão que é remunerar o capital investido de forma adequada e sustentada, com fatores de diferenciação a nível do produto e do serviço e com colaboradores com espírito ganhador. Os valores da empresa passam pelo orgulho, ambição, iniciativa, sobriedade e atitude.

A presença não só em Portugal e o investimento cada vez maior no resto do Mundo é uma realidade conhecida para todos. A Corticeira Amorim está presente em mais de cem países, tem cerca de 22 000 clientes, gera um volume de negócios de cerca de 605 milhões de euros por ano; o seu investimento anual em I&D é de 7,5 milhões de euros (Amorim, 2016). Tal como se pode verificar na Figura 3.1, a presença mundial da Corticeira é bastante diversificada, tendo cerca de 11 UI de matérias-primas, 18 UI de soluções de cortiça, 44 empresas de distribuição, 11 *Joint Ventures* e 258 agentes.

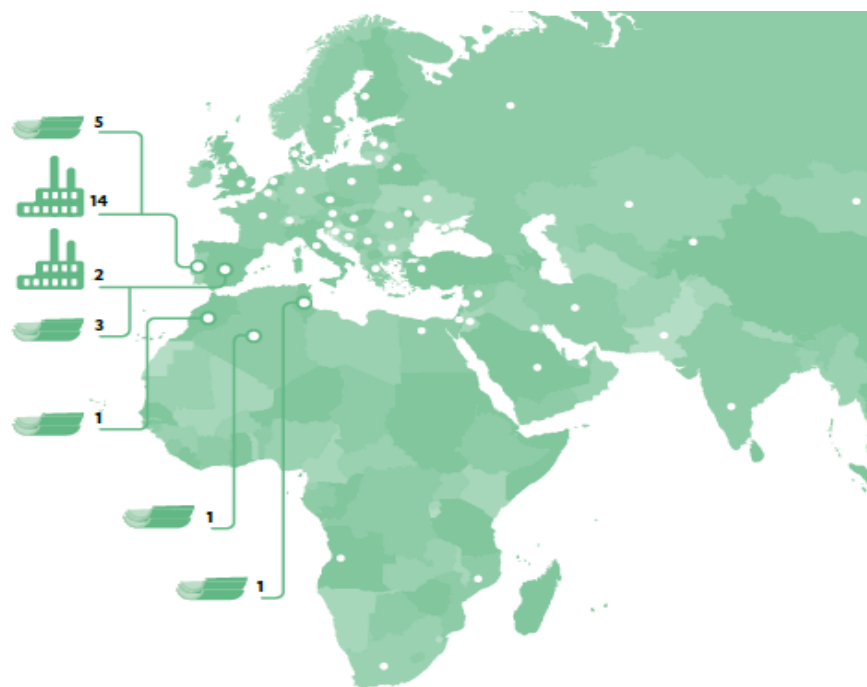


Figura 3.1 - Presença Mundial da Corticeira Amorim
[Adaptado: Amorim (2016)]

O constante investimento em I&D (Inovação & Desenvolvimento) sempre foi uma forte aposta do Grupo e, aliado a isto está a aposta nos mercados estrangeiros, no investimento em projetos promissores, na procura constante de novos produtos, novas ideias e soluções para introduzir a cortiça nas situações mais imprevisíveis do quotidiano das pessoas de forma visível ou até mesmo invisível. Todas estas atitudes e comportamentos permitiram ao Grupo evoluir de uma pequena fábrica situada no Porto para uma empresa líder mundial no mercado da cortiça.

Além de líder mundial, a Corticeira Amorim é uma empresa que tem contribuído para a dinamização da economia portuguesa, fazendo parte das 30 marcas mais valiosas em Portugal o que reflete uma gestão estratégica sustentada e um posicionamento eficaz que tem vindo a alavancar os 146 anos de liderança no setor. Algumas das suas estratégias passam pelo reaproveitamento de todos os “desperdícios” resultantes do fabrico das rolhas e muitos dos novos projetos surgem neste sentido, daí a posição de sustentabilidade que a empresa apresenta. Assim sendo, é um grupo que se caracteriza pelo acompanhamento desde a escolha da matéria-prima ao serviço pós-venda.

A Corticeira Amorim encontra-se dividida em 5 Unidades de Negócios (UN): Matéria-Prima, Rolhas, Revestimentos, Aglomerados Compósitos e Isolamentos; e conta, ainda, com uma unidade só dedicada à inovação. Esta divisão encontra-se ilustrada da Figura 3.2:

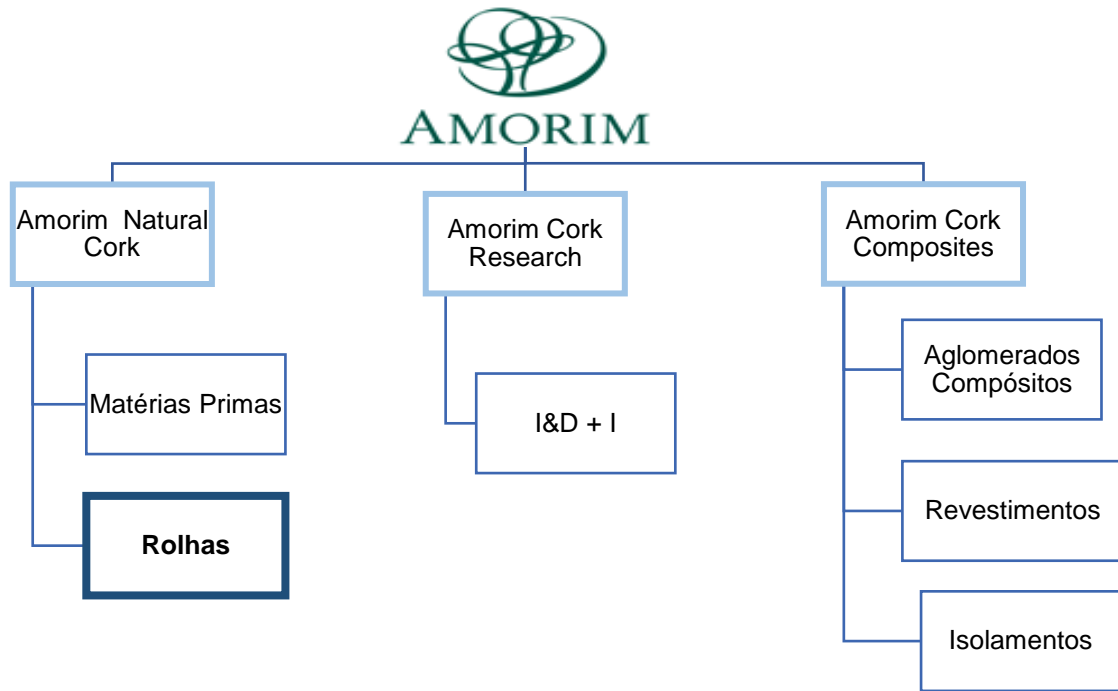


Figura 3.2 - Composição do Grupo AMORIM

Na Figura 3.2 a Unidade de Negócios Rolhas encontra-se destacada, pois é a principal unidade de negócio do Grupo. Este foi o negócio que deu origem à empresa e continua a ser a UN que ocupa mais prioridade nas pesquisas e estudo do Grupo; é, também, a UN que apresenta mais Unidades Industriais (UI), tal como se pode verificar através da Figura 3.3:

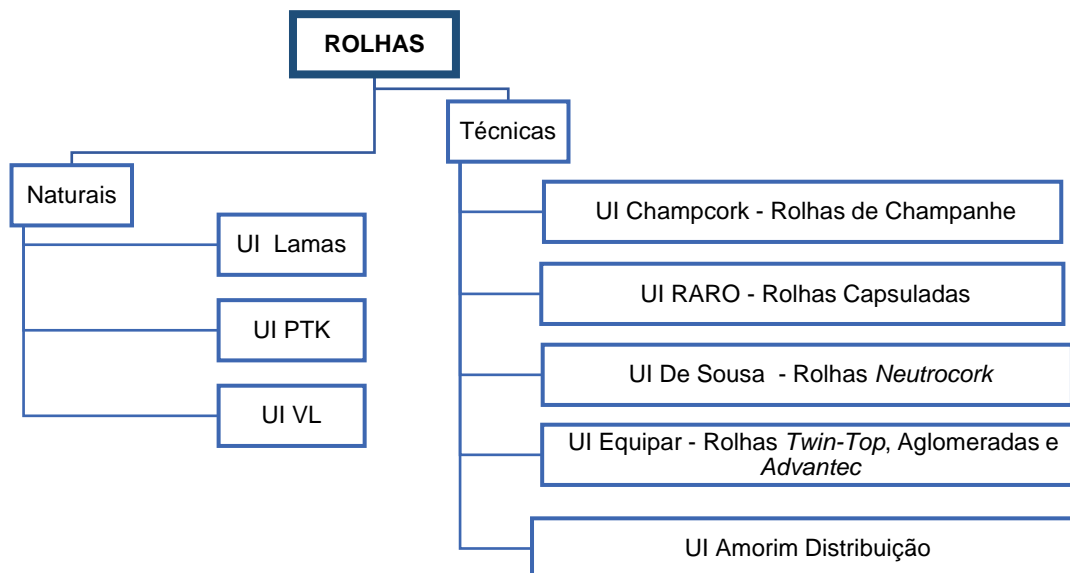


Figura 3.3 - Organograma da UN Rolhas

Como se pode verificar pela Figura 3.3 existem dois tipos de rolhas: Naturais e Técnicas. As rolhas naturais são retiradas diretamente das pranchas de cortiça enquanto as rolhas técnicas são produzidas através de processos de transformação. Embora as rolhas naturais possam parecer mais simples, são as rolhas de maior valor. Existe, também, uma gama de rolhas destinada a clientes de bebidas de luxo as rolhas TOP SERIES®. Estas rolhas podem ser naturais ou técnicas e é permitido que clientes com elevado poder de compra possam personalizar as rolhas (esta personalização pode ser com prata, ouro ou até pedras preciosas).

Dentro do tipo das rolhas técnicas é, ainda, possível destacar a mais recente gama de produtos: HELIX® - uma rolha que não necessita de um saca-rolhas para ser retirada da garrafa pois esta rolha tem um formato em espiral. Depois existem as rolhas normalmente utilizadas para engarrafar champanhes, espumantes, vinhos efervescentes e cervejas – SPARK® e NEUTROCORK®. A gama de produtos que apresenta menor valor comercial é a rolha aglomerada. Dentro da gama da rolha aglomerada, caso o cliente pretenda que esta tenha um tratamento especial que previna o aparecimento de 2,4,6 *Trichloroanisol* (TCA) então essa rolha insere-se na gama ADVANTEC®. Para dar resposta a algumas necessidades dos clientes, esta gama de produto adquiriu uma nova característica – poder ser colorida dando origem à gama ADVANTEC COLORS®. Por fim, as rolhas utilizadas para vinhos mais comuns denominam-se por rolhas TWIN TOP®, é uma rolha que tem uma excelente relação qualidade-preço e que permite ao cliente satisfazer diversas necessidades.

Diariamente há equipas que procuram não só melhorias na gama existente de produtos mas, também, novos produtos que permitam responder a novas necessidades ou novos requisitos de clientes. A Figura 3.4 apresenta a atual gama de produtos existente.



Figura 3.4 - Gama de Produtos

[Adaptado: Amorim (2016) p.3]

Devido a esta larga gama de produtos e ao constante desenvolvimento de mais produtos, a UN Rolhas é a unidade de negócio que concentra maior volume de vendas do Grupo, tal como está apresentado na Figura 3.5, onde a venda de rolhas representa cerca de 64,2%, seguindo-se dos Revestimentos, Aglomerados

Compósitos, Isolamentos e MP. Isto deve-se ao facto de o grupo investir em novos projetos e procurar soluções além das rolhas.

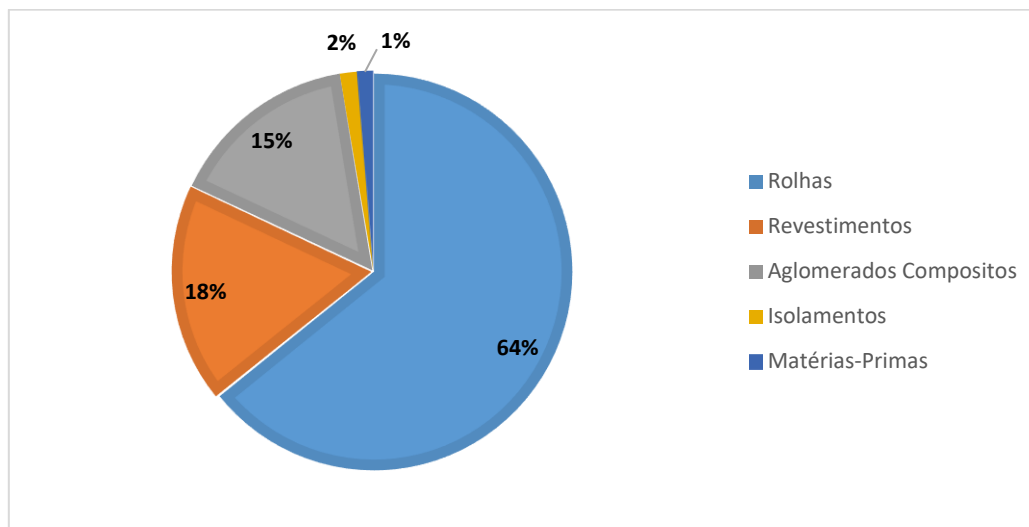


Figura 3.5 - Vendas Consolidadas por Unidade de Negócio
[Adaptado: Amorim (2016) p.5]

Esta percentagem deve-se, também, ao facto de em 2015, a UN Rolhas ter voltado a crescer, já que em 2014 a percentagem era de cerca de 63,1%. Este aumento pode dever-se ao fato de esta UN se ter tornado um “cork specialist” e ter ganho uma confiança dos clientes já que a sua constante formação e investigação permitiu colocar à disposição dos mercados os melhores tipos de rolhas para cada segmento de vinho criando uma elevada gama de produtos uns mais sofisticados que pretende responder a elevadas exigências de alguns clientes; permitiu criar estruturas comerciais muito bem organizadas, havendo um forte conhecimento do produto, dos mercados e das necessidades; o aumento do consumo do vinho traduz-se num aumento da venda de rolhas.

Tal como é visível na Figura 3.6 de 2014 para 2015 houve um crescimento de mais de 35 milhões de euros nas vendas das rolhas, este valor permitiu um crescimento de 3% num indicador financeiro muito importante os empresários e administradores de empresa, o EBITDA – *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization* ou Lucros antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização.

Este indicador serve para analisar e avaliar o desempenho das organizações pois permite medir a produtividade e a eficiência da empresa e dá possibilidade de analisar os processos como um todo e não olhar apenas para o resultado final. É um indicador bastante utilizado no mercado das ações. Ou seja, o crescimento deste indicador é um fator importante e, vendo, esta tendência de crescimento nos últimos 3 anos é valorizador para a Empresa.

A Figura 3.6 apresenta o valor das vendas e o EBITDA em milhares de euros da UN Rolhas.

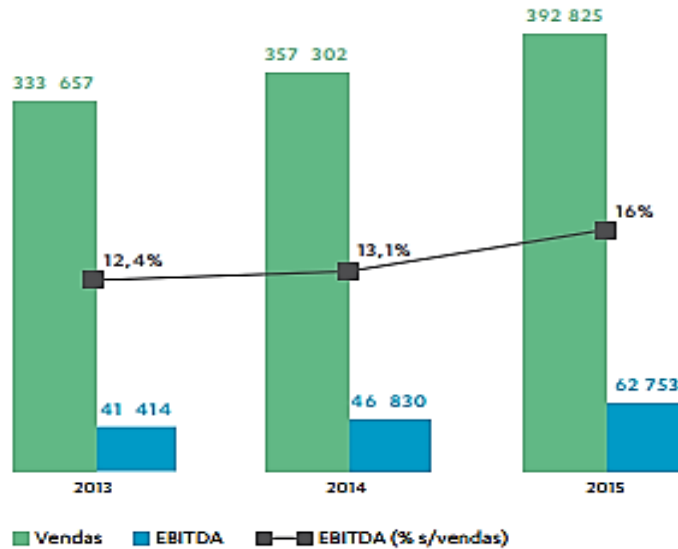


Figura 3.6 - Vendas de Rolhas : EBTIDA
 [Adaptado: Amorim (2016) p.10]

Segundo António Rios de Amorim, presidente e CEO da Corticeira Amorim, a rolha “é o nosso maior negócio e tem um peso significativo nas exportações portuguesas de cortiça. O trabalho da Corticeira Amorim tem sido reafirmar a qualidade da cortiça como a rolha ou o vedante de eleição para os diferentes segmentos de vinhos, não só para os topos de gama. Isto tem feito com que a cortiça, melhorando a sua *performance*, seja introduzido em segmentos mais competitivos.”

Das vendas realizadas pelo grupo 5% são em Mercado Nacional. Fora a União Europeia que representa quase 55% das vendas, o principal cliente do Grupo são os Estados Unidos da América com 22% das vendas. Isto porque importantes produtores vinícolas norte-americanos tem vindo a defender e promover a rolha de cortiça natural – “Any wine worth its grapes deserves natural cork”. Em seguida, surge o restante continente Americano e a Austrália. Tal informação está presente no relatório de contas de 2015.

A presente dissertação foi desenvolvida num Unidade de Negócio de Rolhas, a Unidade Industrial Equipar. Contrariamente às restantes UI dos Grupo, esta é a única UI que não se localiza em Santa Maria de Lamas, concelho de Aveiro.

3.2 Caracterização da Unidade Industrial

O estudo apresentado em seguida desenvolveu-se numa das unidades de negócio de fabrico de rolhas, a unidade industrial Equipar. Situada na Vila de Coruche – conhecida como a Capital da Cortiça, distrito de Santarém, esta vila cresceu beneficiando da sua fantástica localização face a grandes produtores de cortiça da zona ribatejana, permitindo a proximidade à matéria-prima. Na Figura 3.7 é possível visualizar o montado de sobreiro em Portugal e a proximidade da UI Equipar deste.

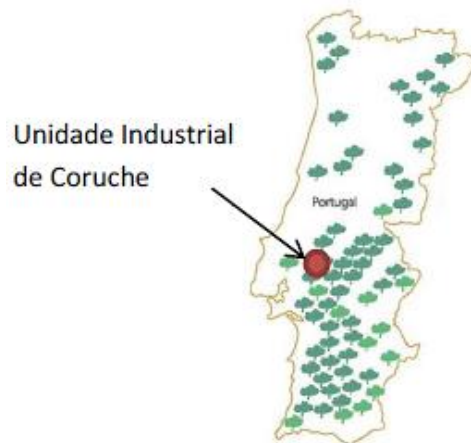


Figura 3.7 - Localização da UI de Coruche
[Adaptado: Delgado (2014) p.24]

Em 2006, o Grupo Amorim adquiriu a Equipar na totalidade e viu nesta aquisição uma oportunidade de descentralizar a produção do redor da sede em Santa Maria de Lamas. E, desta forma, permitiu ao grupo fortalecer a sua produção, a sua influência noutra região e conseguir valores mais económicos e redução de tempos no que diz respeito ao transporte de MP, por exemplo. Devido a estes fatores a aquisição da UI Equipar tornou-se uma mais-valia para o Grupo e graças à sua dimensão e oportunidade de crescimento tornou-se a maior empresa de produção de rolhas do grupo. Conta com cerca de 185 colaboradores e apresenta um volume de 65 milhões de euros, a Figura 3.8 apresenta uma fotografia aérea da Equipar.



Figura 3.8 - Fotografia Aérea da Equipar

A UI Equipar, atualmente, possui uma produção de cerca de 5 milhões de rolhas por dia o que equivale a uma orçamento de 1.2 bilhões de rolhas por ano; tornando-a uma das maiores fábricas de rolhas do mundo.

A Equipar ocupa-se pelas atividades de trituração de granulado e produção de rolhas técnicas, estando assim dividida em fábricas:

- **Cozedura** – Cozedura de aparas de cortiça
- **Trituração** – Produção de granulado
- **Twin Top** – Produção de rolhas técnicas
- **Aglomerada** – Produção de rolhas aglomeradas
- **Distribuição** – Tratamento e Marcação de rolhas

Nesta UI a Trituração encarrega-se de triturar cortiça que irá alimentar a fábrica TT, Aglomerada, outras fábricas do Grupo e até outros clientes exteriores. Assim sendo, produz três tipos de granulado: RCT, RA, RN. Estes são obtidos a partir de desperdícios de cortiça de maior qualidade utilizada para o fabrico das rolhas naturais ou discos (aparas) e de cortiça com menor qualidade (refugo). Desta forma, permite que a cortiça seja 100% reciclável – o que resulta de desperdícios na produção de um tipo de rolhas pode servir de MP para outras rolhas ou até para outras secções (área de revestimento, por exemplo).

Após triturado há, então, três tipos de granulados como está comprovado na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 - Tipos de Granulados

Granula- dos	Dimensão (mm)	Descrição
RCT	3-7	Granulado de maior granulometria. Utilizado em rolhas de Champanhe e Técnicas
RA	2-3	Granulado de granulometria média. Utilizado em rolhas Aglomeradas.
RN	1-2	Granulado de menor granulometria. Utilizado em rolhas <i>Neutrocork</i> .

Por vezes, existem granulados com diâmetro menor a 1mm que são considerados micro granulados mas não são utilizados na produção de rolhas. Após esta produção o granulado é, então, distribuído pelas fábricas.

Uma das fábricas existentes na UI Equipar é a Secção AGLO (Fábrica Aglomerada). Nesta secção são produzidas rolhas que se caracterizam por ter um corpo aglomerado de cortiça que pode ter granulado do tipo RCT e/ou RA – Rolha Aglomerada, ADVANTEC® e ADVANTEC COLOURS® e SPARK®.

A Rolha Aglomerada é uma rolha formada por um corpo de granulado aglomerado e é ideal para vinhos de consumo rápido, com um consumo até 6 meses após o engarrafamento. As rolhas ADVANTEC® e ADVANTEC COLOURS® tem a mesma base que as aglomeradas mas tem um processo de revestimento colorido; são ideias para vinhos de grande rotação. É uma rolha de valor acrescentado, na qual, todas as medidas preventivas e corretivas de combate ao TCA, desenvolvidas pela AMORIM, estão incorporadas. No caso da *Colours*, dotada de um revestimento alternativo com maior leque de cores. São, também, produzidas as rolhas SPARK® que são rolhas para espumosos, destinadas a bebidas com gás de consumo rápido, com um pressão até 5 bar (Figura 3.9).



Figura 3.9 - Rolhas Aglomeradas

A outra secção que se ocupa com a produção de rolhas é a Secção *Twin Top*. Nesta fábrica são produzidas outras rolhas técnicas, as rolhas TT. Estas rolhas são constituídas por um corpo aglomerado de cortiça RCT e dois discos de cortiça natural de +/- 4mm de altura, que definem a classe da rolha. Esta composição permite responder de forma eficaz às mais elevadas exigências dos vinicultores. São, também, produzidas rolhas que apresentam as mesmas características mas em vez de ter disco nas duas pontas, apenas um dos lados tem disco e o outro lado é chanfrado – Rolhas Técnicas “0+1”. Pode, ainda, em alguns casos ocorrer rolhas com dois discos no mesmo lado e chanfro do outro – “0+2” (Figura 3.10).



Rolha TT

Rolha 0+1

Rolha 0+2

Figura 3.10 - Rolhas TT

O presente caso de estudo foi aplicado na secção TT às rolhas TT e 0+1, pois considera-se uma secção importante, com uma elevada produção e onde já foi feito este estudo anteriormente. Esta secção produz rolhas semiacabadas, não são consideradas produto final já que ainda não estão tratadas nem marcadas portanto desta UI as rolhas são vendidas para diversos pontos do mundo onde existem Unidades de Distribuição. Nestas unidades as rolhas são marcadas de acordo com o pedido do cliente e tratadas, só depois serão consideradas produto acabado. Estas Unidade de Distribuição (UD) estão presentes por todo o lado do Mundo, portanto os 3 milhões de rolhas TT e 0+1, que são produzidas diariamente, são enviados para diversas partes do globo (Figura 3.11).



Figura 3.11 - Presença Mundial da Amorim & Irmãos

As rolhas *Twin Top* são rolhas que apresentam uma elevada resistência mecânica, ideais para vinhos tranquilos, frutados com longos períodos de estágio na garrafa. Existem três classes para as rolhas TT : A,B e C – sendo A a de maior qualidade e C a de menor.

A Figura 3.12 representa o processo de fabrico de uma rolha *Twin Top* e de uma rolha Aglomerada; é um processo simples que tem início na trituração da cortiça e termina na embalagem. O processo de fabrico das rolhas é aparentemente semelhante, no entanto, diversifica em pontos cruciais. A maioria da rolha Aglomerada é marcada e tratada na EQD – Equipar Distribuição, a fábrica de marcação e tratamento que faz parte da UI Equipar. Enquanto as rolhas *Twin Top* são embaladas em sacas e encaminhadas para outras UI para serem sujeitas aos restantes processos.

3.3 Caraterização do Sistema em Estudo

Como já foi referido, o presente estudo desenvolveu-se na secção TT da UI Equipar mais concretamente no sistema produtivo das Rolhas TWIN TOP® e “0+1”.

O processo de fabrico é semelhante, no entanto, as rolhas TT são compostas por um disco em cada ponta, enquanto as “0+1” tem um disco num dos lados e são chanfradas no lado oposto. No que diz respeito às classes e à composição do corpo são exatamente iguais. É esse disco que diferencia a classe das rolhas (AA, A, AB, B, BC e C – sendo AA a melhor classe e C a pior) e, conseqüentemente, faz variar o preço. As especificações deste tipo de rolhas estão apresentadas na Figura 3.13.

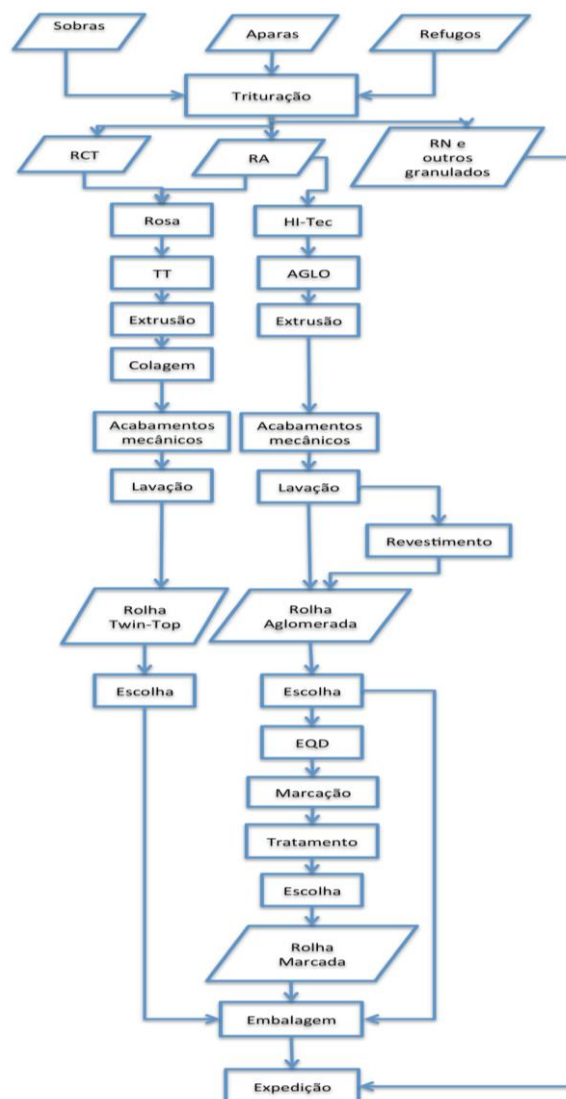


Figura 3.12 - Processos de Fabrico da UI Equipar

ENSAIOS	CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICAÇÕES
Físico-mecânicos	Comprimento	$l \pm 1,0 \text{ mm}$
	Diâmetro	$d \pm 0,4 \text{ mm}$
	Ovalidade	$\leq 0,3 \text{ mm}$
	Humidade	4% - 9%
	Peso específico	250 - 330 Kg/m^3
Físico-químicos	Força de extracção	20 - 40 daN
	Teor de peróxidos	$\leq 0,1 \text{ mg/rolha}$
	Teor de pó	$\leq 3 \text{ mg/rolha}$






Figura 3.13 - Especificações das Rolhas TT

3.3.1 Processos

Na Figura 3.14 apresenta-se o diagrama de fluxos mais pormenorizado que diz respeito ao fabrico das rolhas TT. Desde que é criado o granulado que há diversos pontos de controlo de qualidades que estão, também, ilustrados no esquema. Este esquema apresenta, então, não só atividades que acrescentam valor e que modificam o produto até este atingir o seu resultado e ser encaminhado até ao Armazém de Produto Acabado como mostra, também, atividades meramente de controlo e que servem apenas para verificar e controlar o processo – estas atividades não acrescentam diretamente valor ao produto mas são muito importante porque um controlo senão for realizado da melhor forma ou não for correto pode deixar passar produto que mais tarde tenha que ser reprocessado. Isto é, não acrescenta valor mas pode permite que um produto tenha que ser reprocessado ou desclassificado fazendo a UI perder dinheiro.

Antes de cada processo existe um *buffer* intermédio onde o material fica parado até que haja disponibilidade nas máquinas do processo seguinte ou fica a estabilizar caso seja necessário ou, por vezes, tem que aguardar para que o operador responsável transporte esse material e abasteça a máquina ou até para caso hajam paragens num processo não seja necessário parar tudo e haver *stock* intermédio que permita os restantes processos continuar. Existem, também, pontos de decisão onde é necessário decidir o destino do material em curso. Na Tabela 3.2 estão apresentados os símbolos utilizados no esquema produtivo apresentado na Figura 3.14. Nesta figura estão, também, apresentadas pequenas figuras dos respetivos processos.

Tabela 3.2 – Caracterização do Processo

				
Secção da Fábrica	Etapa do Processo	Atividade de Controlo de Processo	Buffer Inter-médio	Ponto de Decisão

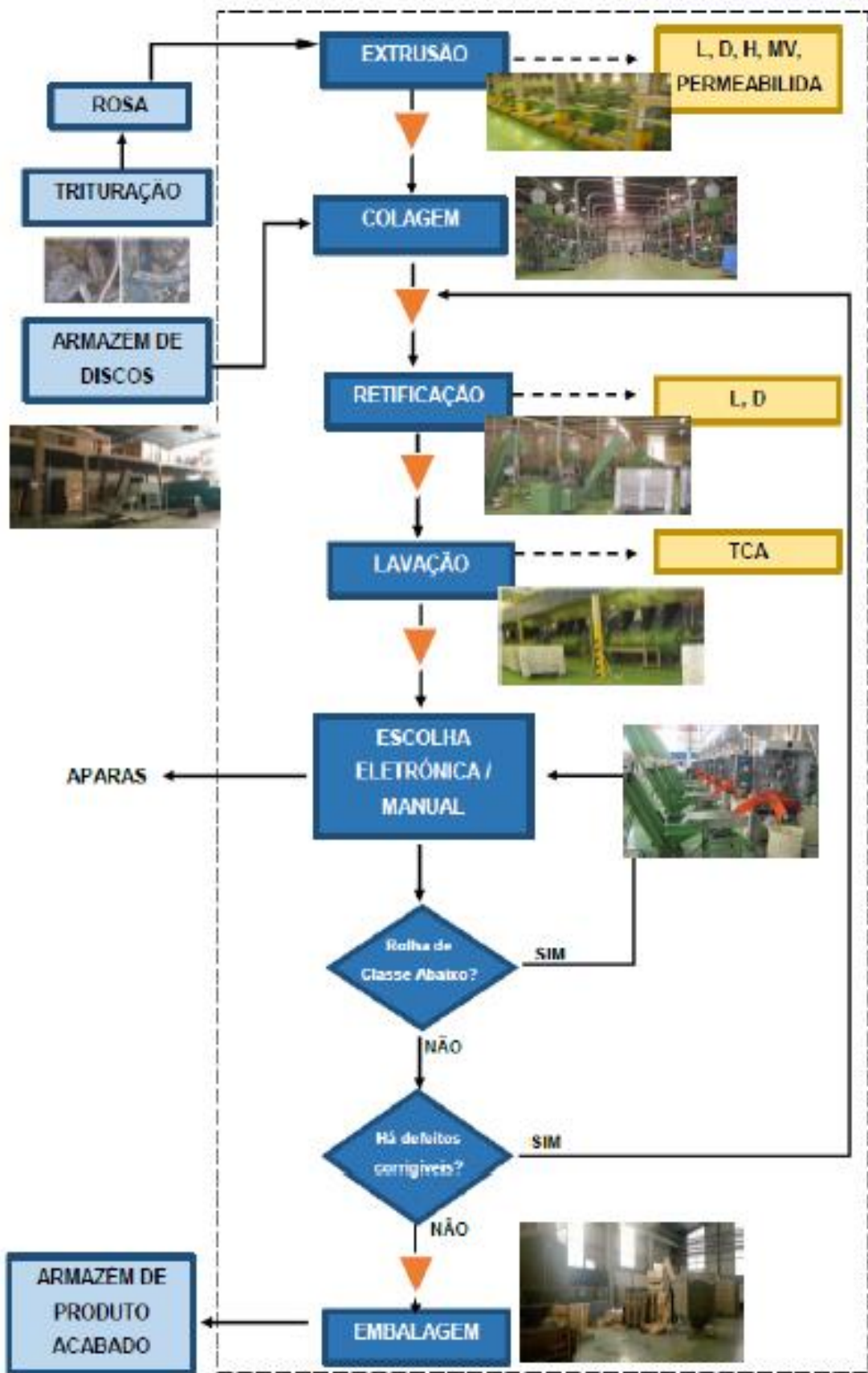


Figura 3.14 – Principais Processos de Transformação: Esquema

Neste subcapítulo são descritos sucintamente todos os processos que compõem o sistema de fabrico das rolhas TWIN TOP® e “0+1”.

- **Trituração:** é o primeiro processo que compõe o sistema produtivo de qualquer rolha produzida na UI Equipar. Neste processo dá-se a receção da MP, que chegam à UI através de camiões. A trituração é abastecida de MP que se divide em três qualidades: Refugos – cortiça de boa qualidade; Aparas de broca – desperdícios que resultaram da preparação da rolha natural; Aparas especiais – desperdícios que resultaram da preparação de discos de cortiça natural. Neste processo produzem-se diversos tipos de granulado e para o fabrico das rolhas TT apenas é utilizado o granulado RCT; neste sentido, após a separação da MP por granulometrias esta é armazenada em silos e passa-se ao processo seguinte. Esta secção tritura, em média, mais de 100 toneladas de cortiça;
- **Tratamento para extração de TCA:** TCA – Tricloroanisol é uma molécula que causa o “sabor a rolha” nos vinhos. Como a cortiça é um produto natural que não está exposta a tratamentos até ao momento, pode estar contaminada com esta molécula o que se torna bastante prejudicial ao comércio das rolhas. Assim, para retirar esta molécula, a cortiça é tratada com vapor na zona da fábrica denominada por ROSA (*Rate Optimal Steam Application*), mais pormenorizadamente, na UI Equipar existem três sistemas de ROSA: ROSA, Hitec e ROSA Hard, este último é o aplicado ao granulado que se destina ao TT. Após a extração do TCA, o granulado deve estabilizar 16h a 24h.
- **Preparação das misturas:** após estabilizar o tempo necessário, o granulado é misturado com produtos que funcionam como agentes aglomerantes – Latex, Óleo de parafina e Cola de poliuretano). Esta mistura ocorre na máquina denominada por misturadora (Figura 3.15). De acordo, com as condições atmosféricas e do próprio granulado (temperaturas elevadas ou reduzidas, humidade do granulado, por exemplo) existem diferentes receitas predefinidas para que a rolha respeite as especificações pretendidas. No entanto, uma mistura não deverá demorar mais que 10 minutos a ficar pronta. Quando pronta, a mistura segue para as linhas de extrusão através de uns carrinhos com capacidade para 10kg de mistura.
- **Extrusão:** quando a mistura está pronta é transportada para as extrusoras através de um carrinho que abastece a linha com maior necessidade. Cada extrusora demora, em média, 45 minutos a gastar a mistura mas de 28 em 28 minutos o sensor presente em cada máquina dá o sinal para haver novo carregamento de mistura. Este processo é composto por 3 linhas, cada linha tem dois lados (A e B) e oito extrusoras com 50 tubos de crescimento cada. A extrusão dos bastões de cortiça aglomerada ocorre a uma temperatura de 115 a 150° C. Nestas linhas são produzidos bastões aglomerados com 26mm de diâmetro e que são cortados com serras em três comprimentos: 31,2mm, 36,2mm ou 42,5mm de comprimento consoante o produto final que irão compor (TT39, TT44 ou rolhas 0+1, respetivamente). Estes corpos saem com o comprimento pretendido para seguirem diretamente para o processo seguinte. Atualmente todas as linhas conseguem produzir os três comprimentos, embora se opte por dedicar a linha 5 mais ao comprimento 42,5 mm do que a linha 3. E demoram, em média, 13 minutos a crescer, isto é, desde que começam a ser formados até serem cortados pela lâmina da extrusora. Neste processo um controlo de qualidade onde se

verifica o comprimento (L), o diâmetro (D), a humidade (H), a massa volúmica (MV) e a permeabilidade. Caso algum parâmetro na se encontre com os valores dentro da especificação é necessário fazer-se um ajuste à máquina ou à linha para que os valores voltem a estar dentro das especificações. Nesta zona existe, ainda, outra linha de extrusão e duas moldadoras. As moldadoras produzem corpos para a fábrica Aglomerada e as outras linhas corpos de calibres diferentes.

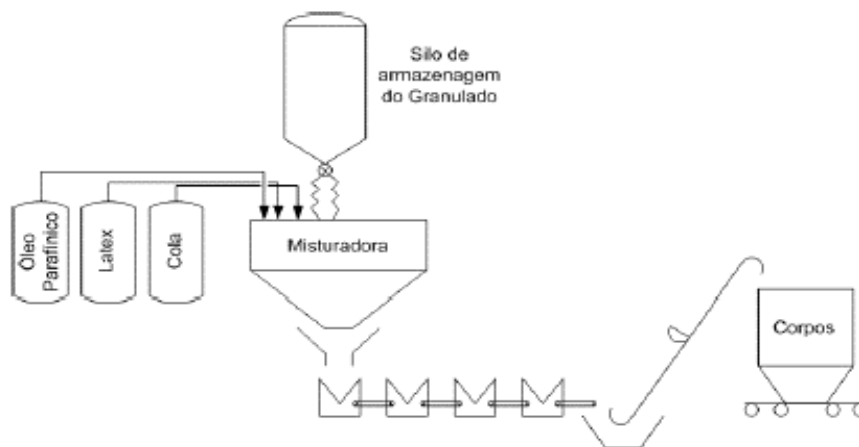


Figura 3.15 – Extrusão: Esquema Geral

[Adaptado: Gomes (2015),p.22]

- **Colagem:** depois de formados os corpos, há o processo de colagem que consiste na colagem de dois discos de cortiça natural nos topos (apenas um disco se for para rolas 0+1, diferenciando assim as rolas TT das “0+1”). Os discos são provenientes de outra fábrica do grupo, chegam entre duas e três vezes por semana à Equipar, consoante o planeamento da produção, e são armazenados em silos que abastecem as coladoras. Existem 19 máquinas de colar dispostas em duas linhas – 9 máquinas de modelo “2k” e 10 máquinas de modelo “1k”; as máquinas “2k” tem praticamente o dobro da capacidade de colar das máquinas “1k”. Estas últimas colam os discos com os corpos na posição horizontal, colando um disco primeiro e depois o segundo; as 2k, por sua vez, colam os dois discos em simultâneo pois os corpos estão numa posição vertical. Após colados os discos, as rolas circulam cerca de 15 minutos num forno inserido nas máquinas para permitir secar a cola e não seguem para o processo seguinte com os discos mal colados. Depois disto são descarregadas para silos distribuídos de acordo com as classes.
- **Armazém dos Discos:** os discos não são produzidos na Equipar, provem de uma Unidade Industrial do Grupo localizada em Ponte de Sor. A sua chegada depende dos consumos e necessidades e é gerida pelo responsável pelo Planeamento e Logística mas, normalmente, os carregamentos vem duas ou três vezes por semana conforme os níveis de *stock* das classes. Quando chegam à Equipar são armazenados num armazém próprio e existe um operador que é responsável por este armazém.

- **Acabamentos Mecânicos:** nesta fase, as rolhas sofrem dois processos diferentes: Ponçamento e Topejamento de forma a obterem os calibres finais *standard* (44x23,5mm ou 39x23,5mm). Depois do Topejamento pode ainda ocorrer o processo de chanfrar, no caso desta dissertação apenas ocorre nas rolhas “0+1”, onde é feito uma cunha de 2mm. Assim, as rolhas “0+1” são ponçadas, retificadas e chanfradas (Figura 3.16)

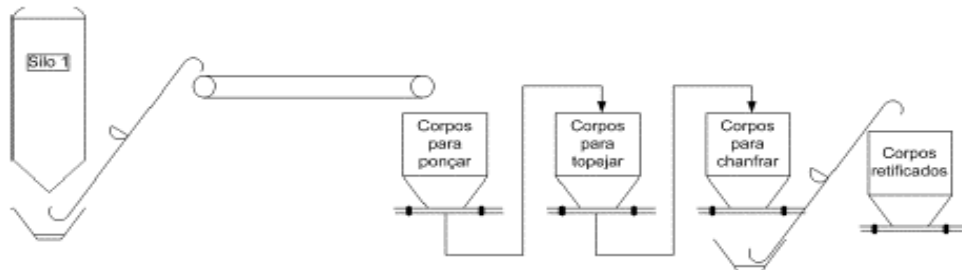


Figura 3.16 - Acabamentos Mecânicos: Esquema Geral

Numa primeira fase, as rolhas sofrem, então, um processo de ponçamento – neste processo as rolhas deslizam entre mós que as deixam polidas e já com o calibre final. Em seguida, existe um *buffer* que alimenta o topejamento. No topejamento os discos são cortados até atingirem o comprimento final. Após retificadas são coladas em palotes que irão servir o processo seguinte – a Lavação.

- **Lavação:** depois de estarem com as medidas finais, as rolhas sofrem um processo onde são enxaguadas, desinfetadas e branqueadas. Consoante a cor final que pretendem este processo pode ter mais ou menos branqueamentos e desinfetantes. Existem 6 máquinas de lavação que permitem fazer três de lavações: CL2000 (é a lavação mais comum e deixa as rolhas com uma cor mais esbranquiçada), CLEAR (uma cor intermédia), e CL0 (é a lavação mais simples pois exige menos produtos químicos e é a menos demorada e adquire uma cor mais parecida com a original) (Figura 3.17)



Figura 3.17 – Tipos de Lavações Existentes: Padrões

- **Escolha Eletrônica:** é neste processo que as rolhas sofrem um processo de seleção onde as classes das rolhas (A, B ou C) são asseguradas e onde tudo que são defeitos são retirados. Este processo pretende garantir que as rolhas que seguem para o cliente tem a qualidade garantida. Existem dois tipos de escolha de acordo com a máquina onde são escolhidas: Eletrônica ou Manual. Na EE as rolhas são escolhidas eletronicamente numa das 15 máquinas existentes (11 máquinas S530, 4 máquinas S430), na EM as rolhas circulam num tapete e o operador retira os defeitos manualmente. As máquinas de EE dispõem de 4 saídas (Classe, Classe Abaixo, Defeitos e Aparas).

A saída da Classe é chamada a saída para a frente, ou seja, só devem seguir as rolhas que pertencem à classe visual a ser escolhida e que segue diretamente para embalar. A segunda saída, denominada de “Classe Abaixo” devem sair as rolhas que apresentam uma classe visual inferior à classe escolhida e que serão repassadas juntamente com as rolhas da classe inferior (quando se escolhe uma classe A, na classe abaixo saem rolhas que serão escolhidas na classe B, por exemplo). As outras saídas são, respetivamente, Defeitos e Aparas. Enquanto na saída das aparas são rolhas consideradas críticas e que não valem a pena haver reprocessamento porque nunca darão para uma classe, são vendidas como Aparas e processadas para outros fins; os Defeitos, por sua vez, são rolhas consideradas não conformes mas que voltam para trás no processo (para a Retificação) e são reprocessadas. Os operadores vão enchendo as alcofas e quando os cestos estão cheios descarrega-se na Retificação. Aqui reduz-se o diâmetro do produto de modo a ser possível aproveitar as mesmas rolhas com a eliminação dos defeitos laterais. Este é o último refluxo que existe no sistema e vai exigir que esse PNC volte a ocupar novamente os processos de Retificação, Lavagem e a Escolha Eletrônica. Este reprocessamento traduz-se numa das maiores perdas para o sistema tanto em termos produtivos como em termos monetários. O PNC, além de ocupar novamente os outros processos, necessita de ser processado duas vezes na EE de modo a garantir que não passem defeitos para a saída “Classe” que seguirá para a Embalagem. É no processo da EE que a margem dos lucros é decidida e rolhas com defeitos seguirem para a Classe pode-se traduzir numa reclamação, o que implica um prejuízo ainda maior. Da mesma forma que rolhas boas na classe dos Defeitos implica haver reprocessamentos desnecessários e perdas monetárias. Ou seja, a EE é um processo muito complexo e onde um controlo deficitário pode implicar reprocessamentos desnecessários e carga em três processos que são necessários para cumprir encomendas (Figura 3.18).

- **Embalagem:** etapa final do fabrico das rolhas TT. As rolhas são embaladas em sacos de rafia e são enviadas para os diversos pontos do Mundo, aí são marcadas e tratadas de acordo com as exigências dos clientes. As rolhas são embaladas em sacos de 5.000 rolhas e postas em paletes de 85.000 ou 90.000 rolhas de acordo com a altura do transporte. Após formadas as paletes, o operador logístico encaminha as paletes para o Armazém de Produto Acabado. Da embalagem as rolhas seguem para o Armazém das Sobras caso sejam sobras e serão utilizadas o mais depressa possível ou então seguem para o Armazém de Produto Acabado caso sejam encomendas completas.

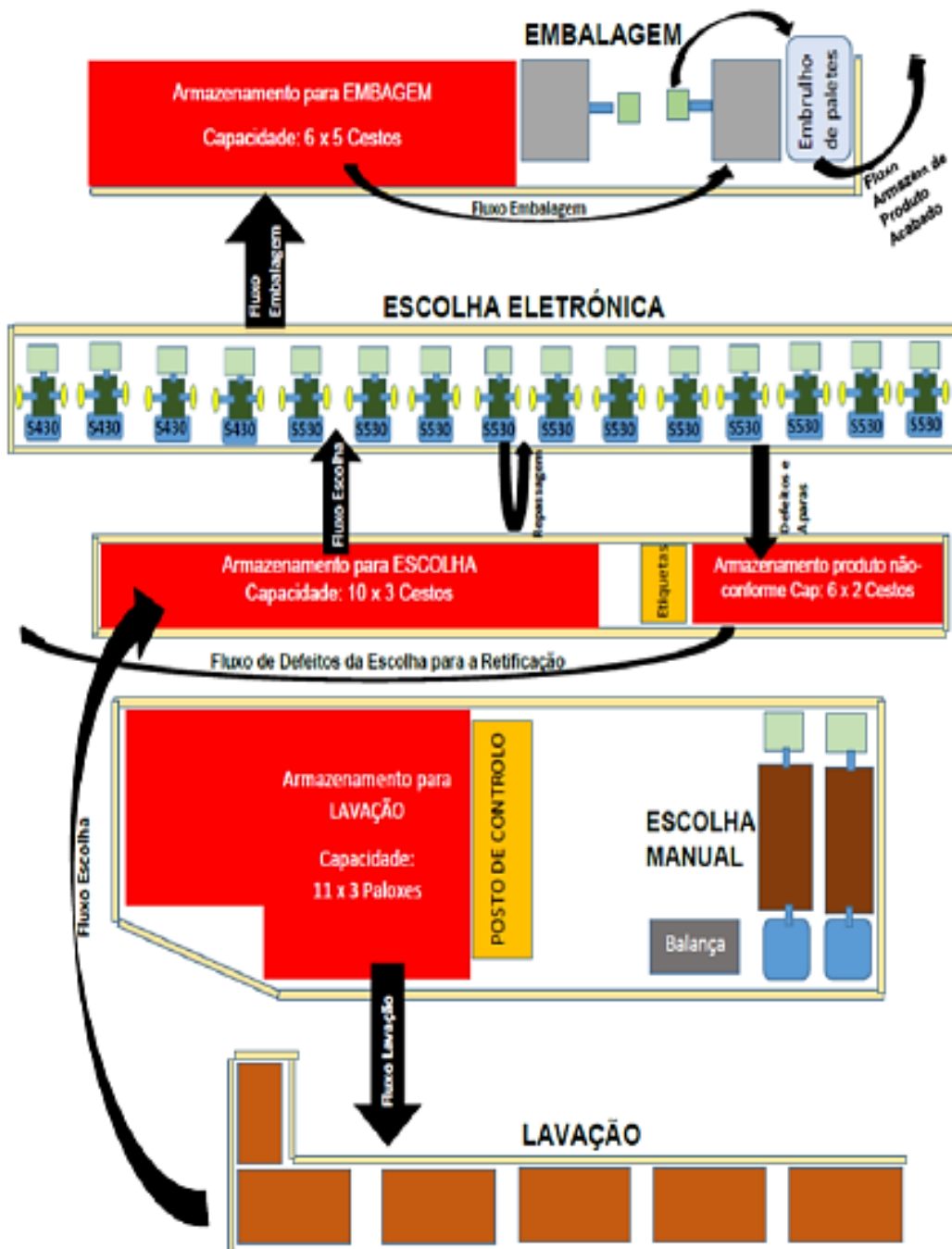


Figura 3.18 - Layout Pormenorizado com Fluxos na Secção Escolha

3.3.2 Características do Sistema

A secção TT opera 24 horas por dia interruptamente durante 5 dias por semana (de segunda a sexta-feira), sendo, por vezes, necessário recorrer a trabalho aos sábados contanto como horário extraordinário. Os

horários são divididos por três turnos: Turno 1 - 00h-8h; Turno 2 - 8h-16h; Turno 3 - 16h-00h. Cada turno possuiu uma equipa e um adjunto de produção, este último é o chefe de turno e deverá auxiliar o trabalho do chefe de secção. A secção conta com cerca de 68 funcionários mais um chefe responsável por toda a secção; no turno 1 estão cerca de 21 operadores, no turno 2 estão 24 e por fim, no turno 3 estão 23 operadores. Cada turno conta, também, com um elemento da manutenção que são os afinadores das máquinas.

A UI Equipar possui um certificado de rastreabilidade, o que implica que haja um controlo e que seja possível determinar em que dia, em que máquina cada rolha foi produzida e que material foi utilizado (Figura 3.20). Essa rastreabilidade está exposta na identificação dos silos, cestos ou palotes que transportam o produto. Mas, também, é feito um registo em papel e informaticamente quando há trocas de produtos como colas ou látex. As folhas existentes na identificação dos cestos respeitam um código de cores portanto a gestão visual é muito fácil porque mesmo não estando a olhar com atenção já se sabe, à partida, qual é o produto (Figura 3.19)

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 3.19 - Código de Cores

IDENTIFICAÇÃO		RASTREABILIDADE		OBSERVADORES
PRODUTO	TT	LOTE	460+123	
CLASSIF. C/ITEM		MÁQUINA Nº	2-3	
CLASSE	C	DATA	25-10	
ACABAMENTOS MECÂNICOS		MÁQUINA Nº	1	
CALIBRE	44 x 23,5	DATA	25-10	
LAVAGEM		MÁQUINA Nº	2	
LAVAÇÃO	CL2000	LAVAÇÃO Nº	9453	
ESCOLHA		DATA	25-10	
AMOSTRA	16/T0865	MÁQUINA Nº	5	
		RESULTADO	OK	

Figura 3.20 – Etiquetas de Identificação: Exemplo

Neste caso é, então, possível identificar que este cesto transporta um produto TT44 (porque a folha é branca), que a classe é C (ou seja, foram colados na máquina 2.3 discos de classe C), em seguida sofreu os acabamentos mecânicos para obter o calibre final desejado 44x23,5. Foi lavada com a cor CL2000 na máquina 2. Em seguida, o cesto foi escolhido e, de acordo, com a avaliação dos operadores “está ok” e pronto para ser embalado. Tal como é possível verificar na identificação, é possível saber qual o silo do granulado usado, quais as máquinas, os dias e os turnos em que ocorreram todas as atividades.

Este tipo de controlo de rastreabilidade é muito importante porque permite atuar diretamente no processo caso se detete algum problema, por exemplo, se na EE se detetam muitas rolhas descoladas sabe-se qual foi a coladora que teve a colar e assim atuar rapidamente ou quando há uma lavação que saiu com uma cor diferente pode-se avaliar e compreender a causa do problema, podendo rapidamente isolar o produto caso seja necessário. Por outro lado, se houver uma reclamação ou um problema grave facilmente se consegue acompanhar o processo no sentido contrario e justificar o que sucedeu. Caso contrário nunca se iria saber a causa do problema e nunca se poderia melhorá-lo.

Sabendo de que forma se desenvolve a produção na UI Equipar é também importante saber como se faz o planeamento desta. Anualmente é feito um planeamento global através de previsões tendo em conta sazonalidades e tendências observadas em anos passados. Este planeamento inicial tem em conta as capacidades produtivas de cada unidade industrial.

O presente sistema é um sistema que apresenta características de um sistema logístico *Pull* com produção *Just In Time*, ou seja, a produção utiliza uma política de “puxar” a produção e o plano de produção é feito com base nas necessidades. Neste sentido, tenta-se ao máximo produzir apenas no momento certo as quantidades necessárias para cumprir os pedidos. No entanto como é um processo que está sujeito a algumas variabilidades, o planeamento da produção tem em conta estas hipóteses e, normalmente, ocorrem sobras. Como não há muita variação de calibres e/ou classes, todas as sobras são armazenadas no Armazém de Sobras e são utilizadas quando houver uma encomenda do mesmo produto. O responsável pelo planeamento deve ter sempre em atualização o estado das sobras para que ao fazer o planeamento essas sobras sejam inseridas. Para os operadores o planeamento é apresentado semanalmente recorrendo a quadros *Kanban* que são preenchidos diariamente consoante é feito o lote pedido, esse quadro está presente na Figura 3.21.



Figura 3.21 - Quadro de Ordens de Produção

Tal como foi destacado anteriormente, existem pontos de controlo de qualidade ao longo do sistema estes pontos servem para assegurar a qualidade e a conformidade do WIP existente. Serve, também, para salvaguardar que não sejam feitas misturas de produto, deformações ou defeitos críticos. Um bom controlo de processo é a base para assegurar a qualidade do produto.

O produto circula no sistema de várias formas:

- Entre a extrusão e a colagem e entre a colagem e a retificação o produto é armazenado em silos com capacidade para 200.000 rolhas (corresponde a três cestos) cada silo (Figura 3.22);
- Após a retificação as rolhas são coladas em palotes (30.000 rolhas, meio cesto – Figura 3.24)
- Da lavação e até serem embaladas as rolhas são transportadas em cestos (60.000 rolhas) (Figura 3.23). No processo da EE as rolhas boas passam para cestos mas todos os outros braços da máquina tem uma alcofa e cada alcofa é despejada de acordo com a finalidade do produto (Figura 3.25).



Figura 3.22 – Silos: Exemplo



Figura 3.23 – Cestos: Exemplo



Figura 3.24 – Palotes: Exemplo



Figura 3.25 – Alcofas: Exemplo

Dentro da secção TT existem três subsecções que tem um responsável e a responsabilidade deste passa por assegurar o bom funcionamento de toda a sua subsecção, o preenchimento dos indicadores nos quadros *Kaizen*, comunicar falhas ou necessidades da subsecção rapidamente ao chefe de produção. As secções internas existentes são então Extrusão (que contempla os processos Extrusão e Topejamento), Colagem (inclui os processos de Colagem e Retificação) e, por último, a secção Escolha Eletrónica (onde estão inseridos os últimos três processos: Lavação, EE, EM e Embalagem).

Os quadros *Kaizen* referidos acima são resultado de um programa denominado por “Cork +”, implementado pelo *KAIZEN Institute* em conjunto com a direção e a equipa de engenharia da UI Equipar. Este programa consiste na exploração de um sistema de melhoria contínuas baseadas na metodologia *Lean*. Uma destas medidas foi a criação de um quadro *Kaizen* em cada secção onde diariamente os operadores de cada turno reúnem-se 5 minutos numa reunião chamada “*Kaizen Diário*” e onde as informações mais relevantes são comunicadas aos restantes operadores da secção. Estas reuniões duram apenas 5 minutos e os operadores discutem sobre Aspectos Gerais (fichas de melhoria, comunicação de eventuais férias ou faltas, por exemplo) depois de aspetos relacionados com a Produção e a Qualidades onde são analisados indicadores que são atualizados diariamente ou semanalmente assim como ações de melhoria contínua que tem vindo a ser tomadas no sistema produtivo (Figura 3.26).



Figura 3.26 - Quadro Kaizen

- **Considerações Finais**

Em suma, o sistema produtivo apresentado detalhadamente corresponde à secção *Twin Top* da UI Equipar, responsável pelo fabrico das Rolhas Técnicas *Twin Top* e “0+1”. Esta secção está integrada numa UI que prima pelos bons resultados, elevado nível de exigência e pela forte importância dentro do grupo Corticeira Amorim e neste sentido qualquer projeto implementado tem que responder a esta exigência e procurar obter os resultados mais positivos possíveis para a Equipar. Até porque qualquer alteração introduzida no sistema terá consequências nos resultados logo é muito importante que nenhuma destas alterações comprometa o sistema produtivo e, consequentemente, encomendas a satisfazer.

Embora seja uma UI já explorada pelo *KAIZEN Institute* há sempre oportunidade para novas melhorias e novos objetivos a alcançar. De qualquer forma o teste ao modelo TLS proposto deve ser adaptado com o intuito de que todas as ações e normas a adotar respeitem o projeto de melhoria contínua “Cork +” já existente. Pretende-se implementar o modelo e obter os melhores resultados possíveis representando melhorias significativas a todo o sistema produtivo pois o intuito do teste do modelo TLS para além de académico também será beneficiar a Empresa.

Um projeto TLS tem como base a identificação e melhoria da restrição no entanto, é esperado que os restantes processos também sejam alvos de melhoria e que surjam novas oportunidades já que o “elo mais fraco” do sistema irá ser reforçado. Assim sendo, espera-se uma melhoria em todo o sistema produtivo.

O modelo TLS apresentado é uma proposta que servirá de guião para a implementação do projeto de melhoria contínua. De acordo com os resultados obtidos ao longo da sua implementação pode ser alterado embora, idealmente, deva ser respeitado de forma a, também, se concluir se alguma fase ou procedimento é desadequado. No entanto, se for aplicado noutra sistema produtivo pode ser necessário realizar alterações ou até mesmo não realizar alguma fase que não seja necessário ou que já esteja a ser realizada.

Após a exploração e a análise dos modelos de integração existentes optou-se por criar um modelo baseado naqueles que o autor considera mais completos - Modelo UIC, Modelos iTLS e Modelos TLS, mas especialmente, o modelo TLS de Luís Silva (2015). Já que este tinha sido aplicado no mesmo sistema produtivo e já era uma melhoria dos modelos apresentados. Desta forma, o autor, concorda que seja um modelo que está bastante completo e que apostado aplicado resultou em diversas melhorias. No entanto, assumindo que os modelos podem sempre ser melhorados, tentou-se compreender quais os pontos ou lógicas destes modelos que poderiam ser melhoradas e assim criar um modelo mais completo, sugerindo assim o modelo apresentado anteriormente.

Tal como o modelo TLS, este modelo é baseado nos cinco passos fundamentais da TOC (Identificar, Explorar, Subordinar, Avaliar e Elevar) já que são um bom ponto de partida para a planificação de um modelo e permitem focalizar os esforços na resolução do principal problema. Assim sendo, a primeira fase do é de “Identificar a Restrição”, ou seja, o modelo é iniciado com a identificação da restrição através da observação da acumulação de WIP antes dos processos. Através de ferramentas utilizadas é possível observar a situação atual do sistema, observando todos os fluxos de informação e recorreu-se a um *software* de simulação para recriar o sistema produtivo, ação que não tinha sido efetuada antes mas que se considera ser uma mais-valia tanto para o modelo como para a empresa. Através desta simulação deve-se, também, recriar um VSM (*Value Stream Mapping*) esta ferramenta de base Lean é uma ferramenta utilizada para identificar e ilustrar todas as atividades e processos da empresa pois trata-se de um esboço que representa todas as fases, fluxos de materiais e fluxos de informação existentes. Nesta fase pretende-se apresentar o estado atual do sistema (*Current State Map*, CSM) e a partir da análise e compreensão deste sugerir ações de melhoria e formas de eliminar desperdícios que irão dar origem a um mapa futuro (FSM). Neste sentido identifica-se, então, a restrição do sistema.

Após a identificação da restrição é o início da segunda fase: Explorar a restrição. Nesta fase pretende-se explorar a restrição sem recorrer a investimento. Comparativamente com os outros modelos foi adicionado uma nova ferramenta “Análise e Criação de Valor”.

Sendo que este modelo se irá aplicar a um sistema produtivo *Lean* e o relatório A3 é uma ferramenta desta metodologia, propôs-se a apresentação das melhorias sugeridas sobre a forma de um relatório A3. Mesmo que esta fase não seja propriamente um dos passos da TOC ou de qualquer uma metodologia mas considera-se que é importante avaliar todas as melhorias que irão ser aplicadas.

Da aplicação das melhorias surge, então, a subordinação do sistema ao comportamento da restrição. Para tal, opta-se pela implementação da lógica DBR encontrada já noutros modelos (Modelos UIC e

TLS). Em seguida a esta subordinação deve ser feita a avaliação do desempenho da restrição. Este é um dos pontos mais importantes pois pretende-se avaliar se o objetivo foi atingido.

Caso a restrição que se esteve a explorar já não seja a restrição do sistema então o objetivo do primeiro ciclo foi atingido e deve-se fechar o ciclo atual e iniciar um novo ciclo voltando ao primeiro passo – Identificar a restrição do sistema. Mas se, caso contrário, se verificar que a restrição ainda é a restrição do sistema é necessário proceder à próxima fase do modelo – Elevar o desempenho da restrição. Ou seja, realizar uma pesquisa sobre que investimento se pode realizar para que este processo deixe de condicionar o sistema devido à falta de capacidade que tem face à taxa de procura.

Os próximos subcapítulos irão apresentar cada fase do modelo proposto com maior detalhe e pormenor evidenciando as ferramentas e técnicas que podem e devem ser aplicadas. Todas as ferramentas e técnicas são sugeridas com base na fundamentação das metodologias e dos estudos existentes sobre esta área.

4.1 Proposta de Análise do Sistema e Identificação da Restrição

Na Figura 4.2 apresenta-se a primeira fase do modelo:

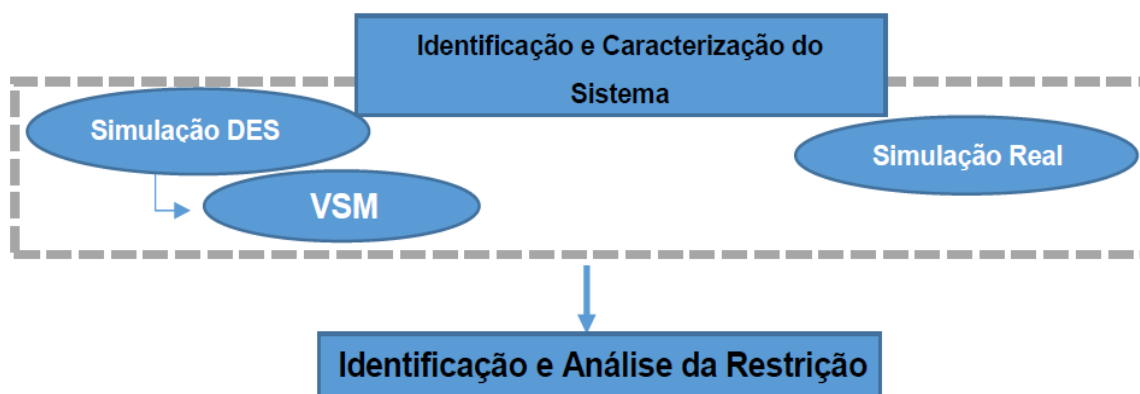


Figura 4.2 - Etapas da Primeira Fase do Modelo

O responsável pela implementação do modelo deve iniciar o seu estudo identificando e caracterizando detalhadamente o sistema de forma a compreender o sistema da forma mais completa possível, fazendo um levantamento de todos os processos e fluxos do sistema. Este estudo é muito importante para uma implementação correta das medidas e a escolha certa de ações a tomar.

Para a identificação da restrição deve-se:

- Fazer um levantamento de todos os processos, medir as capacidades de cada um; podendo criar métricas de produção. Se possível, realizar a medição das capacidades de formas diferentes, isto é, avaliar a capacidade teórica e a capacidade reais pois pode ser uma forma de melhoria também. Caso existam métricas criadas avaliar o desenvolvimento das mesmas;
- Recorrer a uma simulação real do sistema;
- Recorrer a um *software* de simulação – o ARENA. Este *software* devido a sua versatilidade e elevada flexibilidade permite imitar o comportamento de um sistema real e avaliar diferentes hipóteses de estratégias.

Comparando e analisando os resultados das duas ferramentas pode-se proceder à identificação da restrição, com fiabilidade, e este deve ser o foco das melhorias e dos trabalhos a realizar pelas equipas. Para tal, deve-se realizar um estudo mais pormenorizado sobre a restrição. Só assim haverá um melhor conhecimento do funcionamento da restrição e de como a melhorar.

Este estudo e análise devem ser o mais profundos e minuciosos possíveis pois qualquer falha de informação poderá alterar completamente as medidas de melhoria ou a forma de realizar os trabalhos.

4.2 Proposta de Exploração da Restrição

A Figura 4.3 apresenta a segunda fase do modelo “Exploração da Restrição”

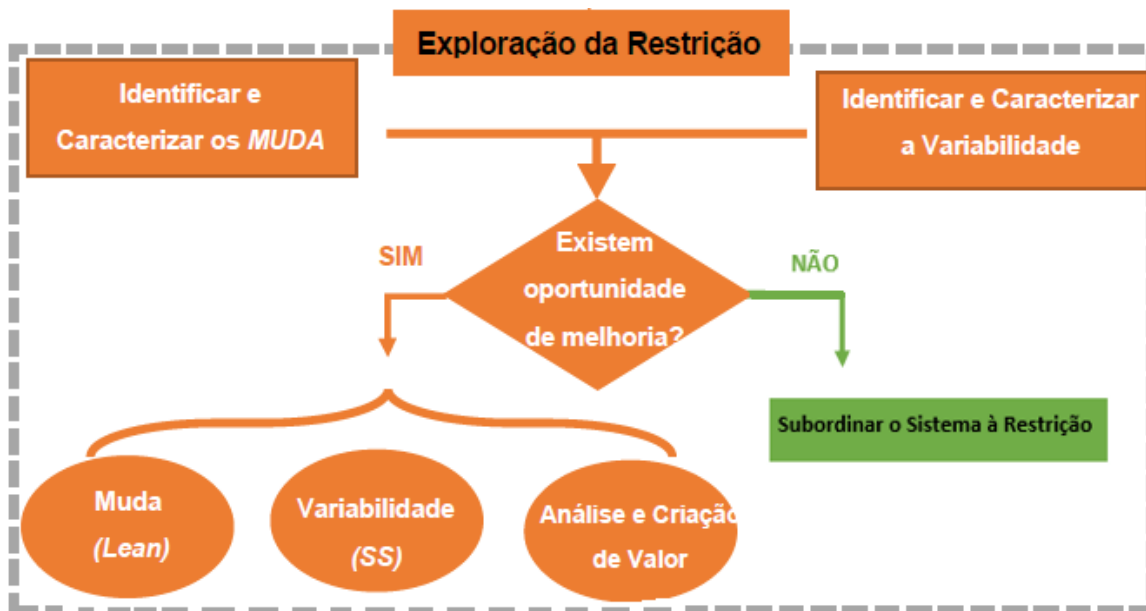


Figura 4.3 - Etapas da Segunda Fase do Modelo

Nesta fase deve-se proceder à explorar da restrição, ou seja, fazer um estudo mais detalhado e já com caminhos traçados – identificar desperdícios e variabilidade dos processos. Estes caminhos apesar de distintos já que pretendem identificar aspetos diferentes, as suas conclusões resultam em avaliar se há ou não oportunidades de melhoria. Embora seja necessário responder a esta pergunta, a resposta esperada é sempre que existam oportunidades de melhoria. Caso não existissem oportunidades de melhoria então o sistema deveria gerar lucros ilimitados e funcionaria de forma perfeita, o que em contexto real se sabe que à partida, é praticamente impossível.

Assim sendo, o “primeiro” caminho é o de Identificar e Caraterizar os MUDA (desperdícios). Para tal devem ser utilizadas ferramentas e técnicas que tem determinados objetivos, essas ferramentas e objetivos encontram-se apresentados na Tabela 4.1:

Tabela 4.1 - Ferramentas *Lean* a aplicar

Ferramentas:	Objetivos:
Estudo do Trabalho	Esta ferramenta permite controlar e avaliar os tempos e toda a organização do trabalho dos operadores. Pretende-se cronometrar todas as tarefas, fazendo um estudo pormenorizado da forma como os operadores circulam e realizam essas tarefas; avaliam-se as deslocações e os equipamentos utilizados
Value Stream Mapping (VSM)	O Mapa do Fluxo de Valor é uma ferramenta utilizada para identificar todas as atividades e processos de uma empresa. É um esboço que representa todas as fases e os fluxos de materiais e de informação que os produtos sofrem, fornecendo uma visão global do processo. Com esta representação pretende-se representar o atual fluxo da empresa, analisá-lo e, em consequência, dessa análise identificar problemas e projetar um estado futuro em função desses problemas, potenciando um esforço de melhoria e promovendo a redução do lead time.
Diagrama de Esparguete	Este diagrama permite ilustrar os percursos realizados pelos operadores e juntando este diagrama com o estudo de trabalho é possível obter não só os percursos mas também os tempos e a forma como os operadores executam algumas tarefas. Isto pode ser muito útil porque, por vezes, aplicar o Diagrama de Esparguete de forma isolada pode não ser suficiente.
Gestão Visual	É utilizada para que os operadores ou qualquer pessoa que não esteja familiarizada com o processo consiga interpretar toda a informação necessária de forma imediata e clara.
5S	O 5S é uma ferramenta que permite a melhoria das condições de trabalho através da identificação e seleção de ferramentas e eliminação de tudo que são desperdícios. É uma ferramenta composta por “5 Passos” - Seire – seleção, Seiton – arrumação, Seiso – limpeza, Seiketsu – normalização e Shitsuke – autodisciplina.
Standard Work	O <i>Standard Work</i> é uma ferramenta que pretende normalizar processos e procedimentos de trabalho de forma a tornar o trabalho o mais eficiente possível.

Embora não seja uma ferramenta, a análise e criação de novos indicadores é uma ação muito importante. Os indicadores de produção permitem avaliar o estado do sistema e a forma como este se tem vindo a comportar. Neste sentido, a existência e análise destes indicadores permite saber, no momento, como está o sistema e onde intervir.

O outro caminho desta fase é a da avaliação da variabilidade do processo. Para a identificação de oportunidades neste setor devem-se utilizar ferramentas diferentes das apresentadas acima já que os objetivos são diferentes. Neste caso devem-se utilizar ferramentas mais direcionadas para a Qualidade. Desta forma, recomenda-se a utilização das seguintes ferramentas e com os respetivos objetivos tal como apresentado na Tabela 4.2:

Tabela 4.2 - Ferramentas Seis Sigma a aplicar

Ferramentas e Ações	Objetivos
Cartas de Controlo	O SPC - Statistical Process Control (SPC) é uma ferramenta que permite monitorizar o comportamento do processo através de cartas de controlo estatístico.
Diagramas de Ishikawa (ou Causa-Efeito)	Este diagrama serve para Quando um problema é identificado e necessita de um estudo muito mais profundo para analisar e avaliar as causas potenciais que o podem originar.
Diagramas de Pareto	O Diagrama de Pareto é uma ferramenta básica da qualidade que se baseia no princípio de Pareto, desenvolvido pelo economista italiano Vilfredo Pareto. Este economista constatou que apenas um número reduzido de pessoas detinha grande parte da riqueza existente. Outro autor explorou então a questão e avaliou que 80% dos problemas existentes num processo produtivo são causados por 20% das causas passíveis de os provocar (Pereira & Requeijo, 2012).
Impacto Económico na Redução dos Defeitos	A redução de defeitos implica a redução de trabalho de reprocessamento e, consequentemente, a redução de perda de dinheiro que pode ser evitado. Para tal deve ser promovida a técnica "Fazer bem à primeira" de forma a evitar que o produto tenha que ser reprocessado.
DOE	O Desenho de Experiências constitui um método estatístico que permite determinar quais os fatores controláveis que afetam determinadas características da qualidade, e quais os melhores níveis desses fatores que aumentam a resistência ao ruído. Promove a redução da variabilidade dos processos produtivos, satisfazendo assim as diversas partes interessadas no desempenho de uma organização (Pereira & Requeijo, 2012).

Após estes dois caminhos já uma questão a responder: “Existem oportunidade de melhoria?” senão existirem melhorias, ou seja, os processos encontram-se completamente explorados e qualquer alteração pode criar desperdício, então passa-se à 3ª fase – Subordinar o sistema à Restrição. Mas se existir qualquer oportunidade de melhoria, como é o caso da maioria dos sistemas, pois por mais pequena que seja, há sempre uma melhoria a fazer então devem-se fazer as três questões fundamentais do TOC apresentadas na Figura 2.3. Assim, para aplicar as melhorias há que analisar o que se vai aplicar, onde e como.

Uma outra melhoria que existe neste modelo e que é uma sugestão nova face a outros modelos explorados é a “Análise e Criação de Valor”. Neste ponto pretende-se avaliar se a restrição está a criar valor ao produto porque se não estiver e ainda estiver a condicionar o sistema então devem ser feitas grandes alterações de forma a compreender se o produto deve mesmo ser sujeito a este processo ou não.

4.3 Proposta de Melhoria e Submissão do Sistema à Restrição

Das oportunidades identificadas anteriormente surgem oportunidades de melhoria. Estas oportunidades vão ser apresentadas sob proposta de melhoria seguindo uma ferramenta: Relatório A3 (Figura 4.4):

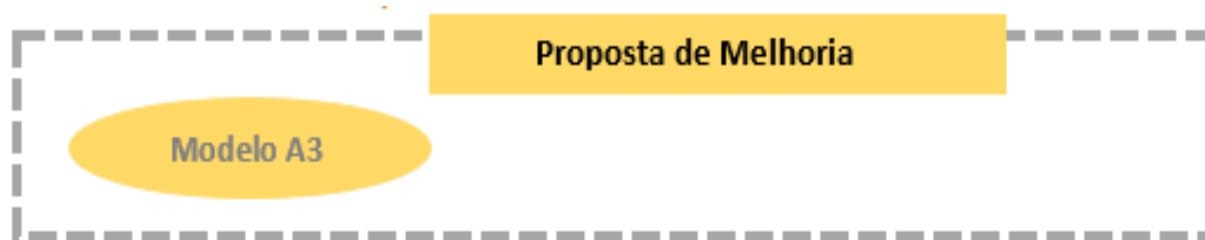


Figura 4.4 - Etapa de Proposta de Melhoria

Este relatório procura identificar a situação atual, o problema e a sua fonte promovendo medidas que permitam combater esse problema, estabelecendo metas e objetivos. Apresenta uma forma em tamanho A3 onde do lado esquerdo da folha se deve apresentar o estado atual e as metas que se pretende alcançar e do lado direito as soluções propostas e todo o acompanhamento que deve ser feito.

Após ser construído, o modelo A3, deve incluir uma parte final onde são apresentadas as tarefas de acompanhamento e o respetivo responsável. Isto porque este modelo é baseado numa ferramenta de melhoria contínua, o PDCA – *Plan, Do, Check Act*. Esta ferramenta defende que após a fase de atuação, novos planos de melhoria devem ser propostos.

A criação deste modelo permite fazer um ponto da situação e apresentar as medidas de melhoria propostas e avaliar possíveis impactos. Assim torna-se uma boa forma de fazer um balanço dos trabalhos e não realizar ações desnecessárias.

A Figura 4.5 apresenta a terceira fase do modelo “Subordinar o Sistema à Restrição”:



Figura 4.5 - Etapas da Terceira Fase do Modelo

Na terceira fase do modelo ocorre após a implementação das melhorias no sistema e pretende-se submeter o sistema ao comportamento da restrição. Isto é, nesta fase implementam-se ferramentas como o DBR, o sistema *Pull* e uma política JIT.

Assim, existem *Kanbans* que devem ser dimensionados segundo a capacidade da restrição e é suposto que o processo imediatamente antes da restrição trabalhe a uma velocidade exigida pela restrição.

4.4 Proposta de Reavaliação da Restrição e Melhoria do Desempenho do Sistema

Uma das últimas fases do modelo é a reavaliação da restrição, ou seja, é a fase onde é avaliado o estado do sistema após a implementação das melhorias e a verificação do estado da restrição. No momento desta avaliação existem duas opções tal como se pode verificar na Figura 4.6.

Caso a restrição tenha sido eliminada então deve-se fechar o ciclo atual e iniciar um novo ciclo voltando ao primeiro passo: Identificar uma nova restrição.

No entanto, caso a restrição não tenha sido eliminada então deve-se elevar o desempenho da mesma. Esta deverá ser a última fase do ciclo e apenas deve ocorrer quando as melhorias aplicadas à restrição não forem suficientes. Para eliminar de vez a restrição deve-se proceder à elevação do desempenho da mesma, ou seja, é necessário recorrer a um investimento monetário.

Este investimento deverá servir para aumentar a capacidade do processo restritivo, isto é, investimento na compra de novas máquinas e equipamentos, contratação de mais operadores, alterações no *layout*, investimento em novas inovações e tecnologias, resolução de fatores externos ao sistema.

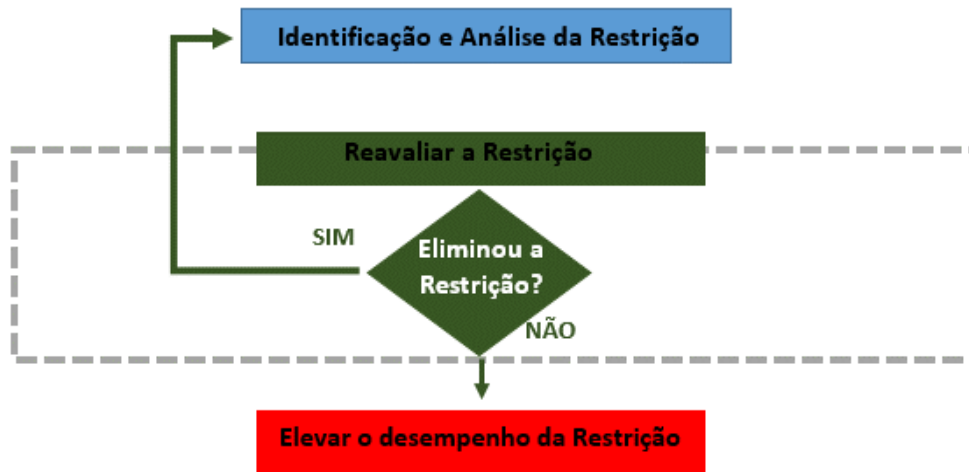


Figura 4.6 – Últimas Fases do Modelo

Assim sendo, com o intuito de resumir todas as fases do modelo e as respetivas ferramentas, a Tabela 4.3 apresenta, de forma sintetizada, as ferramentas e métodos a utilizar e mais os *outputs* esperados.

Tabela 4.3 - Fase, Ferramentas e Resultados esperados na aplicação do Modelo TLS

Fase	Ferramentas e ações recomendadas	Resultado Esperado
Análise do Sistema e identificação da Restrição	Medição das Capacidades	Caracterizar o Estado atual do sistema Avaliar o comportamento dos processos
	VSM, Simulação DES, Simulação Real	Caracterizar o Estado atual do sistema Identificar a Restrição
	Análise dos resultados	Identificar a Restrição
Identificação oportunidades de melhoria LSS	Estudo do trabalho dos operadores Comparação do <i>Current State vs Future State</i> Redução de defeitos	Identificar fontes de desperdício Identificar possíveis melhorias
	Ciclo DMAIC	Definir estratégias de melhoria
	Diagrama de Esparguete Diagrama Causa-Efeito	Identificar principais problemas e causas dos mesmos
Ações sobre essas oportunidades	SPC Avaliação de paragens e avarias	Melhorar fontes de desperdício e de variabilidade do sistema
	Implementação de um plano de ações Criação de fichas de melhoria e de SW	Melhorar tarefas e processos

**Tabela 4.4 - Fase, Ferramentas e Resultados esperados na aplicação do Modelo TLS
(continuação)**

Subordinação do sistema à Restrição	Verificação da existência de um sistema <i>pull</i>	Aplicação do DBR e do <i>software Solver</i>
	Verificação das regras de dimensionamento dos <i>Kanban</i>	Melhoria da Restrição
Reavaliação da Restrição	Atualização do VSM	Processo produtivo já não ser restrição Avaliar o desempenho atual da restrição Avaliar o estado do sistema
	Avaliar novos tempos de ciclo	Verificar se os processos cumprem o <i>Takt Time</i> do sistema
Elevar a Restrição	Aumentar o desempenho da restrição	Investimento monetário no processo para elevar a capacidade do processo restritivo

Capítulo 5 Implementação do Modelo TLS proposto

No presente capítulo é apresentado o estudo realizado sobre a implementação do modelo TLS no processo produtivo das rolhas TT e “0+1” da UI Equipar. O foco deste estudo nunca deve ser desviado, isto é, o objetivo é identificar a restrição do processo de forma a implementar melhorias que permitam melhorar a produção destas rolhas. Assim, para atingir este objetivo serão utilizados diversos métodos e ferramentas TOC, *Lean* e Seis Sigma já apresentados anteriormente.

5.1 Análise do Sistema e Identificação da Restrição

Como se pode observar na Figura 4.1, apresentada no capítulo 4, a primeira fase do modelo consiste em Identificar e Caracterizar o Sistema onde será aplicada a metodologia. O sistema a aplicar este modelo já foi apresentado no capítulo 3, no entanto, é necessário fazer um levantamento de diversas métricas e medidas de desempenho de forma a ser possível caracterizá-lo e avaliar a forma como este está.

5.1.1 Estudo das Capacidades

Uma das primeiras medidas de desempenho essenciais para iniciar o estudo de produção do sistema é determinar as capacidades das máquinas que compõem os processos produtivos do sistema. Para a determinação destas capacidades utilizou-se uma atividade de cronometragem (para esta atividade é importante lembrar o processo produtivo do TT presente no capítulo 4.3.1). Assim, as diferentes etapas que se tornam importantes de avaliar as capacidades são:

- Extrusão (formação dos corpos)
- Colagem (ao corpo são colados os discos)
- Retificação (formação da rolha com as dimensões pretendidas)
- Lavação (processo de lavagem das rolhas, dando a cor pretendida)
- Escolha Eletrónica (escolha das rolhas de acordo com a qualidade)
- Embalagem (processo de embalar as rolhas para seguir para o cliente)

Assim, para o cálculo das capacidades optou-se sempre por fazer mais observações de menos tempo do que menos observações durante mais tempo. Para a atividade de cronometragem optou-se por avaliar de duas formas: Produção real e nominal. Para a produção real foi realizado um levantamento do tempo real que demoram as máquinas a atingir uma produção alvo; enquanto para a produção nominal corresponde ao levantamento do tempo enquanto a máquina estiver a produzir, ou seja, se houver algum encravamento ou micro-paragens não há contabilização do tempo.

Como já foi referido anteriormente, há um registo informático diariamente de toda a produção. Neste registo são discriminadas as paragens e o tempo das mesmas permitindo fazer uma avaliação. Assim sendo, além

das cronometragens é feita uma comparação do registo da produção real e do registo da produção ideal. Nesta última, faz-se um somatório do tempo de pausa e contabiliza-se a produção ideal.

➤ Capacidade da Extrusão

Este processo é um processo muito difícil de medir a capacidade devido à incerteza provocada pela elevada variabilidade e à dificuldade de realizar um atividade de cronometragem. Portanto para avaliar a capacidade nominal e realizada do processo recorreu-se aos dados reais registados pela equipa de controlo de processo. Na Tabela 5.2 estão, então, apresentados os dados reais das três medições diárias (uma medição em cada turno) que a equipa de controlo de processo recolheu ao longo de 2015.

Tabela 5.1 - Crescimento Médio do Bastão em Cada Linha da Extrusão

Linha de Extrusão	Média do crescimento do bastão (mm/min)
3	23,56
4	24,32
5	24,72

Como foi referido anteriormente, atualmente, todas as linhas produzem os três comprimentos. No entanto existem diferentes percentagens para cada tipo de comprimentos e a capacidade de produção depende, também, do tipo de rolhas que está a produzir porque diferentes comprimentos dão origem a diferentes tempos de produção. Para se calcular a capacidade total do processo é necessário saber que quantidades de cada tipo de corpo foram produzidos. Para tal, fez-se uma avaliação da produção de 2015 e concluiu-se que dos corpos produzidos 12,6% foram de comprimento 31,2 mm, 78,8% de 36,2 mm e 8,6% de 42,5 mm.

Na Tabela 5.3 encontram-se calculadas as capacidades das linhas para cada comprimento e, consequentemente, o cálculo da capacidade teórica de cada linha com base nos valores percentuais apresentados.

Tabela 5.2 - Capacidade Teórica da Extrusão

Linhas	Crescimento bastão (mm/min)	Capacidade 31,2mm (rolhas/hora)	Capacidade 36,2mm (rolhas/hora)	Capacidade 42,5mm (rolhas/hora)	Capacidade teórica (rolhas/hora)
3	23 560	45 308	39 050	33 261	39 340
4	24 120	46 385	39 978	34 052	40 275
5	24 320	46 769	40 309	34 334	40 609

Utilizando-se estes valores e somando a produção das três linhas tem-se que a capacidade da extrusão é de **120 225 rolhas/hora**, o que rondará cerca de 2.600.000 rolhas por dia.

➤ **Capacidade da Colagem**

A colagem é um processo composto por dois modelos de máquinas, apresentando capacidades diferentes. Para a cronometragem desta atividade foram feitas 5 observações por cada máquina durante 2 minutos, sendo registado o número de rolhas produzidas nesse tempo. Em seguida transformou-se essa produção por hora de forma a tornar os valores mais fáceis de analisar. Na Tabela 5.4 apresenta-se os valores das capacidades das máquinas de colar.

Tabela 5.3 – Resultados dos Tempos das Máquinas de Colar

Máq.	Medição (rolhas/hora)			Registo (rolhas/hora)	
	Teórico	Ideal	Real	Ideal	Real
1.1	10 000	10 974	6 960	6 902	3 959
1.2	10 000	10 968	8 352	8 513	7 876
1.3	10 000	12 264	10 008	8 445	7 578
1.4	10 000	12 066	10 554	9 083	8 276
1.5	10 000	10 248	9 624	7 491	7 144
1.6	10 000	12 312	10 698	9 278	8 727
1.7	10 000	11 112	9 840	9 097	8 205
1.8	10 000	12 060	10 068	8 788	7 138
1.9	10 000	11 526	9 078	8 290	6 559
1.10	5 200	6 078	5 592	4 366	4 013
2.1	5 200	5 742	4 962	3 784	3 329
2.2	5 200	5 892	5 490	4 163	3 862
2.3	5 200	5 676	4 338	3 544	3 405
2.4	5 200	5 874	4 824	4 276	4 047
2.5	5 200	5 790	5 274	3 924	3 409
2.6	5 200	5 928	5 202	3 983	3 651
2.7	5 200	5 988	4 854	4 784	4 440
2.8	5 200	5 664	5 124	4 443	4 028
	136 800	156 162	130 842	113 152	99 646

A capacidade medida deste processo é de **130 842 rolhas/hora**. No entanto, verifica-se que apenas são registadas 99 646 rolhas/hora. Ou seja, segundo as máquinas a produção deveria ser de cerca de 2.900.000 rolhas por dia quando na verdade esta é de 2.250.000 rolhas/dia.

Estas diferenças permitem avaliar outros aspetos nomeadamente: se os registos estarão a ser bem-feitos, se a contagem das máquinas estará correta, as micro-paragens e encravamentos representam, efetivamente, uma grave perda de produção.

➤ **Capacidade da Retificação**

Na seção dos Acabamentos Mecânico. No processo da retificação ocorrem duas atividades: Ponçamento e Topejamento.

O processo do Ponçamento não é contabilizado de forma isolada. Quando se registam os tempos do processo de Acabamentos Mecânicos apenas se registam as produções da Retificação. Contudo é possível fazer uma medição desta atividade tanto real como ideal, só não é possível comparar com os registos. No entanto verificou-se que o tempo das ponçadeiras está sincronizado com o das Topejadeiras, ou seja, as ponçadeiras trabalham num ritmo alto e isso permite abastecer o *buffer* existente para alimentar as topejadeiras. Apenas ocorrem falhas no abastecimento quando ocorre algum encravamento na ponçadeira o que rapidamente é resolvido pelos operadores. Por outro lado, para a cronometragem da atividade de Topejamento da Retificação foi registado o tempo de 5 observações por cada máquina até esta atingir uma produção alvo de 100 rolhas, representada na Tabela 5.5:

Tabela 5.4 - Resultado dos Tempos das Máquinas Retificadoras

Máq.	Medição (rolhas/hora)			Registo (rolhas/hora)	
	Teórico	Ideal	Real	Ideal	Real
1	10 000	10 227	10 227	7 905	7 653
2	10 000	10 588	10 714	5 760	5 577
3	10 000	10 169	9 836	6 897	6 677
4	10 000	10 465	8 612	7 953	7 700
5	10 000	10 465	8 653	8 559	8 286
6	10 000	10 465	10 588	7 292	6 927
7	10 000	10 975	10 650	7 330	7 026
8	10 000	10 112	8 955	7 202	6 957
9	10 000	10 285	8 108	6 653	6 267
10	10 000	10 112	10 285	6 363	6 126
11	10 000	10 227	10 344	8 079	7 770
12	10 000	10 465	6 870	7 618	7 351
13	10 000	9 836	9 375	6 774	6 486
14	10 000	11 320	10 055	7 708	7 404
15	10 000	11 180	9 090	6 543	6 321
16	10 000	11 392	10 227	7 608	7 128
	160 000	168 283	152 589	116 244	111 656

A capacidade deste processo é de **152 589 rolhas/hora**, e visto que trabalha, em média, quase o dia todo a sua produção diária deverá rondar os 3.500.000 rolhas/dia o que não verdade dará uma diferença de quase um milhão de rolhas por dia para os registos.

➤ **Capacidade da Lavação**

O processo da lavação tem uma capacidade diferente pois não é possível realizar uma atividade de cronometragem para uma produção de 200 rolhas ou quantas rolhas processa em 2 minutos. A capacidade da lavação depende do tipo de lavação que é feito porque cada tipo de lavação tem um programa com diferentes tempos e poderá, ainda, depender da máquina que é utilizada.

Neste processo existem 6 máquinas de lavar, cinco com uma capacidade de 60 000 rolhas/lavação e uma com capacidade para 45 000 rolhas. Embora as lavações possam variar um pouco, os tempos são muito semelhantes e fazendo uma cronometragem do tempo do programa pode-se considerar que os tempos são, em média:

- CL0 – 1h (60 min)
- CLEAR – 2h (120 min)
- CL2000 – 2h30 (150 min)

Ao tempo dos programas é necessário acrescentar o tempo de carga e descarga das máquinas porque só com esta atividade é que as máquinas podem trabalhar e dependem dos operadores para tal. Desta forma, cronometrou-se o tempo de carga e descarga e, em médio, os operadores demoram 20 minutos a realizar esta tarefa. Assim, o tempo total de uma lavação deve incluir o tempo em que está a lavar mais estes 20 minutos.

Além dos tempos é necessário ter em consideração as capacidades das máquinas. Assim, a Tabela 5.6 apresenta a capacidade horária do processo:

Tabela 5.5 - Capacidade Horária do Processo Lavação

Lavação	Tempo médio de lavação (min)	Tempo de Carga e Descarga (min)	Capacidade das máquinas 1 a 5	Capacidade da máquina 6	Capacidade Horária (rolhas/hora)
CLEAR	120	15	60 000	45 000	153 333
CL2000	150	15	60 000	45 000	125 455
CL0	60	15	60 000	45 000	276 000

Para o cálculo da capacidade horária é necessário fazer-se uma estimativa dos tipos de lavações que se irão fazer. Para tal, foi calculada a produção representativa relativamente ao ano anterior. Assim sendo, das lavações realizadas em 2015, 71% foram de CL2000, 26% foram de CLEAR e 3% foram de CL0. Estes

valores servem de previsão para o ano de 2016 e como tal com eles é possível calcular a capacidade nominal do processo da Lavação através de uma média ponderada **142 810 rolhas/hora**.

Contudo, como foi referido, este processo depende dos operadores e para ocorrer este valor é necessário que estes estejam sempre disponíveis quando as máquinas acabam e que haja todo o material disponível para realizar estas operações.

➤ **Capacidade da Escolha Eletrónica**

A EE é um processo composto por dois modelos de máquinas, apresentando capacidades diferentes. Embora as primeiras 11 máquinas, do tipo S530, tenham uma capacidade teórica inferior que as 4 restantes tem uma opção permite desenravar mais facilmente. Desta forma as capacidades teóricas acabam por se equilibrar desta forma e acabam por ter uma medição muito semelhante.

Para a cronometragem desta atividade foram feitas 5 observações por cada máquina registando o tempo que demoravam a processar 100 rolhas. A Tabela 5.7 os resultados dos tempos das capacidades, por hora, das máquinas da escolha.

Tabela 5.6 - Resultados dos Tempos das Máquinas de Escolha

Máq.	Medição (rolhas/hora)			Registo (rolhas/hora)	
	Teórico	Ideal	Real	Ideal	Real
1	10 000	10 000	8 911	6 374	6 374
2	10 000	9 890	8 654	7 598	7 598
3	10 000	10 526	10 000	7 568	7 568
4	10 000	10 112	8 451	6 083	6 083
5	10 000	10 227	9 524	11 123	7 535
6	10 000	9 944	5 863	8 171	8 171
7	10 000	9 677	6 383	7 346	7 292
8	10 000	10 285	9 730	6 292	6 292
9	10 000	9 782	6 522	8 079	8 079
10	10 000	9 375	6 897	6 641	6 641
11	10 000	9 137	8 372	6 528	6 528
12	12 000	12 587	9 836	8 218	8 218
13	12 000	12 329	12 244	8 098	8 098
14	12 000	12 765	11 921	9 057	9 057
15	12 000	12 162	10 651	7 715	7 715
	158 000	158 798	133 959	114 891	111 249

Assim sendo, a capacidade de produção deste processo é de **133 959 rolhas/hora**, o que se traduzirá em cerca de 3.100.000 rolhas/dia.

Este processo foi identificado como sendo a restrição anterior do sistema e portanto sofreu diversas melhorias e o processo encontra-se bastante otimizado o que, também, se verificou na recolha de medições já que o comportamento das máquinas se mostra muito equilibrado e homogéneo. Ou seja, enquanto nos outros processos há máquinas que são muito mais rápidas na EE as máquinas trabalham ao mesmo ritmo.

➤ **Capacidade da Embalagem**

Ao contrário dos outros processos, a Embalagem não olha só para o ensacamento das rolhas. O processo da embalagem possui mais atividades: registo informático do lote e filmagem das paletes.

O processo da embalagem é composto por duas máquinas mas para estas duas máquinas funcionarem é necessário haver sempre dois operadores, no entanto, só num dos turnos é que há dois operadores. Nos restantes turnos, existem dois operadores *pivot* que quando necessário vão para a Embalagem e ajudam mas apenas quando necessário.

Assim, para o cálculo da capacidade deste processo teve-se em conta que num dos turnos as duas máquinas trabalham em simultâneo e teve-se, também, em conta que embora os turnos sejam de 8h no caso deste processo só se embala durante 7h já que o operador é necessário e uma hora do turno é para as atividades do mesmo (almoço e pausas).

Acompanhou-se a atividade de um operador da embalagem e cronometrou-se o tempo que este demora a embalar. Como a embalagem é feita por sacos então cronometrou-se o tempo que um operador demora a embalar 5000 rolhas, ou seja, um saco. A Tabela 5.8 apresenta esse resultado:

Tabela 5.7 - Resultados dos Tempos das Máquinas de Embalagem

Máquina	Medição (rolhas/hora)
1	73 770
2	69 230

Desta forma, pode-se verificar que a capacidade horária do processo Embalagem é de **143.000 rolhas/hora** o que deveria corresponder a cerca de três milhões de rolhas por dia. No entanto como já foi explicado as duas máquinas não funcionam sempre logo a capacidade diária deverá ser: duas máquinas 7h/dia + uma máquina 1h/dia + uma máquina 7h/dia e outra máquina 4h/dia o que dá cerca de 2.400.000 rolhas por dia.

➤ **Resumo das Capacidades do sistema**

A Tabela 5.9 ilustra um resumo de todas as capacidades medidas no sistema, ou seja, quanto é que segundo o ritmo das máquinas com micro-paragens e encravamentos os processos devem produzir por hora.

Tabela 5.8 - Resumo das Capacidades Medidas em cada processo

Processo	Capacidade Medida (rolhas/hora)
Extrusão	120 225
Colagem	130 842
Retificação	152 589
Lavação	142 810
Escolha Eletrónica	133 959
Embalagem	143 000

➤ **Análise de Métricas**

Como é visível nas tabelas apresentadas em cima, as produções apresentam uma grande diferença na sua medição. Estas diferenças são importantes de estudar pois perdas de produtividade são custos para as empresas.

Os fatores que mais influenciam estas diferenças entre a produção real e a produção ideal podem ser:

- Paragens planeadas – limpezas, despoeiramentos, decisão logística;
- Falta de material – produto do processo anterior que está atrasado ou está defeituoso;
- Falha humana - falta de abastecimento, erro do operador
- Problema das máquinas – avarias, encravamentos, micro paragens

No entanto, alguns tipos de paragens são contabilizados e é isso que diferencia os registos reais dos ideais. Contudo, paragens que sejam encravamentos ou micro-paragens, por exemplo, MP não vem com as especificações corretas e encrava as máquinas não são contabilizadas e são muito difíceis de o ser.

Embora a secção TT labore durante 24 horas/dia, cinco dias por semana, existem diferenças no tempo de operação entre os processos. Isto porque há processos que exigem uma limpeza maior ou que o seu arranque demora mais tempo ou atividades que dependem do operador para acontecer. Assim, a Tabela 5.9 apresenta o número de horas diário que cada atividade deverá trabalhar e o número de horas efetivamente trabalhado (durante o período de Janeiro e fevereiro o que corresponde a 41 dias úteis).

Atualmente, em cada processo já são contabilizados diversos fatores como as paragens dos equipamentos, as suas causas o que permite calcular diversas métricas. Estas métricas são utilizadas para avaliar o desempenho dos processos de forma a ajudar a explicar alguns valores de produção e a analisar possíveis fontes de problemas. Algumas destas métricas são: Disponibilidade, Eficiência, *Performance*, e, conseqüentemente, o cálculo do OEE. No entanto para processos como a Lavação e a Embalagem não, logo foi

necessário calcular, contudo o cálculo da Eficiência requer a Taxa de velocidade de operação é necessário o tempo de ciclo dos processos.

Tabela 5.9 - Horas Efetivas para Trabalho Produtivo em Janeiro e Fevereiro de 2016

Processo	Tempo de operação	Horas Efetivas trabalhadas
Extrusão	21,3 h/dia	880 h
Colagem	21,5 h/dia	910 h
Retificação	23,5 h/dia	963,5 h
Lavação	23 h/dia	943 h
Escolha Eletrónica	23,5 h/dia	963,5 h
Embalagem	21 h/dia	861 h

Para o cálculo de algumas destas métricas e para o cálculo de outros dados relevantes para a análise e caracterização do estado atual do sistema é importante avaliar as quantidades processadas nos mesmos meses de análise (Janeiro e Fevereiro de 2016). Esta quantidade real, em milhares de rolhas, foi obtida através dos registos de produção (Figura5.1), fazendo diferenciação do que é produto processado pela primeira vez e do que é produto reprocessado e assim calcular a quantidade final.

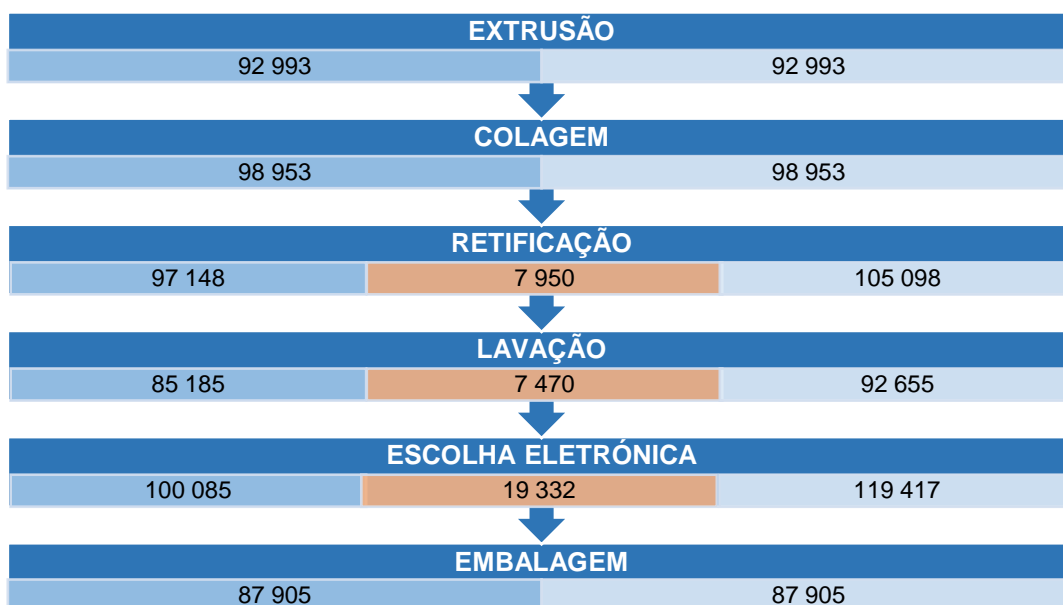


Figura 5.1 - Quantidade de Rolhas Processadas no Sistema em JAN e FEV

Como era espectável após observar as diferenças nas tabelas, as quantidades processadas de um processo para o outro não são as mesmas, havendo entre processos algumas diferenças grandes. Estas diferenças podem ser causadas por diversos motivos:

- O registo dos valores da produção de processos como a Extrusão e a Lavação é feito de forma visual através do volume do produto existente nos cestos. Esta avaliação pode acabar por depender da experiência dos operadores;
- Erros de passagem de registos das folhas para a base de dados do Registo Geral. Ou erros nos próprios registos;
- Perdas de material que não contabilizadas;
- O WIP não segue uma política de FIFO, é puxado pelo processo seguinte segundo o dimensionamento dos *Kanban*. Logo há produto que pode ficar em espera antes de alguns processos por não ser tão urgente;
- A Colagem, por vezes, utiliza corpos que não vem da Extrusão;
- No processo de EE as rolhas que vão para Classe Abaixo, por exemplo, voltam a entrar na escolha de um cesto e portanto são contabilizadas duas vezes;
- Ainda no processo da EE podem existir cestos que são repassados porque foram rejeitados;
- Na Embalagem, por vezes, ficam cestos com produto em espera e não são logo embalados. Ou seja, até podem ter sido escolhidos nos últimos dias de Fevereiro mas só foram embalados em Março (logo já não entram nestas contas).

Sabendo as quantidades processadas e as horas efetivamente trabalhadas é possível proceder ao cálculo do Tempo de Ciclo de cada processo. No entanto é necessário ter em consideração a Equação 1 e a Equação 2 que justificam os cálculos da Tabela 5.11.

$$\text{Produção horária} = \frac{\text{Quantidade Total Processada}}{\text{Horas Efetivas Trabalhadas}} \quad (1)$$

$$\text{Tempo de Ciclo} = \frac{1000 \cdot 3600}{\text{Produção Horária}} \quad (2)$$

Tabela 5.10 - Tempos de Ciclo Atuais em cada Processo do Sistema

Processo	Quantidade Total Processada (milhares de rolhas)	Horas Efetivas Trabalhadas	Produção Horária (rolhas/h)	Tempo de Ciclo (seg/mil rolhas)
Extrusão	95 993	880	109 083	33,002
Colagem	98 953	910	108 740	33,107
Retificação	105 098	963,5	109 079	33,003
Lavação	92 655	943	98 256	36,639
Escolha Eletrônica	119 417	963,5	123 941	29,046
Embalagem	81 905	861	95 127	37,844

Tal como mencionado, os processos Lavação e Embalagem não tinham qualquer registo sobre a Eficiência logo foi necessário proceder ao cálculo, presente na Tabela 5.12.

Tabela 5.11 - Processos Lavação e Embalagem: Cálculo das Eficiências

Processo	Taxa de operação líquida	Tempo de ciclo Teórico (seg./mil rolhas)	Taxa de velocidade de operação	Eficiência
Lavação	$\frac{24h}{23h} = 1,0434$	25,71	$\frac{25,71}{36,64} = 0,70169$	73,21%
Embalagem	$\frac{24h}{21h} = 1,1429$	24,83	$\frac{24,83}{37,84} = 0,6562$	75%

A Tabela 5.13 apresenta o valor das Eficiências dos restantes processos retirados do sistema:

Tabela 5.12 - Valores das Eficiências dos Processos

Processo	Eficiência
Extrusão	81,2%
Colagem	76,23%
Retificação	69,79%
Escolha Eletrônica	83,57%

5.1.2 Simulação em Arena e Simulação Real

5.1.2.1 Simulação em Arena

Outro dos métodos possíveis para identificar a restrição é a Simulação. Para validar a simulação real optou-se por recriar o sistema num *software* de simulação – o ARENA.

Este modelo de simulação é um modelo estocástico, dinâmico e discreto. Considera-se estocástico pois os *inputs* apresentados são de carácter estocásticos. É dinâmico já que o fator tempo é uma variável significativa pois é determinado um tempo em que os produtos sofrem alterações, o seu estado altera-se ao longo do tempo. E, por fim, como o estado do modelo se altera em pontos isolados e não evoluiu de forma contínua então considera-se discreto. Assim sendo, a modelação deste sistema sendo Estocástico, Dinâmico e Discreto tem a designação de DES – *Discrete Event Simulation*.

Como este sistema labora 24 horas por dia, 5 dias por semana a produção de um dia influencia a produção do dia seguinte, não sendo por isso uma produção. Desta forma, além de ser um modelo do tipo DES é, também, um modelo do tipo *steady-state ou nonterminating*. As condições finais de um dia são as iniciais do dia seguinte. A Figura 5.2 ilustra o modelo de simulação mas este está, também, presenta no *Anexo A.//* para melhor visualização.

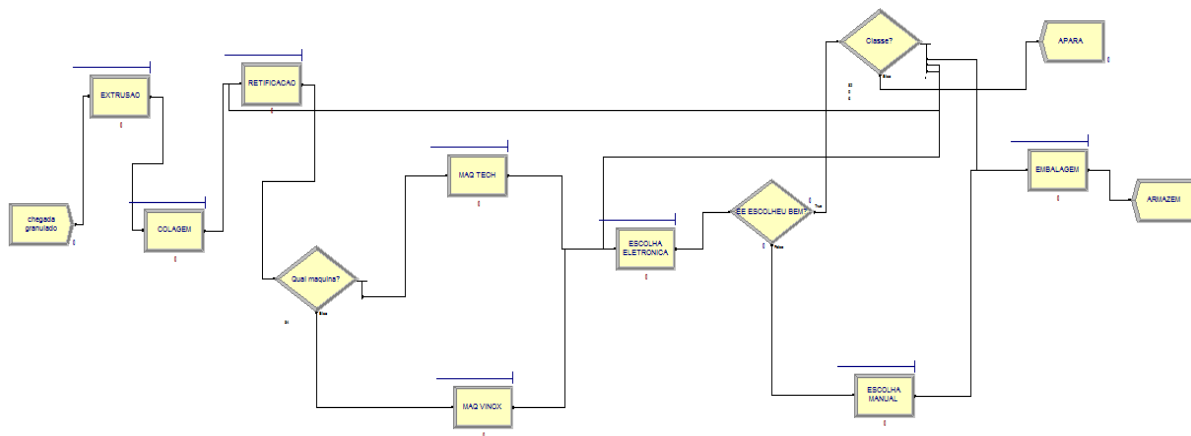


Figura 5.2 – Modelação do Sistema em ARENA

O modelo apresentado inicia-se com a chegada de granulado às linhas, sendo por isso utilizado um módulo *Create* “CHEGADA GRANULADO” que modela o intervalo de tempo entre o granulado estar pronto para abastecer as linhas. Os valores desta chegada foram obtidos através de observações e conclui-se que as extrusoras dão um alerta de pedido de granulado, em média, a cada 28 minutos.

Em seguida, ocorrem diversos processos sendo utilizado o módulo *process*. Neste módulo é necessário registar diversas opções: a ação lógica e se há ou não recursos associados, a duração da atividade e o tipo de distribuição que segue. Para a construção deste modelo foram utilizados os valores medidos no sistema mas para tornar o sistema mais real optou-se por fazer as capacidades por cesto, ou seja, a unidade de produção que se aplicou no modelo foi a de um 60 000 rolhas o que corresponde a um cesto.

Todos os módulos *process* do modelo apresentado, no que diz respeito, à ação lógica são do tipo *seize-delay-release*, ou seja, a entidade ocupa (*seize*) o recurso quando este está livre, durante um período de tempo (*delay*) após o qual, a entidade liberta-o (*release*).

Assim, seguindo a estrutura do modelo, após a “Chegada do Granulado” segue-se o processo de Extrusão. Tal como se verificou no capítulo anterior, após a Extrusão existem diversos processos e desta forma os corpos da EXTRUSAO seguem para a COLAGEM e, posteriormente, para a RETIFICACAO.

A passagem para o processo da Lavação irá ter uma pequena diferença isto porque o processo é composto por 6 máquinas que são estatisticamente diferentes e como não é possível criar esta diferença se todas estiverem no mesmo módulo de processo, logo optou-se por criar um *Decide*. Neste módulo existem duas opções de resposta “MAQ TECH” e “MAQ VINOX” que são os dois tipos de máquinas. No primeiro tipo existem 5 máquinas e no segundo apenas um e a percentagem é de 84% e 16% respetivamente.

No entanto, após a “LAVAÇÃO” existe o processo de Escolha Eletrónica. Após este processo há outro *Decide* em que se questiona se a máquina escolheu bem. Esta pergunta corresponde à avaliação do operador da EE que consoante a análise das rolhas escolhidas avalia se a máquina escolheu bem ou não. São raras as exceções em que o cesto é rejeitado e que tem que ser novamente escolhido, no entanto, deve-se ter esse fator em consideração. Assim sendo o módulo “Escolheu bem?” tem uma saída que corresponde a 5% que é quando as rolhas são mal escolhidas e é necessário recorrer a Escolha Manual e outra saída que representa 95% das vezes e que traduz numa escolha bem realizada.

Na escolha eletrónica as rolhas depois de escolhidas tem quatro saídas possíveis: classe, classe abaixo, defeitos ou apara. Assim sendo, optou-se por um módulo *Decide* com 4 hipóteses: 83% do produto é CLASSE e portanto segue para o processo de EMBALAGEM, 8% das rolhas escolhidas são Classe Abaixo e voltam a ser escolhidas eletronicamente, 6% são defeitos e vão ser reprocessados, voltando para trás no sistema para o processo de retificação, os restantes 3% das rolhas são consideradas Apara e portanto saem do sistema. Após serem embaladas as rolhas seguem para o Armazém onde aguarda saída para o cliente. Assim sendo, o Armazém é um módulo do tipo *Dispose* pois saem do modelo já que termina a secção TT.

Após projetado este modelo e dadas as respetivas expressões a cada processo foi necessário verificar e validar o modelo. Assim sendo, a verificação foi efetuada através da revisão sistemática do modelo e fazendo um longo processo experimental de tentativa-erro, fazendo constantes melhorias, acertos de pormenores e eliminação de erros que fossem surgindo à medida que o modelo era desenvolvido.

Dado que este modelo de simulação recorre a valores estocásticos e a através do *Input Analyzer* criar as expressões que melhore representem os valores pode representar algumas diferenças face à realidade.

No entanto, procurou-se fazer diversos levantamentos e utilizar as medições reais para que fosse o mais próximo do estado atual do sistema possível. Para proceder à verificação e validação do modelo fez-se uma análise do output pois esta é essencial para determinar se o modelo é uma representação fiel da realidade.

Como neste caso de estudo é possível recolher dados do sistema real, para validar o modelo o objetivo é comparar o *output* do modelo com o *output* do sistema. Se os dois conjuntos de dados forem semelhantes o modelo é considerado válido, o que permite ao gestor tomar decisões baseado nos resultados do modelo, como se fosse viável realizar as experiências no próprio sistema. Para avaliar os *outputs*, introduziu-se no modelo expressões que refletissem a produção nos últimos meses de 2015 e comparou-se com os valores obtidos. Na Tabela 5.14 está, então, presente a comparação dos valores dos outputs.

Tabela 5.13 - Output do Modelo de Simulação com o Output Real do Sistema

Output do modelo de simulação (milhares de rolhas)	Output real do sistema (milhares de rolhas)	Diferença (milhares de rolhas)
7 800	8 105	305
8 160	7 987	-103
7 680	7 954	274

As diferenças obtidas não são muito significativas para o volume de produção. Neste sentido pode-se considerar que o modelo é válido.

Após a introdução de cada conjunto de dados no *Input Analyzer*, a função *Fit All* indica qual a distribuição que mais se assemelha aos dados introduzidos, fornecendo a sua expressão e os seus parâmetros. Esta função fornece a distribuição que apresenta um erro quadrático menor. Na Tabela 5.15 são apresentadas as distribuições de cada processo. No *Anexo A.II* estão apresentados os gráficos e respetivos valores.

No que diz respeito a recursos estes são as máquinas que compõem o sistema. Neste sentido, a cada processo está associado o número de máquinas. Os operadores não são tido em consideração porque estes ocupam-se de controlar as máquinas e assegurar que tudo corre dentro da normalidade. A Figura 5.3 apresenta então a capacidade de cada recurso do sistema.

Tabela 5.14 - Distribuições Estatísticas dos Processos que compõem o sistema

Processo	Distribuição	Expressão (minutos)
Extrusão	Constante	12
Colagem	Beta	$286 + 363 * \text{BETA}(0.434, 0.466)$
Retificação	Triangular	Tria (300, 350, 381)
Lavação	Normal	N (220, 20)
	Normal	N (60, 10)
Escolha Eletrónica	Triangular	Tria (280, 363, 400)
Escolha Manual	Normal	N (240, 30)
Embalagem	Beta	$42.5 + 18 * \text{BETA}(0.79, 1.01)$

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Op.Embalagem1	Fixed Capacity	2
2	Coladora	Fixed Capacity	18
3	Retificadoras	Fixed Capacity	16
4	Maquina EE	Fixed Capacity	15
5	extrusoras	Fixed Capacity	3
6	OPERADOR	Fixed Capacity	1
7	MAQ CL2000	Fixed Capacity	5
8	MAQ CL0	Fixed Capacity	1

Figura 5.3 - Recursos do Modelo de Simulação

Após a programação de todos os processos e recursos que envolvem o sistema produtivo modelado é necessário proceder à simulação. São corridas 5 replicações (*Number of Replications*), com uma duração de 5 dias (*replication length*) e um período de *warm-up* de 2 horas. Um dia corresponde a 24 horas (*Hours Per Day*) e que as unidades das estatísticas no relatório gerado pelo *software* ARENA são em dias (*Base Time Units*). Importa também referir que o estado do sistema e as estatísticas das variáveis do modelo são reiniciadas após cada replicação (*Initialize Between Replications*) e que não existe alguma condição de paragem nas corridas de simulação (*Terminating Condition*), todos estes aspetos estão presentes na Figura 5.4.

Number of Replications:

Initialize Between Replications
 Statistics System

Start Date and Time:
 4 de janeiro de 2016 00:30:00

Warm-up Period: Time Units: Hours

Replication Length: Time Units: Days

Hours Per Day:

Base Time Units: Days

Terminating Condition:

Figura 5.4 - Run Setup do Modelo Atual

Após corridas as replicações é gerado um relatório onde são apresentados diversos valores referentes à simulação. Como um dos principais objetivos desta simulação é a caracterização do estado atual do sistema e a identificação da restrição os valores apresentados em seguida irão de encontro a esse objetivo. Assim a Figura 5.5 apresenta a utilização de cada recurso.

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Coladora	0.5650	0,03	0.5579	0.5779
extrusoras	0.08983051	0,00	0.08983051	0.08983051
MAQ CL0	0.2101	0,02	0.2012	0.2177
MAQ CL2000	0.7795	0,05	0.7627	0.8027
Maquina EE	0.5003	0,07	0.4732	0.5285
Op.Embalagem1	0.4423	0,01	0.4380	0.4457
OPERADOR	0.2018	0,17	0.1251	0.2455
Retificadoras	0.4782	0,03	0.4682	0.4931

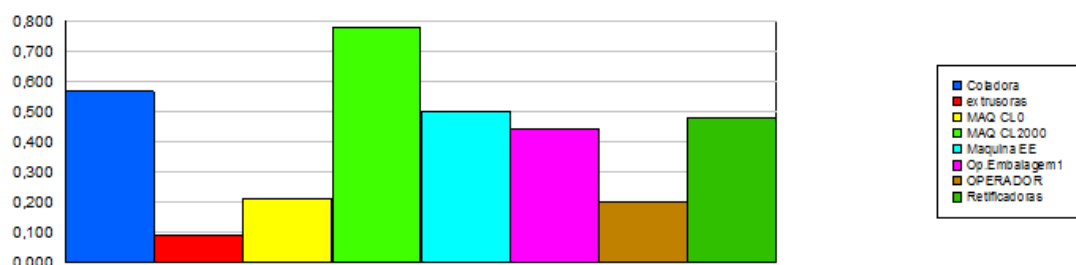


Figura 5.5 – Taxa de Utilização dos Recursos

Em seguida, ocorrem diversos processos sendo utilizado o módulo *process*. Neste módulo é necessário registrar diversas opções: a ação lógica e se há ou não recursos associados, a duração da atividade e o tipo

de distribuição que segue. Para a construção deste modelo foram utilizados os valores medidos no sistema mas para tornar o sistema mais real optou-se por fazer as capacidades por cesto, ou seja, a unidade de produção que se aplicou no modelo foi a de um 60.000 rolhas o que corresponde a um cesto.

Outra variável que poderá ser muito importante para identificar a restrição do sistema é o tempo em que o produto está, em média, na fila de espera. Isto permite ter uma noção de onde há uma maior acumulação de WIP. A Tabela 5.16 apresenta esses valores:

Tabela 5.15 - Tempo, médio, na Fila de Espera

Processo	Tempo na Fila de Espera
Extrusão	0h
Colagem	0h
Retificação	0h
Lavação – MAQ TECH	21,5 h
Lavação – MAQ VINOX	1 h
Escolha Eletrónica	0 h
Escolha Manual	47 minutos
Embalagem	2,20 h

De acordo com a visualização que é possível fazer enquanto as replicações correm estes valores eram expectáveis já que é visível a acumulação de WIP nos processos que apresentam filas de espera. Assim, pode-se concluir que o processo onde ocorre maior acumulação de WIP é, sem dúvida, na lavação. Ou seja, em média, as rolhas ficam cerca de 22 horas em espera até serem processadas pela lavação. Outro processo que apresenta fila de espera é a Escolha Manual mas o que seria espectável já que é realizada por um operador e portanto depende da velocidade deste. No entanto, é processo que se pretende acabar e que raramente é requerido portanto não se justifica grande preocupação. A Embalagem, por sua vez, também apresenta uma fila de espera de duas horas.

➤ Criação do VSM

O *Value Stream Mapping* ou Mapa do Fluxo de Valor é uma ferramenta utilizada para identificar todas as atividades e processos de uma empresa. É um esboço que representa todas as fases e os fluxos de materiais e de informação que os produtos sofrem, fornecendo uma visão global do processo. Pretende-se representar o estado atual do sistema, analisá-lo e, em consequência, dessa análise identificar problemas e projetar um estado futuro em função desses problemas, potenciando um esforço de melhoria e promovendo a redução do *lead time*.

Um dos primeiros passos para a criação do VSM foi o cálculo do tempo disponível para a produção de acordo com a procura do mercado, ou seja, o *Takt Time*. A fórmula para o cálculo deste tempo é dada pela Fórmula 3

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo Disponível}}{\text{Valor orçamentado}} \quad (3)$$

De acordo com o departamento logístico, o orçamento de produção de rolhas técnicas para a secção TT para 2016 é de 2 600 000 de rolhas por dia.

$$Takt\ Time = \frac{3600*24}{2\ 6000\ 000\ \text{rolhas/dia}} = 33,23\ \text{seg/mil rolhas}$$

A Tabela 5.17 apresenta um resumo dos tempos de ciclo:

Tabela 5.16 - Resumo dos Tempos de Ciclo (seg./mil rolhas)

Processo	Tempo de Ciclo (seg/mil rolhas)
Extrusão	33,00
Colagem	33,11
Retificação	33,00
Lavação	36,64
Escolha Eletrónica	29,05
Embalagem	37,84

Como se pode verificar a maioria dos processos tem um tempo de ciclo inferior ao *Takt Time* do sistema, exceto o processo da Lavação e da Embalagem. Neste sentido pode-se concluir que a atual restrição encontra-se dentro do sistema devido à incapacidade de alguns processos de cumprir o tempo exigido pelos clientes. O processo que apresenta um Tempo de Ciclo mais reduzido é a EE. Sendo a anterior restrição do sistema e tendo sofrido diversos trabalhos pode-se concluir que estes foram realizados com sucesso e que este processo não é de todo a restrição do sistema. Todos os trabalhos realizados anteriormente no processo da EE pode-se concluir que foram bem executados e aplicados e que atualmente este é um processo que não prejudica de forma nenhuma o sistema.

Outro tempo que é essencial calcular é o *Lead Time*. Como já foi referido, este sistema não utiliza uma política FIFO, utiliza Kanban que puxam o produto em curso conforme as necessidades do processo seguinte. Logo para calcular o Lead Time mais real foi realizado um acompanhamento de rastreabilidade, isto

é, controlou-se a deslocação de cinco lotes de produto de modo a identificar o *Lead Time* médio entre os processos. Estes resultados estão apresentados, em horas, na Tabela 5.18.

Tabela 5.17 - Valores do *Lead Time* do processo

Movimentação do Produto		<i>Lead Time</i> (horas)
Origem	Destino	
Rosa	Extrusão	24,0h
Extrusão	Colagem	8h
Colagem	Retificação	16h
Retificação	Lavação	4h
Lavação	EE	8h
EE	Embalagem	12h
Embalagem	Armazém PA	0,5h

Com os dados recolhidos foi possível construir o VSM do sistema atual. Este mapa está disponível em *Anexo A.III* e é referente aos meses de Janeiro e Fevereiro de 2016.

5.1.2.2 Simulação Real

Existem diversos métodos para identificar a restrição do sistema. Um dos métodos que se pode recorrer para identificar a restrição do sistema é a simulação real do sistema.

Esta simulação implica um acompanhamento diário do WIP existente e implica que haja um funcionamento regular do sistema. Ou seja, foi necessária a permissão da Diretora Industrial para serem criadas as condições necessárias sem prejudicar encomendas previamente planeadas.

Para a realização da simulação real foram, então, tidos em conta alguns aspetos:

- Não recorrer a horas-extra de trabalho
- Análise do inventário WIP duas vezes por dia (9h15 e 17h15)
- Período de estudo de 15 dias úteis, começando no primeiro dia da semana (2ªfeira) e terminando numa sexta-feira, três semanas depois;
- A contagem foi feita por cestos e deve-se ter em consideração que os silos grandes correspondem a 3 cestos e os palotes a meio cesto

Foram utilizados *templates* existentes na fábrica para o registo do inventário do WIP antes de cada processo. No entanto, em alguns processos os produtos são armazenados em contentores diferentes e com

maior dimensão e dificultam o registo. No entanto, para esses registos optou-se por recorrer à ajuda de operadores experientes para ajudar na contagem.

A Figura 5.6 ilustra, então, as retas que representam a variação de WIP antes de cada processo.

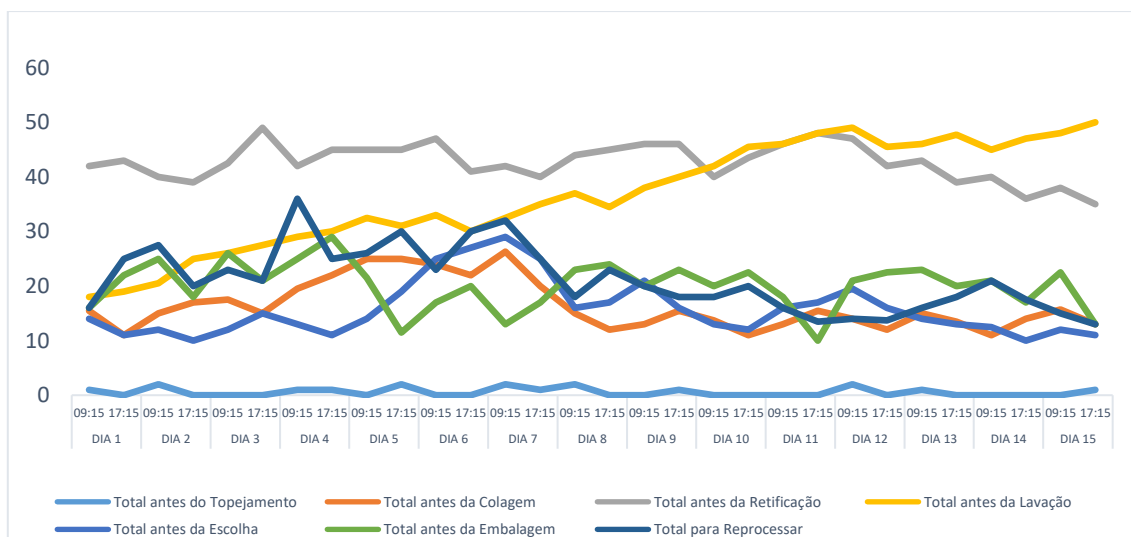


Figura 5.6 - Variação do WIP, em cestos, antes de cada processo do sistema

Através da representação gráfica é possível visualizar que o processo que possui maior quantidade de WIP é o processo de retificação: primeiro porque é o primeiro processo que os reprocessamentos; e, por outro lado, os silos de armazenamento são muito grandes e não há qualquer problema de espaço para armazenar o produto. No entanto, apesar do nível de *stock* deste processo ser elevado não quer dizer que este processo seja a restrição pois apesar de ser elevado é constante e mantém-se elevado durante o período de simulação. Assim, através de uma análise visual é possível verificar que a curva que apresenta maior tendência de crescimento é a da quantidade de rolhas antes da Lavação. Em Anexo A.V está representado o gráfico de forma a ajudar a leitura.

Embora possa ser completamente visível pelo gráfico qual é a reta que apresenta maior tendência de crescimento, por vezes, a interpretação científica pode não corresponder. Para tal deve-se fazer o levantamento da equação da tendência linear de cada reta e, em seguida, avaliar o declive de cada uma das retas. A reta que apresentar maior declive deverá ser o processo restritivo já que o seu declive permite avaliar a forma como a reta se irá comportar e sendo este declive o maior então, à partida, haverá um contínuo crescimento do WIP. Na Tabela 5.19 estão apresentadas as equações e os respetivos declives.

Tal como era espectável após a observação gráfica, a reta que apresenta maior derivada é a reta do WIP antes do processo da Lavação. Como foram realizadas 2 observações diariamente ao longo do período de

estudo, então significa que o dobro da derivada será a previsão do aumento de WIP de um dia para o seguinte.

Tabela 5.18 - Equações de tendência linear e derivada da variação do WIP antes de cada processo

Local do Inventário	Equação da linha de tendência linear	Declive da reta
Antes da Colagem	$Y = -0,211x + 19,66$	-0,211
Antes da Retificação	$Y = -0,116x + 44,5$	-0,116
Antes da Lavação	$Y = 1,071x + 20,01$	1,071
Antes da EE	$Y = -0,035x + 16,31$	-0,035
Antes de Embalagem	$Y = -0,094x + 21,54$	-0,094

Utilizando este método e avaliando os resultados conclui-se, então, que o processo da Lavação não permite responder com eficácia à velocidade imposta pela Retificação, sendo por isso um ponto de estrangulamento da produção.

Existe, ainda, uma reta presente no gráfico mas que não está presente na tabela que é a reta que apresenta o total de custos para reprocessar. Estes custos estão espalhados entre a Lavação e a EE porque são custos que ou por causa da cor ou de defeitos tem que voltar à retificação para serem retificados a uma medida de $44 \times 23,4$. Embora não seja de toda a restrição, são custos que se vão traduzir em carga para o processo que a partida se considera restrição.

➤ Identificação da Restrição

Como foi apresentado na Figura 2.2 existem diversos tipos de restrições e estas podem ser Internas ou Externas. Caso a capacidade de produção fosse superior à necessidade do mercado então a restrição seria externa e, em nada, seria bom aumentar a capacidade da fábrica pois não seria possível escoar os produtos. No entanto, neste caso, a procura ainda é superior à oferta e, por vezes, a empresa não consegue completar todas as encomendas logo pode-se afirmar que o sistema apresenta uma restrição interna.

Comparando os diversos resultados obtidos pode-se afirmar que é antes do processo de Lavação que ocorre maior acumulação de WIP. Tal facto foi comprovado tanto pela Simulação Real como pela Simulação em ARENA (Figura 5.7).

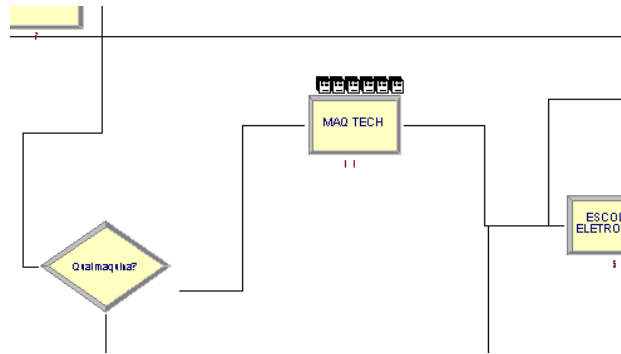


Figura 5.7 - Acumulação de WIP antes da Lavagem

Por outro lado, mas de acordo com estas observações, no VSM verificou-se que apenas dois processos tinham um tempo de ciclo superior ao Takt Time do sistema – Lavagem e Embalagem. Considerou-se que um atraso na Embalagem não condiciona o funcionamento do processo produtivo inteiro pois não existe qualquer processo a seguir mas a Lavagem condiciona. Neste sentido, considera-se que o estrangulamento da produção no processo da Lavagem tem uma influência mais negativa sobre o sistema. Além disso, foi possível verificar que, por vezes, é necessário recorrer a horas extraordinárias para processar o WIP existente antes da Lavagem e o mesmo não acontece no processo da Embalagem.

Em suma, e com base nos resultados obtidos verificou-se e comprovou-se que, em todos os estudos a conclusão é a mesma – o processo que estrangula a produção é a Lavagem. Ou seja, a lavagem não consegue responder de forma eficiente ao volume de produção que lhe é apresentado. Logo, pode-se afirmar que a Lavagem é a atual restrição do sistema e que todos os esforços devem ser focados na melhoria deste processo.

5.2 Exploração da Restrição

A atual restrição do sistema é o processo da Lavagem e será em redor deste processo que os esforços das equipas de melhoria se irão concentrar.

A abordagem da restrição inicia-se com um estudo profundo sobre o funcionamento desta. Assim, é de recordar que a lavagem dispõem de 6 máquinas (cinco com capacidade para 60 000 rolhas e uma com capacidade de 45 000 rolhas), 3 tipos de lavagem (CLEAR, CL2000, CL0), dois operadores em cada turno, sendo que labora 3 turnos por dia durante 5 dias. Contudo, o segundo operador na lavagem no T2 é um elemento *pivot* o que significa que quando necessário é alocado a outro processo.

5.2.1 Caracterização e Identificação das Fontes de Desperdícios

A UI Equipar já tinha recebido, anteriormente, visitas de consultoria externa onde foram exploradas diversas melhorias *Lean* no entanto, a melhoria deve ser contínua e deve haver sempre espaço para novas ideias de melhorias, visando sempre a redução de desperdícios.

- **Estudo do trabalho**

No que diz respeito ao estudo do trabalho dos operadores avaliou-se o dia-a-dia dos mesmos compreendendo como seria possível melhorar as deslocações e as atividades dos mesmos. Recorreu-se ao diagrama de esparguete para ilustrar as deslocações e para tornar este diagrama mais completo recorreu-se à cronometragem para medir os tempos. Na Figura 5.8 apresenta-se o diagrama de fluxos:

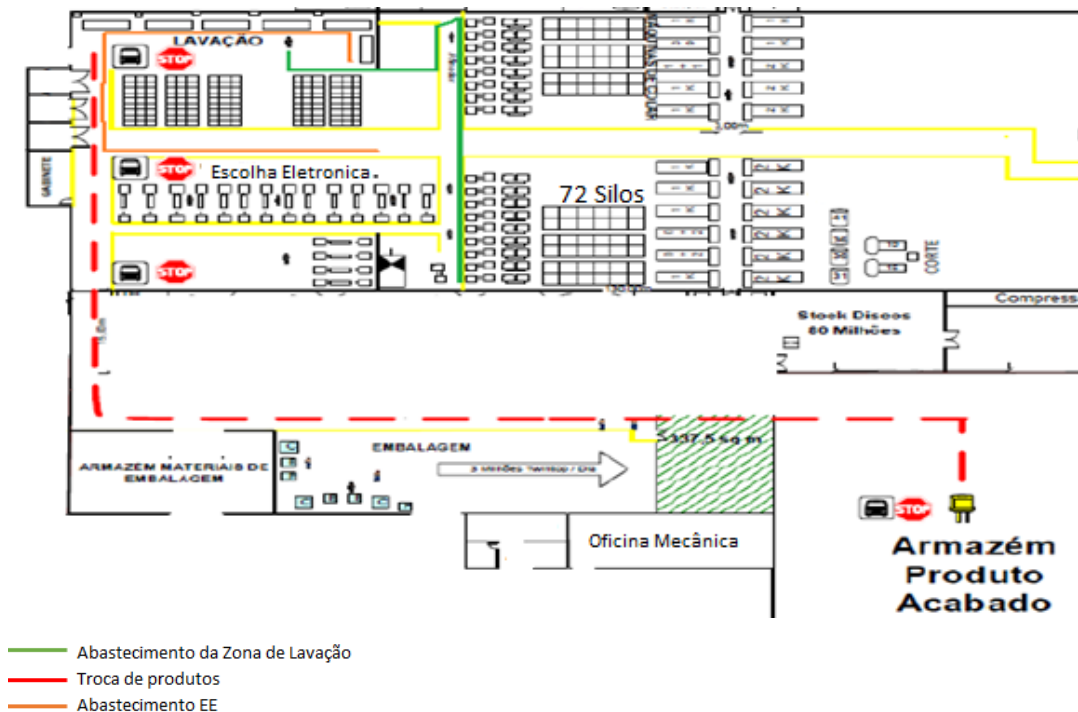


Figura 5.8 - Diagrama de Fluxos das Deslocações dos Operadores da Lavação

A deslocação representada a verde é a de recolha de palotes cheios para abastecer o *buffer* na zona lavagem e é feita várias vezes ao dia consoante a existência de palotes cheios na retificação. Em cada viagem apenas pode ser transportado um palote. Embora os palotes tenham rodas estas estão, na maioria, demasiado danificadas e portanto empurrá-los torna-se um esforço muito grande para os operadores. Após esta recolha deve garantir que há palotes vazios para abastecer a retificação com os mesmos.

Assinalado a cor de laranja está o trajeto de abastecimento do *buffer* da EE. Como a lavagem é o processo restritivo, por vezes, aconteceu que o cesto vai imediatamente para a máquina e não vá para o *buffer*. No

entanto, não é ideal que isto ocorra pois não é aconselhável que as rolhas saiam da lavação diretamente para as máquinas de EE – a humidade com que podem sair da máquina de lavar acaba por encravar as máquinas de EE e portanto o processo de escolha vai ser muito mais demorado e irá aumentar a sua variabilidade já que a máquina pode acabar por escolher mal.

O trajeto de levar cestos cheios ao *buffer* da EE demora cerca de 65 segundos e é feito várias vezes pois depende do número de lavagens por turno, mas idealmente deveria ocorrer cerca de 18 vezes por turno, em média. Uma das deslocações mais demoradas que os operadores fazem é a levar o empilhador ao armazém de produto acabado para o por a carregar mas que é necessária pois o mesmo empilhador é usado pelos três turnos.

Embora a maioria dos trabalhos dos operadores já se encontrem otimizados em relação às condições existentes é de notar que é possível criar algumas melhorias que permitam facilitar os movimentos de trabalho dos operadores. Além disso há atividades que podem ser consideradas desperdícios e que não acrescentam qualquer valor como é o caso de o operador ter que passar as rolhas de palotes para cestos. No Anexo A.VII estão descritas as atividades executadas pelos operadores da Lavagem e identificadas que são consideradas “MUDA”.

- **Oportunidade 5S e falhas de gestão visual**

A gestão visual é um aspeto muito importante e que, por vezes, pode evitar erros e enganos. Assim sendo, neste processo, a gestão visual existente apresenta mais deficiências que podem facilmente ser corrigidas. É o que acontece com o local para as rolhas de controlo de humidade, por exemplo. Isto é, a humidade das rolhas só pode ser controlada 30 minutos após acabar a lavagem e são coladas em cima de uma folha escrita à mão o que pode resultar em enganos caso caiam, por exemplo, como se pode verificar na Figura 5.9.



Figura 5.9 - Rolhas para Controlo de Humidade

A arrumação dos palotes na zona de abastecimento da lavação não segue numa ordem lógica, ou seja, os palotes vêm da retificação e são arrumados à frente uns dos outros o que pode acontecer que atrás de um produto TT44x23,5 B possa estar um TT44x23,5 A. Embora os palotes estejam bem identificados, esta organização pode resultar em enganos.

Outra falha visual é encontrada na plataforma da zona de abastecimento das máquinas de lavação. Nesta plataforma plana existem aberturas quadradas onde os palotes são posicionados de forma a abastecer as máquinas de lavação. Em cada palote existe uma abertura quadrada localizada no centro do palote e que deve encaixar nos quadrados existentes na plataforma. Para abastecer as máquinas estas aberturas devem estar alinhadas. No entanto, não existe qualquer sinalização que ajude a colocar os palotes o que pode resultar em que o operador após abastecer a máquina tenha que andar a apanhar as rolhas que caíram no chão tal como se pode verificar na Figura 5.10.



Figura 5.10 - Rolhas no Chão por Falha de Localização de Abertura

Associadas a estas falhas de gestão visual estão oportunidades de aplicação de 5S. E, atualmente podem ocorrer erros ou faltas derivadas destas falhas e portanto é muito importante recorrer a ações de melhoria.

- **Setup e Limpeza das Máquinas**

A troca de produto ou de calibre na maioria das máquinas encontra-se normalizado e é realizado com rigor o que não justifica a implementação de nenhuma ferramenta.

Contudo, a meio deste projeto foram instaladas duas máquinas novas de lavar. Estas máquinas tem uma fisionomia diferente e apresentam uma girafa que descarrega automaticamente para um cesto. Nas 4 máquinas antigas a descarga e limpeza é fácil e já está bastante presente no quotidiano dos operadores. Mas as duas novas máquinas precisam de uma limpeza mais morosa para que não haja misturas com outras rolhas.

Embora existe esta desvantagem da limpeza estas máquinas permitem que o operador coloque o cesto debaixo da girafa e que a máquina descarregue automaticamente sozinha, o que não acontece com as outras máquinas.

- **Necessidade de *Standard Work***

Existem pequenas alterações nos processos que podem representar grandes melhorias e ganhos na capacidade e, conseqüentemente, no aumento da produtividade e eficiência do sistema. Algumas destas melhorias podem resultar num dos grandes objetivos da produção – reduzir ou eliminar as repassagens (estas ocorrem por existência de defeitos corrigíveis ou por falhas na lavação que deriva em problemas de cor nas rolhas). Outro objetivo está relacionado com a melhoria das condições do posto de trabalho e com a reorganização do trabalho já que permite criar melhorias e novas formas de realizar as tarefas.

Neste sentido, todas as ações que pretendam atingir este objetivo devem estar apresentados no SW pois assim fica de conhecimento geral na fábrica e descrito num só documento todas as medidas, sugestões e procedimento.

5.2.2 **Caraterização e Identificação das Fontes de Variabilidade**

Além da redução dos defeitos, o Seis Sigma também procura a redução da variabilidade e, então, neste sentido surgem as oportunidades de melhoria SS. Como a avaliação dos defeitos neste processo não é muito simples pois os operadores quase não tem contato com as rolhas foi apenas realizado um estudo sobre a influência deste processo na “criação” de defeitos.

No entanto, este processo pode ser responsável por um PNC LAV – Produto não conforme com origem na secção Lavação. Isto porque o processo de lavação dá às rolhas a cor final pretendida (mais esbranquiçada se for CL2000, um tom mais escuro se for CL0 e um tom intermédio se for CLEAR) e existe um padrão conhecido pelos clientes destas cores. Contudo, por diversos motivos, por vezes, ocorrem problemas que não permitem resultar nas cores pretendidas o que acaba por criar produto não conforme que ou as rolhas voltam a ser lavadas, caso seja possível, ou tem que voltar à retificação e são reprocessadas, o que acontece na maioria das vezes mas que implica mais custos e perda de dinheiro.

- **Variabilidade nos programas de Lavação**

Existem 3 tipos de lavação para as rolhas TT e essas lavações são feitas através da injeção de água e outros produtos durante um tempo determinado, criando assim programas para cada lavação. Estes programas foram criados pela Equipa de Engenharia do Produto e está estabelecido quanto tempo é que as rolhas estão a rodar dentro da máquinas ou quanto tempo está a deitar água, entre outras operações. Contudo, por vezes, podem ocorrer problemas externos à lavação que danifiquem as lavações. Um destes fatores será a humidade com que as rolhas saem da lavação.

Ou seja, estão estabelecidos parâmetros que ditam com quem percentagem de humidade devem sair as rolhas e caso estejam demasiado secas então o tempo de secagem deve ser encurtado.

- **Diagrama de Pareto antes e após a restrição**

De estudos anteriores tinha-se concluído que o processo da lavagem poderia ser um processo crítico na criação de alguns defeitos. E portanto, considerou-se relevante refazer essa análise. Começou-se, então, por distinguir os tipos de defeitos existentes: Defeitos de MP (são defeitos provenientes do fornecedor) ou Defeitos TT (defeitos criados dentro da secção TT). A Tabela 5.20 apresenta os tipos de defeitos existentes e a respetiva separação por tipo de Defeitos:

Tabela 5.19 - Tipos de Defeitos

Defeitos MP	Defeitos TT
Ano Seco	Defeitos de Corpo
Bicho	Descolado
Lenticela	Descentrado
Prego	Trinca

Após identificados os tipos de defeitos realizou-se um estudo onde foram recolhidas de forma aleatória 10 amostras de 150 rolhas. Foram então retiradas amostras antes das rolhas sofrerem a lavagem e depois da lavagem.

A Tabela 5.21 apresenta os resultados obtidos e discriminados por tipo de defeito antes do processo da Lavagem:

Tabela 5.20 - Defeitos encontrados Antes da Lavagem

Tipo de Defeito	Ano seco	Bicho	Lenticela	Prego	Defeito corpo	Descolado	Descentrado	Trinca	Total
Frequencia Obtida	44	22	12	19	48	38	27	53	263
Porcentagem	16,7%	8,4%	4,6%	7,2%	18,3%	14,4%	10,3%	20,2%	100%

Na Tabela 5.22 encontram-se agregados os defeitos, apresentados na tabela anterior, de acordo com o seu tipo e encontra-se o cálculo da percentagem representativa para o total amostrado:

Tabela 5.21 - Defeitos encontrados agregados por Tipo de Defeito Antes da Lavação

	Defeitos TT	Defeitos MP	Defeitos	Total Amostrado
Frequência Obtida	166	97	263	1500
Percentagem Representativa	11,1%	6,5%	17,5%	100%

Verifica-se, então, que cerca de 17,5% das rolhas que alimentam o processo da restrição são consideradas rolhas com defeito. Isto significa que existem muitas rolhas que vão sofrer mais um processo e que só depois é que vão escolhidas porque até este ponto não há qualquer triagem.

Dos dados obtidos no estudo é possível construir um Diagrama de Pareto dos defeitos encontrados antes da Lavação, este diagrama é apresentado na Figura 5.11:

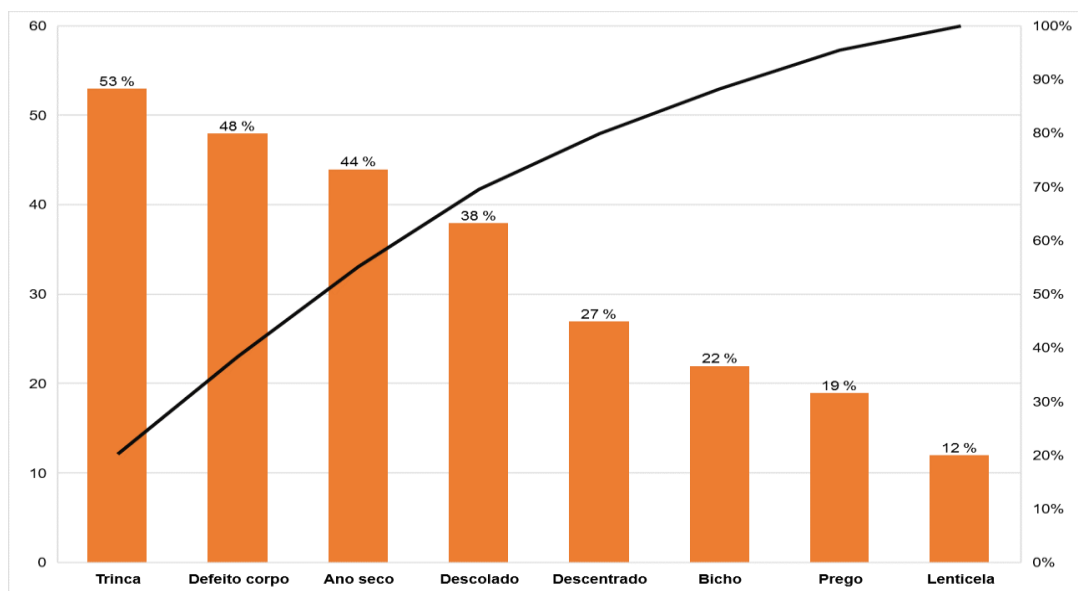


Figura 5.11 - Defeitos Antes da Lavação : Diagrama de Pareto

Pode-se afirmar, então, que antes da Lavação o defeito mais encontrado foram as Trincas, Defeitos de Corpo e Ano Seco.

Para avaliar o impacto que a restrição pode ter na criação de defeitos optou-se por realizar um estudo das rolhas à saída da restrição. Voltaram a ser recolhidas de forma aleatória 10 amostras de 150 rolhas e repetiu-se todo o processo apresentado anteriormente. Na Tabela 5.23 apresentam-se os defeitos encontrados e discriminados com valor de ocorrência e a respetiva percentagem:

Tabela 5.22 - Defeitos encontrados Depois da Lavação

Tipo de Defeito	Ano seco	Bicho	Lenticela	Prego	Defeito corpo	Descolado	Descen-trado	Trinca	Total
Frequencia Obtida	56	21	21	29	38	20	14	50	249
Percentagem	22,5%	8,4%	8,4%	11,6%	15,3%	8,0%	5,6%	20,1%	100%

Na Tabela 5.24 encontram-se agregados os defeitos, apresentados na tabela anterior, de acordo com o seu tipo e encontra-se o cálculo da percentagem representativa para o total amostrado:

Tabela 5.23 - Defeitos encontrados agregados por Tipo de Defeito Depois da Lavação

	Defeitos TT	Defeitos MP	Defeitos	Total Amostrado
Frequência Obtida	122	127	249	1500
Percentagem Representativa	8,1%	8,5%	16,6%	100%

Verifica-se, então, que cerca de 16,6% das rolhas que saem da restrição são consideradas rolhas com defeito. Isto significa que existem muitas rolhas que vão entrar no processo de Escolha Eletrónica que são rolhas com defeitos. Este valor irá influenciar os indicadores de qualidade pois irá manter o nível de defeitos elevado. De forma a comparar então, os tipos de defeitos encontrados à saída da restrição elaborou-se um Diagrama de Pareto à saída da restrição (Figura 5.12).

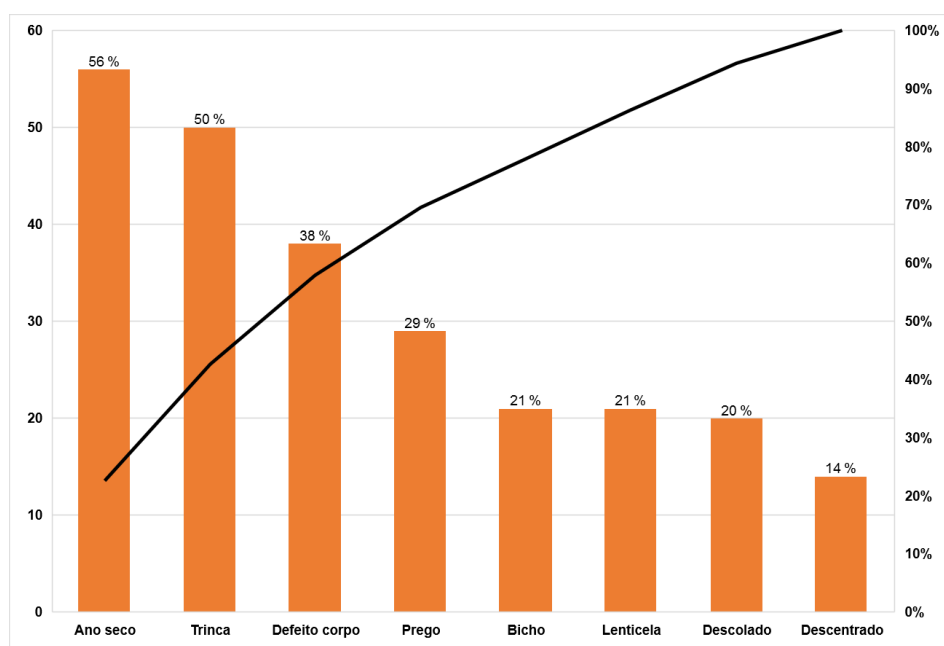


Figura 5.12 - Defeitos Depois da Lavação: Diagrama de Pareto

Observando as tabelas e a figura pode-se concluir que o valor dos defeitos à saída é melhor. Por um lado o processo da lavação pode melhorar ou esconder alguns defeitos que eram mais visíveis mas por outro lado, é necessário ter consciência que as amostras são apenas amostras e que não representam a totalidade. No entanto, pode-se concluir que a implicação do processo restritivo na criação de defeitos é praticamente nulo, principalmente, porque defeitos como as Trincas reduziram e, teoricamente, algumas das trincas poderiam acontecer na Lavagem (principalmente se for a CL2000 por ser mais demorada). Ou seja, a Lavagem não é um processo decisivo na criação de defeitos e visto que muitos destes problemas ocorrem antes então devem ser controlados e retificados o mais cedo possível.

- **Diagrama de Ishikawa**

Foi estimado um número de lavagens por turno caso este trabalhe com um ou dois operadores, fazendo assim um total diário (que é o valor objetivo). No entanto, foi verificado que nem sempre este objetivo era atingido. Realizou-se, então, um diagrama de Ishikawa, apresentado na Figura 5.13, com o objetivo de analisar e compreender as causas que estão na origem do problema “Não fazer mais lavagens por dia”. Para realizar este diagrama e apurar as causas foi feito um levantamento diário junto dos operadores da Lavagem, sendo criado um documento onde estes registavam as ocorrências.

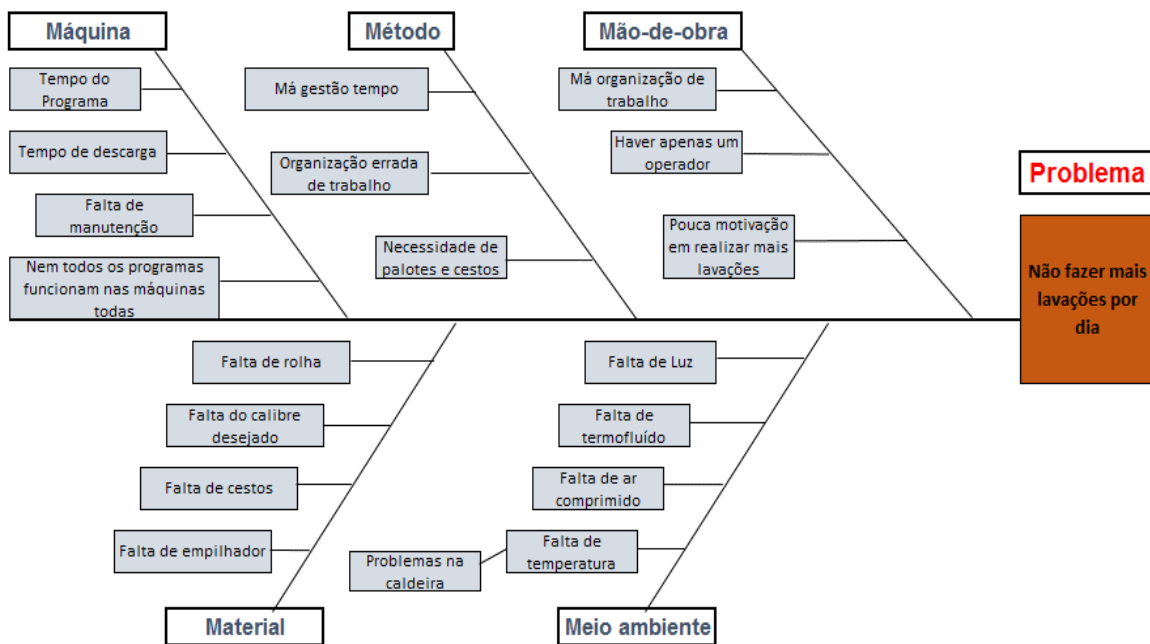


Figura 5.13 - Diagrama de Ishikawa para o Problema do Número de Lavações por dia

Existem diversos fatores que influenciam o facto de não se realizarem mais lavagens por dia. Contudo nem todos os fatores podem ser corrigidos porque para tal podem ser necessários investimentos demasiado elevados. Assim tentou-se identificar os fatores que possivelmente poderão ser corrigidos sem ser necessário recorrer a investimentos. Para isso foi realizado um estudo e observações diárias do posto de trabalho de forma a recolher as causas que mais se registavam. Durante duas semanas os operadores tiveram um

plano que deviam seguir o mais à risca possível mas caso fosse necessário alterar tinham que registar a causa desta alteração e quantas alterações essa causa implicou.

O plano inicial era fazerem cerca de 515 lavações nas duas semanas. Das 515 lavações planeadas apenas foram realizadas 437 lavações (as 9 lavações que aparecem como falta do calibre desejado foram efetuadas mas não de acordo com o plano).

A Tabela 5.25 apresenta os valores obtidos nesse levantamento:

Tabela 5.24 - Estudo das Razões que impedem os operadores de realizar mais lavações

Causa	Total de vezes que ocorreu	% Ocorrência
Falta do calibre desejado	9	1,75%
Falta de cestos	18	3,50%
Falta de empilhador	24	4,66%
Falta de temperatura	6	1,17%
Haver apenas um operador	21	4,08%

Assim sendo, as primeiras conclusões que se podem retirar deste estudo é que, em apenas duas semanas, 69 lavações ficaram condicionadas, ou seja, cerca de 15%. Outra conclusão que se pode retirar é que existem três causas principais para a realização de menos lavações. Uma das razões está relacionada com recursos humanos, ou seja, com a falta de operadores porque embora os turnos tenham todos dois operadores em dois dos turnos um destes operadores é necessário noutro processo e então é alocado nessa tarefa. As outras causas dizem respeito a material – falta de empilhador e cestos – a falta de empilhador nas semanas em que foram realizados estes estudos foi crítica porque avariou mais do que um empilhador, no entanto, é recorrendo a necessidade de partilhar empilhador com outros operadores, por vezes, de diferentes secções dentro do pavilhão; a falta de cestos é uma causa que embora, por vezes, melhora está presente quase todas as semanas e quando há aumento de produção ou quando há algum atraso num processo a falta de cestos torna-se crítica porque deixam mesmo de existir cestos vazios.

A falta de calibre desejado também pode ser condicionante à realização de mais lavações no entanto os operadores podem realizar outra lavagem para substituir essa. Contudo quando se fala em encomendas urgentes esta falta pode ser uma condicionante maior.

Por fim a outra falha está associada à falta de temperatura, ou seja, o termo fluído que influencia a lavagem das rolhas não atinge a temperatura necessária para lavar. Quando esta falha ocorre no início, a máquina tem um sensor que dá o alerta e rapidamente se pode avaliar a situação mas quando a máquina já está em operação já não há grande solução e à partida as rolhas vão sair às cores e será produto para reprocessar.

5.2.3 Diagnóstico da Criação de Valor

Embora pareça um produto muito simples, a rolha de cortiça é o mais famoso produto de cortiça e há muitos anos que é escolhida por mais de 70% dos produtores mundiais de vinho como o vedante de excelência. Nesse sentido é um produto que encarga elevadas responsabilidades.

É um produto pequeno mas que dispõe de diversas propriedades que são exigências e que sem as quais não faria qualquer sentido. Assim, todos os processos que compõem a produção de uma rolha devem-lhe acrescentar não só valor monetário mas, também, valor que permita que o resultado final seja a rolha na sua mais perfeita forma e com todas as suas propriedades com o intuito de responder a todas as necessidades e exigências que lhe são impostas. Assim sendo, a rolha além de ser um vedante e de garantir que não há qualquer contacto do vinho com o exterior deve ser:

- Leve (90% da composição é ar)
- Flexibilidade
- Elasticidade
- Compressibilidade
- Impermeável
- Resistência à humidade e oxidação


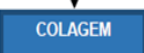

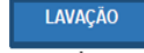
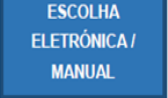



Assim sendo, todos os processos que compõem a criação deste produto além de garantir estas características devem acrescentar valor monetário e devem, ainda, garantir que o produto que sai de um processo garante as condições necessárias para prosseguir e encaixar no processo seguinte.

Para garantir as características apontadas em cima, a UI Equipar dispõe de uma equipa de controlo de processo que tem como objetivo avaliar e controlar estatisticamente o processo. Neste sentido, ao longo de todo o processo são realizados testes de forma a garantir que todos os valores estão dentro das especificações. Os testes são efetuados estando a cortiça sob a forma de granulado ou de corpos extrudido ou rolhas já com discos e retificadas ou já como rolhas lavadas; os tipos de teste passam por controlos de humidades, TCA, permeabilidade, dimensões, peróxidos, testes de torção, entre outros que podem ser consultados e explicados em diversos trabalhos (Dinis (2014), Júnior (2014), Gomes (2015), Ravasco (2015)).

Assim sendo, pode-se concluir que no que diz respeito ao valor incrementado por parte das características funcionais estas são garantidas pelos testes e ensaios realizados e quando é registado algum problema a rolha não segue e é rapidamente corrigido a causa que poderá estar na origem. No entanto, este processo já é muito explorado e raramente ocorre alguma falha que possa estar na origem de falhas funcionais.

Por outro lado, os processos realizados e que tem um papel fundamental na elaboração do produto também devem ter uma elevada responsabilidade no incremento monetário do produto. Por conseguinte, os processos devem acrescentar valor monetário. Os processos que compõem o fabrico das rolhas TT já foram apresentados anteriormente e cada um destes processos tem um objetivo na construção final do produto. Assim na Tabela 5.26 estão apresentados os processos que compõem as rolhas TT, o incremento funcional que este processo representa e o incremento monetário.

Tabela 5.25 - Análise de Valor no processo de Fabrico das Rolhas TT

Diagrama de Processo	Característica Funcional	Incremento Monetário
	Corpos extrudidos com diâmetro e comprimento desejado	10-14 UM
	Rolhas com discos colados: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Um ou dois consoante o produto final AA, A, B ou C dependendo da classe	30 UM
	Rolhas retificadas e topejadas de forma a ter as dimensões finais desejadas	1 UM
	Rolhas enxaguadas, desinfetadas e branqueadas	1,5 UM
	Rolhas escolhidas assegurando a classe e sem defeitos. <ul style="list-style-type: none"> • Classe Boa • Classe Abaixo • Defeito • Apará É neste processo que se garante o preço final das rolhas	Depende da classe resultante da EE: <ul style="list-style-type: none"> • 5 UM • 4 UM • 1 UM • 0,5 UM
	SIM → Loop back to ESCOLHA ELETRÔNICA / MANUAL	
	SIM → Loop back to ESCOLHA ELETRÔNICA / MANUAL	
	Rolhas embaladas prontas a sair da UI	5 UM

Para cálculos dos custos internos da UI existem 6 tipos de produtos: Granulado, Corpos, TT COL, TT RET, TT LAV, TT Final. Dentro dos corpos os diferentes comprimentos tem valores diferentes e o mesmo acontece com as classes (como já foi referido as classe AA é a melhor e, conseqüentemente, apresenta um valor mais elevado). Embora não haja um valor para rolhas escolhidas e parece que este processo não acrescenta valor na verdade é na EE que o valor das rolhas fica decidido isto porque é aquilo que as máquinas verificam se a rolha está de acordo com a classe ou se é classe abaixo ou até defeito. Logo acaba por definir o valor final da rolha que seguirá para a Embalagem onde será embalada de acordo com as encomendas.

No entanto, o resultado da Escolha caso este seja Defeito ou Apara o incremento é quase nulo isto porque as rolhas são muito desvalorizadas e são vendidas para meios completamente diferentes. As rolhas consideradas defeitos ainda podem ser reprocessadas mas as Aparas são vendidas para isolamento. Não há perda monetária, ou seja, não há prejuízo mas o incremento é muito pouco.

Por outro lado, no processo da Lavação apenas interessa se a rolha é lavada ou não, ou seja, não interessa que tipo de lavação sofre, não havendo qualquer diferenciação da lavação parece que estas são iguais. No entanto como já foi referido existem três tipos de lavações que tem tempos diferentes e que ocorrem com regularidades diferentes, também (Tabela 5.27).

Tabela 5.26 - Percentagem de Ocorrência das Lavações

Lavação	Tempo	% Ocorrência
CL2000	2h30	71%
CLEAR	2h	26%
CL0	1h	3%

Observando a tabela pode-se concluir que uma lavação que demora mais do dobro de outra e que ocorre muito mais vezes, ocupando os recursos (máquinas de lavar) muito mais tempo, não faz sentido ter o mesmo incremento que outra que apenas demora uma hora. Ou seja, deveria haver uma diferença segundo o tempo que demora a lavação principalmente quando se trata do processo restritivo. Desta forma, e embora as rolhas TT da UI Equipar não sejam produto final e ainda sejam distribuídas por diversos pontos de distribuição para marcação e tratamento e aqui haja um incremento de acordo com as lavações, deveria ser feita uma estimativa de incremento de valor de acordo com o tempo que ocupa o recurso.

Assim sendo, sugere-se que seja feita uma alteração ao valor incrementado no processo da Lavação. Isto porque se independentemente da cor o produto final tem o mesmo valor então é necessário ponderar se valerá a pena condicionar o sistema produtivo e fazer mais lavações demoradas sem que estas não sejam valorizadas.

outras melhorias não representam encargo para a UI Equipar e só irão representar melhorias ao sistema logo não deve haver qualquer tipo de resistência à implementação das mesmas.

Apenas se na fase de reavaliar a restrição se verificar que é necessário recorrer a um investimento monetário para elevar a capacidade é que devem ser feitos investimentos, até lá, existem diversas melhorias que podem ser implementadas a custo zero.

5.2.5 Atuação sobre a Restrição

5.2.5.1 Ferramentas *Lean*

Depois de fazer um levantamento das oportunidades de melhoria no processo restritivo é altura de utilizar as ferramentas *Lean* para sugerir melhorar e atuar sobre a restrição com o objetivo de elimina-la.

- **Melhoria da Gestão Visual**

Tal como foi identificado anteriormente existiam algumas deficiências a nível da gestão visual no posto de trabalho em estudo. Uma das falhas identificadas foi a inexistência de um tabuleiro com divisões que permitisse aos operadores colocar as rolhas enquanto estas aguardam o controlo de humidade não ocorrendo qualquer problema de haver misturas. Sugere-se, então, um tabuleiro do género do apresentado na Figura 5.15 que tem um custo aproximado de 2,5€ numa loja como IKEA ou AKI.



Figura 5.15 – Proposta de Tabuleiro para as Rolhas que aguardam Controlo de Humidade

No que diz respeito às falhas de identificação das aberturas na zona de carregamento das máquinas de lavação estas foram resolvidas com a sinalização no chão. Foram colocadas marcas que permitam aos operadores saber a localização exatas dos palotes para acertar na abertura e não haver rolhas no chão (Figura 5.16)



Figura 5.16 – Proposta de Colocação dos Palotes

- **Organização do trabalho e criação de *Standard Work***

Um dos aspetos salientados como falha foi o facto de os operadores descarregarem as máquinas para três palotes e depois passarem as rolhas para cestos. Embora a descarga para as girafas sejam mais demoradas, após a descarga o cesto está pronto mas o mesmo não acontece nas outras máquinas em que o operador tem que passar as rolhas para os cestos. Esta atividade em nada acrescenta valor e apenas ocupa o operador quando este podia já estar a transportar cestos (exige operador e empilhador). É de ter em consideração que o investimento em mais 3 máquinas de lavação de uma vez (a máquina 6 embora não seja girafa é descarregada por aspiração até encher um depósito que depois descarrega para um cesto) é de enorme valor e que, portanto, não está em vias de acontecer. Contudo, o investimento em mais uma destas máquinas já iria ajudar bastante porque Tempo Lavagem + Tempo de Descarga das máquinas novas é menor que o Tempo de Lavagem + Tempo de Descarga de uma máquina antiga.

Outras operações que embora não sejam consideradas completamente desperdício podem ser alteradas de forma a melhorar algumas tarefas desempenhadas. Assim, além da melhoria mencionada anteriormente podem-se destacar algumas sugestões de melhoria (Tabela 5.28):

Tabela 5.27 - Sugestões de Melhorias a Tarefas

Tarefa	Sugestão de melhoria
Abastecer as máquinas da lavagem	Criar uma zona de preparação “primária” de forma a evitar que o operador ande à procura dos palotes que pretende no momento de carregar as máquinas. E assim a movimentação é mais simples.
Recolher cestos vazios para a Lavagem	Preferencialmente sempre que o operador abastece um cesto na zona da EE deve trazer de volta um cesto vazio. Assim faz apenas uma viagem e assegura que há cesto. Caso contrário pode não

	haver cesto no momento da descarga e está a fazer uma viagem desnecessária.
Abastecer a retificação de palotes vazios	Criar uma zona para colocar os palotes vazios e onde o operador da retificação poderá ir buscar. Estando os palotes vazios e com as rodas mudadas são relativamente fáceis de empurrar.
Controlo de humidade	Criar em SPC cartas de controlo que permitam fazer o controlo e registo do mesmo automaticamente em computador.

- **Melhorias na secção e fichas de melhoria**

Foram realizadas algumas melhorias dentro da secção, como por exemplo, a substituição das rodas dos palotes que estavam em péssimo estado e que dificultavam a circulação dos palotes (Figura5.17); ou a colocação de um piso liso na plataforma de abastecimento das máquinas para facilitar a carga das máquinas. Estas melhorias são duas melhorias que permitem aumentar a facilidade de circulação e transporte dos materiais.



Figura 5.17 – Proposta de Rodas Velhas vs. Rodas Novas

5.2.5.2 Ferramentas Seis-Sigma

- **Medição de paragens e avarias**

As paragens das máquinas de lavação não são contabilizadas, quando alguma máquina não está a trabalhar é indicada na zona de lavação e no quadro *Kaizen* mas apenas não aparece no registo diário já que este é feito por máquina no momento da lavação. Ou seja, passado algum tempo se houver interesse em perceber o porquê de algum valor não há qualquer registo desse acontecimento. Assim pensou-se que a criação de um registo das paragens e avarias das máquinas de lavação poderia ser uma mais-valia para o setor.

- **Cartas de Controlo**

No processo da Lavagem a variável mais importante de controlar é a Humidade e este controlo é feito pelos operadores. Estes tinham que realizar o controlo de humidade e as respetivas cartas de controlo à mão

sendo que não era feito um controlo muito rigoroso. Neste sentido criou-se um controlo mais automatizado passando a utilizar um programa de SPC para o controlo da humidade neste processo, ou seja, os operadores fazem a leitura da humidade e automaticamente o programa cria uma carta de controlo e verifica se os valores se encontram dentro dos limites.

Para este contexto deve-se, então, criar uma carta de controlo do tipo Média e Amplitude pois na verdade o que interessa controlar é a média das humidades das rolhas após a lavagem. A construção destas cartas é composta por cinco passos – Recolha de Dados, Preparação dos Dados, Escolha da Escala, Marcação dos Pontos e Cálculo dos Limites de Controlo.

Os operadores retiram 5 rolhas de cada lavagem logo o n será de 5, a amostra para a realização das cartas foi de 36 (m=36), n*m = 180 logo é superior a 100, o que era necessário como pressuposto. Dos valores retirados calculou-se o valor de \bar{X} e de R e, conseqüentemente, de $\bar{\bar{X}}$ e \bar{R} . Estes parâmetros, neste tipo de cartas, correspondem, também, ao valor do limite central das cartas de controlo. Logo os limites centrais estão calculados. Falta calcular os limites inferiores e superiores de controlo. A Tabela 5.29 apresenta as fórmulas necessárias para o cálculo dos limites de controlo.

Tabela 5.28 - Fórmulas para o cálculo dos Limites de Controlo

	Limites Superiores	Limites Inferiores
Média	$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R}$	$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R}$
Amplitude	$LSC = D_4 * \bar{R}$	$LIC = D_3 * \bar{R}$

Em todas as fórmulas existem constantes que são apresentadas em diversas publicações nomeadamente Pereira & Requeijo (2012) e que já estão estabelecidas, apenas dependem do número da amostra. A Tabela 5.30 apresenta então os valores destas constantes para um n=5:

Tabela 5.29 - Valores das constantes

	A2	D3	D4
n=5	0,577	0	2,114

Obtendo estes valores é, então, possível determinar os valores dos limites de controlo e proceder à criação da carta de controlo. Utilizou-se a função *Action Stat do Excel* para a criação das cartas. A Figura 5.18 apresenta os Limites Superior e Inferior das cartas de controlo:

Gráfico X-Barra	
Limite Superior	8,8319
Linha de centro	6,58
Limite Inferior	4,3281
Gráfico da Amplitude	
Limite Superior	8,2505
Linha de centro	3,9028
Limite Inferior	0
Desvio padrão	1,6779

Figura 5.18 - Limites das Cartas de Controle

A Figura 5.19 e a Figura 5.20 apresentam as cartas de controle

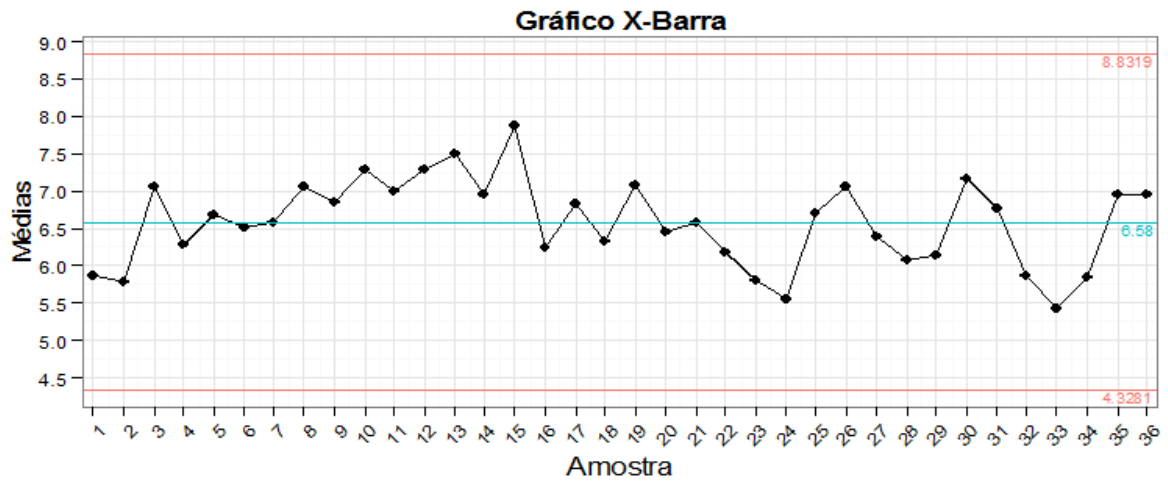


Figura 5.19 - Carta de Controle da Média

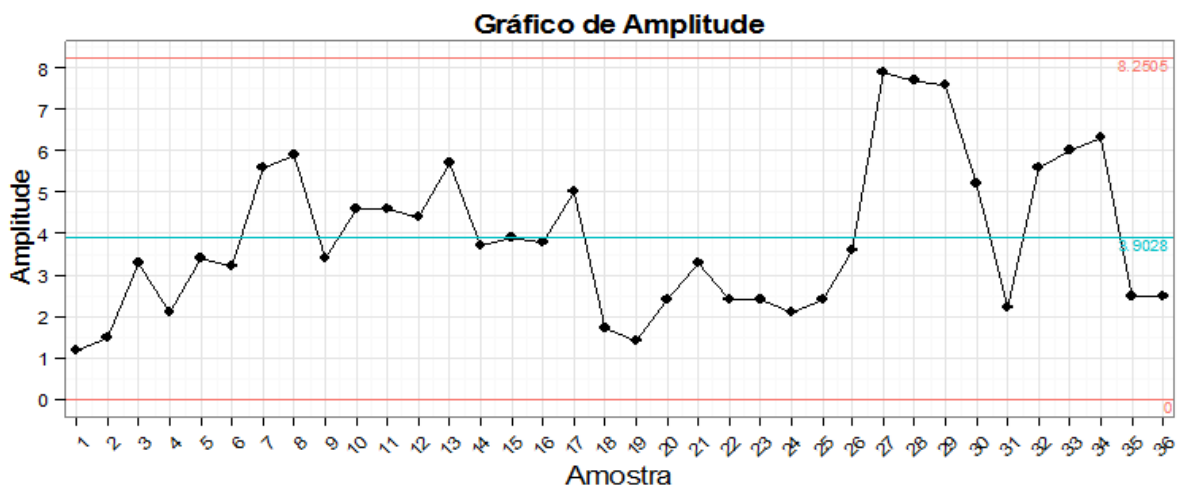


Figura 5.20 - Carta de Controle da Amplitude

Como as cartas não apresentam qualquer ponto fora dos limites e cumpre as regras não é necessário fazer qualquer intervenção.

Estas cartas foram implementadas no sistema de SPC e os operadores apenas tem que retirar a humidade e a carta é feita automaticamente. Caso haja alguma causa especial ou algum ponto fora dos limites é gerado um relatório e a equipa de controlo de processo tem acesso no momento, podendo assim intervir a qualquer momento.

- **Redução da variabilidade das cores na lavação**

Como já foi referido, podem existir reprocessamentos originados pela cor errada após a lavação. Esta falha na cor caso seja muito visível e não haja dúvidas então o operador envia para a retificação, no entanto, por vezes, o operador fica na dúvida se o cesto fica em inspeção e aguarda resposta. A primeira sugestão foi de criar um padrão de cores que permitisse comparar a cor.

Contudo, com o tempo e a exposição a diversos fatores (humidade, calor, frio, poeira, entre outros) pode degradar a cor e esta não ser a mesma. Logo considerou-se que criar um padrão único de cor não seria uma tarefa muito bem-sucedida.

Assim sendo, a segunda opção passou pela uniformização das cores através de ajustes dos programas e verificar quais os fatores que mais influenciavam estas alterações e que pudessem ser controlados. Estes fatores são a falta de temperatura, água, enxaguamento e exaustão da máquina e como tal, procedeu-se à melhoria destas condicionantes. Esta melhoria permitiu um resultado de 0% de PNC – LAV no mês de Julho e Setembro.

Como é possível verificar este resultado é muito vantajoso e significativo pois permite ao processo ganhar entre 7 a 12 lavações por mês que eram ocupadas por este PNC – LAV.

- **Formação aos operadores**

A falta de informação dos operadores pode originar alguns problemas e se for feita uma formação constante estes problemas podem ser evitados. Assim sendo, optou-se por fazer uma formação em diversos temas aos operadores da Lavagem.

Foi necessário fazer uma formação sobre as cartas de controlo em SPC .

Por norma as avarias das máquinas de lavagem são avarias mais graves e demoradas e costuma-se recorrer à equipa de manutenção. No entanto existem pequenas intervenções que podem ser no momento ou alertadas rapidamente que podem permitir reduzir as grandes avarias.

5.3 Submissão/Subordinação do Sistema à Restrição

Atualmente, o sistema em estudo apresenta um funcionamento baseado na filosofia *Pull*, utilizando *Kanban* em alguns processos de modo a “puxar” a produção.

No entanto, o dimensionamento dos *Kanban* tem sido feitos tendo como base a capacidade teórica de produção de cada processo e não com o desempenho que os processos tem tido. Acontece que, como foi

possível verificar nas tabelas apresentadas no estudo das capacidades o desempenho de alguns processos tem estado bastante abaixo da produção teórica.

Uma das ferramentas que a TOC utiliza para subordinar o sistema à restrição é o DBR. O DBR é um mecanismo que pretende balancear a produção e torna-la mais harmoniosa e sincronizada. O primeiro passo é a identificação do *Drum* (Tambor) que já foi realizado noutra subcapítulo – o processo da Lavação. Ou seja, deverá ser a Lavação a marcar o ritmo da produção. Pretende-se que a lavação permita fazer as lavações necessárias para responder à procura do mercado e para tal é imprescindível criar um plano detalhado – segundo passo do DBR.

O segundo passo do DBR refere-se aos *buffers*. No entanto, já existia antes de cada processo um *buffer* onde é armazenado o produto em curso pois há sempre a preocupação de criar pequenos armazenamentos antes de cada processo evitando paragens. O fluxo de informação é, então, realizado através dos *Kanban* de produção.

No entanto, avaliando o posto de trabalho considerou-se que o desempenho da restrição podia ser elevado e que esta ainda podia fazer mais lavações do que na verdade estava a fazer, nomeadamente as máquinas novas que podiam realizar 12 lavações/dia. Para tal, o planeamento da produção e da organização da restrição foi realizado utilizando um recurso disponível no *Microsoft Excel* – o *Solver*. Esta ferramenta trabalha com variáveis de decisão, para através de combinações atingir um objetivo de acordo com as restrições e ajustar esses valores para satisfazer os limites das restrições e produzir o resultado que se pretende. Neste caso, o resultado pretendido é realizar o número de lavações projetadas pelo planeamento no mínimo tempo possível.

Como já foi referido anteriormente o planeamento da produção é feito semanalmente e partindo deste planeamento aplica-se a ferramenta com objetivo de determinar um plano que responda ao plano proposto mas que, ao mesmo tempo, permita realizar este plano no menor tempo possível. Ou seja, o objetivo será: Minimizar o somatório dos tempos das lavações, sabendo que o plano tem que ser cumprido e que existem três restrições:

- 1) Cada máquina só pode estar ocupada, no máximo, 23 horas
- 2) As lavações planeadas tem que ser iguais às lavações realizadas
- 3) As soluções que serão obtidas devem ser números inteiros pois trata-se uma lavação inteira, não podendo ser meias lavações.

A Figura 5.21 ilustra exatamente estes parâmetros inseridos no *Solver*.

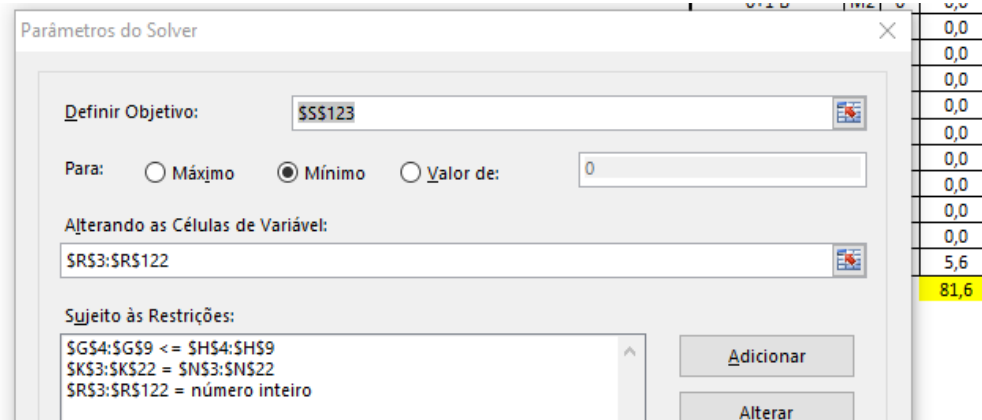


Figura 5.21 - Solução proposta para o plano detalhado da restrição

A solução que irá resultar do *Solver* pretende minimizar o tempo de ocupação das máquinas para que seja possível completar o plano proposto em menos tempo e assim adicionar mais lavagens por dia. Esta matriz resultante diz, então, quantas lavagens de que tipo fazer por máquina tendo em conta os tempos dos programas mais os tempos de carga e descarga e assim que conjugação fazer para cumprir o planeamento em menor tempo. Após observar o plano é necessário inserir os dados de entrada que irão servir de base para a ferramenta otimizar a matriz resultante.

Inicialmente, testou-se o *Solver* com algumas informações simples de base para uma observação macro, tais como o planeamento da Semana 21 segundo o *Solver* versus as lavagens realizadas na Semana 21, tal como se pode observar na Figura 5.22:

		Segunda-feira						Total	Terça-feira						Total	Quarta-feira						Total	Quinta-feira						Total	Sexta-feira						Total	
		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		
Solver	Turno 1	Clean 2000	4	4	0	2	1	3	28	4	3	0	0	3	2	23	4	4	0	0	3	2	22	4	3	0	0	4	3	21	4	4	0	0	3	3	23
		Clear	0	0	1	5	6	0		0	0	1	7	3	0		0	0	0	7	2	0		0	0	0	6	1	0		0	0	0	7	2	0	
		CL0	0	0	1	0	1	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	
	Turno 2	Clean 2000	2	2	0	1	1	2	17	2	2	0	0	2	1	14	2	2	0	0	2	1	12	2	2	0	0	2	2	13	2	2	0	0	2	2	13
		Clear	0	0	1	3	3	0		0	0	1	4	2	0		0	0	0	4	1	0		0	0	0	3	1	0		0	0	0	4	1	0	
		CL0	0	0	1	0	1	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	
	Turno 3	Clean 2000	3	3	0	1	0	2	18	3	2	0	0	2	2	17	3	3	0	0	2	2	18	3	2	0	0	3	2	17	3	3	0	0	2	2	17
		Clear	0	0	0	4	5	0		0	0	0	6	2	0		0	0	0	6	2	0		0	0	0	6	0	0		0	0	0	6	1	0	
		CL0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	
	Total Planeado		58							51							51							47							51						
	Total Diário		63							54							52							49							53						
	Realizado	Turno 1	Clean 2000				1	3	2	18	3	3	3	4	3	3	19	3	3		2	3	3	18	3	3		2	3	3	19	4	3	3		3	3
Clear			3	3	3												1							1													
CL0						3																															
Turno 2		Clean 2000	1	1	1	3	3	3	19				1	2	1	11	1	2	2	3	1	2	15	1	2		3	3	2	15	3	2			3	3	15
		Clear	3	2	1					2	1	1	1				2							1	2						3	2					
		CL0				1							1	1																							
Turno 3		Clean 2000	1	1	1	3	4	20	1	1	1	3	3	19	1	1			3	3	18	1	1		3	3	3	19				2	2	2	12		
		Clear	3	2	2	3			3	2	2				2	1	2	4			2	3	3					2	2	2							
		CL0										3																									
Total Planeado		58							51							51							47							51							
Total Diário		57							49							51							53							46							

Figura 5.22 - Planeamento S21 vs Lavagens Realizadas S21

Observou-se, então, que existe um grande desfasamento entre o planeamento possível e o que é efetivamente realizado. Tentou-se compreender as causas que estavam na origem deste problema como se verificou no subcapítulo 5.2.2. e resolvê-las. Neste sentido, aumentou-se a sensibilidade da ferramenta e afinar a distribuição do planeamento de acordo com:

- Máquinas
- Tipo de Lavação
- Classes
- Múltiplas restrições
 - Tempos dos programas
 - Restrições das máquinas
 - Tempos de descargas

Desta forma a ferramenta fica então mais sensível e permite obter melhores resultados. Os resultados dados são “quantas lavagens de cada produto se deve fazer em cada máquina de forma a minimizar o tempo”, ou seja, após a definição da função objetivo e das restrições o programa corre e vai resultar no preenchimento da terceira coluna da Figura 5.23. Na primeira coluna está identificado o produto, na segunda as máquinas, na terceira o resultado dado pelo Solver e a última coluna será a multiplicação do número de lavagens pelo tempo de cada lavagem. Esta última coluna servirá para fazer a soma da célula da função objetivo.

RESULTADOS			
AA CL2000	M1	0	0,0
AA CL2000	M2	0	0,0
AA CL2000	M3	0	0,0
AA CL2000	M4	0	0,0
AA CL2000	M5	0	0,0
AA CL2000	M6	0	0,0
A CL2000	M1	4	10,1
A CL2000	M2	0	0,0
A CL2000	M3	0	0,0
A CL2000	M4	5	11,7
A CL2000	M5	0	0,0
A CL2000	M6	0	0,0
AB CL2000	M1	0	0,0
AB CL2000	M2	0	0,0
AB CL2000	M3	0	0,0
AB CL2000	M4	0	0,0
AB CL2000	M5	0	0,0
AB CL2000	M6	2	5,6
B CL2000	M1	0	0,0
B CL2000	M2	0	0,0
B CL2000	M3	0	0,0
B CL2000	M4	0	0,0
B CL2000	M5	0	0,0
B CL2000	M6	2	5,6

Figura 5.23 - Matriz Resultante da Aplicação da Ferramenta Solver

A matriz resultante do algoritmo dará, então, as lavagens a fazer por máquina de forma a cumprir o plano. Após isto verificou-se que as máquinas não estavam ocupadas as 23 horas por dia, havendo máquinas que, por vezes, tinham uma ocupação muito reduzida. Esta conclusão serviu para identificar uma possível forma de elevar o desempenho da restrição, ou seja, tentar ocupar ao máximo as máquinas de forma a avaliar o comportamento do processo e de todo o sistema.

Da matriz resultante surge, então, o número de lavagens a fazer em cada máquina no dia e não que lavagens deve fazer cada turno. Desta forma foi necessário fazer uma divisão das lavagens diárias por turnos.

Inicialmente, em fase de experimentação, esta divisão ainda foi realizada à mão tendo sempre em consideração o *stock* intermédio e o plano de produção. No entanto, idealmente, esta divisão deveria ser feita automaticamente ou até pelos próprios operadores quando estes compreendessem de forma clara o funcionamento e objetivo da mesma.

A exploração e aplicação desta ferramenta permitiram aumentar a produtividade das máquinas de lavação e aumenta a quantidade de rolhas lavadas por dia. Inicialmente, antes de aplicar qualquer melhoria, o número médio de lavações por dia rondava as 46 lavações por dia o que representava cerca de 2.760 mil rolhas por dia, com a aplicação o planeamento semanal foi aumentado para 52 lavações por dia.

O aumento produtivo do processo da Lavagem poderia influenciar a carga no processo seguinte, ou seja, da Escolha Eletrónica. No entanto, esta encontra-se bastante otimizada e avaliou-se que esse aumento não seria prejudicial até porque o *Lead Time* entre os dois processos rondava as 8h e idealmente até deveria ser mais pois as máquinas da EE são aparelho muito sensíveis e que podem fazer uma leitura incorreta das rolhas caso estas ainda venham húmidas do processo anterior. Ou seja, utiliza-se o critério FIFO na EE e o *lead time* pode aumentar umas horas.

Assim sendo, no planeamento da restrição introduziu-se o *software Solver* e subordinou-se o dimensionamento dos *Kanban* ao ritmo da Lavagem. Os operadores do processo anterior à lavagem passaram a ser informados da produção da Lavagem diariamente de forma a facilitar a troca de informação e a subordinar o processo Retificação ao ritmo da Lavagem. O processo da Retificação dispunha de algumas máquinas com uma velocidade elevada e considerou-se que se a Lavagem não tinha ritmo para esta produção não era necessário recorrer a uma velocidade tão elevada. A redução da velocidade representa vantagens, também, a nível da saúde de trabalho dos operadores pois cria menos ruído e menos pó.

Outra vantagem esta subordinação é a redução do WIP antes do processo da lavagem. Assim, para avaliar essa redução recorreu-se, novamente, à simulação real do sistema para verificar a quantidade de WIP existente antes da restrição. A Figura 5.24 apresenta a evolução de WIP na fase de implementação do *Solver* e apresenta, também, a reta referente ao WIP antes de qualquer melhoria.

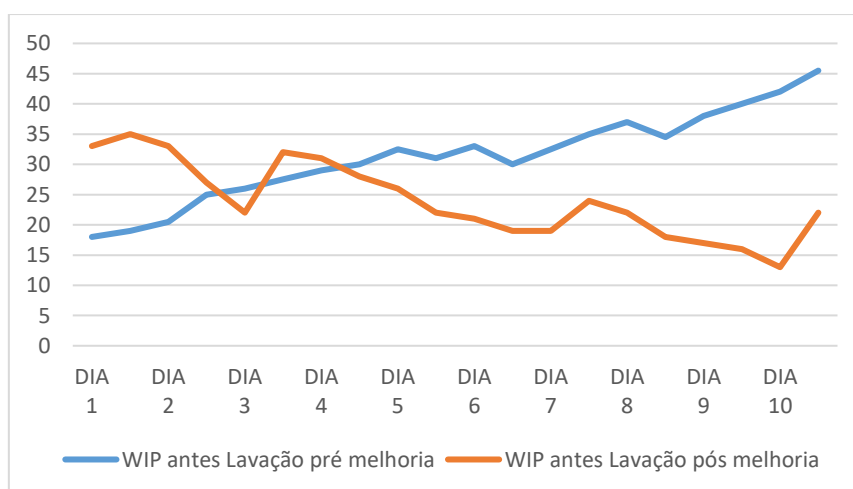


Figura 5.24 - Evolução do WIP: Comparação

Tal como se pode verificar o WIP antes da Lavação após as melhorias reduziu cerca de 45%, passando haver quase metade dos cestos na fila de espera. Através da simulação DES, também, se pode verificar esta redução (Figura 5.25).

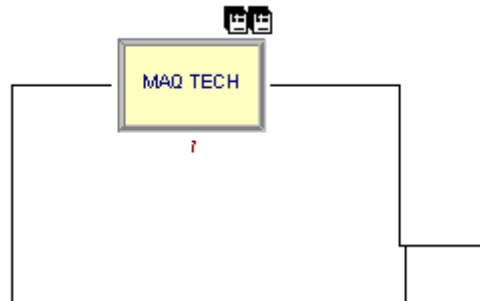


Figura 5.25 - Fila de Espera na Lavação

5.4 Reavaliação da Restrição

Após as melhorias implementadas é necessário reavaliar o sistema e a restrição e verificar o estado desta, ou seja, é necessário avaliar se a restrição já cumpre o *Takt Time* calculado. Caso a restrição não consiga cumprir este tempo então é necessário recorrer à fase de elevar o seu desempenho sendo posta em causa a necessidade de investir em novos equipamentos, operadores, mudanças de *layout*.

O processo opera durante 23 horas por dia logo, durante os 21 dias úteis, foram trabalhadas efetivamente 483 horas. E foram processadas 56 530 mil rolhas, logo o novo tempo de ciclo do processo da lavagem é dado pela equação 4:

$$\text{Tempo de Ciclo} = \left(\frac{56530}{483}\right)^{-1} = (117,039)^{-1} \text{ mil rolhas/h} = 30,759 \text{ seg/mil rolhas} \quad (4)$$

Sabendo que o *Takt Time* do sistema é de 33,23 seg./mil rolhas e que o atual o tempo de ciclo da Lavação está 2.4 seg/mil rolhas abaixo pode-se concluir que esta já não apresenta uma restrição para o sistema logo o seu tempo de ciclo já permite responder às necessidades. Por outro lado, como este processo já não é a restrição, pode-se concluir que o primeiro ciclo de melhoria está encerrado e que não é necessário recorrer à quinta fase e elevar o desempenho da restrição e, conseqüentemente, não é necessário proceder ao investimento monetário.

Tal como se verificou, o processo da Lavação já não é o processo restritivo logo não é necessário recorrer a investimento monetário para o elevar o desempenho da restrição.

Neste momento, pode-se encerrar o primeiro ciclo de melhora pois a restrição já cumpre o *Takt Time* do sistema e como tal, já não ocupa o lugar de maior preocupação. No entanto, é necessário não descuidar deste processo e dever ser feito um trabalho de controlo, verificação e monitorização do processo para que

todas as melhorias continuem a ser implementadas e que não haja qualquer deterioração das novas boas práticas implementadas.

Assim sendo, é possível iniciar-se o 2º ciclo de melhoria.

5.5 Melhorias no Sistema

Tal como foi referido num capítulo anterior, Okimura e Pacheco defendem que embora as melhorias devam ser focadas na melhoria do processo restritivo estas não devem ser exclusivas, ou seja, devem existir outras melhorias que possam ter impacto em todo o sistema produtivo. Assim sendo, foram desenvolvidas algumas ações que permitiram criar melhorias na secção “TT.ESC” na qual estão incluídos os processos Lavação – Escolha Eletrónica – Embalagem.

Uma das melhorias passou pela redução de defeitos da primeira Escolha no processo da EE. Este trabalho já tem vindo a ser desenvolvido no entanto foram criadas novas metas e formas de controlar estes defeitos:

- Criaram-se metas trimestrais para as percentagens dos defeitos com o objetivo de no final do ano ter uma percentagem de 6%;
- Destacou-se uma equipa que diariamente após ser feito o registo da produção e após a análise dos produtos com percentagens mais altas se reunia para avaliar se as rejeições da máquina estavam corretas ou não (e assim reduzir, também, as falsas rejeições);
- Realização diária de um diagrama de pareto antes e depois da EE para avaliar se as máquinas estavam a escolher de forma coerente;

Embora pareça que esta medida em nada envolve o processo restritivo, a verdade é que ao reduzir a percentagem de defeitos então a percentagem de produto reprocessado também irá diminuir. No processo da lavação, diariamente, pelo menos, quatro lavações são de produto reprocessado e são realizadas sempre lavações mais demoradas (CL2000 e CLEAR, nunca CL0) portanto a ocupação das máquinas da lavação com reprocessamentos representa quase 12%. Ou seja, se as percentagens de defeitos diminuíssem então a carga sobre a lavação irá, conseqüentemente, diminuir.

Outro melhoria imposta foi o registo de produção da EE passar a ser feito pelos próprios operadores. No início da realização deste projeto a tarefa de registar a produção era feita por alguém alheio ao processo da EE, ou seja, os operadores no fim de cada turno preenchiam uma folha com a produção de cada máquina e depois essa produção era passada para o computador por alguma pessoa, não sendo necessariamente sempre a mesma. Este facto levava a que, por vezes, alguns registos não ficassem corretos ou incompletos porque ou não se percebia a letra ou como não sabiam exatamente o que poderia ser aquela informação. Além destes fatores era necessário, semanalmente, imprimir os impressos em papel que iriam ser preenchidos para depois de utilizados serem arrumados em dossier. Ou seja, havia um excessiva utilização de papel desnecessária que se traduzia em necessidade de espaço para arrumar a acumulação de papel e, conseqüentemente, acumulação de lixo. Assim sendo, a alternativa encontrada foi o registo ser

feito pelos próprios operadores da EE. Para tal foram criadas etiquetas reutilizáveis que permitissem escrever e apagar, assim cada vez que há uma troca de lavação há um novo registo. Esta melhoria permite que como os registos são feitos pelos próprios operadores que estejam mais reais e respeitam sempre a mesma estrutura, permite que qualquer dúvida possa ser esclarecida no momento; além disto permite reduzir a acumulação e gasto de papel.

Outra ação de melhoria imposta, neste caso, em toda a UI foram os novos indicadores criados referentes à eficiência energética. Desta forma além de reduzir custos derivados da energia permite fazer uma melhor gestão das alturas do dia em que se podem fazer limpezas.

Todas estas melhorias constituíram novas fichas de melhoria na secção e o *Standard Work* criado e estão presentes em *Anexo A.VIII e Anexo IX*.

Capítulo 6 Conclusões Finais e Sugestões de Trabalho Futuro

Em conclusão, a proposta e implementação do Modelo TLS selecionado permitiu iniciar e completar um ciclo de melhoria contínua com sucesso. Infelizmente não foi possível iniciar o novo ciclo proposto mas com a criação do sistema produtivo num *software* é, agora, possível avaliar *offline* o comportamento do sistema e antecipar quais podem ser as próximas principais restrições.

A realização da presente dissertação permitiu, ainda, a identificação e análise de diversos modelos de integração das metodologias TOC, *Lean* e Seis Sigma (TLS). Há seis modelos existentes analisados, explorados e caracterizados de forma a identificar os seus pontos mais e menos fortes tendo sido o ponto de partida para a proposta de operacionalização do modelo TLS selecionado. Assim sendo, e após a aplicação do modelo foi possível verificar que a implementação de modelos integrados TLS apresentam uma solução mais eficaz e eficiente, recomendando-se a sua aplicação e exploração organizacional.

Embora se possam encontrar diversas contradições entre os três modelos fundamentais - a TOC, por exemplo, defende que os esforços devem estar focalizados na restrição, o Seis Sigma, por sua vez, focaliza-se na redução da variabilidade do problema enquanto o *Lean* apoia a melhoria dos processos restritivos por eliminação dos desperdícios. As três metodologias procuram a melhoria contínua, pretendem gerar ganhos e reduzir custos e, assim, as suas técnicas e ferramentas utilizadas em simultâneo permitem obter estes resultados de forma mais rápida e eficaz. A utilização simultânea de duas metodologias também foi uma abordagem realizada no estado da arte contudo, considera-se que essas integrações já não conseguem de responder de forma tão eficiente a sistemas tão completos e que a junção de uma terceira metodologia poderá fazer muita diferença.

Da análise realizada aos modelos de integração TOC, *Lean* e SS existentes e os respetivos resultado, particularmente, os modelos UIC de Bob Sproull (2009), o modelo iTLS de Pirasteh e Fox (2010) e a proposta do modelo TLS de Luís Silva (2015). Este último foi selecionado e foram incluídas novas técnicas como a Simulação, a Análise de Valor e a Avaliação das propostas de melhoria.

Da implementação do modelo utilizaram-se ferramentas como a simulação real e a simulação em ARENA e o VSM para caracterizar o estado atual do sistema e verificou-se que o sistema disponha de alguns processos que não conseguiam dar resposta às exigências e tempos exigidos por outros processos tendo-se concluído que se estava perante uma restrição interna. Neste sentido optou-se por calcular as capacidades dos processos que se encontravam bastante diferentes com as registadas e das capacidades teóricas. Com a aplicação de ferramentas mencionadas foi possível identificar o processo restritivo – a Lavação. Foi, então, criada uma equipa onde o foco era a melhoria da restrição e, conseqüentemente, um plano de ação.

Na segunda fase do modelo foram identificadas várias fontes de desperdício e de variabilidade e, conseqüentemente, várias oportunidades de melhoria nomeadamente a reorganização do trabalhos dos operadores, o controlo de humidade, as condições do local de trabalho entre outras. Através de ferramentas LSS foi possível responder a estas oportunidades e assim beneficiar o funcionamento do processo. A aplicação da Análise de Valor permitiu caracterizar a criação de valor dos processos e no produto e qual o impacto desse valor face à intervenção que poderia ter no sistema, ou seja, verificar se o impacto de valor que estava a incrementar no produto era o suficiente face ao facto de ser a restrição do sistema. Foram, então, criadas medidas de ação ao sistema.

Na terceira fase do processo que corresponde à Subordinação do sistema à restrição. Por norma, esta subordinação faz-se recorrendo à implementação do *Pull* e do DBR, no entanto, como sistema produtivo já utiliza um sistema *pull*, procedeu-se à aplicação do DBR, para subordinar o funcionamento do sistema ao ritmo da restrição e desta forma reduzir a produção em excesso e que depois ficava acumulada na restrição. Desta forma, o processo da Lavação tornou-se mais eficiente e deixou de ser, atualmente, o processo restritivo.

Na reavaliação o processo da Lavação verificou-se que o tempo de ciclo deste passou a ser de 30,76 seg./mil rolhas, ou seja, abaixo dos 33,23 seg./mil rolhas que correspondem ao *Takt Time* do sistema.

Para além da melhoria da redução do Tempo de Ciclo, as melhorias aplicadas na Lavação representaram outros ganhos operacionais ao sistema nomeadamente, o aumento de ocupação das máquinas da Lavação, a redução de WIP antes deste processo de 37 cestos, em média, por dia para 16 que, por vezes, representava produto danificado; a eliminação do PNC LAV que representava, em média, 8 lavações por mês e, conseqüentemente, redução de defeitos. Por outro lado, também, representaram diversas melhorias para os próprios trabalhadores pois viram o seu trabalho bastante simplificado com a aplicação do *Solver* e com o controlo da humidade em SPC; a plataforma de circulação no piso da zona de carga das máquinas. Todas estas melhorias permitiram aumentar a produtividade do processo Lavação e atingir a meta de lavar, em média, 15.200 mil rolhas por semana.

Caso a melhoria não tivesse sido eliminada então era necessário recorrer a investimento monetário para elevar o desempenho da restrição, ou seja, era necessário investir em novos equipamentos que permitissem elevar a capacidade da restrição.

Em suma, o primeiro ciclo deste modelo foi completado e o sistema está pronto a sofrer uma nova avaliação de forma a iniciar o novo processo restritivo

Na aplicação deste projeto foram sentidas, no entanto, algumas dificuldades o que, por vezes, atrasou e condicionou tarefas da implementação do modelo. Um dos problemas ocorridos na aplicação do modelo foi sentido logo na fase inicial resultante da existência de limitações de recursos que impossibilitou a alimentação do processo restritivo; outro problema ocorrido foi originado pela avaria não prevista de duas máquinas da restrição, numa das alturas mais críticas da implementação do projeto. Estas duas máquinas avariaram na fase de implementação do *solver* e, neste sentido, alguns testes ficaram condicionados. No entanto,

apesar das dificuldades sentidas foi possível a criação e implementação do modelo, tendo-se alcançado impactos positivos com mais-valia para a organização.

➤ **Sugestões de trabalho futuro**

Como qualquer sistema produtivo apesar das melhorias realizadas é necessário ter consciência que a perfeição não existe e que ainda muito trabalho pode ser desenvolvido. Neste sentido surgem oportunidades de trabalho futuro com o objetivo de melhorar o sistema de torná-lo ainda mais eficiente.

Assim sendo e como foi referido deve-se aplicar novamente o modelo TLS explorado para dar início a um novo ciclo e encontrar a nova restrição do sistema. Por outro lado, visto que a UI Equipar é muito grande e que, por vezes, umas secções podem estar relacionadas ou influenciar outras então uma sugestão seria aplicar o modelo TLS também à Secção AGLO e Secção EQD. Por vezes, a Secção TT tem que ajudar a Secção AGLO e embora haja capacidade para tal seria interessante avaliar o porquê desta necessidade. Ou seja, podem existir recursos que não estão ser utilizados da forma mais eficiente.

Por outro lado, existem recursos (cestos e palotes, por exemplo) que são utilizados pelas diversas secções e que, por vezes, podem condicionar o funcionamento das mesmas. Isto é, uma altura de elevada produção em uma das secções pode influenciar a outra por haver falta de material e a aplicação deste modelo poderá ajudar a compreender a melhor forma de gestão destes recursos ou até provar a necessidade de investimento monetário.

Embora o processo da Lavação já não seja a restrição, este processo está muito dependente dos operadores, assim em qualquer altura a sua capacidade pode variar. Uma ferramenta que se utilizou na execução deste projeto foi o *Solver* do *Microsoft Excel* e verificou-se a ferramenta poderá facilitar bastante a organização do trabalho e até pode ajudar no planeamento das limpezas do processo, por exemplo, e deverá haver um plano mais aprofundado sobre a aplicação desta ferramenta no processo e nomear um responsável que certifique e acompanhe a sua aplicação. Numa fase inicial esta aplicação deve ser seguida de forma mais minuciosa mas ao longo do tempo os operadores, mais familiarizados, poderiam ficar com essa tarefa.

Outro trabalho apesar de iniciado é, ainda, um trabalho que exige uma mais elevada preocupação e exigência é a redução dos defeitos para um valor de 4%. É muito importante reduzir as falsas rejeições na EE porque representa um gasto monetário elevado (podem representar um perda de 30 UM por cada mil rolhas) deverão ser tidos em conta pontos essenciais para o controlo dos defeitos com o maior rigor e o acompanhamento em tempo real. Isto é, deve haver um forte acompanhamento dos pontos onde são criados dos principais defeitos para que as rolhas com defeito não sofram mais processos e que não lhes seja incrementado mais valor porque depois tem que ser reprocessadas. Esta redução iria representar um aumento de produtividade, um aumento do nível de qualidade e, conseqüentemente, dos índices; iria facilitar o trabalho dos operadores da EE porque, à partida, não iriam ter que recusar cestos e repassá-los; e, claro, iria haver um aumento dos valores monetários porque os produtos processados à primeira estaria bem não sendo necessários reprocessamentos nem desvalorizações de classe.

Referências Bibliográficas

- Amorim (2016), *Relatório e Contas 2015*. [Disponível em < <http://www.amorim.com/investidores/relatorio-e-contas>>]
- APCOR (2015). *Crescer em valor é a estratégia a seguir*. Anuário de cortiça – Boletim Estatístico. [Disponível em < <http://www.apcor.pt/quem-somos/apresentacao/historia/>>]
- Chou, Y.C., Lu, C.H., & Tang, Y.-Y. (2012). *Identifying inventory problems in the aerospace industry using the theory of constraints*. International Journal of Production Research, 50, 4686 – 4698.
- Cox, J., Schleier, J. (2010) *Theory of Constraints: Handbook*, McGraw-Hill, New York. ISBN: 978 -0-07-166555-1
- Delgado, F. (2014) *Melhoria de um Processo Produtivo: O Caso da Corticeira Amorim (Equipar)*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico (Taguspark), Oeiras. [Disponível em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/departamentos/deg/dissertacao/2353642490641>]
- Dettmer, H.W. (2001). *Beyond Lean Manufacturing: Combining Lean and The Theory of Constraints for higher performance*. Port Angeles, US.
- Dettmer, H. W. (2003). *Strategic Navigation: A systems approach to business strategy*. Milwaukee, WI, USA: ASQ Quality Press.
- Dinis, M. (2014). *Caso de Estudo: UI-Equipar. Procedimento de Amostragem de Aparas para Quantificação de 2,4,6 - Tricloroanisol*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. [Disponível em <<http://hdl.handle.net/10362/13746>>]
- Ehie, I., Sheu, C. (2005) *Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study*. Journal of Manufacturing Technology Management, 16 (5), 542-554.
- Ghorbani, M., Arabzad, S. M., Shirouyehzad, H., & Shahin, A. (2014). *Developing a logical model for cellular manufacturing systems by theory of constraints thinking process approach*. International Journal Logistics Systems and Management, 270 – 282.
- Goldratt, E., Cox, J. (2004) *The goal: A process of ongoing improvement*, 3rd Edition. The north riverpress, Great barrington, Massachusetts. ISBN: 0-88427-178-1
- Goldratt, E., Fox, R. (1986) *The Race*, Croton-on-Hudson, North River Press, New York. ISBN-13: 978-0884270621

- Gomes, A. R. V. (2015). *Caracterização do Fenómeno de Absorção de Líquidos em Rolhas Técnicas de Cortiça*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- Gusmão, S.L.L. (1998). *Um modelo conceitual para integração do Just In Time com a Teoria das Restrições em pequenas e médias empresas industriais*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Jin, K., Elikassabgi, Y., Zhou, H., Herrera, A. (2009). *Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement*. World Academy Science, Engineering and Technology, 49, 550-554,
- Júnior, J. (2014). *Aplicação de métodos estatísticos para o controlo e melhoria do processo: Produção de Rolhas Técnicas de Cortiça*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. [Disponível em <http://run.unl.pt/handle/10362/14267>]
- Liker, J. K. (2003). *The Toyota Way*. McGraw – Hill : New York.
- Liker, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior da fabricante do Mundo*. Porto Alegre: Bookman.
- Lucas, D. (2014) *Simulação de uma linha de produção com elevada variabilidade: uma abordagem-Teoria das Restrições/DBR*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. [Disponível em <http://run.unl.pt/handle/10362/14889>]
- Mabin, V. J., & Balderstone, S. J. (2000). *The World of the Theory of Constraints: A Review of the International Literature*, Boca Raton, FL.
- Mabin, V. J., & Balderstone, S. J. (2003). *The performance of the theory of constraints methodology: Analysis and discussion of successful TOC applications*. International Journal of Operations & Production Management, 23 (6), 568-595.
- Mercado, C. (2014). *O Modelo iTLS – Integração da Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: Análise da Aplicação do iTLS na redução do Lead Time em uma Cadeia de Valor em Multinacional no Brasil*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Moura, E. (2012). *Using TOC-TP as a Guide to Integrate Lean, Six Sigma, Process Management and TOC Solutions for Business Improvement*. [Disponível em http://c.ymcdn.com/sites/www.tocico.org/resource/resmgr/2012_conf_pdfs/moura_eduardo_toc-tp_as_a_g.pdf]

- Okimura, L. (2013). *Uma Exploração dos Modelos de Uso Integrado da Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, São Paulo.
- Okimura, L., Souza, F. (2012). *Análise dos Modelos de Integração das Abordagens Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma: Um Estudo Teórico*. VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. [Disponível em http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg8/anais/T12_0504_2983.pdf]
- Pacheco, D. (2012). *Integrando a estratégia de produção com a teoria das restrições, Lean manufacturing e seis sigma: Uma abordagem metodológica*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade do Vale do rio dos Sinos, São Leopoldo.
- Pacheco, D. (2014). *Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração*, Production, 24 (4), 940-956
- Paz, P. (2015). *Proposta de Simulação de Sistema Híbrido TOC-Lean*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. [Disponível em < <http://hdl.handle.net/10362/18300>>]
- Pereira, Z., Requeijo, J. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. FCT-Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. ISBN: 78-989-97721-0-6
- Pinto, L. (2012). *Aplicação Lean Seis Sigma (LSS) à Gestão de Projetos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. [Disponível em <<http://run.unl.pt/handle/10362/8760>>]
- Pirasteh, R., Farah, K. (2006). *Continuous Improvement Trio: The Top Elements of TOC, Lean, and Six Sigma Make Beautiful Music Together*. APICS Magazine, 16 (5), 31-33.
- Pirasteh, R., Fox, R. (2010). *Profitability With no Boundaries: Focus, reduce waste, contain variability, optimize TOC, Lean, Six Sigma Results*. ASQ Quality Press, Wisconsin. ISBN: 9780873897952
- Quintaneiro, S. (2014). *Uma perspectiva Lean Seis Sigma na Melhoria Contínua de um Sistema Logístico de Produção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. [Disponível em < <http://hdl.handle.net/10362/14242>>]
- Ramos, M. (2010). *Sincronização da Cadeia de Valor através da Integração da Teoria das Restrições e Produção Lean*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. [Disponível em < <http://hdl.handle.net/10362/10021>>]

- Silva, L.D. (2015). *Ensaio exploratório de um modelo TLS num Sistema Produtivo Lean: Caso Equipar*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- Snee, R. D. (2010). *Lean Six Sigma – Getting better all the time*. International Journal of Lean Six Sigma, 1 (1) , 9-29.
- Soni, A. (2011). *Four Ways to Combine Six Sigma With Theory of Constraints (TOC)*. White Paper. [Disponível em: <www.processexcellencenetwork.com>]
- Sproull, B. (2009a). *The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing Profits through the Integration of Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida. ISBN: 9781420090345
- Sproull, B. (2009b). *Maximizing Profits Through the Integration of Lean, Six Sigma and Theory of Constraints*. [Disponível em < <http://www.processexcellencenetwork.com/lean-six-sigma-business-transformation/articles/maximizing-profits-through-the-integration-of-lean>>]
- Stamm, M., Neitzert, T., Singh, D. (2009). *TQM, TPM, TOC, Lean and Six Sigma – Evolution of manufacturing methodologies under the paradigm shift from Taylorism/Fordism to Toyotism?*, School of Engineering, AUT University, 1, 1-10.
- Stone, K. B. (2012). *Four decades of Lean: a systematic literature review*. International Journal of Lean Six Sigma, 3 (2), 112-135.
- Tenera, A. (2006). *Contribuição para a melhoria da gestão da incerteza na duração dos projectos através da teoria das restrições*. Tese de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- Watson, K., Blackstone, J., Gardiner, S. (2006). *The evolution of a management philosophy: The theory of constraints*. Journal of Operations Management, 25 (2), 387-402.
- Womack, J.P., Jones, D.T., e Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. New York: Rawson Associates.

Anexos

A.I) Modelos de Integração

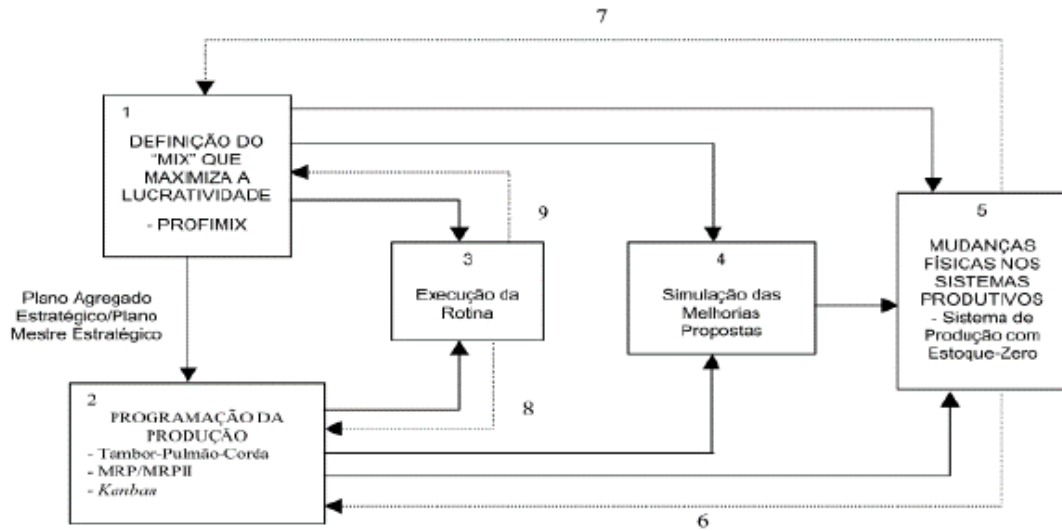


Figura A.I. 1 - Modelo integrado TOC e *Lean* de Antunes (1998)
[Adaptado: Pacheco (2012) p.103]

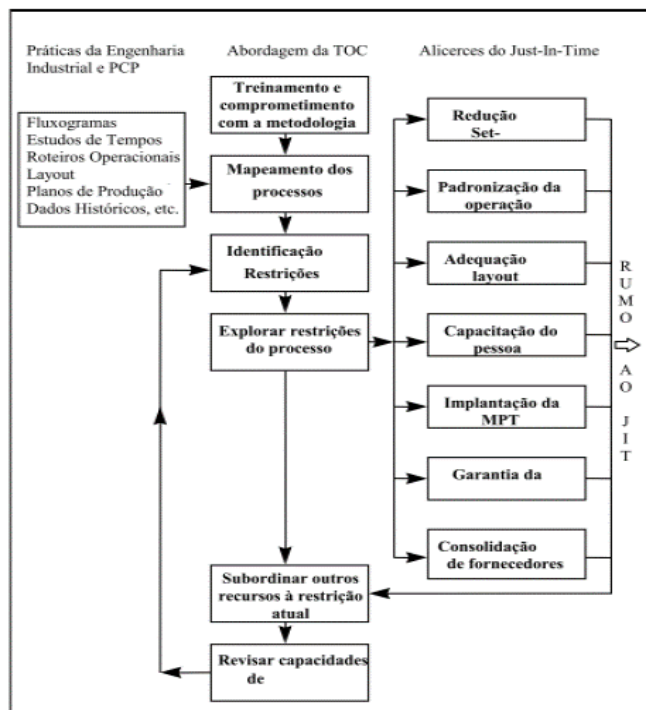


Figura A.I. 2 - Modelo integrado TOC e *Lean* de Gusmão (1998)
[Adaptado: PACHECO (2012) p.104]

1. Identificar a restrição (TOC)	Identificar o fluxo de valor (<i>Lean</i>) Mapeamento de Processos (<i>Lean</i>) Análise da rotina (<i>Lean</i>) Determinação da capacidade (TOC) Leiaute celular (<i>Lean</i>) Trabalho padrão (<i>Lean</i>) Regras e responsabilidades (<i>Lean</i>)
2. Explorar a restrição do sistema (TOC)	<i>Kanban</i> (<i>Lean</i>) Dimensionamento dos lotes de transferência <i>One piece flow</i> (<i>Lean</i>) Dimensionamento dos lotes de processo (TOC) Planejamento para trás (TOC) <u>Foco no gargalo</u> (Troca rápida, <i>Poka-Yoke</i> , <i>Kaizen</i> , Intruções de trabalho)
3. Subordinar (TOC)	<i>Kanban</i> (<i>Lean</i>) Pulmão (TOC) <u>Foco nos CCRs</u> (<i>5S housekeeping</i> , Troca rápida, TPM, <i>Kaizen</i> , Treinamento sobre <i>Lean</i> e TOC)
4. Elevar a restrição (TOC)	
5. Voltar ao passo 1 (TOC)	

Figura A.I. 3 - Modelo integrado TOC e *Lean* de Dettmer (2001)
[Adaptado: Pacheco (2012) p.105]

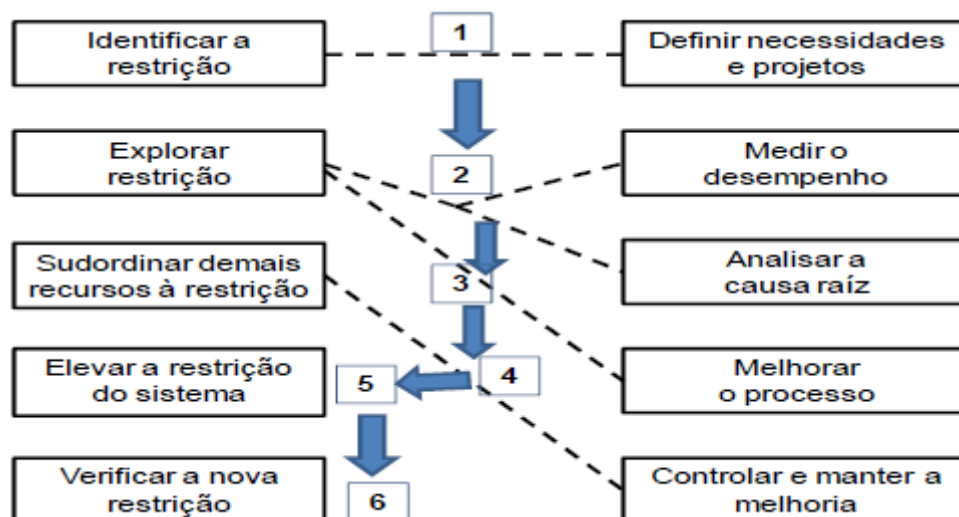


Figura A.I. 4 - Modelo integrado TOC e Seis Sigma de Ehei e Sheu (2005)
[Adaptado: Pacheco (2012), p.107]

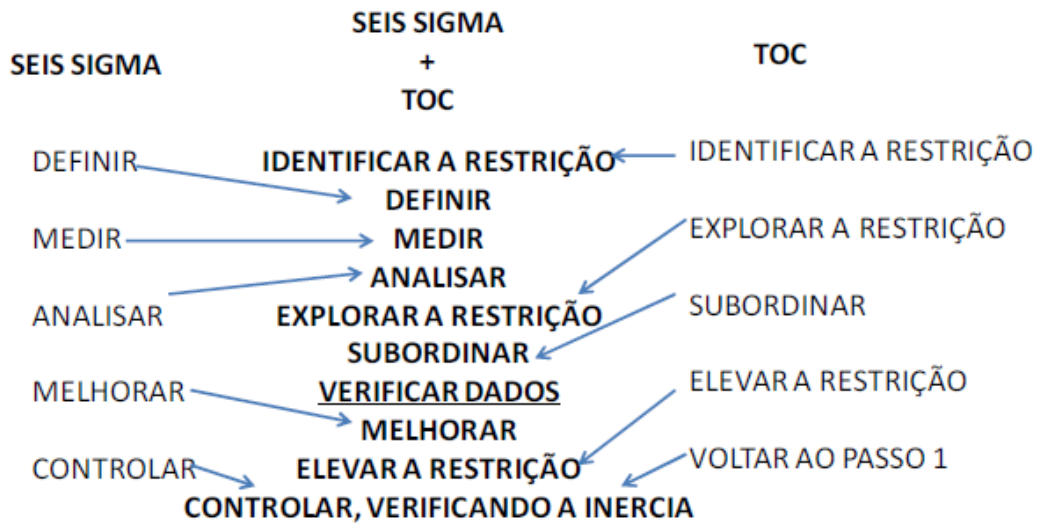


Figura A.I. 5 - Modelo integrado TOC e Seis Sigman de Jin et al. (2009)
[Adaptado: Pacheco (2012), p.109]

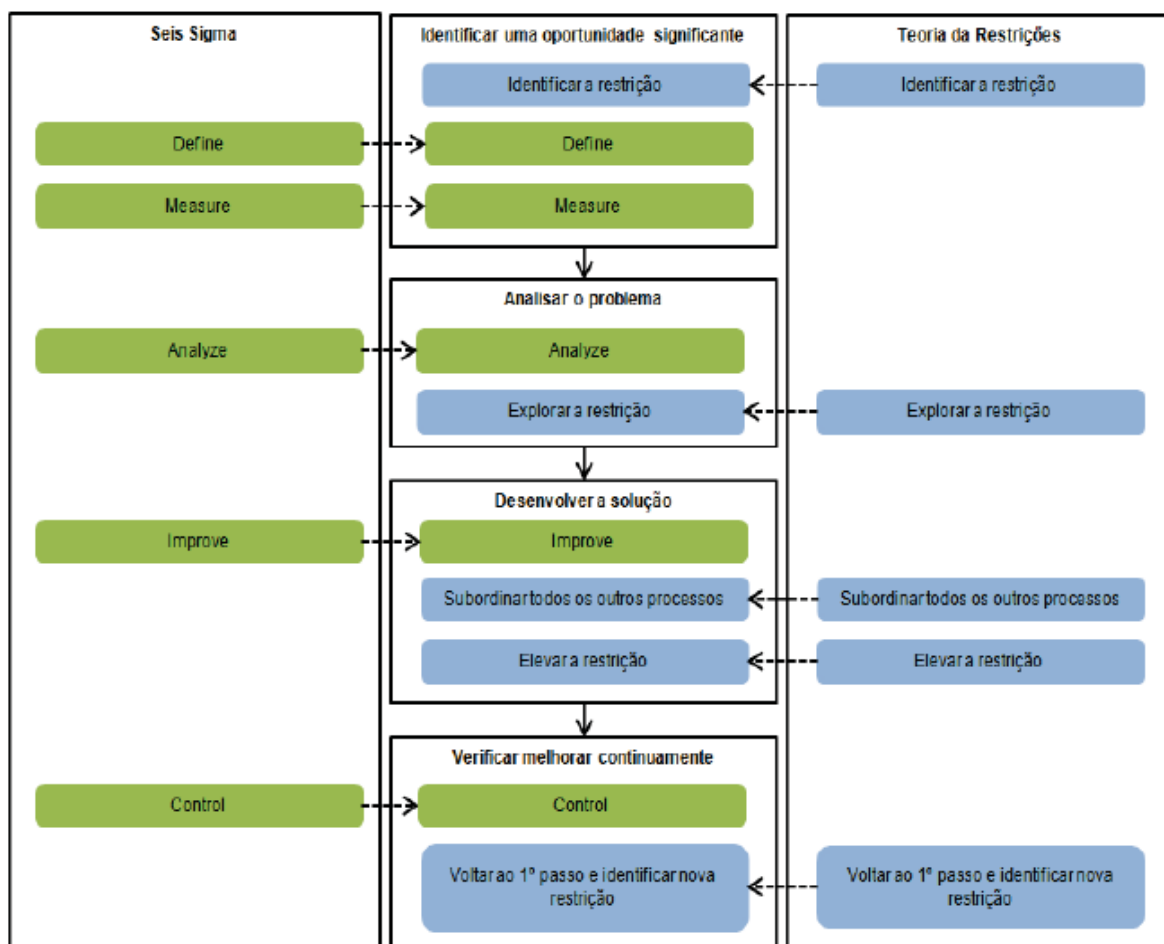


Figura A.I. 6 - Modelo integrado TOC e SS de Soni (2011)
[Adaptado: Okimura (2013) p.62]

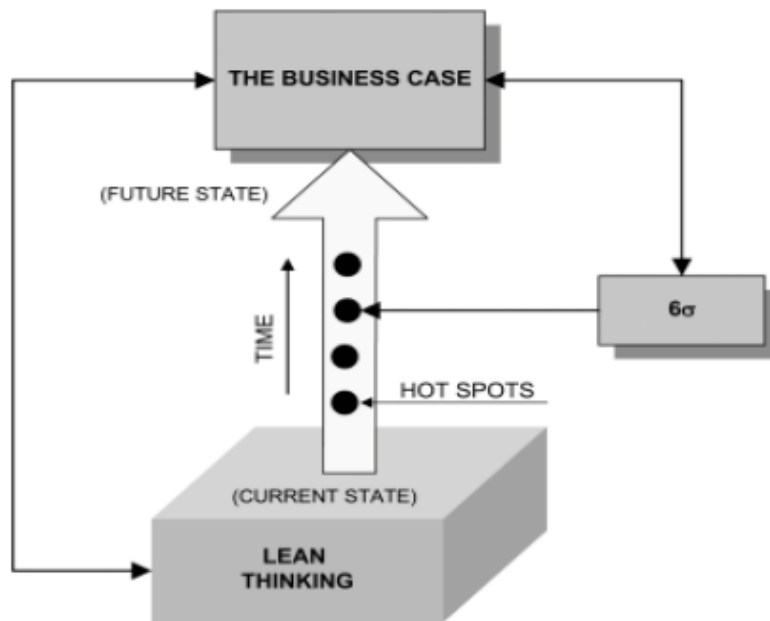


Figura A.I. 7 - Modelo integrado *Lean* e Seis Sigma de Pepper e Spedding (2010)
 [Adaptado: Pacheco (2012), p.112]

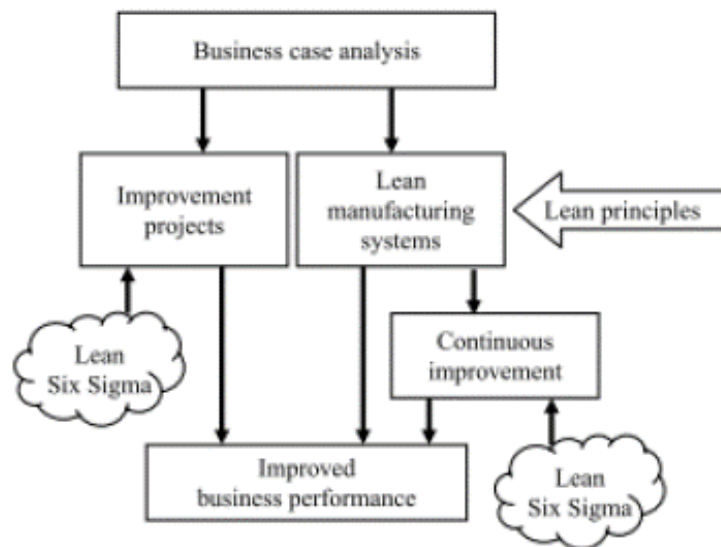


Figura A.I. 8 - Modelo integrado *Lean* e Seis Sigma de Snee (2010)
 [Adaptado: Pacheco (2012), p.113]

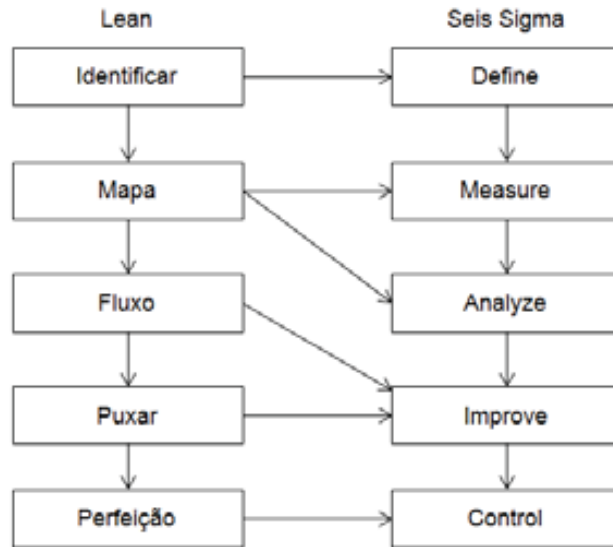


Figura A.I. 9 – Modelo integrado Lean e SS de Salah, Rahim e Carretero (2010)
 [Adaptado: Okimura (2012), p. 67]

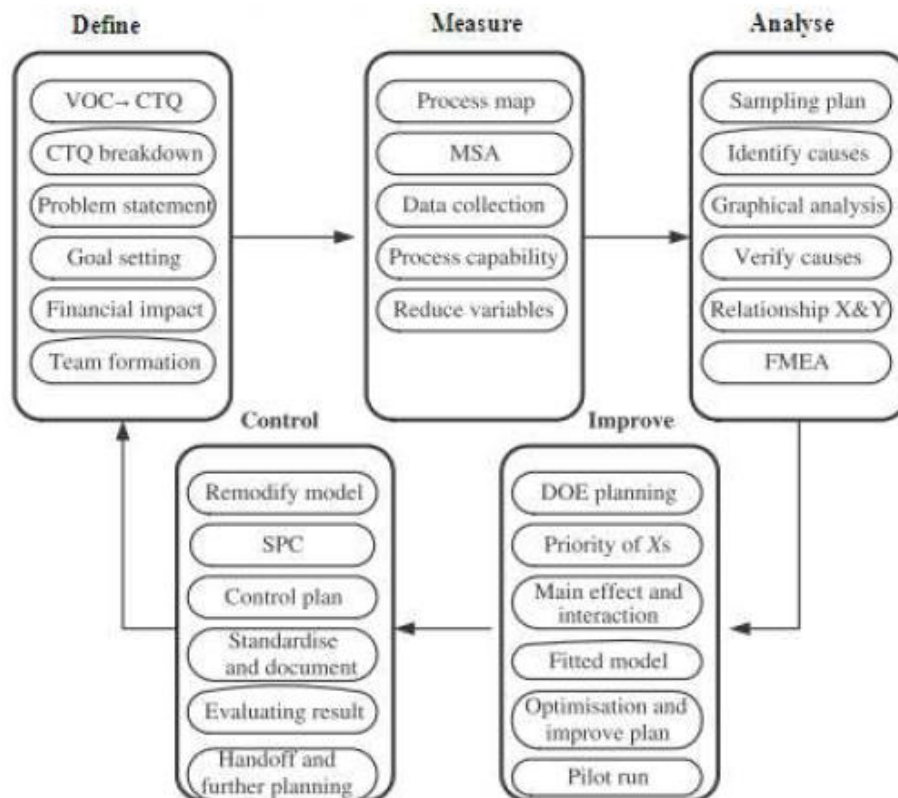


Figura A.I. 10 - Modelo integrado *Lean* e Seis Sigma de Chen Lyu (2009)
 [Adaptado: Pacheco (2012),p.116]

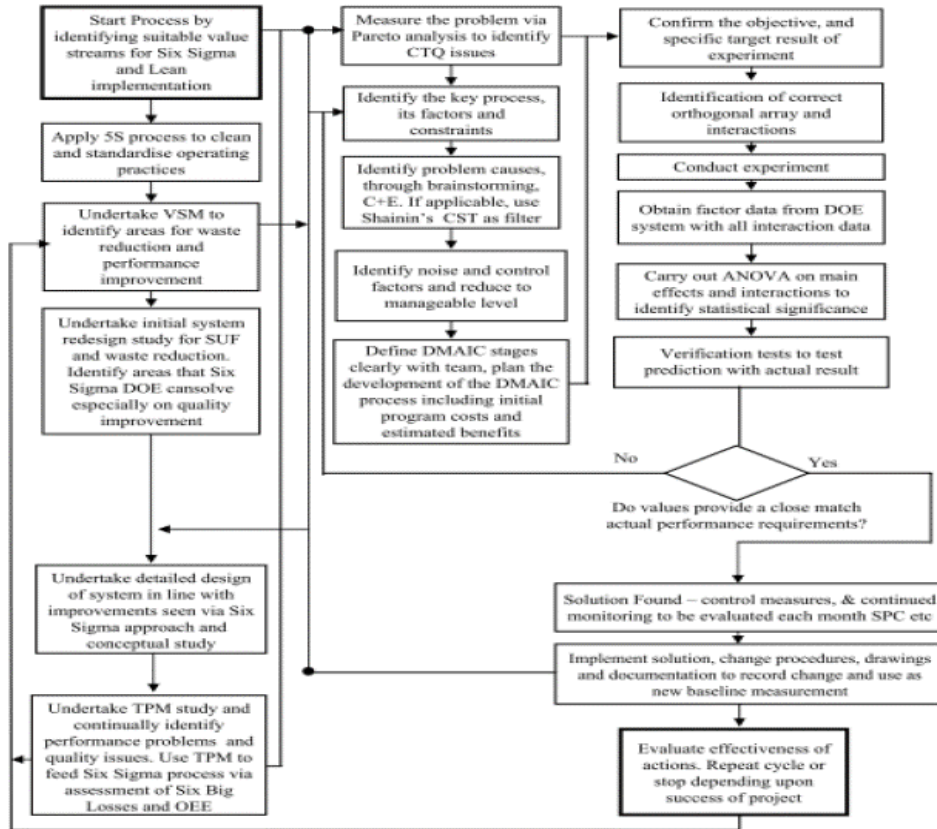


Figura A.I. 11 – Modelo integrado *Lean* e Seis Sigma de Thomas et al. (2009) [Adaptado: Pacheco (2012), p.119]

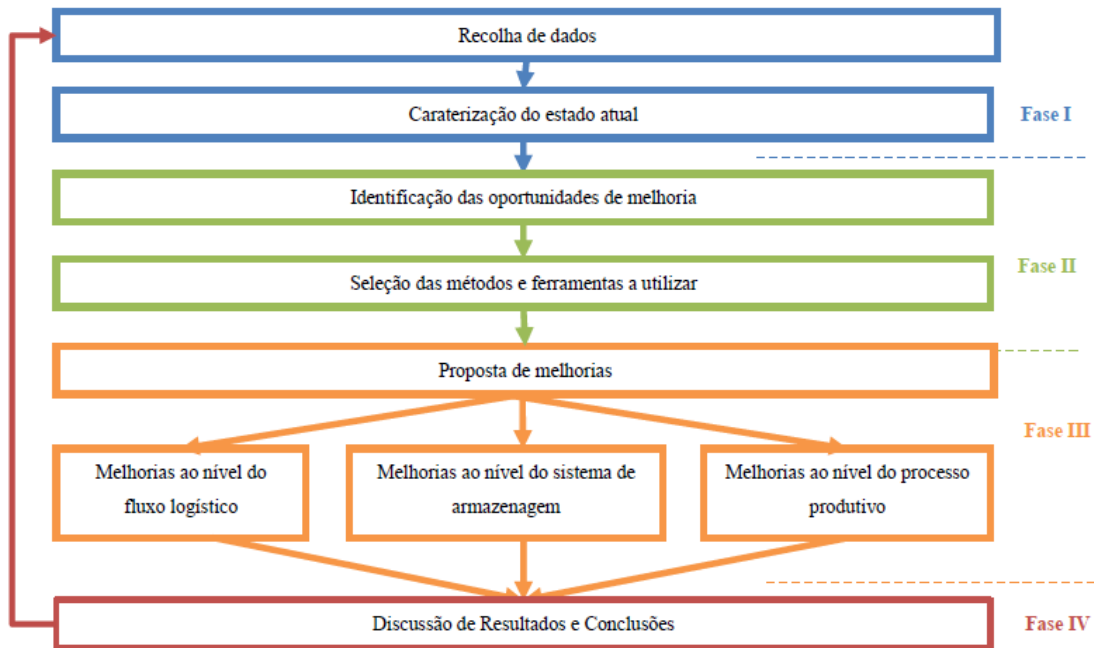


Figura A.I. 12 – Modelo integrado LSS de Quintaneiro (2014) [Adaptado: Quintaneiro (2014), p.33]

A.II) Simulação em ARENA

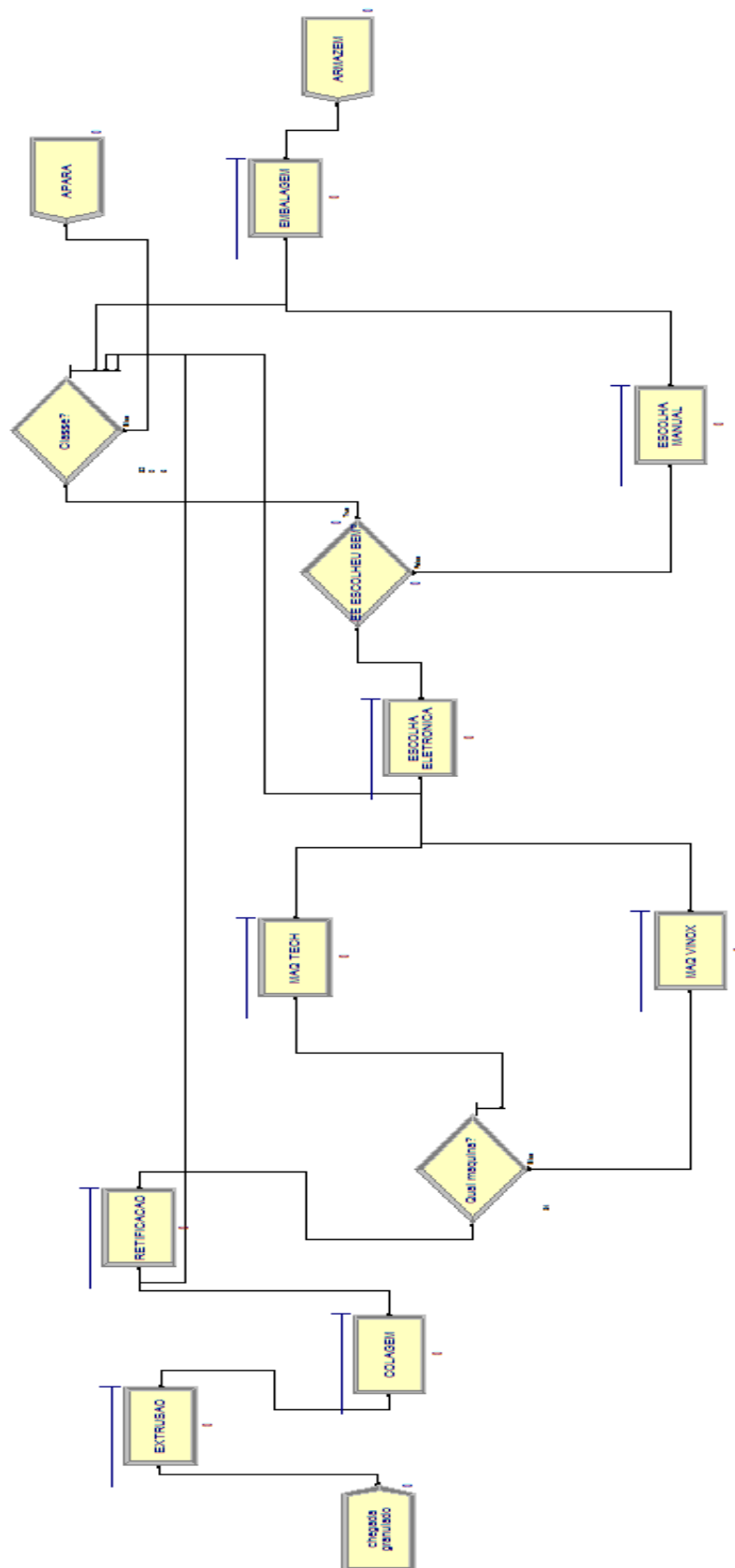


Figura A.II 1 – Modelo ARENA

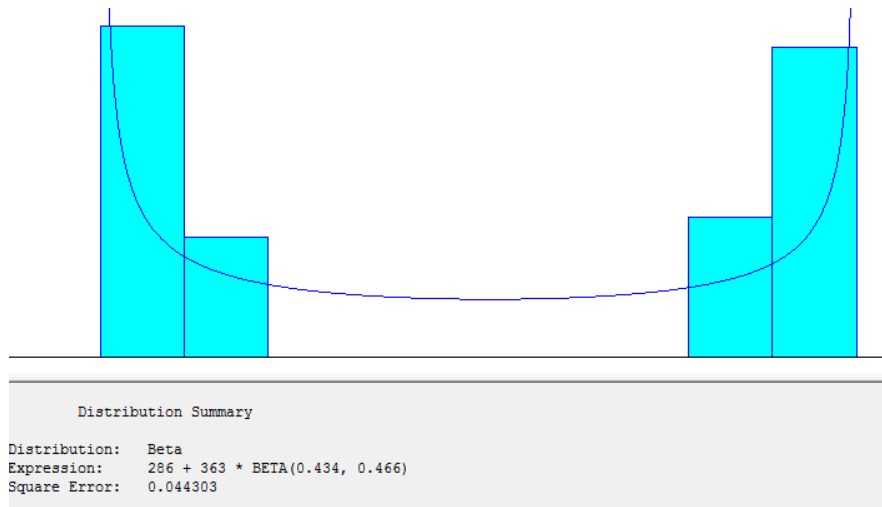


Figura A.II 2 - Distribuição da Colagem

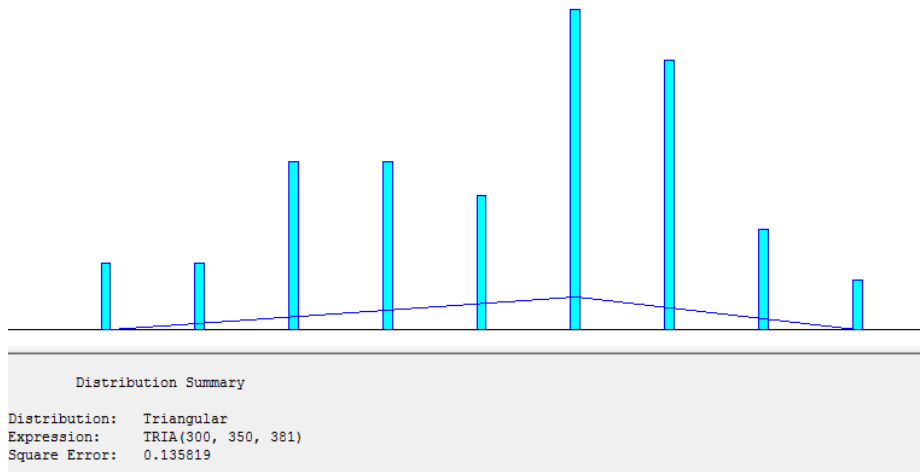


Figura A.II 3 - Distribuição da Retificação

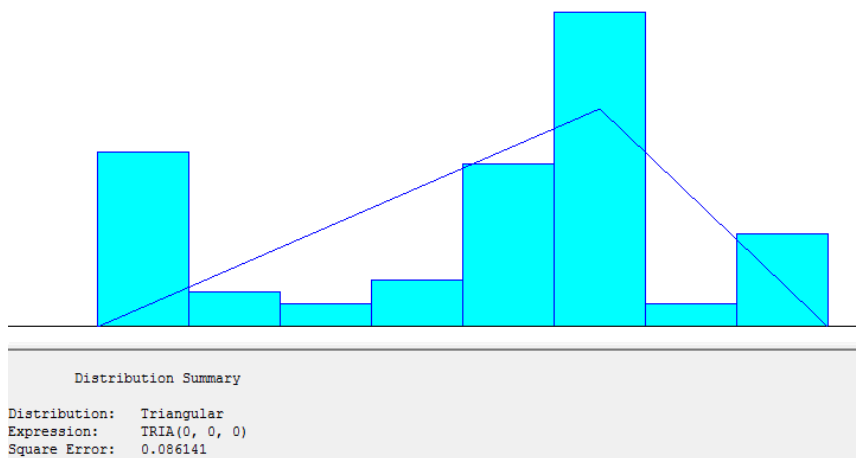


Figura A.II 4 - Distribuição da Escolha Eletrônica

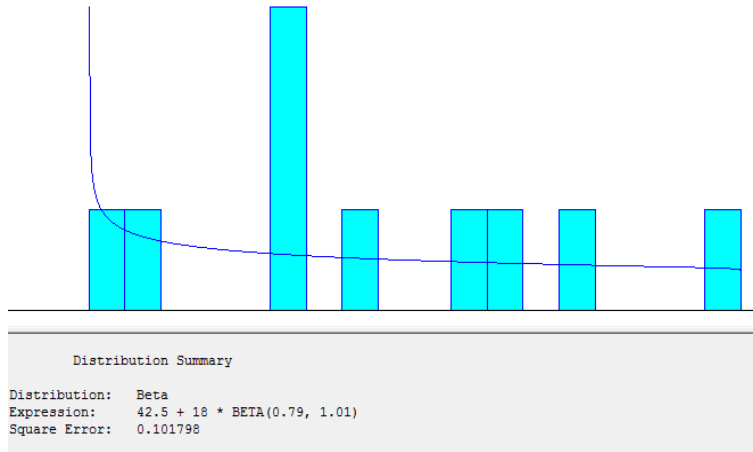
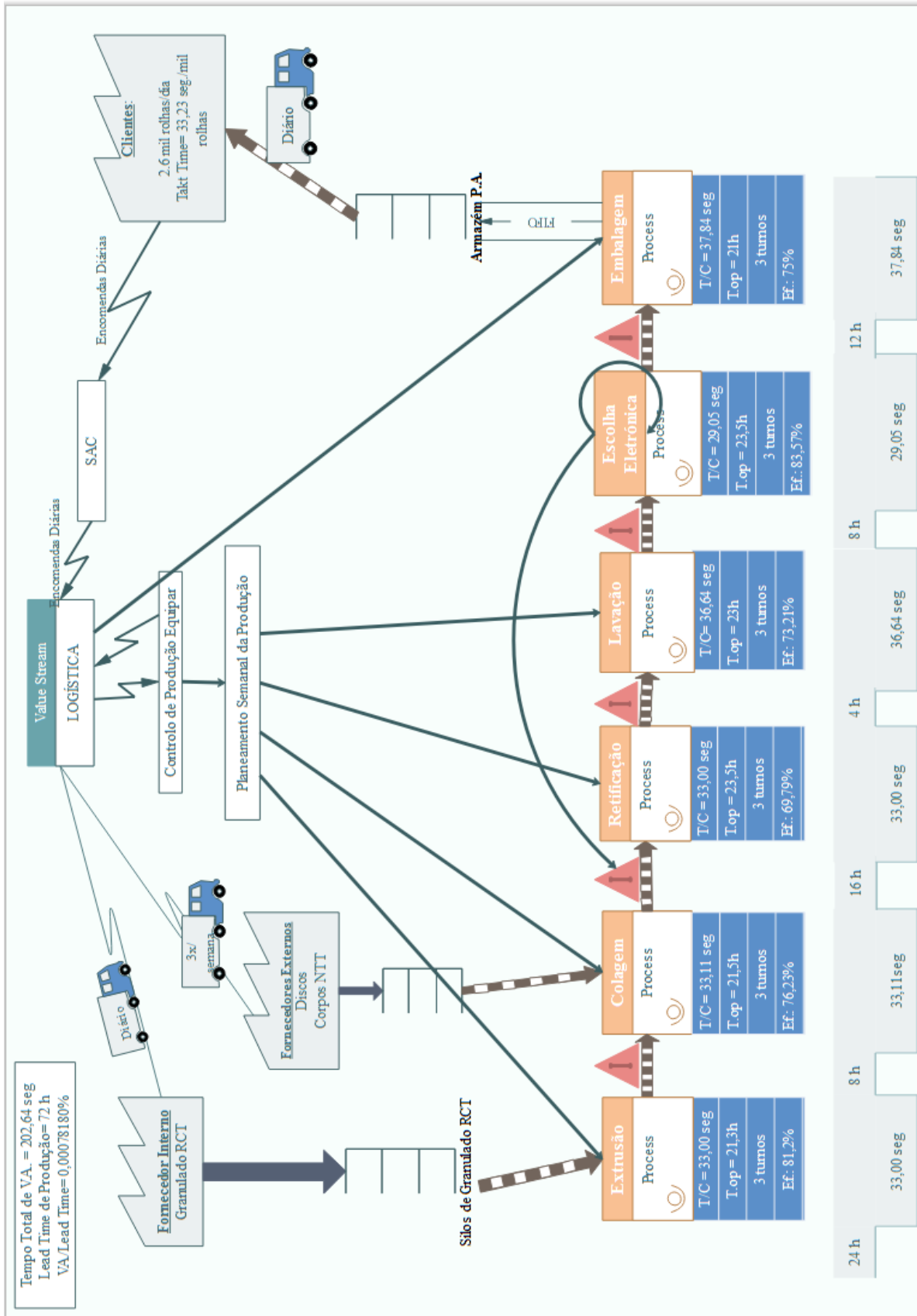
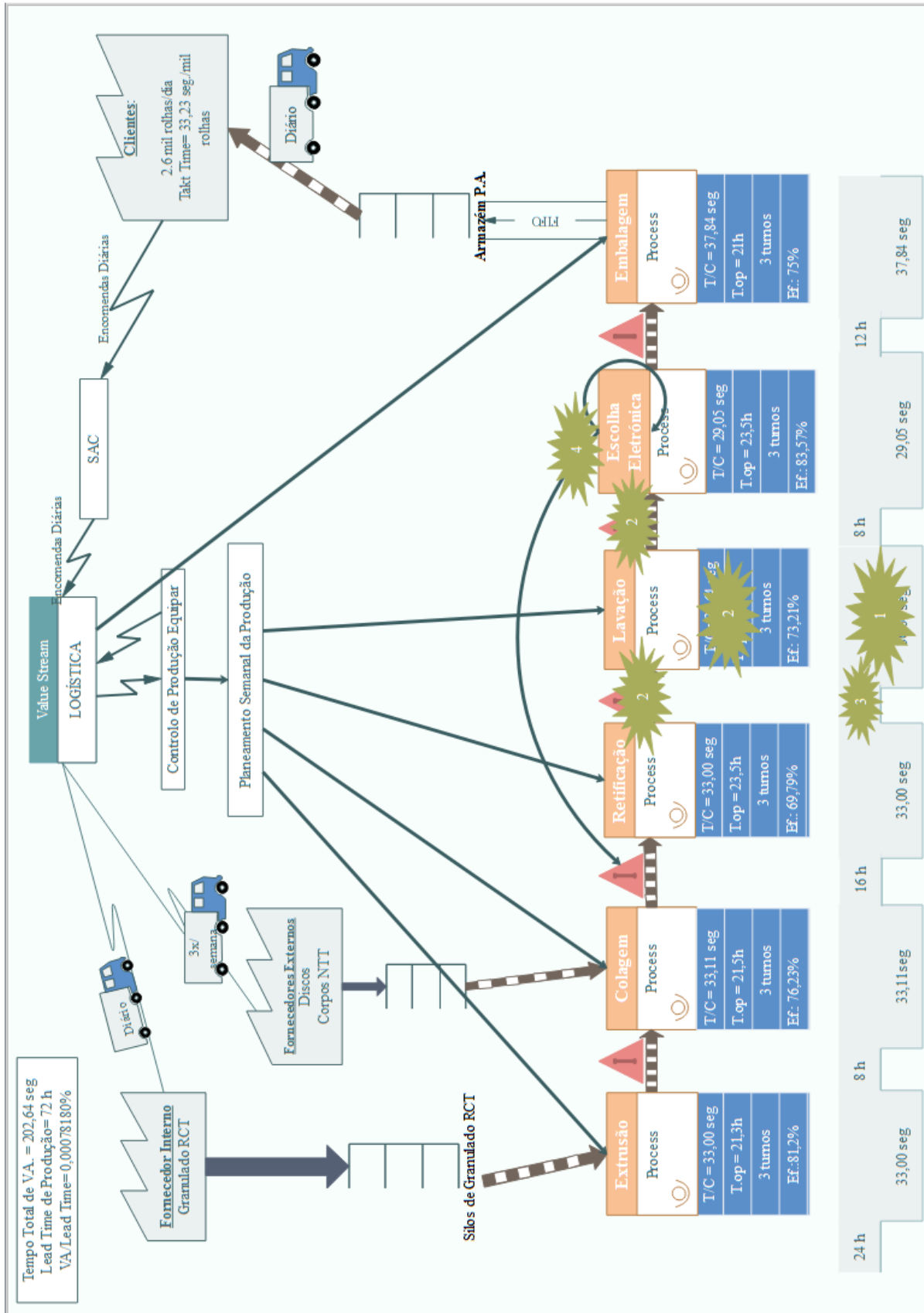


Figura A.II 5 - Distribuição da Embalagem

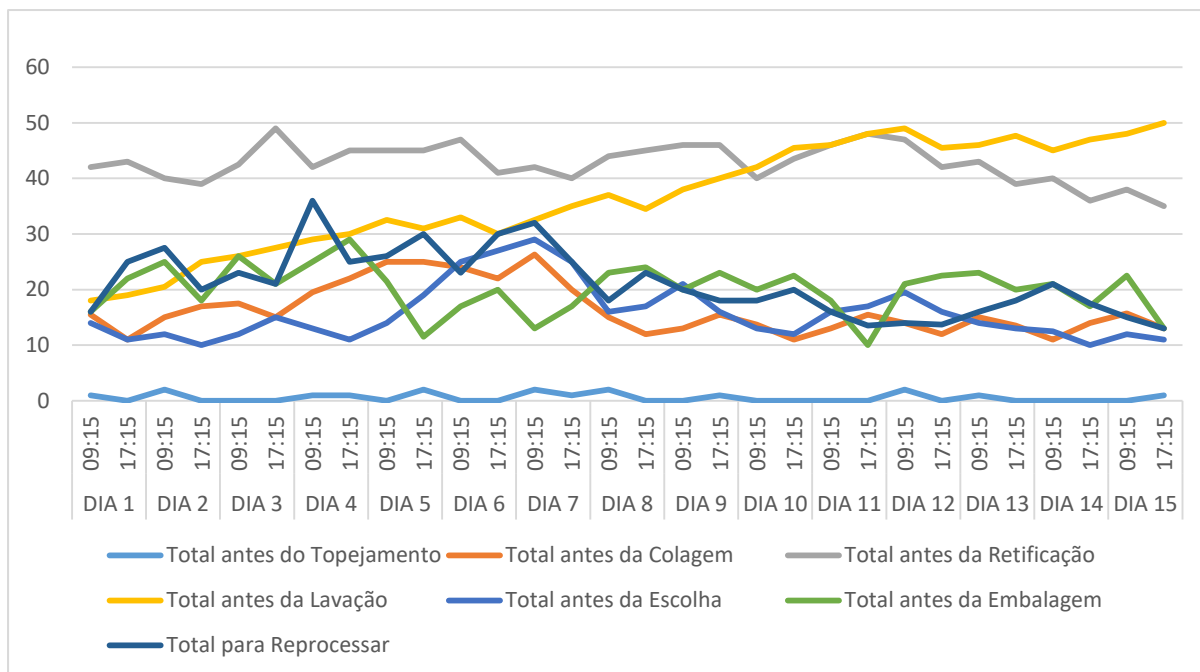
A.III) VSM – Current State do Sistema (Janeiro e Fevereiro de 2016)

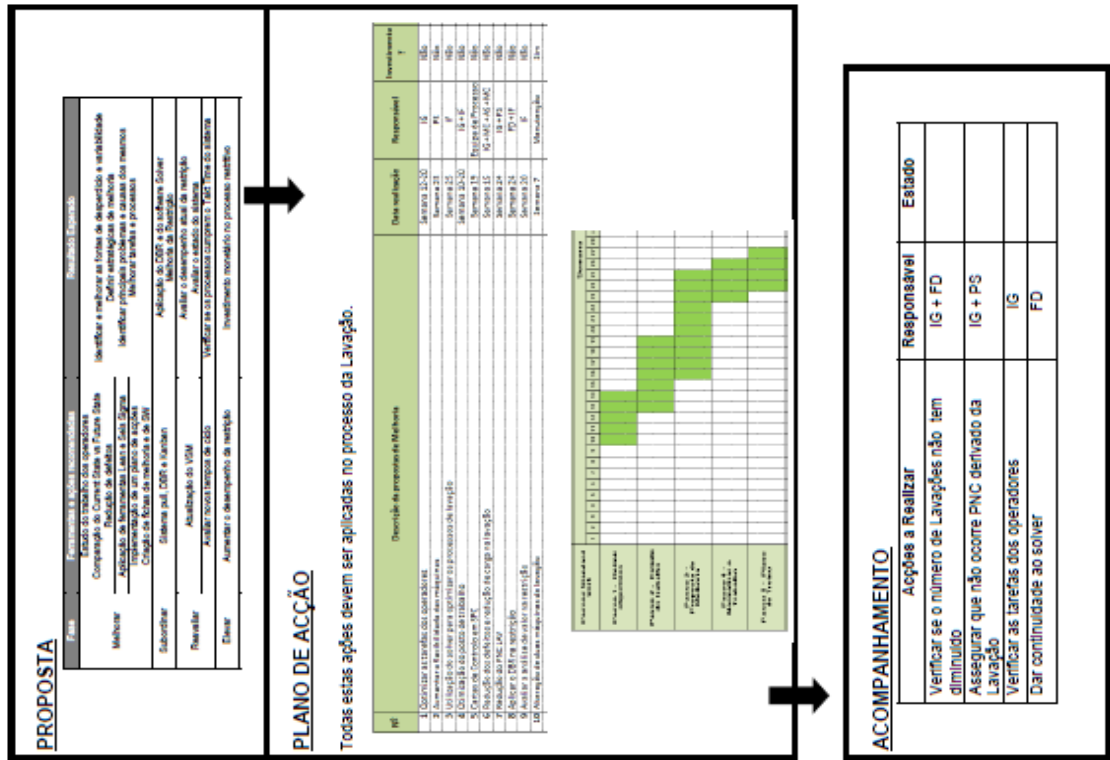


A.IV) VSM após melhorias



A.V) Simulação Real





A.VII) Estudo do Trabalho dos operadores

Nº da operação	Descrição Operação	Tempo	Oportunidades de melhoria
1	Abastecer as máquina das lavação	05:00	Criar uma zona de preparação "primária" de forma a evitar
2	Abastecer a zona da lavação	08:30	
3	Descarregar as máquinas 1,2,3,6	03:00	Embora as descargas das máquinas sejam mais rápidas, a máquina 4,5 não necessita do operador para descarregar
4	Descarregar as máquinas 4,5	10:00	
5	Abastecer a zona da EE	00:50	Quando abastecer a zona da EE trazer cesto vazio
6	Abastecer a zona de descarga com cestos vazios	00:25	
7	Abastecer a RECTIFICAÇÃO com palotes vazios	04:00	Criar uma zona para os palotes vazios onde o operador da RECT pode ir buscar
8	Passar rolhas de Palotes para Cestos	03:05	
9	Registo da Produção	04:30	
10	Limpeza das máquinas	15:00	
11	Recolha de amostras	00:10	
12	Controlo de humidade	04:30	Fazer automaticamente no computador
13	Troca de produtos químicos	15:00	

A.VIII) Standard Work



Enquadramento



Para uma boa configuração do ficheiro preencha os espaços em branco:

Nome standard work:	TT.Lavação
Unidade Industrial:	EQUIPAR
Secção:	TT.Escolha
Equipa:	Isilda Gagueja, Maria Cortez, Francisco Delgado, Paulo Santos, Inês Furtado

1. Objectivos

Objectivo:

Acabar com a restrição da lavação identificada na aplicação do modelo TLS.
Aumentar a produtividade, flexibilidade e qualidade da

Indicador a monitorizar:

Tempo de cada programa lavação (CLO, CLEAR, CL2000, CH) / máquina
Qtde. Rolhas Lavadas por semana




Meta a atingir:

15.500 rolhas por semana

Passos Standard work	Semana																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Passo 1 - Definir objectivos																												
Passo 2 - Estudo do trabalho																												
Passo 3 - Proposta de Melhoria																												
Passo 4 - Normalizar o Trabalho																												
Passo 5 - Plano de Treino																												

A.IX) Fichas de Melhoria

2016_TT.ESC_ M0001	Ação: Diminuir a taxa de defeitos na Escolha Electrónica Data: 01/02/2016 Equipa: Maria Cortez, Isilda Gagueja, Eduarda Dinis, Ana Silva e Inês Furtado Responsável da Equipa: Isilda Gagueja 
1. PROBLEMA <ul style="list-style-type: none"> Elevada taxa de defeitos. Perda de produtividade por constante necessidade de <u>repassagem</u>. 	4. ANTES
2. CAUSA <ul style="list-style-type: none"> Número de falsas rejeições crescente. Existência de muitos defeitos apenas detectados na EE. 	5. DEPOIS 
3. SOLUÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Reuniões diárias onde são analisados os produtos com taxas de defeitos mais elevadas. Maior controlo sobre os defeitos e as máquinas da EE. Maior controlo sobre todo o processo de fabrico. 	
<small>GR.DCQ.038.3</small>	

2016_TT.ESC_ M0001	Ação: Registo da produção pelos próprios operadores Data: Junho/2016 Equipa: Maria Cortez, Isilda Gagueja, Ana Silva e Inês Furtado, operadores EE Responsável da Equipa: Isilda Gagueja 
1. PROBLEMA <ul style="list-style-type: none"> Erros nos registos da produção. Demasiados registos de produção. Pouca rastreabilidade dos produtos. Demasiado papel utilizado que depois se acumulava. Falta de cestos. 	4. ANTES 
2. CAUSA <ul style="list-style-type: none"> Registos não eram feitos por operadores. O cesto da frente apenas era trocado quando cheio e não quando havia diferentes lavações. Mesmo que só estivesse meio cesto não demorava metade do tempo a sair porque só saía quando estivesse cheio. 	5. DEPOIS 
3. SOLUÇÃO <ul style="list-style-type: none"> Registo feito pelos próprios operadores. Registrar a produção de cada cesto e não por turno. Termina o cesto atrás, tira-se o da frente. Tiras plastificadas para cada máquina que são reutilizadas. 	
<small>GR.DCQ.038.3</small>	

2016_TT.ESC_
M0005

Ação: Todas as Lavações em todas as Máquinas

Data: 05/2016 **Equipa:** MC, IG, PS, MD e IF **Responsável da Equipa:** MC, IG



1. PROBLEMA

- Poucas lavações por máquina.
- Impossibilidade de fazer qualquer lavagem em qualquer máquina.

2. CAUSA

- Nem todas as máquinas fazem todas as lavagens.
- Cores das lavagens noutras máquinas não estavam aprovadas.

3. SOLUÇÃO

- Instalação de todos os programas em todas as máquinas.
- Teste e aprovação dessas mesmas lavagens.

4. ANTES

M1	M2	M3	M4	M5	M6
CL2000	CL2000	CL2000	CL2000	CL2000	CL2000
CLEAR	CLEAR	CLEAR	CL0	CL0	CL0
CH	CL0	CL0			
CL0					

5. DEPOIS

M1	M2	M3	M4	M5	M6
CL2000	CL2000	CL2000	CL2000	CL2000	CL2000
CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR
CH	CH	CH	CH	CH	CL0
CL0	CL0	CL0	CL0	CL0	

GR.DCQ.038.3

2016_TT.ESC_
M0001

Ação: Aumentar a produtividade das máquinas da lavagem

Data: Junho/2016 **Equipa:** Maria Cortez, Isilda Gagueja, Francisco Delgado e Inês Furtado **Responsável da Equipa:** Isilda Gagueja



1. PROBLEMA

- Estrangulamento da produção neste sector.
- Poucas lavagens por máquina.

2. CAUSA

- Má organização do trabalho.
- Gestão errada dos tempos das máquinas.

3. SOLUÇÃO

- Utilização de uma ferramenta – *Solver* – que permite otimizar o número de lavagens.
- Realização de um plano de lavagem diário, por turno, discriminando os produtos a lavar em cada máquina.

4. ANTES

5. DEPOIS

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
T1	1 AB CL0 1 TIGER C CH 2 Ø42 CH	1 A CL2000 1 C CL2000	1 B CL2000 1 DEFEITOS	2 AB CL0 1 C CL2000	1 AB CL0 1 B CLEAR 2 C CLEAR	1 BC CL2000 2 B CL2000	20
T2	2 Ø42 CH 1 C CL2000	1 A CL2000 1 BC CL000	2 C CLEAR 1 B CL2000	1 AB CL0 2 C CL2000	2 A CLEAR 2 B CLEAR	1 B CL2000 1 A CL2000	17
T3	2 Ø42 CH 1 DEFEITOS 1 CL2000	1 B CLEAR 1 B CL2000	1 C CLEAR 1 B CL2000	1 A CL2000 1 C CL2000 2 DEFEITOS	1 B CLEAR 2 C CLEAR 1 A CLEAR	1 BC CL2000 2 A CL2000	19
	11	6	7	10	13	6	56

	Máximo	
M1	22,0	23
M2	23,0	23
M3	21,0	23
M4	23,0	23
M5	22,0	23
M6	21,5	23

GR.DCQ.038.3