



# FORMAÇÃO DE OPERADORES E OTIMIZAÇÃO DE OPERAÇÃO DE MÁQUINAS INDUSTRIAIS DE EMPACOTAR AÇÚCAR

**BRUNO LOPES TRIGO**

julho de 2018

*FORMAÇÃO DE OPERADORES E OTIMIZAÇÃO DE OPERAÇÃO DE  
MÁQUINAS INDUSTRIAIS DE EMPACOTAR AÇÚCAR*

Bruno Lopes Trigo



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia

**2018**



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -  
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Bruno Lopes Trigo, Nº 1050747, 1050747@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professor Doutor Maurício Dias, fmd@isep.ipp.pt

Empresa: RAR

Supervisão: Eng. Luís Braga, lmb@rara.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

**2018**



Dedico este trabalho à minha Mãe



## *Agradecimentos*

Para realizar este trabalho foram várias as pessoas que me ajudaram, sem as quais este trabalho seria, sem qualquer dúvida, muito mais difícil de enfrentar. A todas essas pessoas, as quais seria fastidioso aqui mencionar, a minha eterna e profunda gratidão.

Assim sendo, pretendo expressar essa gratidão particularmente:

Ao Engenheiro Luís Miguel Braga, Diretor do departamento de Energia e o meu orientador na RAR (Refinarias de Açúcar Reunidas), pela sabedoria, disposição, paciência, apoio e incentivo prestado em todo o percurso do meu estágio.

Ao Professor Doutor Maurício Dias, o meu orientador no ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto), pela disposição, objetividade e sabedoria ao longo do trabalho.

Ao Engenheiro Mário Nunes e restantes colegas da RAR pela ajuda demonstrada durante a realização do estágio.

Aos colegas e amigos que integraram os grupos de trabalhos realizados ao longo do mestrado, pela paciência e por tornarem mais alegres e divertidos estes dois anos.

À minha Mãe pelo apoio, incentivo, educação e por manter a confiança em mim ao longo da minha vida.

A todos

Muito Obrigado



## *Resumo*

O departamento de manutenção apresenta elevado impacto no setor industrial visto ser o responsável pela disponibilidade dos equipamentos de produção e qualidade dos produtos resultantes do processo, sabendo que atualmente a capacidade de produção e qualidade dos produtos são fatores chave para o crescimento das organizações. No entanto, a estratégia de gestão da manutenção TPM (*Total Productive Maintenance* – Manutenção Produtiva Total) defende que todos os departamentos apresentam impacto no crescimento de uma organização, sendo que de forma mais direta os departamentos de manutenção e produção, os quais devem manter comunicação constante.

Desta forma a presente dissertação pretende salientar a importância dos operadores na eficiência do processo produtivo, através de ações de formação serão transmitidos conhecimentos básicos das máquinas que operam, com isto é pretendido aumentar a disponibilidade operacional dos equipamentos.

Também importante para a melhoria do processo, e abordado no trabalho, é o cálculo dos indicadores de disponibilidade, desempenho, qualidade, fiabilidade e manutenibilidade, fundamentais para traduzir a eficiência global do processo. O cálculo dos indicadores é possível com o tratamento dos tempos relativos aos vários estados aos quais os equipamentos estão sujeitos durante um período, os tempos são contabilizados e registados recorrendo a uma ferramenta técnica que permite o início e pausa dos contadores de cada estado.

Com a realização das tarefas descritas é pretendido que os operadores adquiram conhecimentos que permitam reduzir os tempos de paragem das máquinas, e consequentes custos associados, bem como o cálculo de indicadores que traduzem a eficiência global dos equipamentos e a necessidade de intervenções de melhoria.

### *Palavras-Chave*

TPM, Manutenção, Operadores, Eficiência, Indicadores.



## *Abstract*

The maintenance department has a high impact in the industrial sector since it is responsible for the availability of production equipment and product quality resulting from the process, knowing that the production capacity and products quality are currently key factors for the growth of organizations. However, the maintenance management strategy TPM (Total Productive Maintenance) argues that all departments have impact on the growth of the organization, and more directly the maintenance and production departments, which must keep constant communication.

In this way the present dissertation intends to emphasize the importance of the operators in the efficiency of the productive process, through training actions will be transmitted basic knowledge of the machines operated, with this is intended to increase the operational availability of the equipment.

Also important for process improvement, this work approaches the calculation of the indicators like availability, performance, quality, reliability and maintainability, each one fundamental to translate the overall efficiency of the process. The calculation of indicators is possible with the treatment of times relative to the various states which the equipment is subject during a period, the times are counted and registered using a technical tool that allows the beginning and pause of the counters of each state.

With the accomplishment of the described tasks, it is intended that operators acquire knowledge to reduce machine downtimes, and associated costs, as well as the calculation of indicators that reflect the overall efficiency of the equipment and the need for improvement interventions.

### ***Keywords***

TPM, Maintenance, Operators, Efficiency, Indicators.







# ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>SIGLAS E ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2. APRESENTAÇÃO DA RAR.....	2
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO.....	3
<b>2. CONCEITOS TEÓRICOS</b> .....	<b>5</b>
2.1. MANUTENÇÃO .....	6
2.1.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	8
2.1.3. ASPETOS ECONÓMICOS DA MANUTENÇÃO.....	9
2.1.4. ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	10
2.2. COMPONENTES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS .....	11
2.2.1. FALHA E MODO DE FALHA/AVARIA .....	11
2.2.2. CICLO DE VIDA DOS EQUIPAMENTOS .....	12
2.2.3. ANÁLISE DE CAUSAS DE FALHAS.....	13
2.3. TPM.....	14
2.3.1. ORIGEM E DESENVOLVIMENTO.....	14
2.3.2. OBJETIVOS .....	15
2.3.3. FUNDAMENTOS DO TPM.....	15
2.3.3.1. OS OITO PILARES DO TPM .....	16
2.3.4. MEDIÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TPM.....	19
2.3.4.1. TEMPOS .....	19
2.3.4.2. INDICADORES .....	20
2.3.4.2.1. INDICADOR OEE .....	21
2.3.4.2.2. INDICADOR FIABILIDADE.....	24
2.3.4.2.3. INDICADOR MANUTENIBILIDADE.....	24
2.3.5. EVOLUÇÃO DO TPM .....	25

<b>3. APLICAÇÃO DOS CONCEITOS TEÓRICOS .....</b>	<b>27</b>
3.1. MANUAIS DE UTILIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS <i>SIG E BOSCH</i> .....	28
3.2. AUXILIAR TÉCNICO.....	30
3.2.1. CAUSAS DE NÃO FUNCIONAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE TEMPOS.....	30
3.2.1.1. TEMPOS DE DISPONIBILIDADE .....	32
3.2.1.2. TEMPOS DE INDISPONIBILIDADE .....	32
3.2.2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA FERRAMENTA .....	34
3.2.4. CÁLCULO DE INDICADORES .....	44
3.2.5. MATERIAL E SOFTWARE UTILIZADOS.....	47
3.3. PROCESSO DE EMPACOTAMENTO DE AÇÚCAR.....	50
3.3.1. PROCESSO DE COLAGEM E CORTE DO PAPEL .....	51
3.3.2. PROCESSO DE FORMAÇÃO DE PACOTES .....	58
3.3.3. PROCESSO DE DOSEAMENTO, ENCHIMENTO E PESAGEM .....	63
3.3.4. PROCESSO DE FECHO SUPERIOR.....	68
3.3.5. PROCESSO DE CODIFICAÇÃO DE PACOTES.....	73
3.3.6. PROCESSO DE DETECÇÃO DE METAIS.....	75
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>77</b>
4.1. CONCLUSÕES GERAIS.....	77
4.2. CONCLUSÕES AO TESTE DA FERRAMENTA TÉCNICA.....	78
4.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	78
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO A. CÓDIGO LADDER.....</b>	<b>83</b>

## *Índice de Figuras*

Figura 1 - Tipos de Manutenção [6].	8
Figura 2 - Ciclo de vida de um componente elétrico e um componente mecânico [12].	13
Figura 3 - Exemplo de uma árvore de falhas lógica [13].	14
Figura 4 - Interação entre produção e manutenção [14].	16
Figura 5 - Pilares do TPM [16].	17
Figura 6 - Tempos relativos aos estados dos equipamentos [11].	20
Figura 7 - Tempos de produção e tipos de perdas [5].	21
Figura 8 - Segmentação de tempos para cálculo de indicadores TPM [11].	31
Figura 9 - Segmentação do tempo de disponibilidade das máquinas.	32
Figura 10 - Segmentação do tempo de indisponibilidade das máquinas.	34
Figura 11 - Ambiente de trabalho da ferramenta técnica.	35
Figura 12 - Solicitação de password indicativa da presença do técnico.	36
Figura 13 - Visualização dos tempos.	37
Figura 14 - Screen de introdução de dados do turno	38
Figura 15 - Screen de confirmação de encerramento de turno.	38
Figura 16 - Fluxograma descritivo do funcionamento da ferramenta técnica.	39
Figura 17 – Representação da linguagem <i>Ladder</i> .	40
Figura 18 - Exemplo de utilização de um temporizador.	41

Figura 19 - Contador de segundos.	41
Figura 20 - Contador de horas.	42
Figura 21 - Condições que permitem o funcionamento da tecla M3.	42
Figura 22 - Valores obtidos durante o teste da ferramenta técnica.	45
Figura 23 - Dados obtidos para cálculo dos indicadores TPM.	45
Figura 24 - Ambiente de trabalho do ISPSOft.	48
Figura 25 - Configuração da drive de comunicação.	49
Figura 26 - Exemplo de um screen elaborado no DOPSOft.	49
Figura 27 - Layout genérico de uma máquina de empacotamento de papel de açúcar.	50
Figura 28 - Processo de corte de fundo e colagem do papel.	51
Figura 29 - Layout do processo de colagem e corte na máquina SIG.	52
Figura 30 - Layout do processo de colagem e corte na máquina Bosch.	52
Figura 31 - Células de verificação de rotura de papel SIG.	53
Figura 32 - Células de verificação de rotura de papel Bosch.	54
Figura 33 - Célula de leitura do tamanho da bobina.	55
Figura 34 - Conjunto de lâminas de corte de fundo do pacote.	55
Figura 35 - Esquema de espalhamento de cola.	56
Figura 36 - Sistema espalhador de cola.	56
Figura 37 - Fotocélula de ajuste de imagem.	57
Figura 38 - Marcas de contraste gravadas na bobina de papel.	57
Figura 39 - Fotocélula de deteção de emendas no papel.	58

Figura 40 - Secção de formação de pacotes - roda de mandris.	59
Figura 41 - Etapas de formação de pacotes de açúcar.	60
Figura 42 - Mandril e guias laterais.	60
Figura 43 - Dobradores longitudinais.	61
Figura 44 - Calcador longitudinal e célula de controlo.	61
Figura 45 - Guias de dobragem do fundo do pacote.	62
Figura 46 - Ponto de controlo da conformidade de formação do pacote.	63
Figura 47 - Processo de enchimento, doseamento e pesagem.	64
Figura 48 - Secção de doseamento, enchimento e pesagem.	64
Figura 49 - Sistema de doseamento e enchimento.	65
Figura 50 - Interior do doseador volumétrico vazio.	66
Figura 51 – Enchimento dos pacotes de açúcar	67
Figura 52 - Copos volumétricos preenchidos com açúcar	67
Figura 53 - Doseador fino.	68
Figura 54 - Etapas de fecho superior de pacotes.	69
Figura 55 - Secção de fecho superior	69
Figura 56 - Pás de vinco de topo - vista pormenorizada	70
Figura 57 - Guias de entrada para a secção de corte do topo do pacote.	71
Figura 58 - Pás de topo.	71
Figura 59 - Secção de corte.	72
Figura 60 - Secção de dobra transversal do pacote.	72

Figura 61 - Equipamento codificador de pacotes.	73
Figura 62 - Componentes do codificador de pacotes.	74
Figura 63 - Exemplo de codificação de um pacote de açúcar.	75
Figura 64 - Processo de detecção de metais.	76

## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 - Evolução do conceito de manutenção [5].	7
Tabela 2 - Influência dos indicadores no valor final do OEE [16].	23
Tabela 3 – Teclas, variáveis, temporizadores e contadores utilizados na elaboração do código base.	43
Tabela 4 - Restantes elementos utilizados no código base.	44
Tabela 5 – Resultados obtidos no teste à ferramenta técnica desenvolvida.	47
Tabela 6 - Principais características do material disponibilizado.	48
Tabela 7 - Metais utilizados no teste ao detetor de metais.	76



## *Siglas e Acrónimos*

RAR	Refinarias de Açúcar Reunidas
TPM	– <i>Total Productive Maintenance</i>
OEE	– <i>Overall Equipment Effectiveness</i>
SGCIE	– Sistema de Gestão dos Consumidores Intensivos de Energia
RCM	– <i>Reliability Centered Maintenance</i>
TQM	– <i>Total Quality Manitenence</i>
RBI	– <i>Risk Based Inspection</i>
FMEA	– <i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
MTBF	– <i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	– <i>Mean Time To Repair</i>
PM	– <i>Preventive Maintenance</i> , mais tarde <i>Productive Maintenance</i>
JIPM	– <i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
TP	– Tempo Planeado de Produção
TD	– Tempo de Disponibilidade das máquinas
TI	– Tempo de Indisponibilidade das máquinas
TF	– Tempo de Funcionamento
TNF	– Tempo de Não Funcionamento
TPN	– Tempo de Paragem Necessário

TA	–	Tempo de Avaria
DO	–	Disponibilidade Operacional
DE	–	Desempenho
TQ	–	Taxa de Qualidade
NP	–	Número de Paragens por Avaria
TPEA	–	Tempo Paragem de Equipamentos Adjacentes
TPFA	–	Tempo Paragem por Falta Açúcar
TL	–	Tempo de Limpeza
TS	–	Tempo de SET-UP
TM	–	Tempo de Manutenção
TET	–	Tempo de Espera pelo Técnico de Manutenção
TR	–	Tempo de Reparação
TEO	–	Tempo de Espera pelo Operador





# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Atualmente a concorrência é uma constante presente no cotidiano das organizações e primordial para a sua sobrevivência, face ao desenvolvimento científico e tecnológico verificado nos dias que correm. Naturalmente, a concorrência força as organizações a atingir elevados níveis de qualidade, associados ao aumento da eficiência, disponibilidade e fiabilidade dos sistemas de produção, dos processos e dos colaboradores. Desta forma, facilmente se associa manutenção a qualidade, sendo que a primeira representa uma área estratégica fundamental com peso elevado nos índices técnicos de produtividade, disponibilidade e fiabilidade, bem como na consolidação e prestígio das organizações, através da qualidade do produto e da saúde e segurança proporcionadas aos seus colaboradores.

Com a evolução da manutenção surgem estratégias para a gerir, nomeadamente o TPM (*Total Productive Maintenance* - Manutenção Produtiva Total), que defende que a melhoria contínua nos processos industriais não depende exclusivamente do departamento de manutenção, mas de todos os departamentos. Qualquer departamento desempenha funções com vista ao sucesso da organização, caso contrário deverá ser revisto o motivo da existência desse departamento. Um dos departamentos considerados fundamentais para o sucesso da organização é o da produção, pelo simples facto de ser o departamento que utiliza a maioria dos equipamentos, dos quais derivam as receitas geradas pela organização.

Assim sendo, este trabalho consiste em duas partes, a primeira consiste na elaboração de manuais de utilização e funcionamento de duas máquinas de empacotamento de açúcar em pacote de papel de 1 kg, de forma a transmitir conhecimentos básicos aos operadores relativamente aos equipamentos que operam. A segunda parte do trabalho consiste no desenvolvimento de uma ferramenta capaz de distinguir e contabilizar os tempos relativos aos vários estados dos equipamentos, e através destes calcular os indicadores que compõem o TPM, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness* – Eficiência Global do Equipamento), Manutenibilidade e Fiabilidade. Outro requisito para a ferramenta desenvolvida consiste no registo de tempos de atuação dos técnicos de manutenção e operadores durante os períodos de avaria.

## **1.2. APRESENTAÇÃO DA RAR**

O presente trabalho foi realizado nas instalações da RAR localizada na Rua Manuel Pinto de Azevedo, nº 272, no Porto.

A RAR Açúcar foi formada em 1962, resultando da concentração de 9 pequenas unidades de refinação de açúcar existentes no Norte do País, daí a origem da sigla RAR (**R**efinarias de **A**çúcar **R**eunidas). Entra em laboração em 1967 com capacidade de produção anual de 25.000 toneladas, nesse ano foi atingido um valor de vendas de 22.000 toneladas correspondendo a 11,78% do país.

Com o rápido desenvolvimento, a RAR adquiriu a Refinaria Angola como forma de suprir as necessidades do mercado, passando a representar aproximadamente 45% do mercado nacional. Esta expansão permitiu aumentar o número de postos de trabalho e a especialização em tecnologias associadas ao processo de fabrico, garantindo um processo capaz de obter produto com qualidade e higiene. A RAR é abrangida pela SGCIE (Sistema de Gestão dos Consumidores Intensivos de Energia) e realiza auditorias energéticas desde 1988 investindo anualmente na área da eficiência energética.

Atualmente apresenta uma capacidade de produção superior a 130.000 toneladas anuais, apostando numa política de qualidade nos seus produtos, comprovada pelas seguintes certificações:

- Certificação da Qualidade pela norma NP EN ISO 9001:2015;
- Certificação Ambiental pela norma NP EN ISO 14001:2015;

- Certificação de Segurança Alimentar pela norma NP EN ISO 22000:2005;
- Certificação IFS (International Food Standard), também de segurança alimentar.

### **1.3. OBJETIVOS**

Como objetivo geral da realização deste trabalho pode ser referida a otimização do processo de empacotamento de açúcar, assim, este objetivo geral será dividido em objetivos mais específicos, entre eles:

- Compreensão do processo de empacotamento das máquinas Bosch e SIG;
- Elaboração de manuais de utilização e funcionamento das mesmas máquinas;
- Formação dos operadores baseada na elaboração dos manuais;
- Criar uma ferramenta com a capacidade de distinguir e quantificar a duração dos diferentes estados das máquinas e cálculo dos respetivos indicadores (Disponibilidade, Desempenho, Taxa de Qualidade, Fiabilidade e Manutenibilidade), mas também capaz de registar os tempos de atuação de operadores e técnicos de manutenção como forma de controlo da produtividade de ambos.

### **1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO**

O presente relatório de estágio encontra-se segmentado em 4 capítulos.

No primeiro capítulo é realizada a introdução ao trabalho, nomeadamente o enquadramento do trabalho com a situação atual da atividade industrial, a apresentação da RAR e os objetivos propostos.

No segundo capítulo apresentam-se os conceitos teóricos e metodologias que serviram como ponto de partida para a realização do trabalho, onde é abordado o tema da manutenção e suas estratégias de gestão.

No terceiro capítulo é feita referência aos trabalhos realizados, nomeadamente a forma como foram concebidos os manuais de utilização e identificados os erros passíveis de serem corrigidos pelos operadores, os pressupostos e requisitos da RAR para o desenvolvimento da ferramenta de cálculo dos indicadores do TPM, bem como a descrição do processo de empacotamento de açúcar em pacotes de papel de 1 kg.

No quarto e último capítulo é feita referência às conclusões obtidas com a realização do trabalho, bem como a referência a trabalhos futuros que poderão implicar melhores resultados.

## 2. CONCEITOS TEÓRICOS

Uma vez que a parte teórica e a parte prática são conceitos que se complementam, neste capítulo enquadram-se os conceitos teóricos a partir dos quais o trabalho foi desenvolvido. O capítulo tem início com uma descrição global do conceito de manutenção, onde é feita referência à importância para as organizações, os estágios de evolução, os tipos de manutenção, aspetos económicos relacionados e estratégias de gestão. A parte seguinte do capítulo é relativo aos componentes, equipamentos e sistema, mais concretamente distinção entre eles, bem como abordado o tema de falha e modos de falha e análise de causas. O capítulo termina com o desenvolvimento da estratégia de gestão TPM, abordando a origem, objetivos, fundamentos e indicadores que caracterizam este método de gestão da manutenção.

## **2.1. MANUTENÇÃO**

A norma NP EN 13306:2007 define manutenção da seguinte forma:

“Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-los ou a repô-los num estado em que possa desempenhar a função requerida”[1]

O ato de assegurar as condições definidas pela norma a um custo mínimo pode considerar-se uma boa manutenção. A manutenção deve ser considerada na fase de projeto e no momento de instalação/início de funcionamento, após estas fases os elementos da equipa de manutenção devem monitorizar, recolher e tratar dados de forma a desenvolver ações corretivas ou preventivas [2].

Os pontos fracos verificados na indústria moderna podem originar anualmente custos 20 vezes mais elevados do que o valor da instalação afetada, se uma pequena parcela desses custos fosse investida na análise da origem desses pontos fracos, certamente poder-se-ia ter evitado grande parte desses custos [3].

Desta forma, a manutenção deve ser encarada como um centro de lucro, por se tratar de uma atividade produtiva, e não como um centro de custo. Atualmente, um organigrama estrutural de uma organização integra a manutenção e deve fazer fronteira com todos os outros departamentos dessa organização [4].

### **2.1.1. EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO**

A evolução da manutenção industrial teve origem no início dos anos 40 de forma a suprir as necessidades de produção associadas à Segunda Guerra Mundial, bem como durante a recuperação [5]. Na Tabela 1 encontra-se ilustrada a sequência de evolução da manutenção.

Tabela 1 - Evolução do conceito de manutenção [5].

<b>Primeira Geração</b> (1940 - 1955)	<b>Segunda Geração</b> (1955 - 1975)	<b>Terceira Geração</b> (1975 – 2000)	<b>Quarta Geração</b> (2000 – atualidade)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reparar quando avaria</li> <li>- Rotinas básicas de manutenção</li> <li>- Manutenção corretiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manutenção preventiva</li> <li>- Manutenção baseada em tempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manutenção com base na condição</li> <li>- Manutenção focada na fiabilidade</li> <li>- Manutenção com recurso a sistemas informáticos</li> <li>- Pensamento estratégico/proativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeções, avaliações e manutenção baseadas no risco</li> <li>- Manutenção focada na fiabilidade</li> <li>- Manutenção com recurso a sistemas informáticos</li> </ul>

A primeira geração é caracterizada pelo facto de realizar reparações apenas quando os equipamentos avariavam, inicialmente a manutenção estava num estado bastante embrionário, sendo considerado como um mal necessário. A necessidade de recuperação do pós-guerra impuseram às linhas de produção ritmos de trabalho incompatíveis com paragens demoradas na reparação de avarias. Surge então a necessidade de organizar a manutenção de forma a intervir nos equipamentos durante os tempos mortos, com o objetivo de reduzir ao máximo os tempos de paragem durante os períodos de plena atividade produtiva [6].

A segunda geração surge no início dos anos 50, já com as empresas orientadas para a necessidade de prevenção de avarias o que permitiu otimizar a utilização de mão-de-obra, equipamentos e matéria-prima. Esta geração é marcada pela introdução do conceito de manutenibilidade, inicialmente aplicado aos equipamentos bélicos e mais tarde aos equipamentos produtivos e de transporte. Inspeções periódicas preventivas começaram a ser realizadas em função do tempo de funcionamento, seguindo o exemplo da aviação [6].

A terceira geração surge com o avanço tecnológico registado na década de 60, que viu o recurso ao computador generalizar-se no que respeita à manutenção e processos produtivos. O avanço tecnológico trouxe maior complexidade dos equipamentos utilizados, resultando em novas formas de manutenção que procuravam evitar as avarias previstas após diagnóstico ao equipamento, surgindo a manutenção condicionada no lugar da sistemática, que consistia apenas em inspeções rigorosas. Começam a ser introduzidos processos de análise e controlo da fiabilidade sustentados por modelos estatísticos e matemáticos de complexidade crescente [6].

A quarta geração distingue-se da anterior por passar a considerar o risco em manutenção, avaliação e inspeções dos equipamentos, bem como a introdução de sistemas de gestão da manutenção, onde todos os elementos de uma organização desempenham funções no processo produtivo[6] .

### 2.1.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

As decisões a tomar no que respeita a manutenção devem ser resultado do tipo de manutenção a aplicar a cada equipamento, sistema ou instalação, e devem ter como principal objetivo a otimização de indicadores como fiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade, durabilidade e custos. As atividades de manutenção podem dividir-se em três tipos: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção de Melhoria, tal como ilustrado na Figura 1 [6].

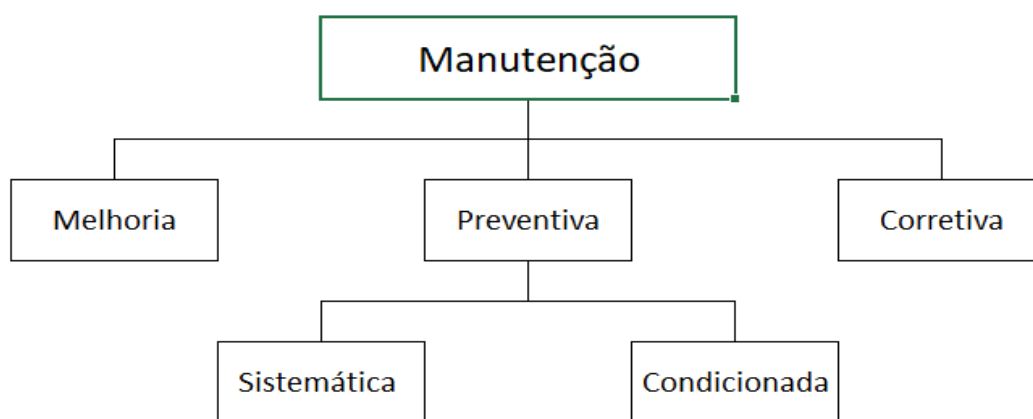


Figura 1 - Tipos de Manutenção [6].

**Manutenção Preventiva Sistemática** - Neste tipo de manutenção são definidos intervalos de tempo para a realização de intervenções nos equipamentos, tais como rotinas de lubrificação, rotinas de inspeção, calibração, entre outros. Normalmente este tipo de intervenções têm por base as recomendações dos fabricantes dos equipamentos, recomendações baseadas na experiência de utilização, conceção e análise de dados históricos. Nestes casos é possível estimar os serviços, tempos, e recursos necessários para a realização dos trabalhos [6].

**Manutenção Preventiva Condicionada** - As intervenções realizadas nos equipamentos, ao efetuar manutenção preventiva condicionada, verificam-se quando existem indicações técnicas para esse efeito, através da monitorização sistemática dos sintomas de falha. O planeamento de tarefas resulta da análise contínua da condição em que se encontram os equipamentos, por isso é adequada para equipamentos cuja avaria possa ser prevista devido a degradação de características detetada por medição, observação ou análise, implicando conhecimentos profundos dos equipamentos [6].

**Manutenção Corretiva** - Destina-se a reparar avarias e maus funcionamentos ocorridos em serviço, neste caso pode originar a imobilização ou impedimento de utilização por longos períodos dos equipamentos, trabalhadores e processos, implicando mais custos diretos e indiretos. Por estes motivos, cada vez mais as organizações procuram reduzir ao mínimo as intervenções nos equipamentos de natureza curativa [6].

**Manutenção da melhoria** - Manutenção dirigida a modificações/alterações de forma a melhorar o desempenho, ajustar condições de funcionamento ou reabilitar as características dos equipamentos. A realização destas tarefas pode reduzir as necessidades de manutenção, onde os trabalhos realizados derivam de estudos que verificam vantagens com a sua realização [6].

### **2.1.3. ASPETOS ECONÓMICOS DA MANUTENÇÃO**

Tanto a ausência de manutenção como a falta de eficácia dos equipamentos são causas de peso para uma organização ver os seus rendimentos reduzidos. Os custos diretos de manutenção podem ser facilmente identificados e contabilizados, o mesmo não acontece quando se pretende estimar o que a organização perde por falta de eficácia dos equipamentos ou de manutenção.

A manutenção tem o dever de proteger a organização contra falhas nos equipamentos e respectivas consequências para o departamento de produção, afetando diretamente a eficácia económica. Assim sendo, importa fazer referência às principais fontes de custos da manutenção e da não-manutenção.

Relativamente aos custos diretos de manutenção podem ser referidos os seguintes [7]:

- Custos de remuneração do pessoal;
- Custos de subcontratação;
- Custos de formação técnica do pessoal;
- Custos de fornecimento de máquinas e peças de reserva;
- Custos de ferramentas e equipamentos de manutenção;
- Custos de documentação e gestão.

Relativamente aos custos de não-manutenção podem ser referidos os seguintes [7]:

- Custos de perda de materiais;
- Custos de reprocessamento;
- Custos de rejeições e retoques;
- Custos de perda de produção;
- Custos de perda de produtividade da máquina;
- Custos dos danos das avarias;
- Custos de reclamações e incidência sobre imagem da organização.

#### **2.1.4. ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

Ao longo das últimas décadas tem sido verificada uma progressão significativa no que concerne às estratégias de gestão da manutenção. Como já referido anteriormente, a manutenção evoluiu desde a manutenção corretiva para estratégias que visavam otimizar a produção e desempenho dos equipamentos, surgindo a manutenção preventiva sistemática, mais tarde a preventiva condicionada, até à manutenção centrada na fiabilidade, como por exemplo o RCM (*Reliability Centered Maintenance – Manutenção Centrada na Fiabilidade*), o TPM, o TQM (*Total Quality Maintenance – Manutenção Total pela Qualidade*), o RBI (*Risk-based Inspection – Inspeção Baseada no Risco*), o modelo EUT (*Eindhoven University of Technology Model*), a FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos*), entre outros [8].

A estratégia de gestão da manutenção a implementar deve considerar os objetivos da organização, em termos de produção e vendas, bem como os recursos disponíveis tais como o nível de conhecimento de técnicos e operadores, recursos materiais, condições de funcionamento, entre outros [2]. Assim sendo, posteriormente será abordado o TPM por considerar que as várias estruturas de uma organização influenciam a produção, não apenas os equipamentos ou o seu estado, mas também por apresentar indicadores capazes de medir a eficiência de aplicação deste método.

## **2.2. COMPONENTES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS**

No seio de uma empresa é possível verificar o recurso a vários elementos necessários às diferentes funções de atividade realizadas. Neste sentido importa distinguir os conceitos de componente, equipamento e sistema, de forma a clarificar a função que cada um deles desempenha, mas principalmente a consequência das respetivas falhas.

**Componente** - Pode ser considerado como um bem não reparável ou reparável. Um bem não reparável é caracterizado pelo facto de falhar uma única vez, ou seja, assim que passa do estado de funcionamento ao estado de avaria passa a ser considerado resíduo. Pelo contrário, um bem reparável é possível ser reparado quando se verificarem falhas [9].

**Equipamento** - Conjunto de componentes utilizados para executar determinada função, tal como os componentes podem ser reparáveis ou não reparáveis, em função dos componentes que o constituem, ou seja, se o equipamento for constituído por várias componentes não reparáveis, o equipamento falha se existirem falhas nos seus componentes [9].

**Sistema** - Conjunto complexo de equipamentos e componentes, a complexidade do sistema aumenta exponencialmente com o número elementos que o constituem [9].

### **2.2.1. FALHA E MODO DE FALHA/AVARIA**

A análise de falhas nos elementos anteriormente referidos é fundamental quando se pretende conhecer os seus comportamentos, bem como implementar medidas de melhoria para eliminar ou reduzir a ocorrência de falhas.

A não ser que o modo de falha de um bem seja definido, é impossível explicar o significado de fiabilidade, desta forma, a definição de falha apresenta-se como uma não

conformidade de um bem no desempenho de determinado critério definido. Modo de falha, deve ser entendido como a forma sob a qual ocorreu a falha, e não deve ser confundido com causa de falha [10]. Como exemplos de modo de falha podem ser referidos os seguintes [5]:

- Falha em partir, parar ou permanecer numa posição;
- Entupimento;
- Vazamento;
- Falha ao fechar ou ao abrir;
- Operação errada;
- Indicação errada.

A taxa de avarias instantânea ( $\lambda$ ) apresenta-se como um indicador de fiabilidade que representa a frequência com que um bem passa do estado de funcionamento para o estado de não funcionamento, definido da seguinte forma [11]:

$$\lambda = \frac{\textit{Quantidade de avarias}}{\textit{Tempo total de funcionamento}} \quad (1)$$

Outro indicador de fiabilidade diz respeito ao tempo médio de funcionamento ou tempo médio entre avarias (*MTBF – Mean Time Between Failure*), que se relaciona com a taxa de avarias da seguinte forma [11]:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

### **2.2.2. CICLO DE VIDA DOS EQUIPAMENTOS**

A cada componente está associada uma variação típica da taxa de avarias com o tempo de vida. Essa variação depende do tipo de componente considerado, assim, no caso de componentes elétricos teremos uma curva que é diferente da curva para um componente mecânico [12]. A Figura 2 representa as curvas típicas para esses dois tipos de componentes.

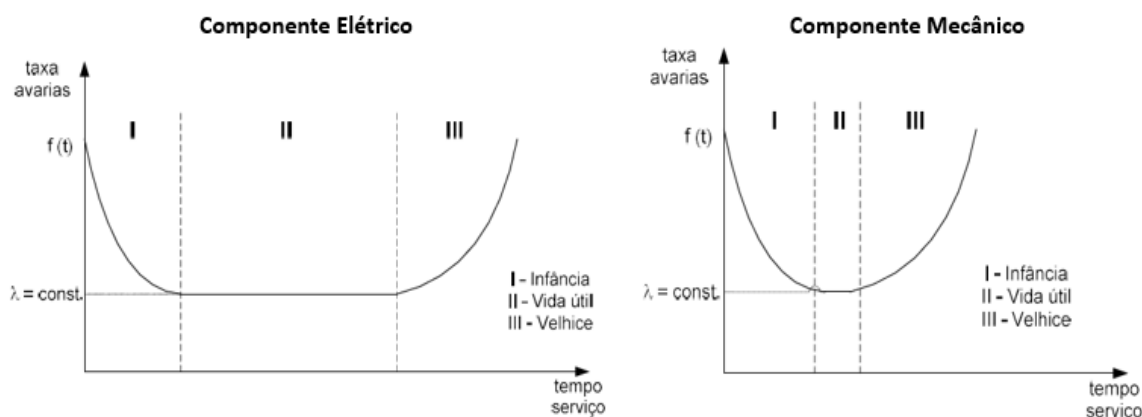


Figura 2 - Ciclo de vida de um componente elétrico e um componente mecânico [12].

Pela análise das curvas, facilmente se conclui que no período I as taxas de avaria apresentam valores elevados, que vão reduzindo rapidamente com o tempo. Neste período as taxas de avaria são essencialmente devidas a problemas de projeto, conceção, defeitos de montagem, deficiência do componente, deficiente controlo da qualidade, defeitos originados pelo transporte, etc. No entanto, estas taxas vão sendo reduzidas por ação de ajustes que vão sendo realizados.

O período II é caracterizado pela taxa de avarias aproximadamente constante, quando associado a si a manutenção preventiva de forma a retardar a entrada do componente no período III. É conveniente que os sistemas funcionem no seu período de vida útil e, portanto, é para esse período que de um modo geral são efetuados os estudos de fiabilidade [12].

No período III, as taxas de avaria crescem muito rapidamente com o tempo, é o denominado período de velhice.

Por comparação das curvas apresentadas nas figuras anteriores, verifica-se que o período de vida útil de um componente elétrico é relativamente grande quando comparado com o mesmo período de um componente mecânico [12].

### 2.2.3. ANÁLISE DE CAUSAS DE FALHAS

O recurso a árvores de avarias é um dos métodos utilizados na análise de causas de avarias, o qual permite uma base objetiva para analisar o *design* do sistema, justificar mudanças no sistema e analisar modos de avaria comuns. A Figura 3 pretende ilustrar um

exemplo de uma árvore de falhas lógica, onde é pretendido identificar a causa do sobreaquecimento do motor de um sistema [13].

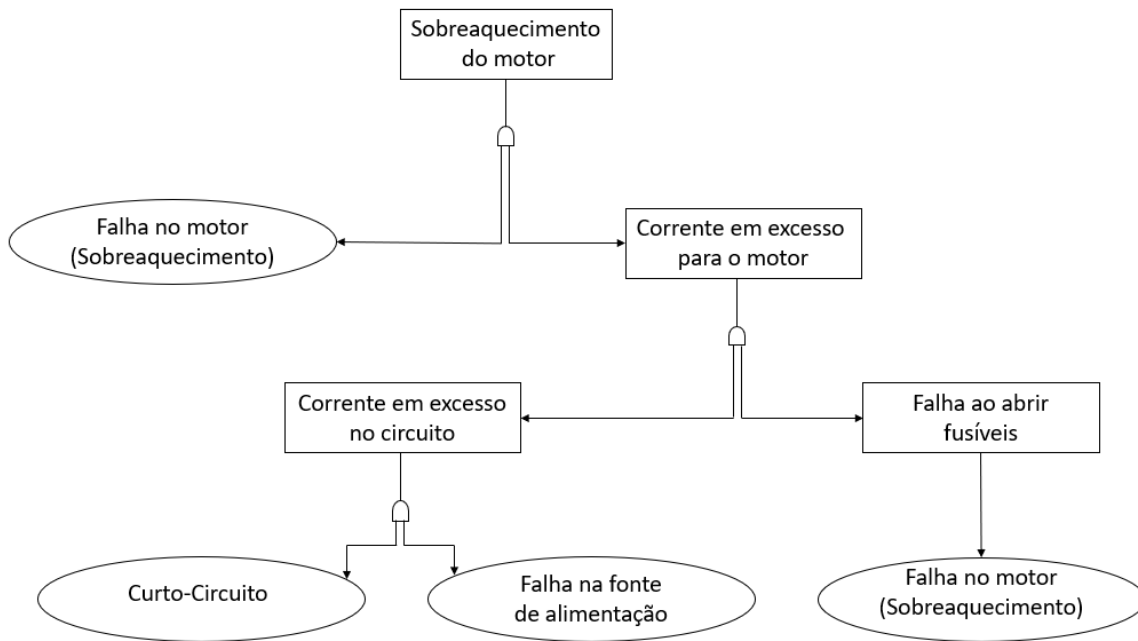


Figura 3 - Exemplo de uma árvore de falhas lógica [13].

No exemplo apresentado, o evento indesejado surge no topo da árvore, e vai sendo segmentado sucessivamente em possíveis causas para a ocorrência da falha, até atingir os eventos primários do sistema, representados com elipse na figura. Os eventos representados com retângulo representam ocorrências indesejadas, que podem ser a causa do evento principal, no entanto podem ser segmentados até atingir o nível dos eventos primários.

## 2.3. TPM

### 2.3.1. ORIGEM E DESENVOLVIMENTO

O conceito TPM foi desenvolvido no Japão quando, em 1951, adotou pela primeira vez o termo PM (*Preventive Maintenance*, mais tarde *Productive Maintenance*) originário dos Estados Unidos. A PM consistia em realizar *check-ups* físicos aos equipamentos, ação também designada por medicina preventiva, de forma a impedir ou eliminar falhas nos equipamentos, prolongando o seu tempo de vida útil [14].

“TPM é sobretudo um estado de espírito, uma forma de estar, onde todas as funções de uma empresa devem sentir que estão a participar no processo de manutenção” [15].

Em 1971, a Corporação Nippon Denso introduziu e implementou com sucesso o programa TPM, que mais tarde lhe valeu o “*PM Plan Excellence Award*”, originado assim a divulgação do TPM por todo o Japão e Europa. Atualmente apresenta-se como um dos modelos de gestão da manutenção mais utilizados [14].

### **2.3.2. OBJETIVOS**

Os objetivos da aplicação deste método foram definidos pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance* – Instituto Japonês de Manutenção Industrial), e definiu os seguintes [14]:

- Maximizar a eficiência em sistemas produtivos;
- Minimizar perdas estabelecendo metas orientadas a zero acidentes, perdas e defeitos;
- Envolver todos os departamentos de uma empresa na implementação do TPM;
- Envolver todos os funcionários desde a administração até aos operadores;
- Agir por atividades de pequenos grupos.

### **2.3.3. FUNDAMENTOS DO TPM**

A melhoria da qualidade produtiva e a eficiência operacional são objetivos que devem ser constantemente considerados pelo departamento de produção. Para garantir o seu cumprimento deve manter uma relação bastante próxima com o departamento de manutenção e vice-versa, uma vez que os operadores dos equipamentos podem facilitar o trabalho da equipa de manutenção devido ao facto de serem os operadores que conhecem e utilizam os equipamentos [14].

Independentemente do avanço da tecnologia utilizada nos processos produtivos, são os operadores que afetam o desempenho do processo, não os gestores ou os sistemas. Os operadores devem participar no processo de manutenção utilizando os conhecimentos adquiridos dos equipamentos como forma de prevenção [14]. O esquema representado na Figura 4 pretende representar as ações levadas a cabo pelos departamentos de produção e manutenção.

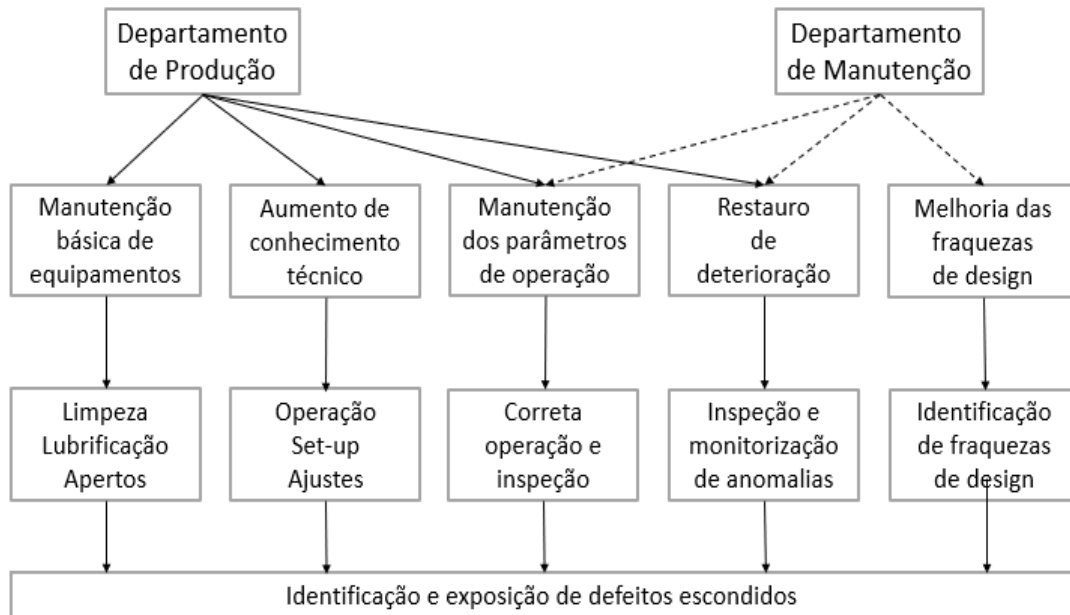


Figura 4 - Interação entre produção e manutenção [14].

O cumprimento das ações indicadas na Figura 4 entre os dois departamentos permite a deteção de problemas que possam existir nos equipamentos, que de outra forma só seriam detetados ou manifestados nos momentos de paragem do equipamento devido a falhas. Nestes casos as consequências assim como os custos para a empresa seriam bastante mais graves [14].

### 2.3.3.1. OS OITO PILARES DO TPM

Na verdade, os operadores são um dos fatores que apresentam influência na base do TPM, a sua fundação é constituída por oito pilares relativos a oito tipos de atividades previstas de forma a melhorar a sua eficiência do processo produtivo [14]. Na Figura 5 encontram-se ilustrados os oito pilares fundamentais para o TPM, seguindo-se uma breve explicação do significado de cada um.

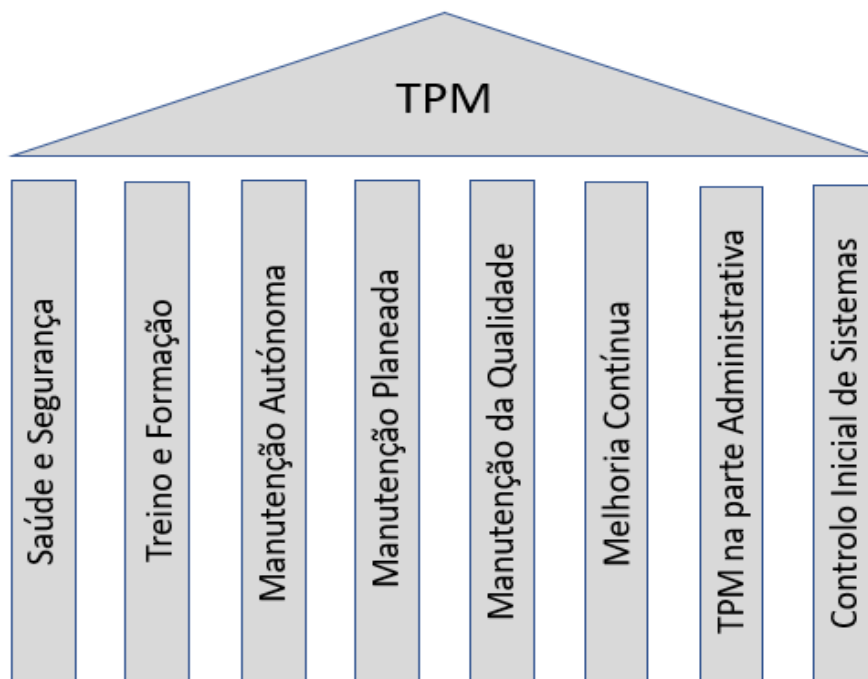


Figura 5 - Pilares do TPM [16].

**Saúde e Segurança** - Pilar fundamental quando se pretende atingir zero acidentes. Os operadores que participam na manutenção não foram contratados com essa função, no entanto, devem conhecer os conceitos básicos do funcionamento do equipamento que operam. Por isso devem ser sujeitos a ações de formação, e desta forma criar competências de avaliação de riscos de manuseamento dos equipamentos bem como identificação de alguns sintomas de problemas [16].

**Treino e Formação** - Em várias empresas as ações de formação são consideradas como uma perda de tempo e recursos, e como tal acabam por ser desprezadas. Quando se verifica esta situação, o método de transmissão de informação consiste em apontamentos em bloco de notas por parte de quem está a aprender. Sem a devida formação, a manutenção não funciona corretamente. Este pilar pretende sensibilizar para a importância da transmissão da informação necessária, da forma de transmiti-la e como confirmar que tal informação foi absorvida e entendida [16].

Personalidades diferentes, de áreas diferentes fora da Engenharia, demonstram a sua opinião relativamente ao tema da formação com recurso às seguintes expressões:

“Só existe uma coisa pior do que formar colaboradores e eles partirem, é não os formar e eles permanecerem.” (Zig Ziglar)

“Se consideram a formação cara, tenham a coragem de experimentar a ignorância.”  
(Derek Bok)

**Manutenção Autônoma** - A utilização de técnicos ou engenheiros qualificados para realizar simples tarefas de manutenção deve ser considerado um desperdício de recursos quando se pode formar operadores para as realizar e, desta forma, aproveitar o conhecimento avançado na realização de tarefas mais complexas.

A manutenção autônoma consiste em formar operadores e permitir o seu envolvimento nos trabalhos de manutenção, visto serem eles quem utilizam e conhecem os comportamentos dos equipamentos. Esta é uma oportunidade para aumentar conhecimentos relativos aos equipamentos permitindo identificar pontos de melhoria, realizar ações de manutenção e até pequenas reparações [16].

**Manutenção Planeada** - O principal objetivo da manutenção planeada passa por aumentar a eficiência dos equipamentos de forma a obter zero falhas. A ausência de falhas é conseguida quando se averiguam as causas raiz dos problemas que vão ocorrendo nos equipamentos, e quando identificadas, devem ser implementadas as ações necessárias para eliminar essas causas.

Os operadores são fundamentais para a identificação dos primeiros sintomas de problemas nos equipamentos, permitindo à equipa de manutenção atuar sobre o problema, e assim impedir que os sintomas se alastrem ou que os equipamentos fiquem inutilizáveis durante largos períodos [16].

**Manutenção da Qualidade** - Ainda que sejam utilizadas as melhores tecnologias, a qualidade do produto apresenta variações justificadas com as limitações dos equipamentos ou escolha dos seus componentes. A manutenção da qualidade consiste na utilização de equipas de análise das diversas áreas dos equipamentos de forma a identificar as referidas limitações. Quando identificadas as causas, devem ser implementadas alterações no próprio equipamento, alternativamente podem ser sugeridas alterações no processo, das quais não resultem alterações na qualidade final do produto [16].

**Melhoria Contínua** - A ocorrência de falhas em equipamentos ou processos, assim como a difícil deteção, são uma constante no departamento de produção, por isso devem ser

utilizadas equipas constituídas por técnicos e engenheiros qualificados de forma a encontrar soluções permanentes para as falhas ocorridas, bem como avaliar qual será a decisão mais rentável entre a reparação ou substituição de equipamentos [16].

**TPM na parte Administrativa** - Todos os departamentos de uma empresa apresentam influência na produção, quer seja o departamento de vendas, instalações, controlo da qualidade entre outros, sendo que um problema pode manifestar-se de várias formas tal como a falta de qualidade da matéria prima, chegada tardia ou falta de material, material com especificações erradas, falta de informação, etc. Os problemas referidos são da responsabilidade de outros departamentos que não o da produção ou da manutenção, concluindo assim que a participação deve ser global para reunir as condições necessárias para a produção total [16].

**Controlo inicial de Sistemas** - Este pilar tem o objetivo de garantir o correto desempenho dos equipamentos ainda na fase de conceção. A equipa TPM deve acompanhar esta fase como forma de garantir que os equipamentos são concebidos exatamente tal como foram projetados e seguidas todas as especificações [16].

#### **2.3.4. MEDIÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TPM**

##### **2.3.4.1. TEMPOS**

Por se tratar de um método de melhoria de processos, facilmente se entende que a definição de indicadores, calculados através de classificação de tempos, seja fundamental quando se pretende quantificar as melhorias de implementação do método. Indicadores como o OEE, Manutenibilidade e Fiabilidade são os utilizados para avaliar a melhoria na gestão da manutenção. A quantificação dos indicadores é obtida através de registo e tratamento de tempos relativos aos estados de funcionamento e paragem do equipamento. Apesar de existirem outros métodos, os dados possíveis para recolha obrigam à utilização deste método. Torna-se então necessário entender e distinguir os estados de funcionamento e não funcionamento dos equipamentos [11].

O diagrama da Figura 6 pretende representar como se dividem os tempos relativos aos diferentes estados dos equipamentos, seguindo-se uma explicação acompanhada de exemplos.

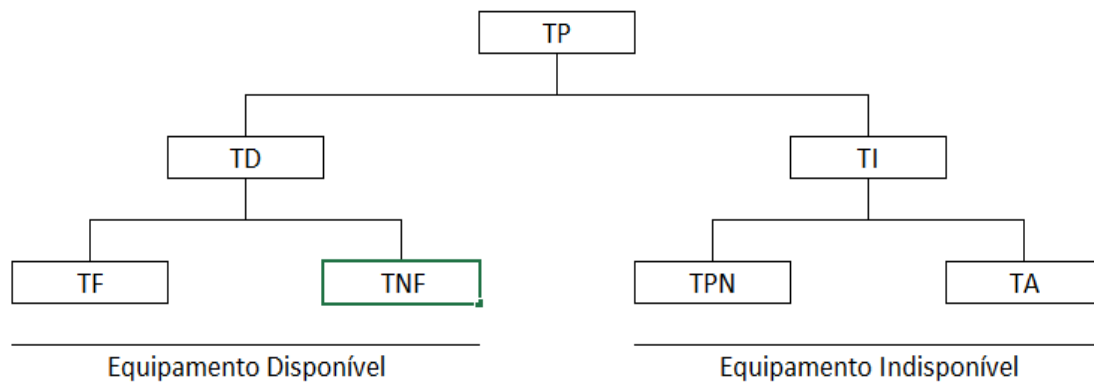


Figura 6 - Tempos relativos aos estados dos equipamentos [11].

- **TP** – Tempo planeado de produção (turno com duração de oito horas).
- **TD** – Tempo disponível, ou seja, período no qual o equipamento apresenta plenas condições de exercer a sua função.
- **TI** – Tempo indisponível, ou seja, período no qual o equipamento não apresenta condições de exercer a sua função.
- **TF** – Tempo de funcionamento, ou seja, período efetivo de funcionamento durante o qual o equipamento exerce a sua função.
- **TNF** – Tempo de não funcionamento devido a fatores externos ao equipamento. Ex (Falta de açúcar, falta de material, falhas em equipamentos adjacentes).
- **TPN** – Tempo de paragem necessário para intervenções no equipamento de forma a permitir o seu funcionamento. Ex (limpeza, manutenção, *SET-UP*, alteração de produtos).
- **TA** – Tempo de avaria, ou seja, período durante o qual o equipamento não exerce a sua função devido a avaria.

#### 2.3.4.2. INDICADORES

A quantificação dos indicadores que traduzem a eficiência de aplicação do TPM é possível através do tratamento e análise dos tempos identificados anteriormente.

### 2.3.4.2.1. INDICADOR OEE

O OEE apresenta-se como o indicador, ou forma de análise, da eficiência de um equipamento ou um conjunto de equipamentos integrados no mesmo sistema. O cálculo do OEE é baseado no produto de outros três indicadores: disponibilidade operacional, desempenho e taxa de qualidade [11]. Estes indicadores são definidos pelas seis grandes perdas, tal como a Figura 7 pretende demonstrar, perdas exclusivamente relativas a equipamentos, e a sua interferência nos tempos de produção [16].

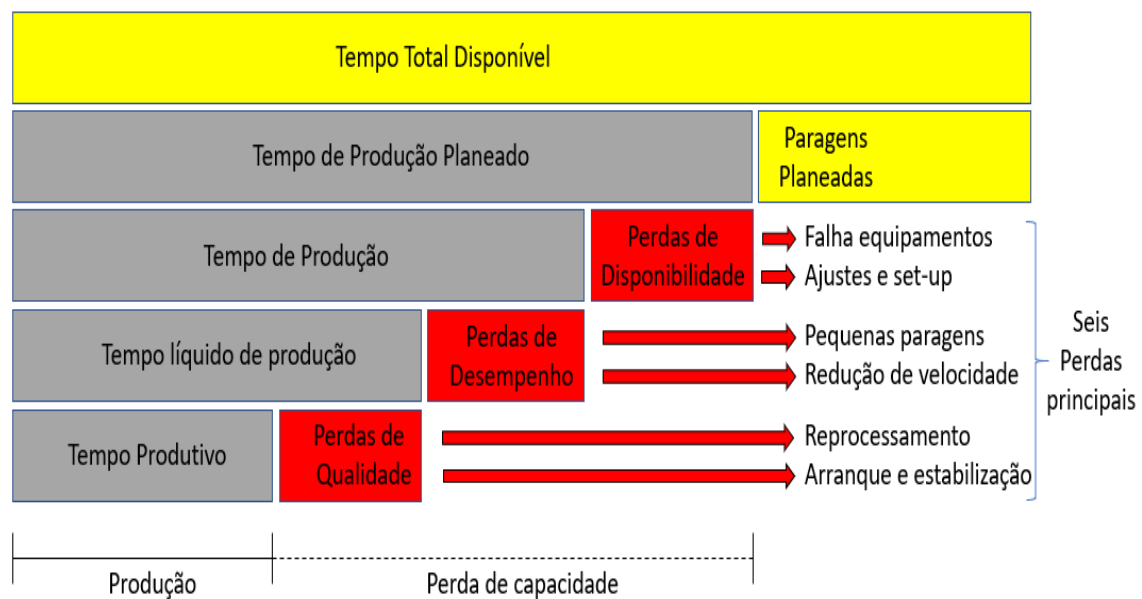


Figura 7 - Tempos de produção e tipos de perdas [5].

### Disponibilidade operacional (DO)

A disponibilidade operacional exprime a relação entre o tempo que o equipamento esteve efetivamente em produção e o tempo planeado para produção, assim, este indicador é influenciado pelas condições do próprio equipamento e condições externas [11].

$$DO = \frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{Tempo Planeado de Produção}} \quad (3)$$

A disponibilidade operacional pode ver o seu valor reduzido devido a vários fatores, entre eles [5]:

- Manutenção não programada;
- Avarias em equipamentos adjacentes;

- Ajustes, limpeza, *SET-UP*, manutenção programada ou alteração do tipo de produto;
- Avaria dos próprios equipamentos.

### **Desempenho (DE)**

O desempenho é o indicador que exprime o comportamento produtivo dos equipamentos relativamente à velocidade de produção, relacionando a quantidade produzida com a quantidade possível de produzir com o equipamento a funcionar em pleno, durante um intervalo de tempo [11].

$$DE = \frac{\text{Quantidade produzida}}{\text{Quantidade possível de produzir}} = \frac{\text{Velocidade de Produção}}{\text{Velocidade Nominal}} \quad (4)$$

Quando se verifica que determinado equipamento funciona de forma condicionada, significa que apresenta perdas de desempenho. O funcionamento a 70 % da sua capacidade normal, é o mesmo que dizer que esteve parado 30 % do tempo de produção, ou seja, o desempenho é possível ser calculado comparando valores temporais, valores de cadência, ou valores percentuais de velocidade [16].

Como causa de perdas de desempenho podem ser identificadas as seguintes [5]:

- Pequenas paragens devido a problemas temporários que não impedem o funcionamento dos equipamentos, mas reduzem o desempenho;
- Material de fraca qualidade;
- Falta de conhecimento dos operadores;
- Problemas ainda não detetados.

### **Taxa de Qualidade (TQ)**

A taxa de qualidade exprime a relação entre a quantidade produzida sem defeitos e a quantidade total produzida [16].

$$TQ = \frac{\text{Quantidade produzida sem defeitos}}{\text{Quantidade total produzida}} \quad (5)$$

Os produtos com defeito normalmente dão origem a reprocessamento, em alguns casos nem podem ser reaproveitados, resultando em custos de produção acrescidos para a

empresa, além de ver reduzida a produção [14]. Pior do que o acréscimo no custo de produção pode ser o facto de perder clientes, caso o defeito não seja detetado atempadamente nas instalações da empresa, por isso o objetivo de qualidade das empresas deve ser obter 100 % de qualidade na produção [16].

Como causas de defeitos na produção podem ser referidas as seguintes [5], [14]:

- Arranque da máquina e estabilização, nomeadamente após reparações, longos tempos de paragem devido a férias ou avaria;
- Alteração do tipo de produtos a produzir;
- Problemas não detetados no processo.

Como referido, o cálculo do OEE consiste no produto dos três indicadores anteriormente abordados, assim vem:

$$OEE = DO \times DE \times TQ \quad (6)$$

Importa obter o OEE o mais próximo de 1, ou seja 100%, este seria o cenário perfeito para qualquer empresa, isto é conseguido quando os indicadores de disponibilidade, desempenho e qualidade também apresentam o valor máximo, ou seja, quando não se verificam os fatores que apresentam influência nas perdas de cada um dos indicadores. Na Tabela 2 pretende-se representar a variação do OEE em função de valores distintos dos indicadores que o definem [16].

Tabela 2 - Influência dos indicadores no valor final do OEE [16].

<b>Disponibilidade</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Qualidade</b>	<b>OEE</b>
100 % (1)	100 % (1)	100 % (1)	<b>100 % (1)</b>
50 % (0,5)	100 % (1)	100 % (1)	<b>50 % (0,5)</b>
50 % (0,5)	50 % (0,5)	100 % (1)	<b>25 % (0,25)</b>
50 % (0,5)	50 % (0,5)	50 % (0,5)	<b>12,5 % (0,125)</b>
100 % (1)	75 % (0,75)	75 % (0,75)	<b>56 % (0,56)</b>

#### 2.3.4.2.2. INDICADOR FIABILIDADE

Segundo a norma NP EN 13306:2007, Fiabilidade é definida como: “A aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo. O termo fiabilidade também é utilizado como medida de desempenho e poderá também ser definido como uma probabilidade” [1].

Este indicador, já referido anteriormente, é baseado nos tempos médios de funcionamento e avaria. O tempo médio de funcionamento ou tempo médio entre avarias (MTBF – *Mean Time Between Failure*) é calculado através da relação entre o tempo total de funcionamento (TF) e a quantidade de vezes que o equipamento interrompe o funcionamento devido a avaria (NP) [11].

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{Quantidade de paragens por avaria}} = \frac{TF}{NP} \quad (7)$$

A taxa de avarias ( $\lambda$ ) indica a frequência com que um equipamento avaria, ou seja, a quantidade de avarias por unidade de tempo. O seu valor corresponde ao inverso do tempo médio de funcionamento (MTBF).

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (8)$$

#### 2.3.4.2.3. INDICADOR MANUTENIBILIDADE

Segundo a norma NP EN 13306:2007, Manutenibilidade é definida como: “A aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos” [1].

Este indicador é formado pelo tempo médio de avaria e pela taxa de reparação. O tempo médio de avaria ou tempo médio de reparação (MTTR – *Mean Time To Repair*) é calculado através da relação entre o tempo total de avaria (TA) e a quantidade de vezes que o equipamento interrompe o funcionamento devido a avaria (NP) [11].

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total de avaria}}{\text{Quantidade de paragens por avaria}} = \frac{TA}{NP} \quad (9)$$

A taxa de reparação ( $\mu$ ) indica a quantidade de reparações por unidade de tempo. O seu valor corresponde ao inverso do tempo médio de paragem (MTTR) [11].

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (10)$$

### **2.3.5. EVOLUÇÃO DO TPM**

Inicialmente as seis grandes perdas consideradas diziam respeito apenas a fatores relacionados com os equipamentos, como já foi referido, o TPM pretende envolver todos os departamentos no processo de produção. Assim, no final da década de 80, início da década de 90 surge uma nova geração do TPM, deixando de focar exclusivamente na melhoria da eficiência dos equipamentos, passando a focar-se em todos os fatores que possam ter influência no departamento de produção, ou seja, todos os departamentos. Esta nova geração acrescentou 2 perdas relativas aos equipamentos, e 2 categorias de perdas, recursos físicos de produção e perdas ligadas às pessoas [5].

#### **Perdas nos equipamentos – oito tipos**

- Falhas/avarias nos equipamentos;
- Ajustes e *SET-UP*;
- Pequenas paragens;
- Redução de velocidade;
- Arranque e estabilização;
- Defeitos e reproprocessamento;
- Perdas de tempo útil;
- Mudança de dispositivos e ferramentas.

#### **Perdas nos recursos físicos de produção – três tipos**

- Falha ou troca de matrizes;
- Ferramentas e gabarito;
- Falhas de energia ou tecnologia.

#### **Perdas ligadas às pessoas – cinco tipos**

- Falhas na administração;
- Perdas por mobilidade operacional;
- Perdas por organização da linha;

- Perdas por logística;
- Perdas por medições de ajustes.

### 3. APLICAÇÃO DOS CONCEITOS TEÓRICOS

Após o período de integração na unidade de empacotamento de papel, aprendizagem do processo e do funcionamento das máquinas, foi possível dar início às atividades propostas pela RAR. No terceiro capítulo é feita a descrição do processo de empacotamento de papel de 1kg de açúcar, o conteúdo e método de elaboração dos manuais de utilização e funcionamento das máquinas de empacotamento, e para finalizar, os requisitos para desenvolvimento de um auxiliar técnico com capacidade de controlo e registo de tempos relativos aos vários estados aos quais as máquinas de empacotamento estão sujeitas. O registo de tempos tem a finalidade de quantificar os indicadores que constituem o TPM.

### **3.1. MANUAIS DE UTILIZAÇÃO E FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS *SIG E BOSCH***

A elaboração dos manuais de funcionamento e utilização consiste na identificação dos principais componentes que constituem as duas máquinas de empacotamento de papel de 1 kg de açúcar. Os componentes foram identificados de acordo com o departamento de manutenção da RAR, o qual acompanhou e conduziu a elaboração dos manuais com o objetivo de promover maior eficiência no processo de empacotamento, através do aumento de conhecimento dos seus operadores.

O processo é segmentado em secções de forma a distinguir as diferentes etapas, desde a formação do pacote até ser preenchido com açúcar, fechado e sujeito ao detetor de metais. A identificação dos principais componentes pretende indicar as suas funções, princípio de funcionamento bem como o seu papel no processo. Do ponto de vista do departamento de manutenção, é pretendido com a elaboração dos manuais, juntamente com ações de formação, transmitir conhecimentos básicos aos operadores sobre as máquinas que operam, e assim, de forma progressiva, promover boas práticas de utilização e manutenção.

Ao longo dos manuais são descritos procedimentos sobre a forma correta de atuar na ocorrência dos erros mais frequentes e de simples resolução, as ações de limpeza e a sua frequência, a sequência de procedimentos no arranque das máquinas bem como outras ações consideradas de maior importância para o departamento de manutenção. Durante o período de análise das duas máquinas, juntamente com os operadores e o departamento de manutenção, foi possível identificar os erros mais frequentes passíveis de serem corrigidos pelos operadores sem recurso a equipas de manutenção. Verificou-se que se trata dos mesmos erros em ambas as máquinas.

A elaboração dos manuais pretende ir ao encontro do que foi referido no capítulo anterior, relativamente aos pilares da fundação do TPM, nomeadamente os pilares de saúde e segurança, treino e formação, manutenção autónoma, manutenção planeada e manutenção da qualidade.

Relativamente à saúde e segurança, facilmente se percebe que o aumento de conhecimentos técnicos dos equipamentos permite aos operadores desenvolverem capacidades de avaliação de risco na execução das suas tarefas, bem como participarem ativamente no

desenvolvimento de novos métodos de trabalho nos quais se verificam risco elevado. Este é um fator determinante para atingir o objetivo de zero acidentes.

O treino e formação é fundamental para transmitir conhecimentos técnicos aos operadores, os mesmos operadores que foram contratados para operar máquinas e não desempenhar funções de manutenção. No entanto, conhecimentos básicos podem prevenir, eliminar ou detetar problemas maiores, resultando custos acrescidos, tanto de reparação como de não produção.

A manutenção autónoma surge de uma ideologia que defende que o operador, por ser a pessoa que trabalha diariamente com a máquina, é a pessoa que melhor a deve conhecer e, aliado ao treino e formação, deve ser capaz de realizar algumas ações simples de manutenção bem como pequenos ajustes. Os conhecimentos referidos permitem libertar o departamento de manutenção para a realização de tarefas mais complexas que exigem maior grau de qualificação e conhecimento.

No que concerne ao planeamento da manutenção, o conhecimento do funcionamento das máquinas é determinante visto que o operador, na realização das suas tarefas, pode detetar sintomas anormais ao funcionamento da máquina que opera. Isto permite ao departamento de manutenção planear e atuar antes da máquina parar e ficar inutilizada até reparação.

A manutenção da qualidade pode ser influenciada pelo nível de conhecimento dos operadores na medida em que as variações da qualidade estão diretamente ligadas com as limitações das máquinas. Estas, ao serem detetadas pelo operador, devem ser reportadas e reparadas o mais rápido possível de forma a evitar a produção de bens que não cumpram os requisitos de qualidade.

Ao final de algumas semanas verificou-se que os técnicos de manutenção são solicitados com menor frequência para a resolução dos problemas mais comuns. A elaboração dos manuais de utilização e funcionamento revelou-se bastante útil na compreensão e descrição do processo de empacotamento das máquinas Bosch e SIG, o qual se encontra no final deste capítulo.

### **3.2. AUXILIAR TÉCNICO**

A ferramenta técnica desenvolvida surge da necessidade da RAR passar a ter conhecimento real dos tempos relativos aos vários estados das suas máquinas, ou seja, tempo de produção, tempos das várias causas de paragem incluindo o tempo de avaria.

O registo de todos os tempos é fundamental para calcular os indicadores de eficácia do TPM, tais como: disponibilidade, desempenho, taxa de qualidade, fiabilidade e manutenibilidade. Nos relatórios de produção é feita referência a alguns dos tempos necessários ao cálculo dos indicadores, no entanto verificou-se que são indicados de forma aproximada e de acordo com a perceção dos operadores, tratando-se assim de valores pouco fiáveis.

Assim sendo, os requisitos para a elaboração da ferramenta auxiliar de trabalho são os seguintes:

- Distinguir as várias causas de não funcionamento das máquinas;
- Quantificar a duração de funcionamento e não funcionamento em função das diferentes causas;
- Cálculo de indicadores;
- Controlo do desempenho de técnicos e operadores.

De forma a potenciar ao leitor a compreensão do funcionamento da ferramenta técnica, posteriormente serão abordados os fatores que a constituem, como as causas de não funcionamento e conseqüente distinção de tempos, o princípio de funcionamento da ferramenta acompanhado do respetivo fluxograma, uma breve explicação do código de programação elaborado que permite o funcionamento, os cálculos efetuados para quantificar os indicadores do TPM e o material utilizado para conceber a ferramenta técnica.

#### **3.2.1. CAUSAS DE NÃO FUNCIONAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE TEMPOS**

De forma a cumprir o primeiro requisito, foi necessário identificar as causas que impedem a produção das máquinas, e associá-las com os tempos definidos pela metodologia TPM, abordados no segundo capítulo. Assim, foram identificadas as seguintes causas:

- Avaria interna, os períodos relativos a esta causa devem ser associados a TA (tempo de avaria);
- Avaria em equipamentos adjacentes, os períodos relativos a esta causa devem ser associados a TNF (tempo de não funcionamento devido a fatores externos);

- Falta de açúcar, os períodos relativos a esta causa devem ser associados a TNF (tempo de não funcionamento devido a fatores externos);
- Limpeza, os períodos relativos a esta causa devem ser associados a TPN (Tempo de paragem necessário para intervenções nas máquinas de forma a permitir o seu funcionamento);
- Manutenção, os períodos relativos a esta causa devem ser associados a TPN (Tempo de paragem necessário para intervenções nas máquinas de forma a permitir o seu funcionamento);
- *SET-UP*, os períodos relativos a esta causa devem ser associados a TPN (Tempo de paragem necessário para intervenções nas máquinas de forma a permitir o seu funcionamento).

Para efeito de cálculo dos indicadores característicos do TPM esta distinção não apresenta influência nos resultados, contando que sejam corretamente associados aos tempos definidos pelo método em estudo, representados no esquema da Figura 8. No entanto, internamente estes dados serão úteis na identificação das causas de não funcionamento e a sua duração, e desta forma procurar soluções para as evitar ou eliminar.

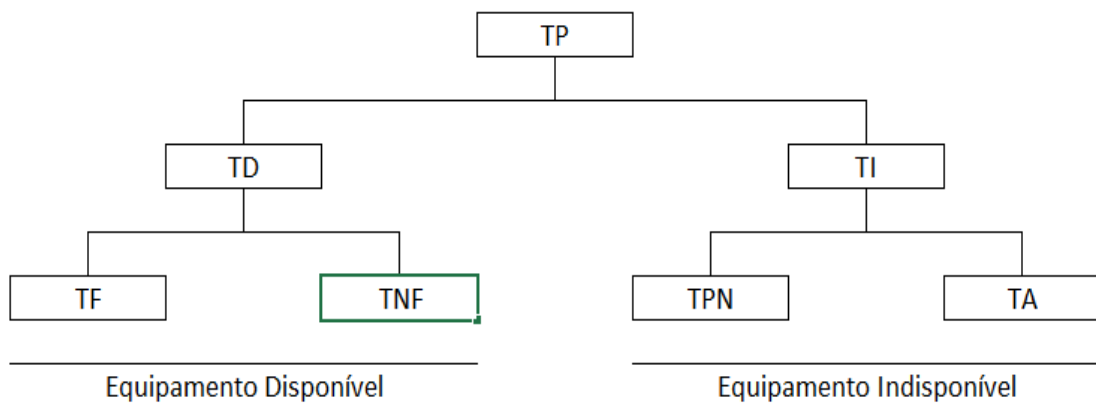


Figura 8 - Segmentação de tempos para cálculo de indicadores TPM [11].

Tal como ilustrado na Figura 8 o tempo planeado de produção (TP) é segmentado em tempo de disponibilidade (TD) e tempo de indisponibilidade (TI) da máquina para realizar as suas funções. O facto de se encontrar disponível não implica que se encontre em funcionamento, assim como o facto de se encontrar indisponível não implica que se encontre avariada.

### 3.2.1.1. TEMPOS DE DISPONIBILIDADE

O tempo no qual as máquinas se encontram disponíveis diz respeito ao período no qual apresentam as condições normais de funcionamento sem qualquer restrição, no entanto verifica-se a possibilidade de ocorrências não imputáveis às máquinas, mas que as impedem de realizar as suas funções. Os períodos nos quais se verifica este cenário devem ser classificados como tempo de não funcionamento (TNF) devido a causas externas.

De acordo com as necessidades da RAR, o TNF será segmentado como forma de distinção das causas externas que impedem a produção, assim são classificados e quantificados os tempos de paragem devido a avaria em equipamentos adjacentes (TPEA), como por exemplo agrupador ou paletizador, e o tempo de paragem devido a falta de açúcar (TPFA), situação que se verifica com alguma frequência. Desta forma, o tempo de disponibilidade é composto de acordo com o esquema ilustrado na Figura 9.

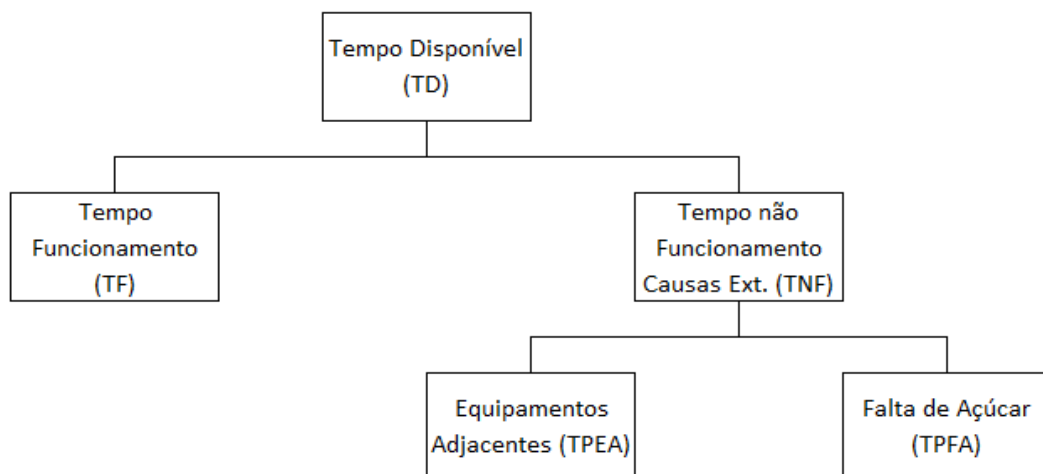


Figura 9 - Segmentação do tempo de disponibilidade das máquinas.

### 3.2.1.2. TEMPOS DE INDISPONIBILIDADE

Em contraste com o tempo de disponibilidade, o tempo de indisponibilidade refere-se ao período das máquinas no qual não apresentam as condições necessárias para executar normalmente as suas funções. O tempo de indisponibilidade é segmentado de forma a distinguir as causas que impedem o funcionamento das máquinas, distinguindo entre tempo de avaria (TA) e tempo de paragem necessário (TPN) para realizar intervenções nas máquinas que permitem a produção normalmente.

Relativamente ao TPN, na RAR verificam-se ações de limpeza, *SET-UP* e manutenção preventiva. Verificada a necessidade de distinguir os tempos associados a estas ações o tempo de limpeza é definido como TL, o tempo de *SET-UP* como TS e o tempo de manutenção como TM.

Relativamente ao TA, o tempo foi segmentado como forma de controlo da produtividade dos técnicos de manutenção e operadores. Atualmente a RAR não dispõe de meios informáticos que permitam cruzar dados relativos aos trabalhos realizados pelos técnicos e respetivos tempos de intervenção. Os técnicos são várias vezes solicitados e não se encontram disponíveis por estarem ocupados com problemas de outras máquinas, sendo que por vezes alguns não se encontram disponíveis por falta de motivação para realizar as devidas funções. Sendo as instalações da RAR de dimensão considerável, é difícil controlar esta situação. A ferramenta desenvolvida pretende eliminar estas situações devido ao facto de contabilizar o tempo de espera pelo técnico de manutenção (TET) desde o momento em que a avaria é declarada pelo operador, e por obrigar à identificação do técnico da sua chegada através de identificação com *password* exclusiva. Com a identificação validada o contador de TET pausa e inicia o contador do tempo de reparação (TR).

Outro problema verificado diz respeito à qualidade de algumas intervenções, ou seja, reparações realizadas sem qualquer critério, sem que o resultado seja verificado, limitando-se ao facto das máquinas apresentarem condições para arrancar, ainda que de forma limitada. O que se verifica é que passados poucos instantes, e com o técnico já ausente, a avaria volta a ocorrer. Daqui resultam custos de não produção da máquina, custos de não produção dos operadores e retrabalho para o departamento de manutenção. A solução adotada para eliminar esta situação passa por fazer com que o técnico de manutenção valide a reparação após confirmação do operador, ou seja, a validação na consola é possível apenas após o operador confirmar o correto funcionamento da máquina.

Tal como no departamento de manutenção, também no departamento de produção se verificam alguns aspetos negativos, nomeadamente o facto de alguns operadores abandonarem o posto de trabalho durante os momentos de intervenção dos técnicos nas máquinas. Daqui resultam tempos de não produção desnecessários e perda de disponibilidade da máquina e respetivos custos associados, ressaltando ainda a oportunidade desperdiçada pelo operador para expandir conhecimentos técnicos da “sua máquina” nos momentos de intervenção dos técnicos de manutenção. A solução encontrada para este

problema consiste na introdução de um contador do tempo de espera pelo operador (TEO) para confirmação da reparação e correto funcionamento. O tempo de espera obtido, quando residual, comprova a presença do operador no momento da reparação e confirmação da mesma.

Neste sentido, um dos requisitos para o desenvolvimento do *software* foi a possibilidade de quantificar e distinguir estes tempos, sem que o cálculo dos indicadores do TPM seja afetado. Assim sendo, o tempo de indisponibilidade é composto de acordo com o esquema ilustrado na Figura 10.

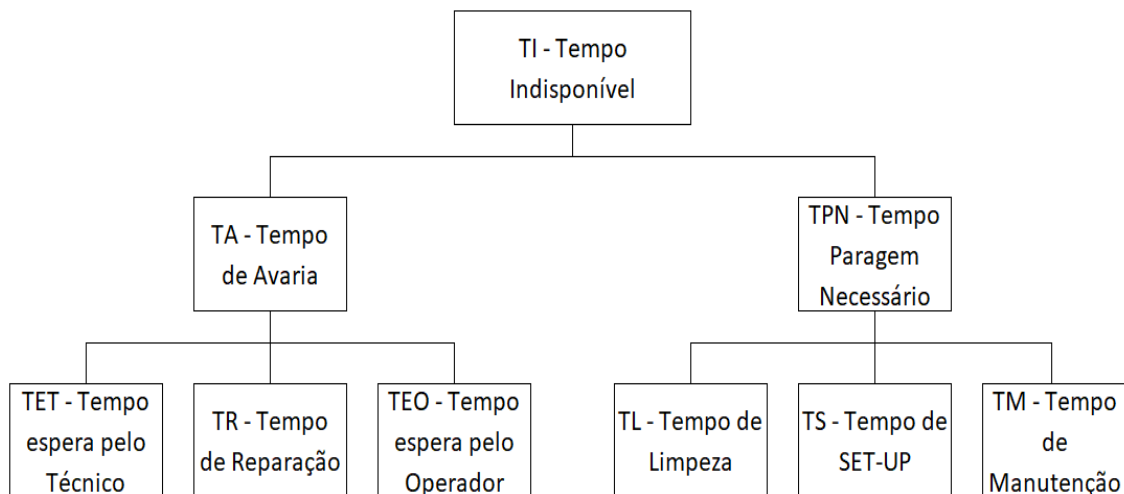
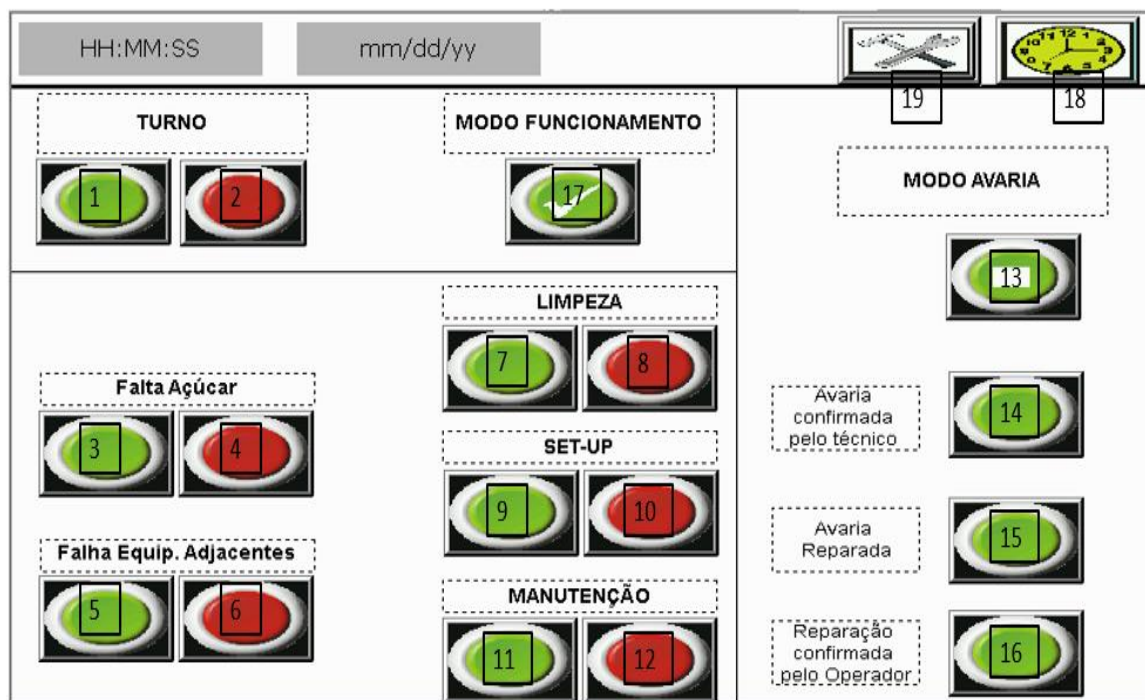


Figura 10 - Segmentação do tempo de indisponibilidade das máquinas.

### 3.2.2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA FERRAMENTA

O princípio de funcionamento da ferramenta desenvolvida é baseado na utilização de uma interface máquina-operador, que permite iniciar e pausar os contadores de duração dos vários estados das máquinas. Na Figura 11 encontra-se ilustrado o ambiente de trabalho criado para registo do tempo de duração dos vários estados, constituído por teclas de início e pausa de contadores.



1, 2 – Iniciar, terminar contador de turno; 3, 4 – Iniciar, pausar contador de paragem - falta de açúcar; 5,6 – Iniciar, pausar contador de paragem - avaria equip. adjacentes; 7, 8 – Iniciar, pausar contador de paragem – limpeza; 9, 10 – Iniciar, pausar contador de paragem - SET-UP; 11, 12 – Iniciar, pausar contador de paragem – manutenção; 13 – Inicia contador de paragem - avaria e tempo de espera pelo técnico; 14 – Pausa contador de tempo de espera pelo técnico, inicia contador do tempo de reparação; 15 – Pausa contador do tempo de reparação, inicia contador de tempo de espera pelo operador ; 16 – Pausa contador do tempo de espera pelo operador e pausa contador de tempo de avaria; 17 – Inicia contador do tempo de funcionamento efetivo da máquina; 18 – Visualização dos tempos registados; 19 – Acesso a parametrização

Figura 11 - Ambiente de trabalho da ferramenta técnica.

Ao iniciar o turno (tecla 1) o operador deve averiguar o estado no qual a máquina se encontra e iniciar o respetivo contador, ou seja, se se verifica produção deve ser selecionada a tecla 17, se estiver parada por falta de açúcar selecionar a tecla 3, se a máquina estiver parada por avaria em equipamentos adjacentes a tecla selecionada deve ser a tecla 5, caso seja realizada limpeza a tecla 7, SET-UP deve ser selecionada a tecla 9, para a manutenção realizada pelo técnico deve ser selecionada a tecla 11.

Caso se verifique avaria deve ser selecionada a tecla 13 e solicitado o técnico de manutenção para proceder à reparação. Ao clicar na tecla 13 verificam-se três ações:

- Bloqueio automático das funcionalidades da máquina;
- Inicia o contador geral do tempo de avaria;
- Inicia o contador de tempo de espera pelo técnico.

Quando o técnico se apresentar no local da avaria deve selecionar a tecla 14 e proceder à sua identificação através da introdução de *password* exclusiva para os técnicos de manutenção,

tal como ilustrado na Figura 12. Ao validar a identificação do técnico, são executadas as seguintes ações:

- Desbloqueio automático das funcionalidades da máquina;
- Pausa o contador de tempo de espera pelo técnico;
- Inicia contador do tempo de reparação.

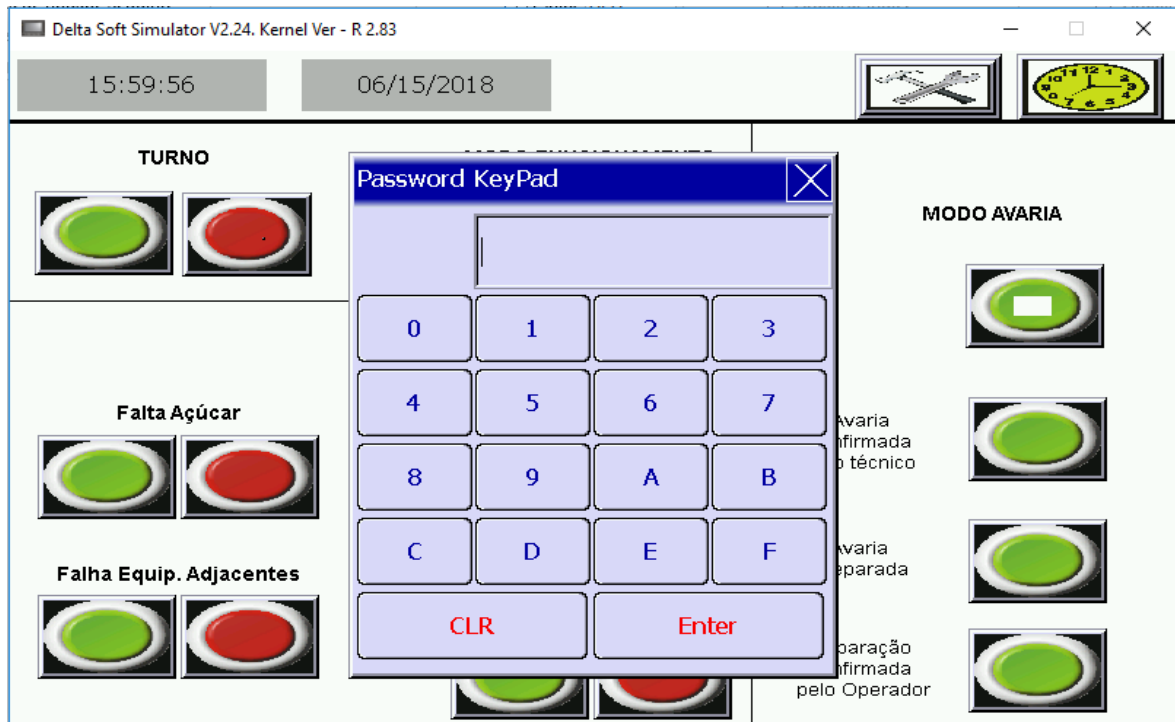


Figura 12 - Solicitação de password indicativa da presença do técnico.

Terminada a reparação, o técnico juntamente com o operador, confirmam o correto funcionamento da máquina. Caso não se confirme a reparação o técnico deve continuar os trabalhos acompanhado do operador, caso se confirme a reparação, o técnico deve clicar na tecla 15 e proceder novamente à sua identificação e introdução da sua *password*. Ao ser validada são executadas as seguintes ações:

- Pausa contador do tempo de reparação;
- Inicia o contador de tempo de espera pelo operador.

De forma a comprovar a presença do operador junto do técnico, depois de confirmada a reparação, também o operador deve proceder à sua validação. Ao selecionar a tecla 16 o operador deverá identificar-se introduzindo a *password* exclusiva para operadores, após a identificação são realizadas as seguintes ações:

- Pausa de contador de tempo de espera pelo operador;

- Pausa do contador geral de tempo de avaria;
- Incremento de uma unidade ao número de avarias verificadas no turno.

A visualização dos tempos registrados é possível selecionando a tecla 18, localizada na parte superior direita da consola, deverá surgir o *screen* tal como ilustrado na Figura 13.

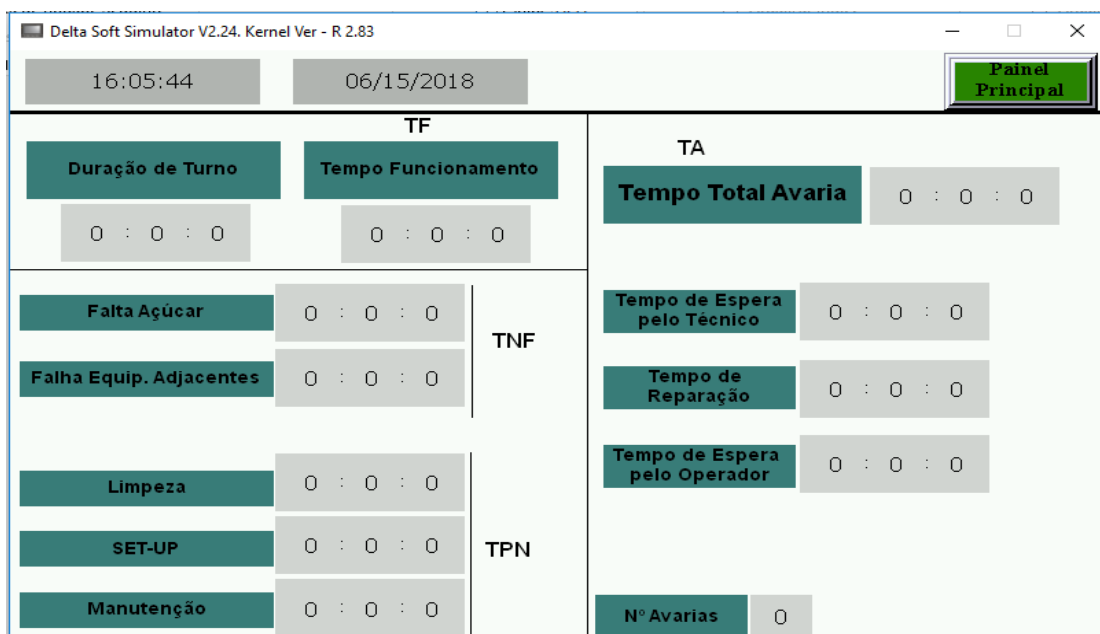


Figura 13 - Visualização dos tempos.

No final das oito horas (duração de um turno) o turno deve ser encerrado, para isso deve ser selecionada a tecla 2 do ambiente de trabalho, a qual dirige o operador para o *screen* ilustrado na Figura 14, onde deve inserir os dados do turno, tais como a cadência de produção, produção conforme e produção total.



Figura 14 - Screen de introdução de dados do turno

Estes dados são específicos de cada turno, desta forma devem ser inseridos imediatamente antes de o encerrar. Após introdução dos dados do turno o operador deve selecionar a tecla indicativa para terminar o turno, dirigindo-o para o *screen* de confirmação de encerramento de turno, ilustrado na Figura 15.

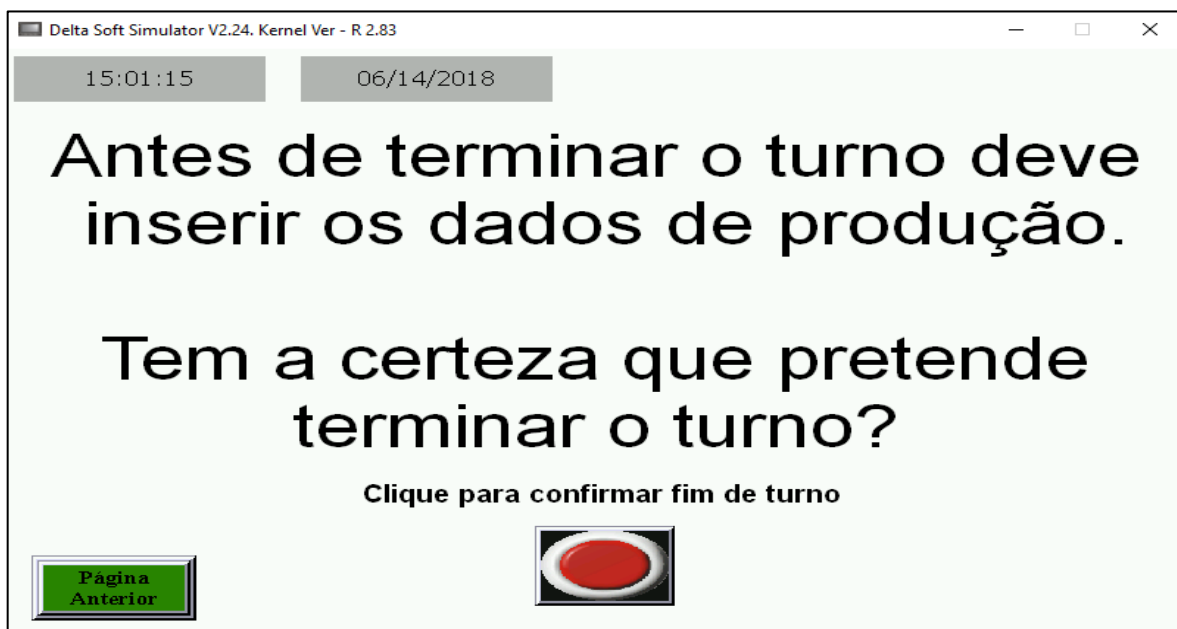


Figura 15 - Screen de confirmação de encerramento de turno.

As ações descritas são complementadas com o fluxograma ilustrado na Figura 16, onde é possível verificar a necessidade inicial de averiguar em que estado se encontra a máquina, assim como a sequência de acontecimentos em caso de avaria, e o procedimento em caso de encerramento de turno.

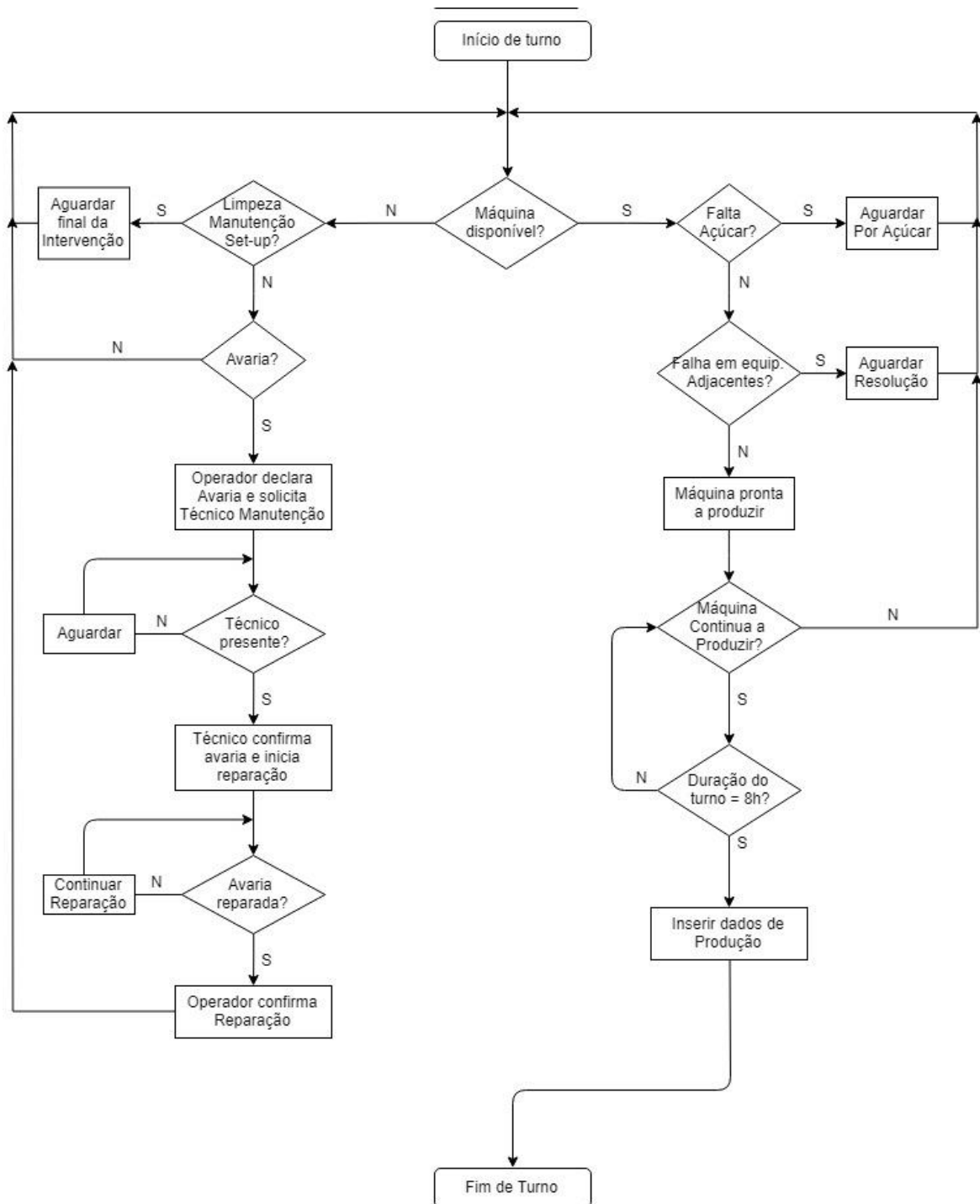


Figura 16 - Fluxograma descritivo do funcionamento da ferramenta técnica.

### 3.2.3. PROGRAMAÇÃO E PRINCIPAIS ELEMENTOS DA FERRAMENTA

A ferramenta técnica desenvolvida tem como base de funcionamento a programação *Ladder*, o nome deve-se ao facto de a representação da linguagem ser semelhante a uma escada (*ladder*), na qual duas barras verticais paralelas são interligadas pela Lógica de Controlo, formando os degraus da escada. Portanto, a cada lógica de controlo existente no programa de aplicação dá-se o nome de *rung*, a qual é composta por colunas e linhas, conforme apresentado na Figura 17.

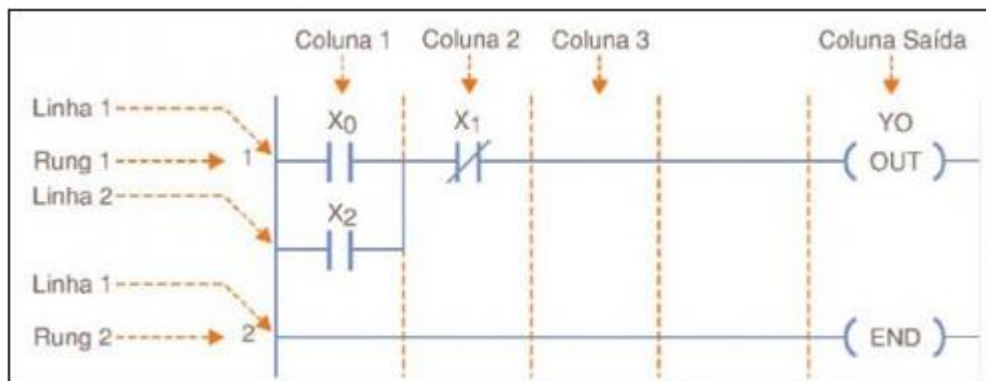


Figura 17 – Representação da linguagem *Ladder*.

A linguagem *Ladder* mantém-se como a mais utilizada no setor industrial, estando presente praticamente em todos os PLCs disponíveis no mercado. Por ser uma linguagem gráfica, baseada em símbolos semelhantes aos encontrados nos esquemas elétricos (contatos e bobinas), as possíveis diferenças existentes entre os fabricantes de PLCs, quanto à representação das instruções, são facilmente assimiladas pelos utilizadores.

Como referido anteriormente, esta ferramenta é baseada na quantificação de tempo relativo aos vários estados das máquinas, assim, pretende-se elaborar um método que contabilize a duração em cada um dos estados. A solução encontrada passa por utilizar um elemento específico de temporização próprio do autómato, visando estabelecer a base de tempo de um segundo, esse elemento é designado por temporizador ou *Timer (TMR)*. Na Figura 18 encontra-se identificado um exemplo de aplicação do temporizador.

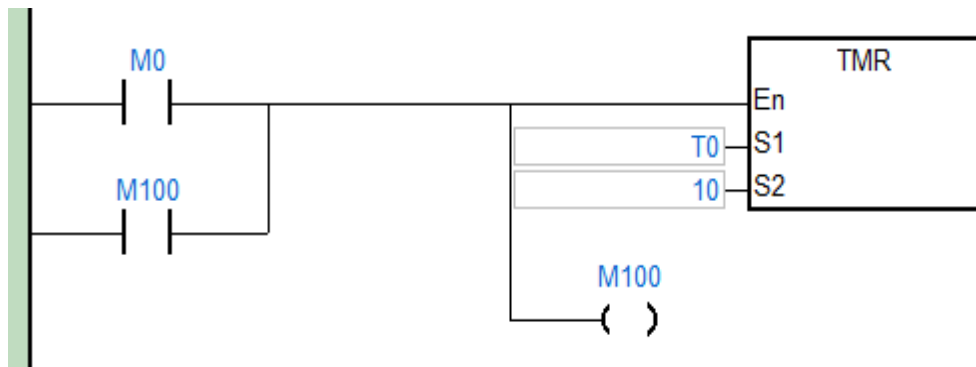


Figura 18 - Exemplo de utilização de um temporizador.

Definida a base de tempo, basta contar 60 segundos para saber que passou um minuto, assim como contar 60 minutos é o mesmo que contar uma hora. Desta forma, é frequente o recurso a contadores para formar uma espécie de relógio, onde são contabilizados os segundos para obter minutos, contabilizados minutos para obter horas, contabilizadas horas para obter dias e assim consecutivamente. A linha de código ilustrado na Figura 19 pretende demonstrar que sempre o temporizador de um segundo (T0) é ativo incrementa uma unidade ao contador (C0) até alcançar o valor 60, ou seja, 60 segundos ou um minuto.

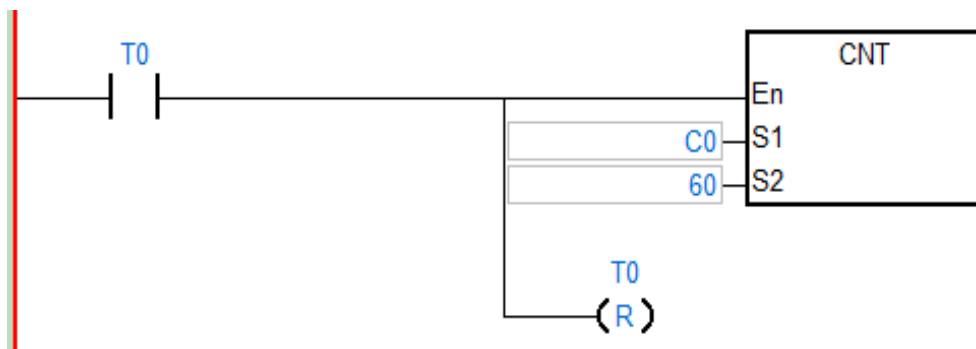


Figura 19 - Contador de segundos.

Após contar 60 vezes o temporizador de um segundo, deve ser incrementada uma unidade ao contador de minutos (C1) e o contador de segundos (C0) reinicia. De igual forma, após o contador de minutos atingir o valor 60, deve ser incrementada uma unidade ao contador de horas (C2) e também o contador de minutos (C1) reinicia, tal como ilustrado na Figura 20.

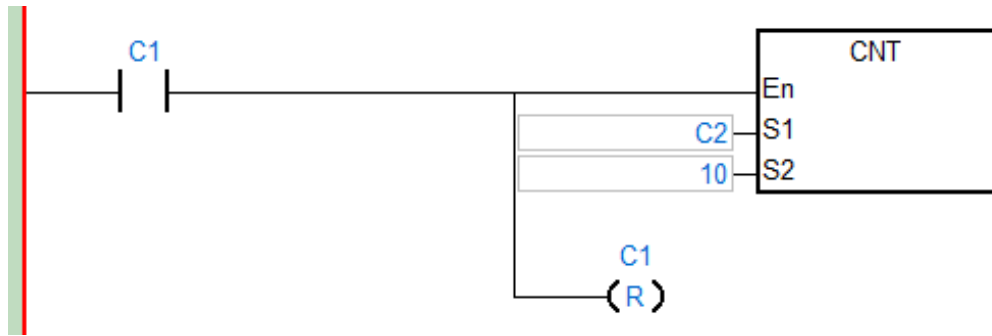


Figura 20 - Contador de horas.

Utilizando contadores individuais para os segundos, minutos e horas é possível quantificar corretamente a duração de cada estado. Os temporizadores são iniciados e pausados pelos operadores recorrendo às teclas criadas para o efeito, anteriormente abordadas.

No entanto, a máquina não pode encontrar-se em dois estados diferentes, ou seja, não pode ser contabilizado o tempo de avaria e funcionamento em simultâneo, ou qualquer outro estado. Para cumprir esta condição devem ser considerados todos os estados e incluídos na condição, de forma a facilitar a compreensão deste aspeto, é representado um exemplo na Figura 21 e explicado o seu significado.

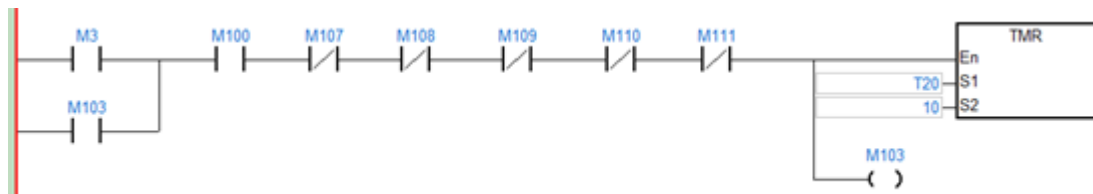


Figura 21 - Condições que permitem o funcionamento da tecla M3.

Neste caso pretende-se que M3 (tecla que declara avaria) ative o temporizador T20, para isso todos os elementos desta linha de código, por se encontrarem em série, devem permitir a passagem do sinal emitido por M3. Repare-se que M107, M108, M109, M110, e M111 são contactos normalmente fechados (neste caso significa que quando inativos cumprem a condição) e referem-se respetivamente a falta de açúcar, avaria em equipamentos adjacentes, limpeza, *SET-UP* e manutenção, caso não se verifique ativação destes estados e desde que o turno (M100) esteja ativo, então M3 pode ativar o respetivo temporizador (T20). Caso alguma destas condições falhe T20 nunca será ativo. O código do programa desenvolvido apresenta-se no anexo A.

Nas Tabela 3 e Tabela 4 encontram-se indicados todos os elementos utilizados na elaboração do código base que permitem o funcionamento da ferramenta técnica.

Tabela 3 – Teclas, variáveis, temporizadores e contadores utilizados na elaboração do código base.

Botões/Variáveis Auxiliares		Temporizadores		Contadores	
<b>M0</b>	Botão Início de Turno	<b>T0</b>	Timer de Turno	<b>C0</b>	Contador Segundos
<b>M100</b>	Variável Auxiliar de M0			<b>C1</b>	Contador Minutos
<b>M1</b>	Botão Fim de Turno	<b>T10</b>	Timer do Tempo de Funcionamento	<b>C2</b>	Contador Horas
<b>M101</b>	Variável Auxiliar de M1			<b>C10</b>	Contador Segundos
<b>M2</b>	Botão Início contador de Funcionamento	<b>T10</b>	Timer do Tempo de Funcionamento	<b>C11</b>	Contador Minutos
<b>M102</b>	Variável Auxiliar de M2			<b>C12</b>	Contador Horas
<b>M3</b>	Botão Início contador Geral de Avaria e contador de Espera pelo Técnico	<b>T20</b>	Timer do Tempo de Avaria Geral	<b>C20</b>	Contador Segundos
<b>M103</b>	Variável Auxiliar de M3 (Avaria Geral)			<b>C21</b>	Contador Minutos
		<b>T30</b>	Timer do Tempo de Espera pelo Técnico	<b>C22</b>	Contador Horas
<b>M104</b>	Variável Auxiliar de M3 (Espera Técnico)			<b>C30</b>	Contador Segundos
		<b>T40</b>	Timer do Tempo de Reparação	<b>C31</b>	Contador Minutos
<b>M4</b>	Botão Pausa contador Espera Técnico e Início contador de Reparação			<b>C32</b>	Contador Horas
<b>M105</b>	Variável Auxiliar de M4	<b>T50</b>	Timer do Tempo de Espera pelo Operador	<b>C40</b>	Contador Segundos
<b>M5</b>	Botão Pausa contador Reparação e Início contador de Espera Operador			<b>C41</b>	Contador Minutos
<b>M106</b>	Variável Auxiliar de M5			<b>C42</b>	Contador Horas
<b>M6</b>	Botão Pausa contador Espera Operador e Pausa contador Geral Avaria			<b>C50</b>	Contador Segundos
<b>M7</b>	Botão Início contador de Falta Açúcar	<b>T70</b>	Timer do Tempo de Falta de açúcar	<b>C51</b>	Contador Minutos
<b>M107</b>	Variável Auxiliar de M7			<b>C52</b>	Contador Horas
<b>M17</b>	Botão Pausa contador de Falta Açúcar	<b>T80</b>	Timer do Tempo de Falha em Equipamentos Adjacentes	<b>C70</b>	Contador Segundos
<b>M117</b>	Variável Auxiliar de M17			<b>C71</b>	Contador Minutos
<b>M8</b>	Botão Início contador de Falha em Equipamentos Adjacentes	<b>T90</b>	Timer do Tempo de Limpeza	<b>C72</b>	Contador Horas
<b>M108</b>	Variável Auxiliar de M8			<b>C80</b>	Contador Segundos
<b>M18</b>	Botão Pausa contador de Falha em Equipamentos Adjacentes			<b>C81</b>	Contador Minutos
<b>M118</b>	Variável Auxiliar de M18			<b>C82</b>	Contador Horas
<b>M9</b>	Botão Início contador de Limpeza	<b>T90</b>	Timer do Tempo de Limpeza	<b>C90</b>	Contador Segundos
<b>M109</b>	Variável Auxiliar de M9			<b>C91</b>	Contador Minutos
<b>M19</b>	Botão Pausa contador de Limpeza			<b>C92</b>	Contador Horas
<b>M119</b>	Variável Auxiliar de M19	<b>T100</b>			
<b>M10</b>	Botão Início contador de SET-UP				

<b>M110</b>	Variável Auxiliar de M10		Timer do Tempo de SET-UP	<b>C100</b>	Contador Segundos
<b>M20</b>	Botão Pausa contador de SET-UP			<b>C101</b>	Contador Minutos
<b>M120</b>	Variável Auxiliar de M20			<b>C102</b>	Contador Horas
<b>M11</b>	Botão Início contador de Manutenção	<b>T110</b>	Timer do Tempo de Manutenção	<b>C110</b>	Contador Segundos
<b>M111</b>	Variável Auxiliar de M11			<b>C111</b>	Contador Minutos
<b>M21</b>	Botão Pausa contador de Manutenção			<b>C112</b>	Contador Horas
<b>M121</b>	Variável Auxiliar de M21				

Tabela 4 - Restantes elementos utilizados no código base

<b>M400</b>	Variável do contador de Identificação
<b>M350</b>	Variável de Desencravamento da Máquina
<b>M300</b>	Variável de Encravamento da Máquina
<b>T41</b>	Temporizador de Identificação
<b>C15</b>	Contador de Avarias
<b>Y0</b>	Saída física - Relé de Encravamento
<b>D160</b>	Valor do temporizador de Identificação (0,1s)
<b>D162</b>	Valor do temporizador de Identificação (minutos)
<b>D164</b>	Valor de Produção Total (Operador)
<b>D166</b>	Valor de Produção Conforme (Operador)
<b>D168</b>	Valor Cadência de Produção (Operador)
<b>D170</b>	Valor Cadência Nominal

### 3.2.4. CÁLCULO DE INDICADORES

Os tempos registados até ao final de cada turno, o número de avarias e os valores de produção, são dados que deveriam ser guardados automaticamente em ficheiros do tipo CSV sempre que um turno seja encerrado, e posteriormente transferidos para folhas de cálculo Excel onde seria realizado o cálculo dos indicadores OEE (constituído pelo indicador de disponibilidade operacional, desempenho e taxa de qualidade), fiabilidade e manutenibilidade e armazenados para consulta, tratamento ou balanços futuros. Na fase final do trabalho foi contactada uma empresa externa para auxiliar no processo de transferência de dados desde a consola até ao Excel, dada a inexperiência do autor ou outro colaborador da RAR. Constatou-se que o modelo de consola utilizado no desenvolvimento da ferramenta técnica não realiza as ações desejadas, no entanto para a realização do trabalho é possível calcular os indicadores de forma manual, com os resultados obtidos durante a fase de teste

das funcionalidades da ferramenta. A ferramenta foi testada durante um turno de forma a demonstrar o funcionamento, tendo sido obtidos os dados apresentados na Figura 22.

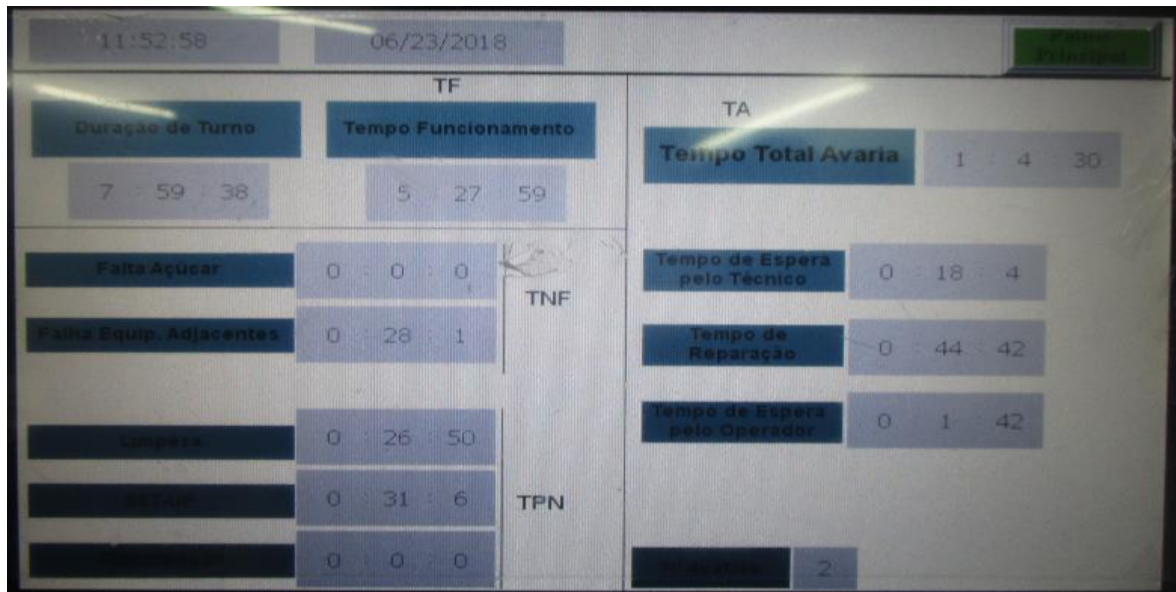


Figura 22 - Valores obtidos durante o teste da ferramenta técnica.

No que respeita aos tempos utilizados pelo TPM, e dados de produção para cálculo dos indicadores foram obtidos os ilustrados na Figura 23. O valor identificado a amarelo encontra-se incorreto, foi verificado um erro no código elaborado, relativo à soma dos tempos que constituem o TPN, o valor correto é 0:57:56 uma vez que  $(0:26:50 + 0:31:06 = 0:57:56)$ .

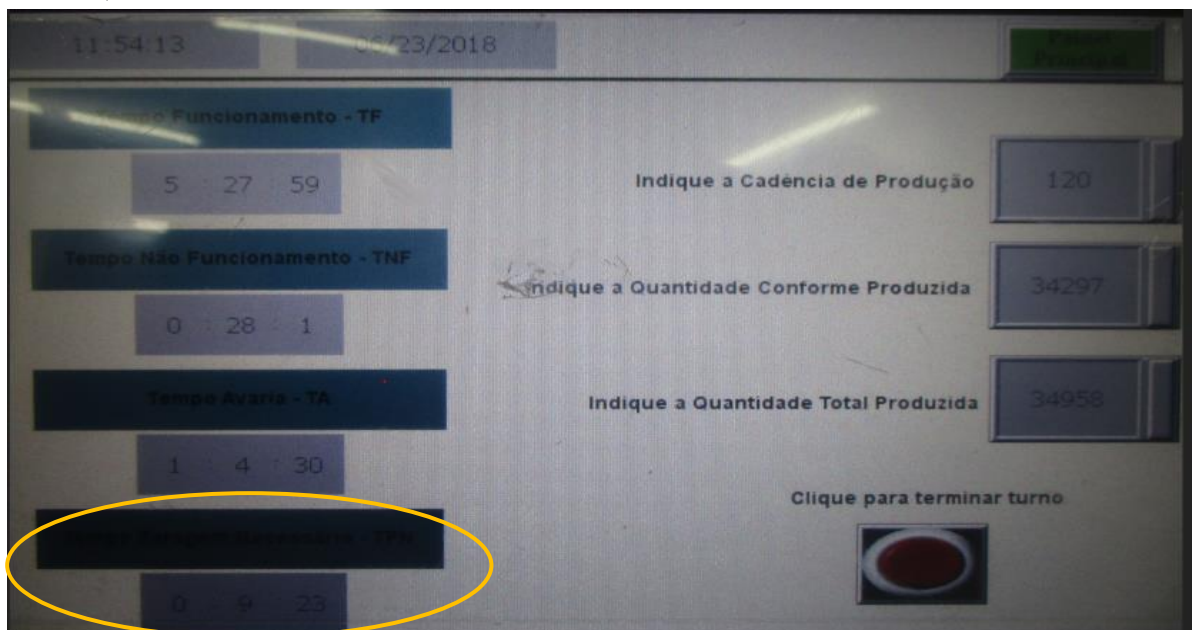


Figura 23 - Dados obtidos para cálculo dos indicadores TPM.

Como referido no capítulo anterior, equação 6, o cálculo do OEE é baseado no produto de três indicadores: disponibilidade operacional (DO), desempenho (DE) e taxa de qualidade (TQ), assim:

$$OEE = DO \times DE \times TQ$$

Da Equação 3 vem:

$$DO = \frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{Tempo Planeado de Produção}} = \frac{TF}{TP}$$

$$DO = \frac{TF}{TP} = \frac{5:27:59}{8:00:00} = \frac{5,47h}{8h} = 0,683 = 68,3\%$$

Para o cálculo do indicador de desempenho, no final do turno o operador deve indicar a velocidade de produção da máquina (D168), o qual será dividido pela velocidade nominal (D170). Da equação 4 vem:

$$DE = \frac{\text{Velocidade de Produção}}{\text{Velocidade Nominal}} = \frac{D168}{D170}$$

$$DE = \frac{120}{140} = 0,857 = 85,7\%$$

Para o cálculo da taxa de qualidade, no final do turno o operador deve indicar a produção conforme (D166) e a produção total (D164), de forma a permitir o cálculo da taxa de qualidade. Da equação 5 vem:

$$TQ = \frac{\text{Quantidade produzida sem defeitos}}{\text{Quantidade total produzida}} = \frac{D166}{D164}$$

$$TQ = \frac{37297}{37958} = 0,983 = 98,3\%$$

Da equação 6 vem:

$$OEE = DO \times DE \times TQ$$

$$OEE = 0,683 * 0,857 * 0,983 = 0,575 = 57,5\%$$

O Indicador de fiabilidade inclui o cálculo do tempo médio de funcionamento (MTBF), e da taxa de avarias ( $\lambda$ ), assim para cálculo de MTBF da equação 7 vem:

$$MTBF = \frac{TF}{NP} = \frac{5,47}{2} = 2,733 \text{ h}$$

Para cálculo de  $\lambda$  da equação 8 vem:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{2,733} = 0,366 \text{ av/h}$$

O indicador de manutenibilidade consiste no cálculo de tempo médio de reparação (MTTR), a da taxa de reparação ( $\mu$ ), assim:

Para cálculo de MTTR, da equação 9 vem:

$$MTTR = \frac{TA}{NP} = \frac{1,08}{2} = 0,538 \text{ h}$$

Para cálculo de  $\mu$ , da equação 10 vem:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{0,538} = 1,86 \text{ rep/h}$$

Os resultados obtidos dos indicadores do TPM encontram-se indicados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados obtidos no teste à ferramenta técnica desenvolvida.

OEE			Fiabilidade		Manutenibilidade	
0,575			MTBF (h)	$\lambda$ (av/h)	MTTR (h)	$\mu$ (rep/h)
DO	DE	TQ				
0,688	0,857	0,971	2,733	0,366	0,538	1,860

### 3.2.5. MATERIAL E SOFTWARE UTILIZADOS

Para desenvolver a ferramenta de trabalho pretendida pela RAR, foi disponibilizado o material básico necessário, nomeadamente um autómato e uma consola com painel *touch*, cujas características principais se encontram na Tabela 6.

Tabela 6 - Principais características do material disponibilizado

<b>Autômato</b>	<b>Consola</b>
Marca: Delta	Marca: Delta
Modelo: DVP-14SS2	Modelo: DOP-B07S415
Entradas: 8	Cores: 65.536
Saídas: 6	Resolução: 800 x 480
Tensão Entrada: 24V DC	Tensão Entrada: 24V DC

O autômato utilizado tem a função de ler e executar o código elaborado que permite o funcionamento da ferramenta. O referido código é elaborado recorrendo a uma das versões do *software* desenvolvido pela Delta, a versão 3.02 do ISPSOft. Na Figura 24 encontra-se ilustrado um exemplo do ambiente de trabalho deste *software*.

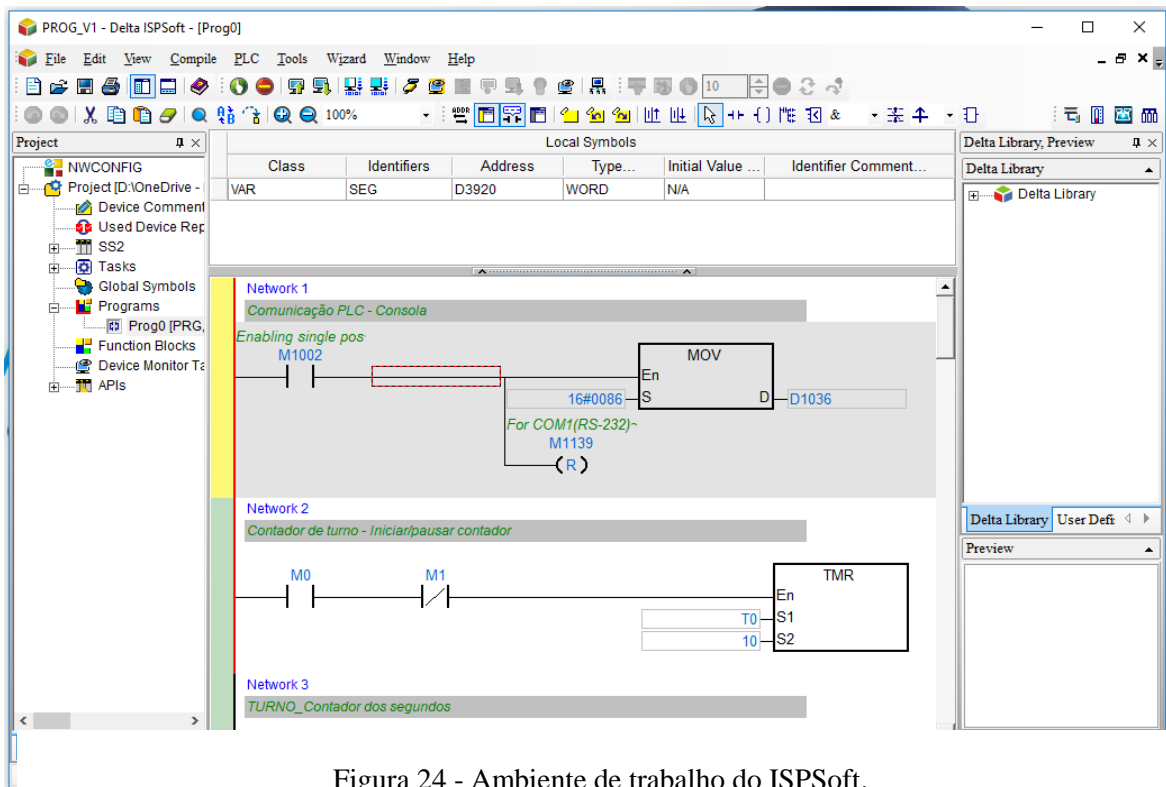


Figura 24 - Ambiente de trabalho do ISPSOft.

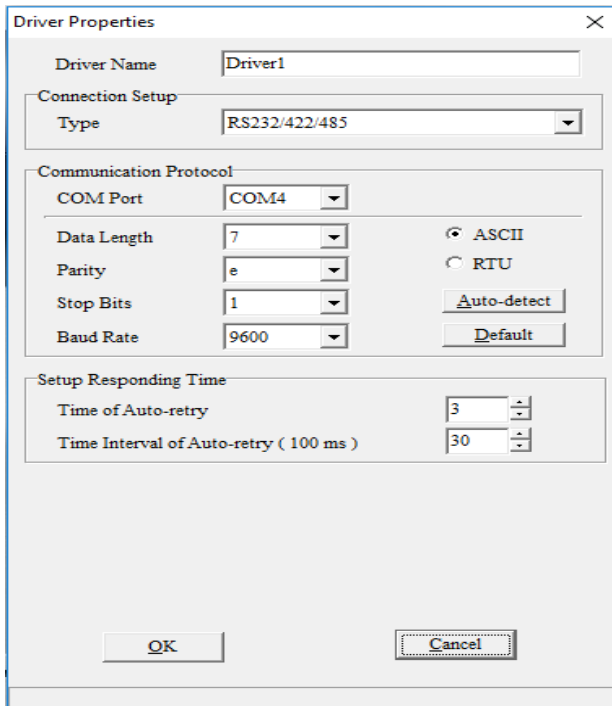


Figura 25 - Configuração da drive de comunicação.

Além do ISPSOft, outro *software*, também próprio da Delta, foi utilizado de forma a permitir a comunicação entre o autômato e o dispositivo utilizado para elaboração do código, neste caso o computador, designado por COMMGR versão 1.07. O *software* consiste na criação de uma drive virtual, ente o autômato e o computador, onde deve ser indicado o tipo de ligação entre estes dois componentes (RS232, RS422 ou RS485). A Figura 25 pretende ilustrar os campos de parametrização da drive de comunicação.

A consola serve de interface entre operadores e o autômato, através do painel *touch* é possível iniciar/parar os contadores de tempo dos estados das máquinas. Para isso é necessário criar um ambiente de trabalho, designado por *screen*, onde devem ser incluídos elementos, no caso teclas de início/paragem de contadores. Às teclas criadas foram endereçados elementos do código elaborado no ISPSOft. O *software* utilizado para o efeito, também criado pela Delta, foi o DOPSOft versão 2.00.07.04, na Figura 26 encontra-se ilustrado um exemplo de um *screen*.

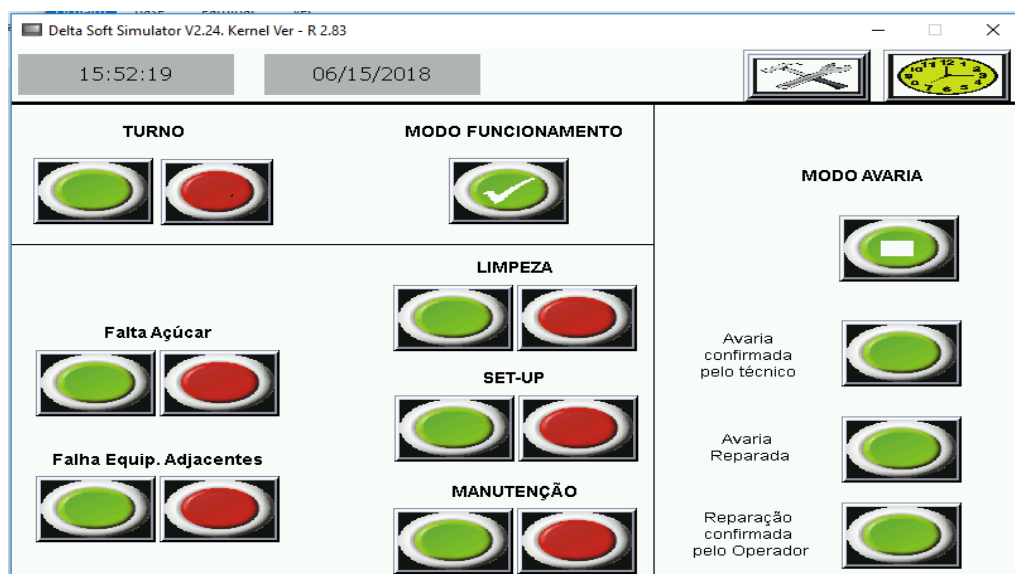


Figura 26 - Exemplo de um screen elaborado no DOPSOft.

### 3.3. PROCESSO DE EMPACOTAMENTO DE AÇÚCAR

O processo de empacotamento vai desde a formação do pacote de papel de 1 kg e termina com o teste de deteção de metal no seu interior, posteriormente é transportado para outra secção onde é realizado o agrupamento em embalagem de plástico de 10 kg ou caixa de cartão de 360, 408 ou 420 kg, designada por “meia box”.

O processo pode ser dividido em quatro processos principais e dois processos de suporte, identificados no layout da Figura 27.

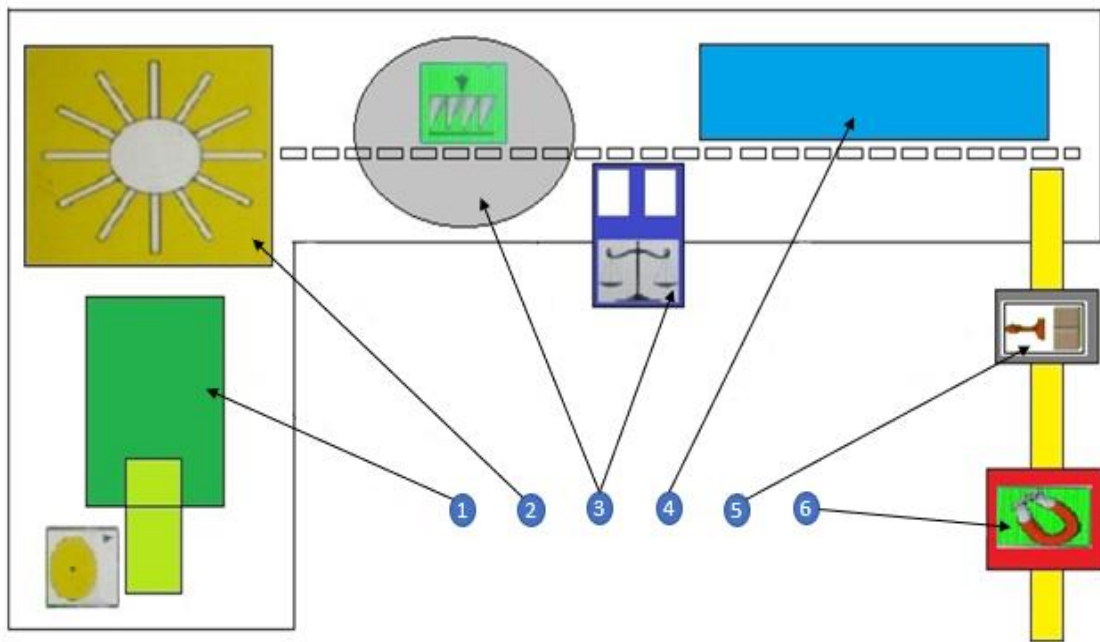


Figura 27 - Layout genérico de uma máquina de empacotamento de papel de açúcar.

Os processos principais referem-se aos processos diretamente relacionados com o empacotamento propriamente dito. O primeiro destes processos consiste na colagem e corte do papel, o segundo processo diz respeito à formação do pacote que vai receber o açúcar, o terceiro processo refere-se ao doseamento, enchimento e pesagem, e para finalizar o processo de empacotamento o fecho superior do pacote de açúcar.

Os processos de suporte, tal como o nome indica, servem de complemento aos processos principais. O primeiro deste tipo de processos, ou o quinto processo geral, refere-se à codificação de pacotes, e termina com o processo de deteção de metais no interior dos pacotes. Apesar de não se relacionarem diretamente com o empacotamento, são igualmente importantes por permitirem a rastreabilidade e controlo da qualidade do produto respetivamente.

### 3.3.1. PROCESSO DE COLAGEM E CORTE DO PAPEL

O processo de corte e colagem do papel tem como objetivo preparar o papel para formar o pacote de açúcar de forma adequada. Apesar de serem utilizadas máquinas de fabricantes diferentes, o processo é igual em ambas as máquinas bem como os componentes de controlo utilizados, nos quais se verificam alterações na sua localização devido às diferenças construtivas.

Este processo tem início com o desenrolar da bobina de papel e termina quando é realizado o corte individual que, no processo seguinte, dará origem à formação do pacote de açúcar. Durante o percurso, e antes de ser cortado em folhas individuais, são efetuados cortes no papel com o objetivo de formar o fundo do pacote. Posteriormente é dispensada cola fria sobre o papel para permitir a colagem da bainha longitudinal, bem como do fundo do pacote. Finalmente é cortado em pedaços individuais para formar os pacotes de açúcar. Os cortes do fundo e o espalhamento de cola são realizados em série, antes de cortar individualmente o papel em pedaços. O processo encontra-se ilustrado na Figura 28.

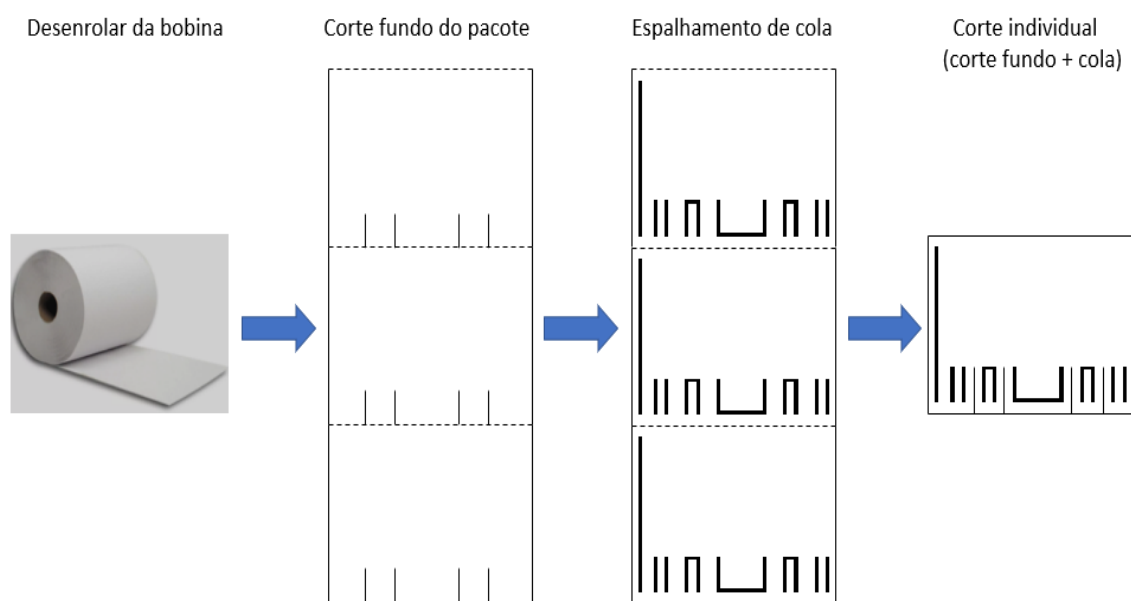
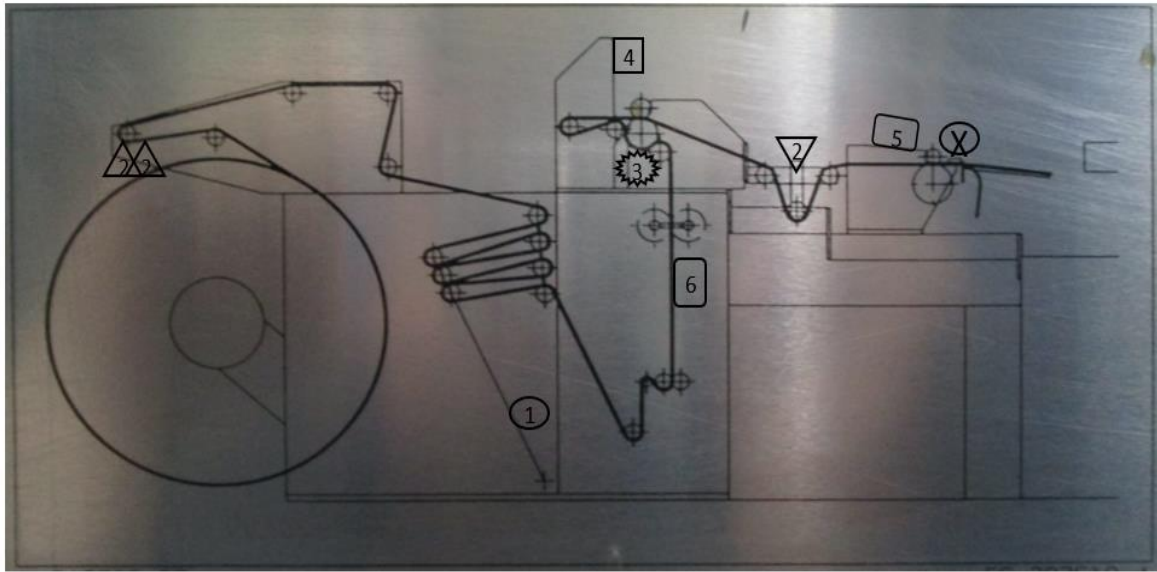


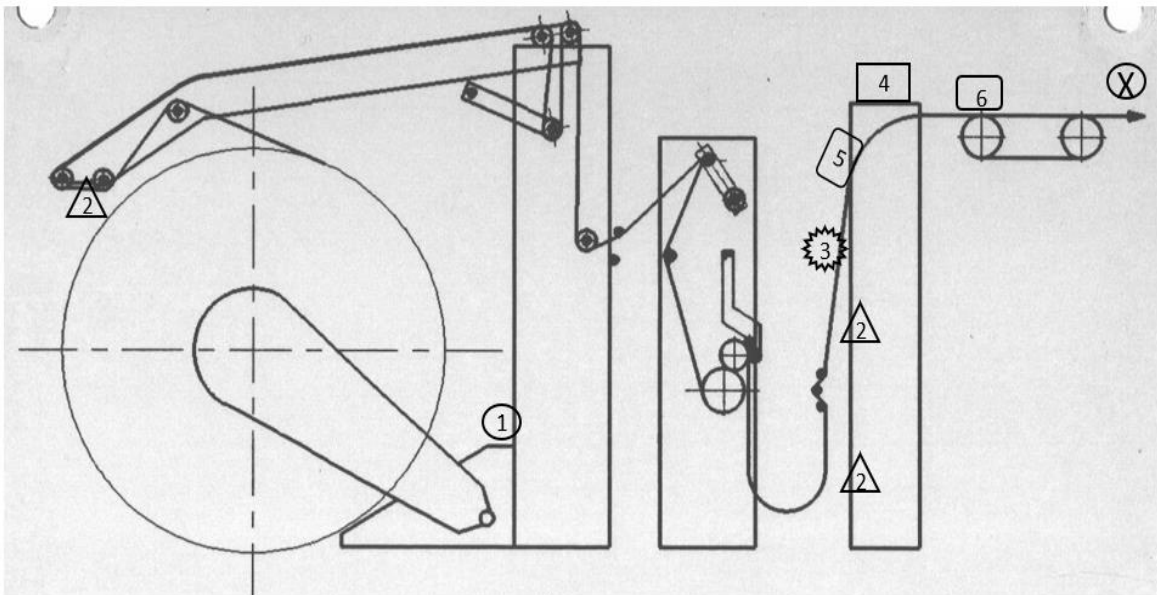
Figura 28 - Processo de corte de fundo e colagem do papel.

Por serem utilizadas máquinas diferentes, é conveniente demonstrar as principais diferenças verificadas no percurso do papel até ser realizado o corte individual, bem como a localização dos componentes vitais para a realização do processo, através da ilustração na Figura 29 para a máquina SIG, e na Figura 30 para a máquina Bosch.



- ① Célula de leitura do tamanho da bobina      △ Célula de verificação de continuidade do papel  
 ③ Lâminas de corte do fundo do pacote      ④ Espalhadores de cola      X Lâmina de corte pedaço individual  
 ⑤ Célula de medição de corte (ponto de célula)      ⑥ Célula de detecção de emendas no papel

Figura 29 - Layout do processo de colagem e corte na máquina SIG.



- ① Célula de leitura do tamanho da bobina      △ Célula de verificação de continuidade do papel  
 ③ Lâminas de corte do fundo do pacote      ④ Espalhadores de cola      X Lâmina de corte pedaço individual  
 ⑤ Célula de medição de corte (ponto de célula)      ⑥ Célula de detecção de emendas no papel

Figura 30 - Layout do processo de colagem e corte na máquina Bosch.

### **Células de verificação de rotura de papel**

A rotura de papel é um fator fundamental a controlar e deve ser evitado a todo o custo, sendo por isso controlado imediatamente a seguir ao desenrolar da bobina. Ambas as máquinas utilizam três células para deteção da rotura de papel, instaladas em duas posições. Tal como referido anteriormente, uma das posições encontra-se logo depois do desenrolar da bobina, a outra posição situa-se antes da mesa de corte.

A máquina SIG dispõe de duas células nas laterais de saída de papel da bobina mais uma antes da mesa de corte, ilustradas na parte superior e inferior na Figura 31 respetivamente. A célula colocada antes da mesa de corte está programada para permitir uma ligeira elevação do papel, momento em que é solicitado na mesa de corte, e posterior abaixamento, quando é dispensado mais papel para o processo.

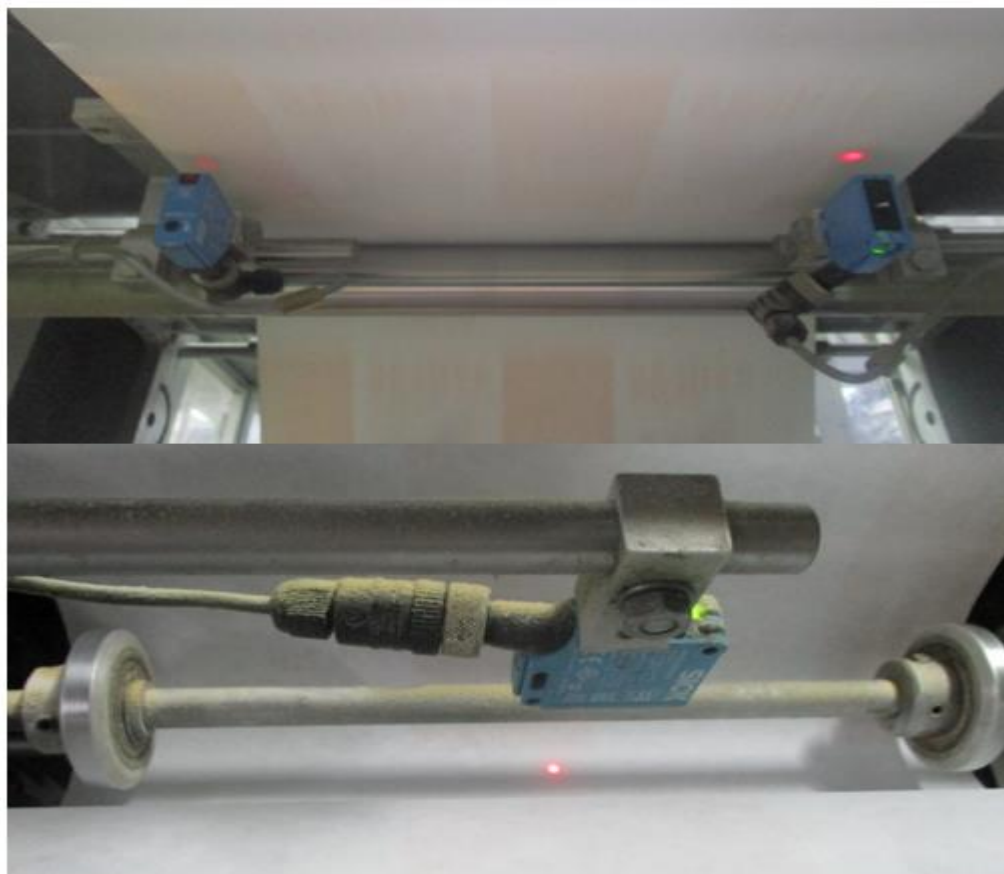


Figura 31 - Células de verificação de rotura de papel SIG.

Contrariamente, a máquina Bosch dispõe de uma célula na saída de papel da bobina, mais um conjunto de duas células antes da mesa de corte, representadas no lado esquerdo e direito na Figura 32 respetivamente. A célula inferior do conjunto também está programada para

permitir a elevação e abaixamento do papel pelos mesmo motivos que as suas homólogas na SIG, a célula superior, deve detetar constantemente a presença de papel.

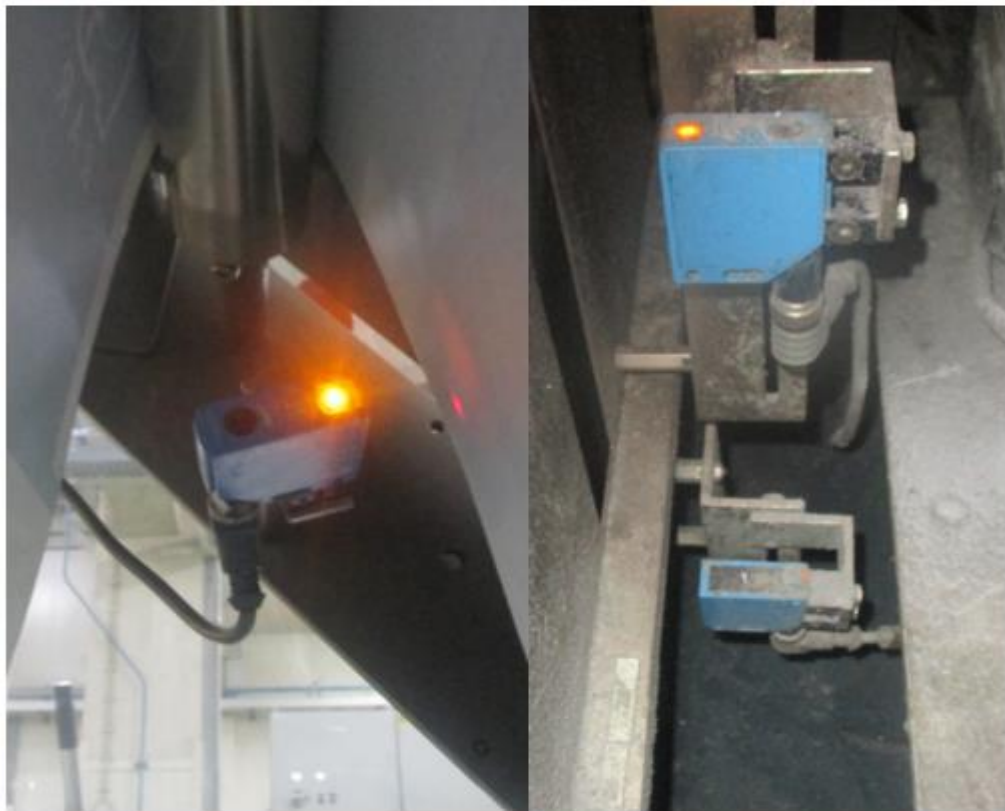


Figura 32 - Células de verificação de rotura de papel Bosch.

### **Célula de leitura do tamanho da bobina**

Naturalmente a bobina de papel chega ao fim, no entanto ambas as máquinas estão equipadas com uma célula elétrica, identificada na Figura 33, capaz de quantificar o papel que resta na bobina. A quantificação de papel restante é realizada em função do tamanho da bobina, que por sua vez é determinado através da distância entre as extremidades da célula e da bobina, tal como ilustrado na figura seguinte.

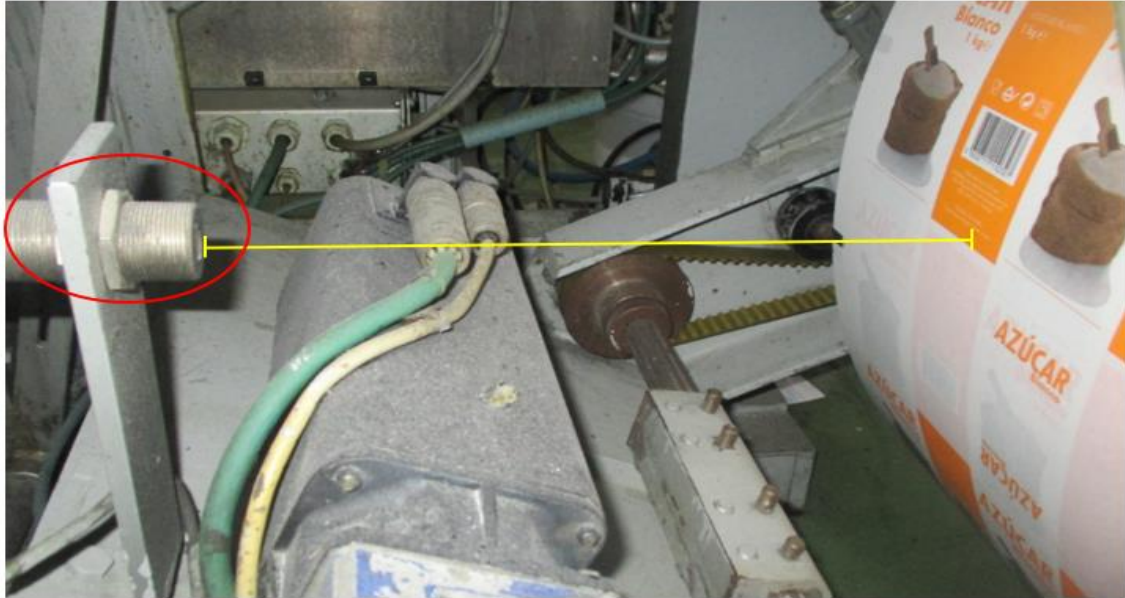


Figura 33 - Célula de leitura do tamanho da bobina.

### **Cortes de fundo do pacote**

Para realizar os cortes do fundo do pacote é utilizado um conjunto de quatro lâminas localizadas antes do espalhador de cola, encontram-se ilustrados na Figura 34, referindo-se a parte superior à SIG e a parte inferior à Bosch.

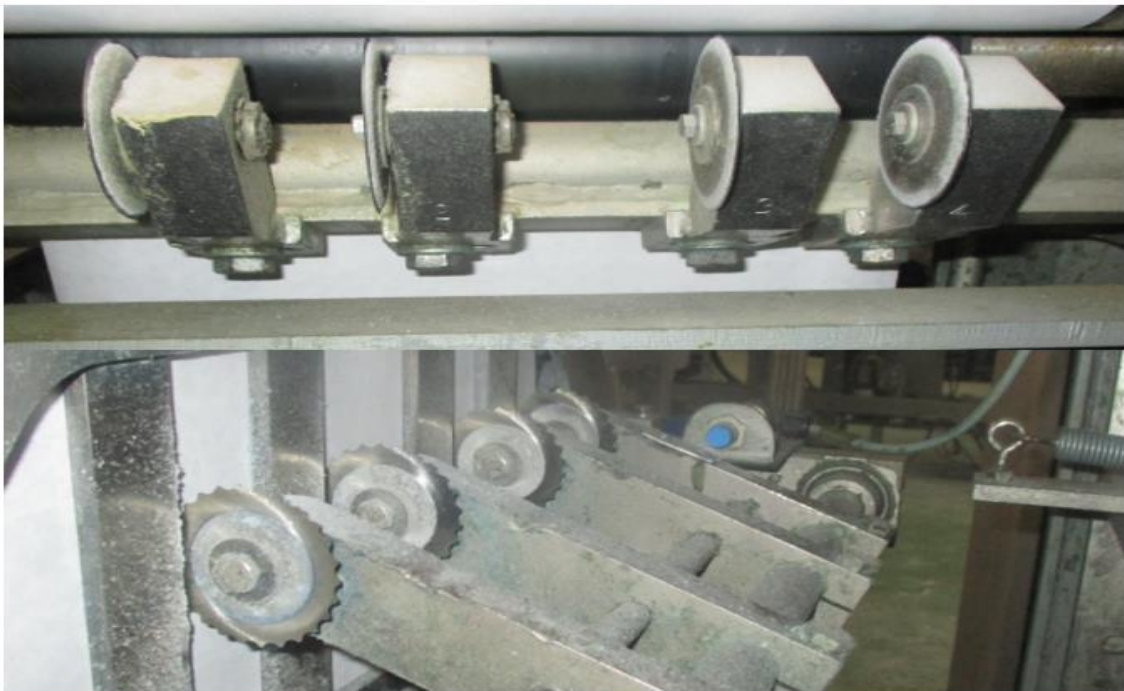


Figura 34 - Conjunto de lâminas de corte de fundo do pacote.

## Espalhadores de cola

O espalhamento de cola deve ser efetuado de acordo com a Figura 35, de forma a permitir a colagem longitudinal e do fundo do pacote. Esta disposição é igual em ambas as máquinas e é definida de forma rigorosa na parametrização do *software* de cada uma. Qualquer variação a esta disposição terá como consequência a formação de pacotes de açúcar não conformes.

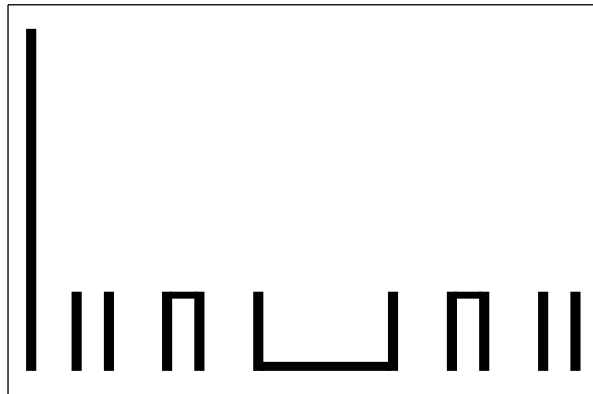


Figura 35 - Esquema de espalhamento de cola.

Em ambas as máquinas é utilizado o mesmo sistema de espalhamento de cola, o sistema é constituído por um reservatório de cola fria com sistema de bombagem, um conjunto de electroválvulas acoplado a um dispensador de 11 orifícios. O sistema encontra-se ilustrado na Figura 36, onde é identificado a amarelo o conjunto de electroválvulas e a vermelho o dispensador da cola.

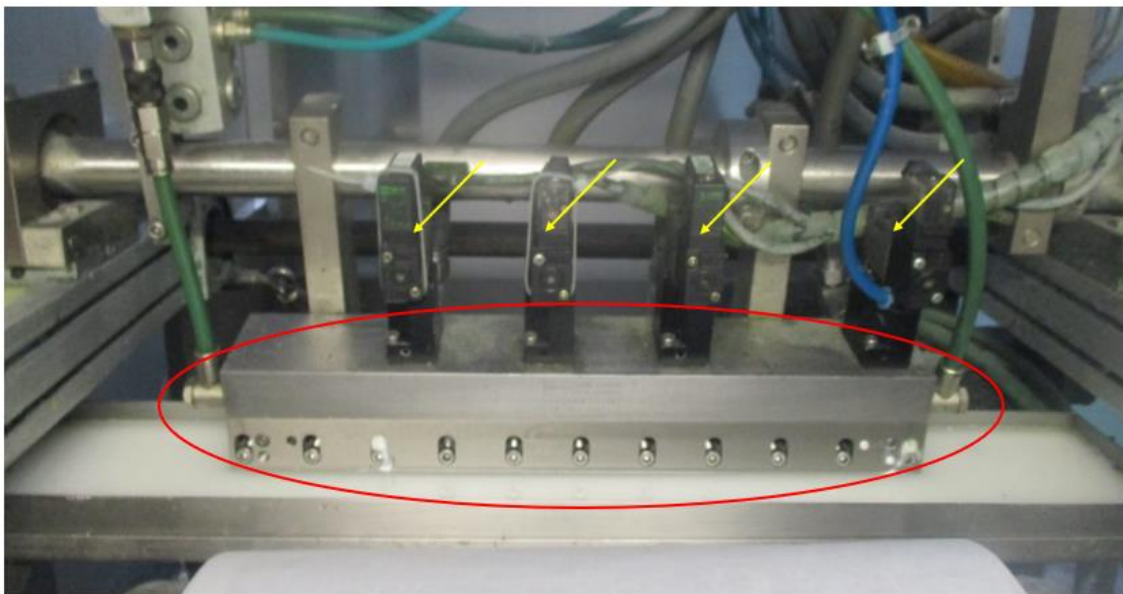


Figura 36 - Sistema espalhador de cola.

## Fotocélula de ajuste de imagem

Esta célula é responsável por ajustar a imagem nas faces dos pacotes, sendo que o comprimento de corte dos pedaços individuais de papel é pré-definido. Torna-se necessário ajustar a posição do corte de forma a posicionar corretamente as ilustrações no pacote, o referido ajuste é designado por ponto de célula. O componente ilustrado na Figura 37 é o responsável por realizar o ajuste do ponto de célula.



Figura 37 - Fotocélula de ajuste de imagem.

O princípio de funcionamento da fotocélula baseia-se na distinção de cores, desta forma o papel apresenta marcas de contraste como forma indicativa dos limites superior e inferior do pacote. Na Figura 38 é possível verificar um exemplo dessas marcas de contraste.



Figura 38 - Marcas de contraste gravadas na bobina de papel.

### **Fotocélula de deteção de emendas de papel**

Componente com a função detetar emendas que possam ter sido realizadas no papel da bobine, que se verificam quando a bobine é substituída ou quando apresenta emendas de fábrica. Ao detetar a emenda é identificado o pacote continuando o funcionamento normal da máquina, no entanto o procedimento a adotar varia em função do tipo de emenda. O componente encontra-se ilustrado na Figura 39.



Figura 39 - Fotocélula de deteção de emendas no papel.

### **3.3.2. PROCESSO DE FORMAÇÃO DE PACOTES**

O processo de formação de pacotes tem início quando o papel é cortado em pedaços individuais e termina quando o pacote é formado e transportado para a secção de enchimento. Também este processo é igual em ambas as máquinas, verificando-se diferença na localização de um componente no controlo da conformidade de formação de pacotes de açúcar. Todo o processo é realizado na roda de mandris, identificada na Figura 40, que transporta os pacotes ao longo de todas as etapas de formação.



Figura 40 - Secção de formação de pacotes - roda de mandris.

Com o papel já cortado em pedaços individuais começam por ser dobrados longitudinalmente por ação de guias laterais formando 2 ângulos retos (etapa 1). De seguida as pontas livres são unidas por ação de dobradores longitudinais (etapa 2), e pressionadas contra o mandril permitindo uma colagem consistente (etapa 3), o processo de formação do pacote termina com a colagem dos cortes do fundo (etapa 4). A Figura 41 ilustra as modificações sofridas por um pedaço de papel até se transformar num pacote pronto a ser cheio com açúcar.

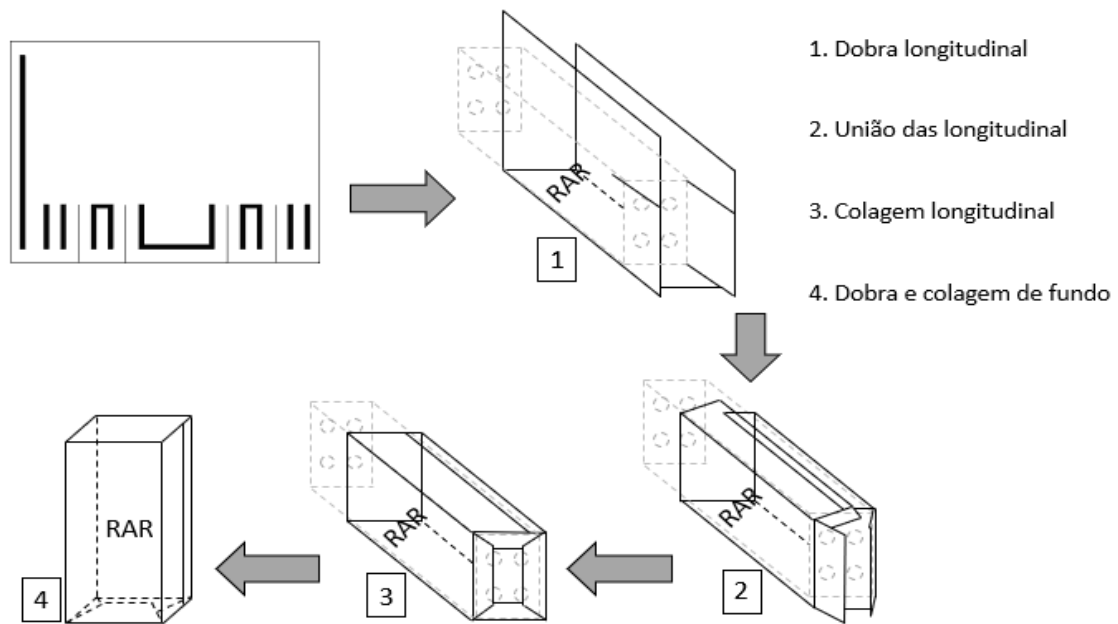


Figura 41 - Etapas de formação de pacotes de açúcar.

A primeira etapa deste processo consiste em envolver parcialmente o papel no mandril, elemento mecânico que define o volume e a secção retangular do pacote. O papel começa por assentar sobre uma superfície almofadada designada por calcador inferior, que pressiona o papel contra o mandril de modo a imobilizá-lo e formar os primeiros ângulos retos por ação de guias laterais. A Figura 42 pretende ilustrar a primeira etapa, onde se identifica a amarelo uma das guias laterais e a vermelho o mandril.

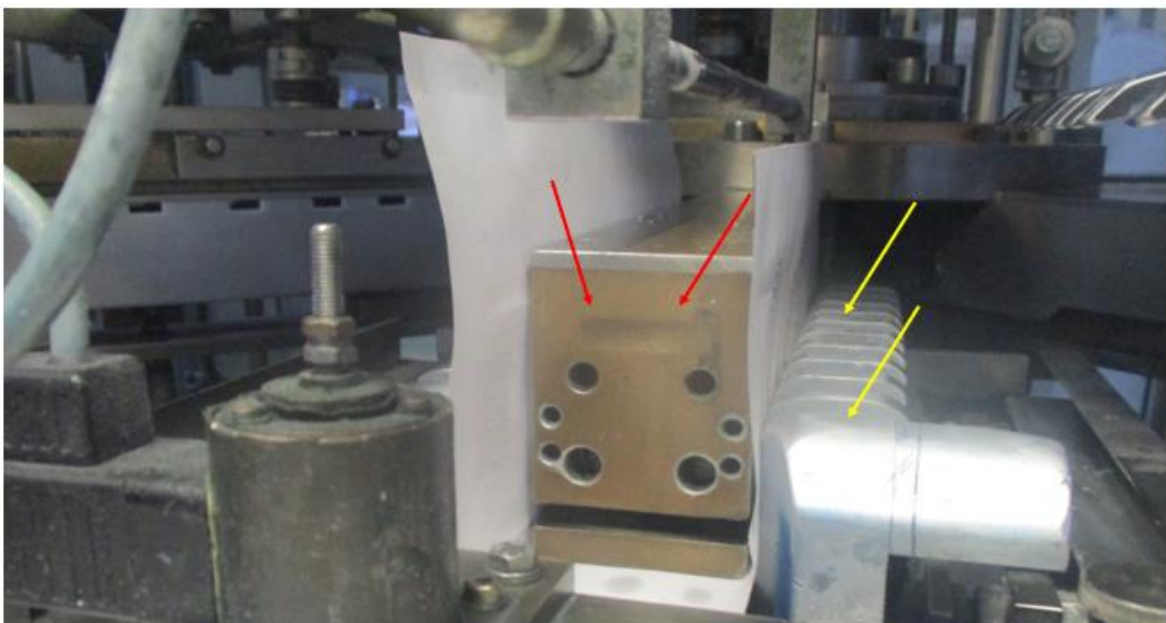


Figura 42 - Mandril e guias laterais.

A etapa seguinte consiste em envolver totalmente o mandril com a folha de papel, nesta fase o pacote é colado longitudinalmente por ação de dois dobradores longitudinais, identificados na Figura 43, que unem as pontas da folha envolvendo totalmente o mandril. O dobrador longitudinal do lado direito é o primeiro a atuar seguindo-se o do lado esquerdo. Nesta figura é possível verificar com maior detalhe a ação das guias laterais complementada pelos dobradores longitudinais.

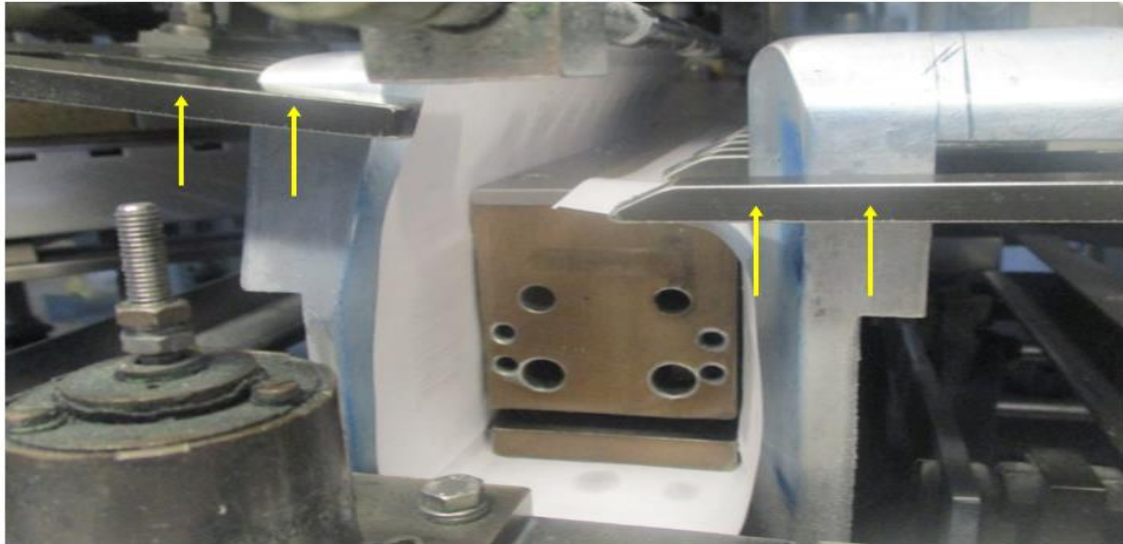


Figura 43 - Dobradores longitudinais.

A terceira fase do processo passa por secar a colagem longitudinal utilizando calcadores longitudinais quentes, ilustrados na Figura 44. Devido ao facto de serem equipados com resistências de aquecimento proporcionam rapidez e consistência na colagem.



Figura 44 - Calcador longitudinal e célula de controlo.

Para a máquina SIG esta etapa é a primeira onde se verifica o primeiro ponto de controlo com a utilização da célula identificada na figura anterior. O objetivo deste ponto de controlo é exclusivamente detetar a presença de papel no mandril, posteriormente o ponto de controlo seguinte sabe que no mandril identificado deve ser igualmente detetada a presença de papel, caso contrário ocorreu algo anómalo e a máquina interrompe o seu funcionamento.

A quarta e última fase do processo de formação do pacote consiste na dobra e consequente colagem do fundo do pacote. Na Figura 45 encontra-se ilustrado o sistema de guias que realiza as dobras do fundo do pacote.

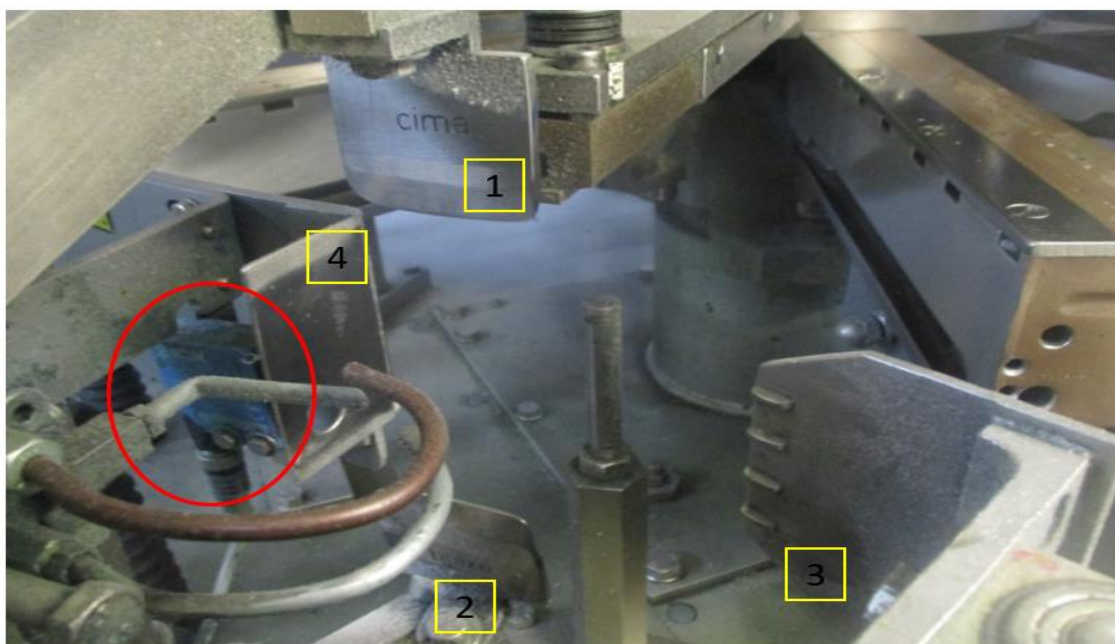


Figura 45 - Guias de dobragem do fundo do pacote.

O sistema é constituído por quatro guias, das quais três são móveis (guias 1, 2 e 3) e uma é fixa (guia 4). Por deslocamento vertical a guia 1 executa a dobra para baixo e a guia 2 a dobra para cima. Posteriormente o deslocamento vertical da guia 3 executa a dobra para a direita, de encontro às guias 1 e 2, e a guia 4 por deslocamento do mandril faz a última dobra, para a esquerda.

Na máquina Bosch o primeiro ponto de controlo verifica-se na última etapa utilizando a célula identificada na Figura 45, localizada na parte traseira da guia 4, com a função exclusiva de controlar a correta formação do fundo do pacote.

A quarta etapa prossegue com a ação de três calcadores de fundo, também equipados com resistências de aquecimento, de forma a acelerar e reforçar a colagem de fundo. A etapa termina com a passagem do pacote para o processo seguinte, neste percurso é realizado o segundo controlo desta secção utilizando a célula identificada na Figura 46.



Figura 46 - Ponto de controlo da conformidade de formação do pacote.

O princípio de funcionamento desta célula é baseado no tempo de interrupção do feixe luminoso por ela emitido, ou seja, é pré-definida para permitir a interrupção do feixe durante o intervalo de tempo necessário para transportar o pacote para o próximo processo, caso o intervalo de tempo seja diferente do pré-definido é interrompido o funcionamento da máquina devido a má formação do pacote.

### 3.3.3. PROCESSO DE DOSEAMENTO, ENCHIMENTO E PESAGEM

O doseamento, enchimento e pesagem são etapas integradas no mesmo processo uma vez que se repetem de forma sequenciada no primeiro doseamento, também designado por doseamento principal ou volumétrico, e no segundo doseamento, designado por doseamento fino ou complementar, sendo que o segundo está sempre dependente do primeiro. A evolução do processo encontra-se ilustrado na Figura 47.

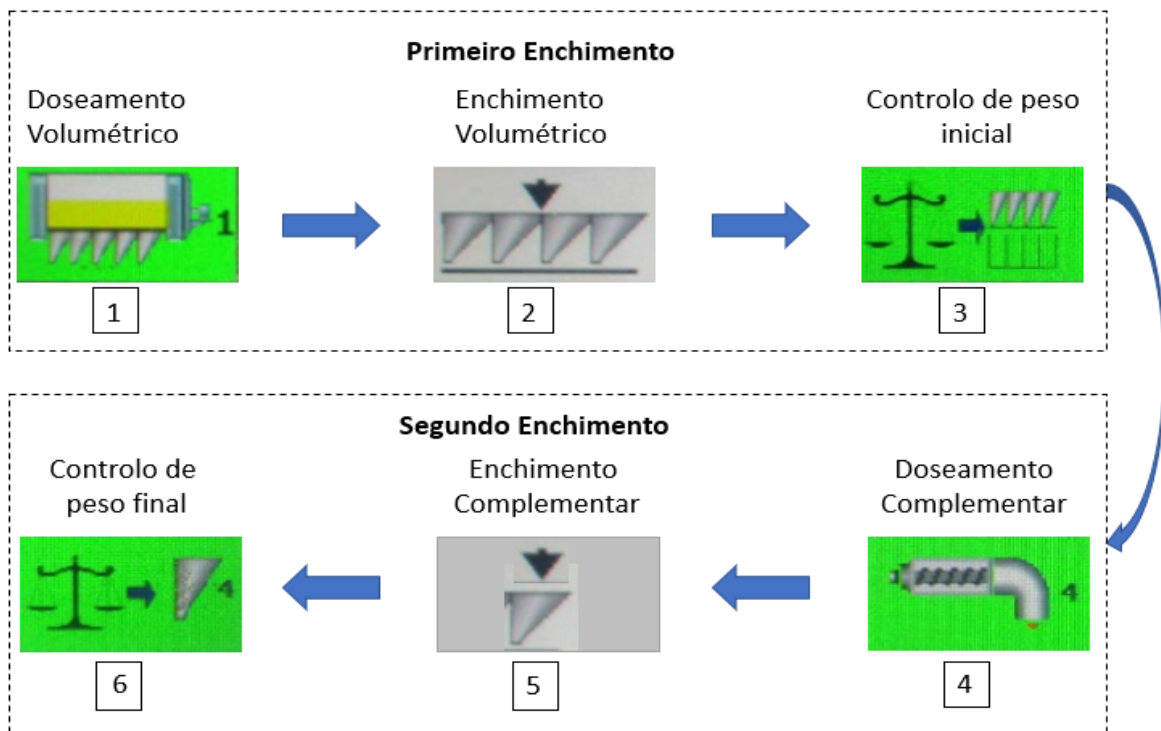


Figura 47 - Processo de enchimento, doseamento e pesagem.

A enumeração das etapas ilustradas na Figura 47 visa proporcionar um melhor entendimento da sequência do processo em análise, juntamente com a Figura 48 indicativa da localização das mesmas etapas.

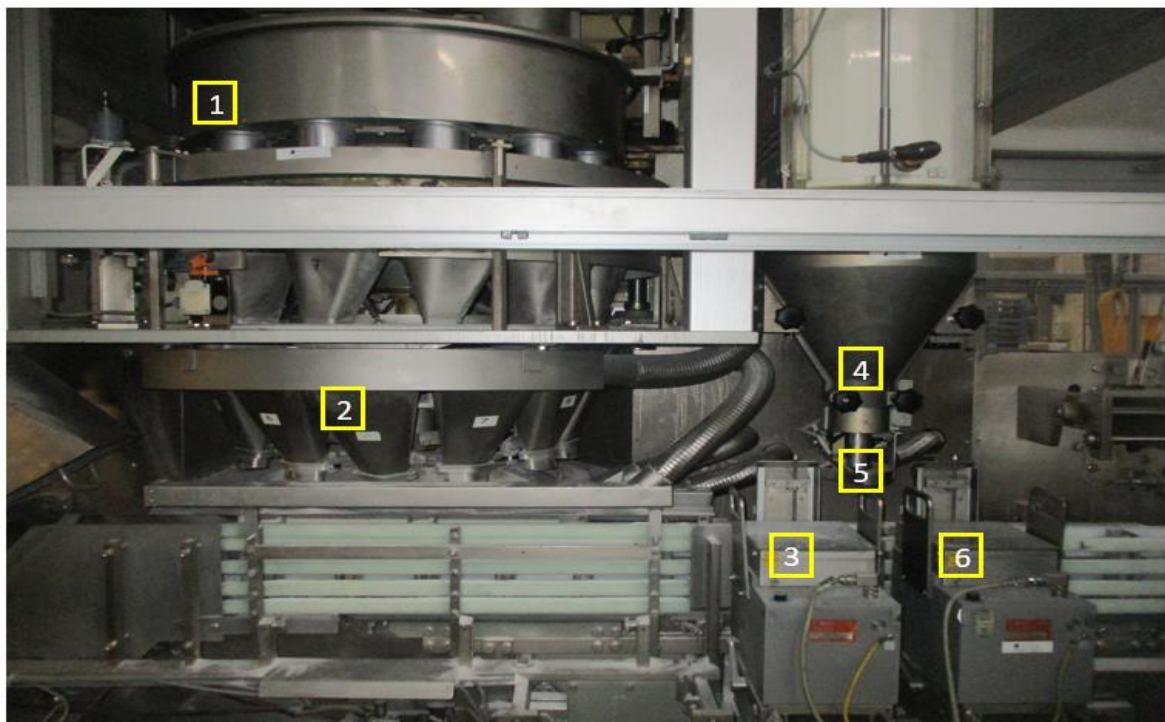


Figura 48 - Secção de doseamento, enchimento e pesagem.

O primeiro doseamento, ao contrário do que se possa pensar, é efetuado em função do volume de açúcar e não do peso, sendo por isso realizado no doseador volumétrico, também conhecido por torreta, distribuidora ou doseador principal.

Na Figura 49 encontra-se ilustrado o conjunto do primeiro enchimento que realiza o doseamento e enchimento, onde é possível verificar três níveis: o primeiro nível é composto pelos copos volumétricos, identificados a vermelho, o segundo e terceiro nível são compostos por copos de enchimento, identificados a amarelo. A rotação do segundo nível acompanha constantemente a do primeiro nível e é independente do terceiro nível, apesar de apresentarem o mesmo tipo de copos.

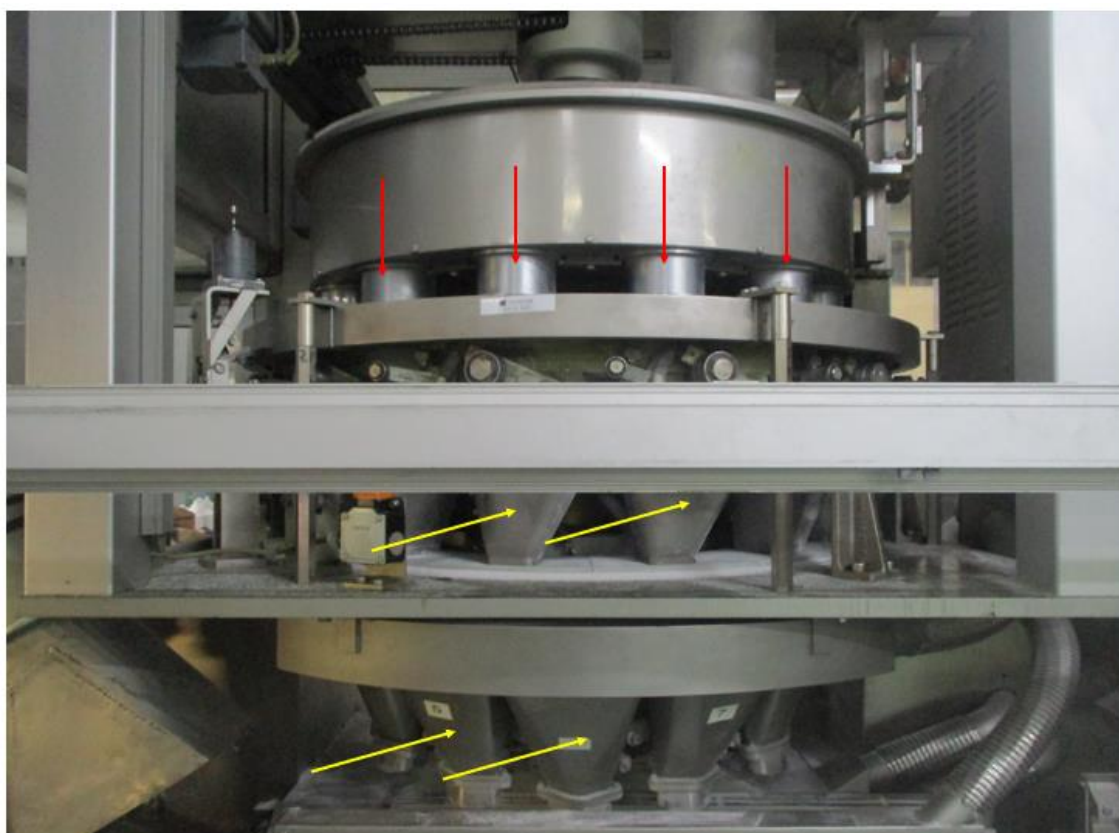


Figura 49 - Sistema de doseamento e enchimento.

Para clarificar a forma como é realizado o doseamento volumétrico recorreu-se à Figura 50 que pretende ilustrar o interior do doseador constituído por duas partes essenciais, copos volumétricos e placas alisadoras, identificados a amarelo e vermelho respetivamente.

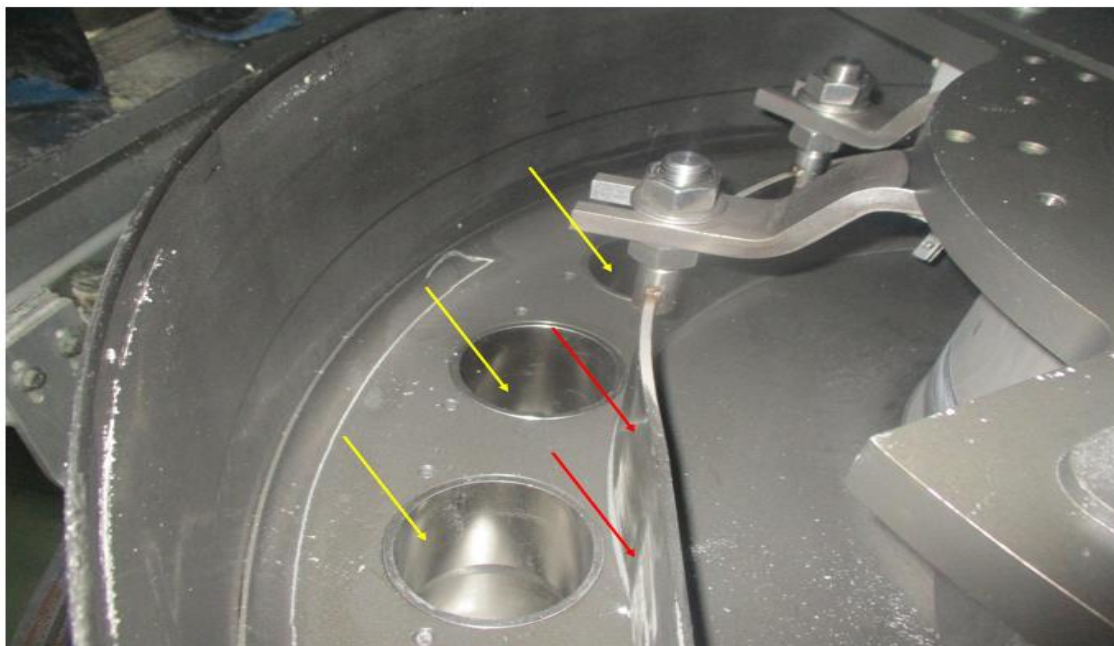


Figura 50 - Interior do doseador volumétrico vazio.

Os copos volumétricos definem o volume de açúcar relativo ao primeiro enchimento, cujo volume varia devido à diferença volumétrica verificada nos cristais de açúcar, justificada pelas diferentes condições de refinação da rama. O volume do doseador volumétrico ajusta-se automaticamente por *software*, com base na análise de amostras relativas aos resultados anteriores de pesagem obtidos do primeiro enchimento.

As placas alisadoras desempenham a função de alisar o nível de açúcar na parte superior dos copos volumétricos. Por se encontrarem em contacto com a base do doseador (correspondente ao topo dos copos volumétricos) as placas alisadoras arrastam o excedente de açúcar do topo do copo volumétrico, tal como ilustrado na Figura 52.

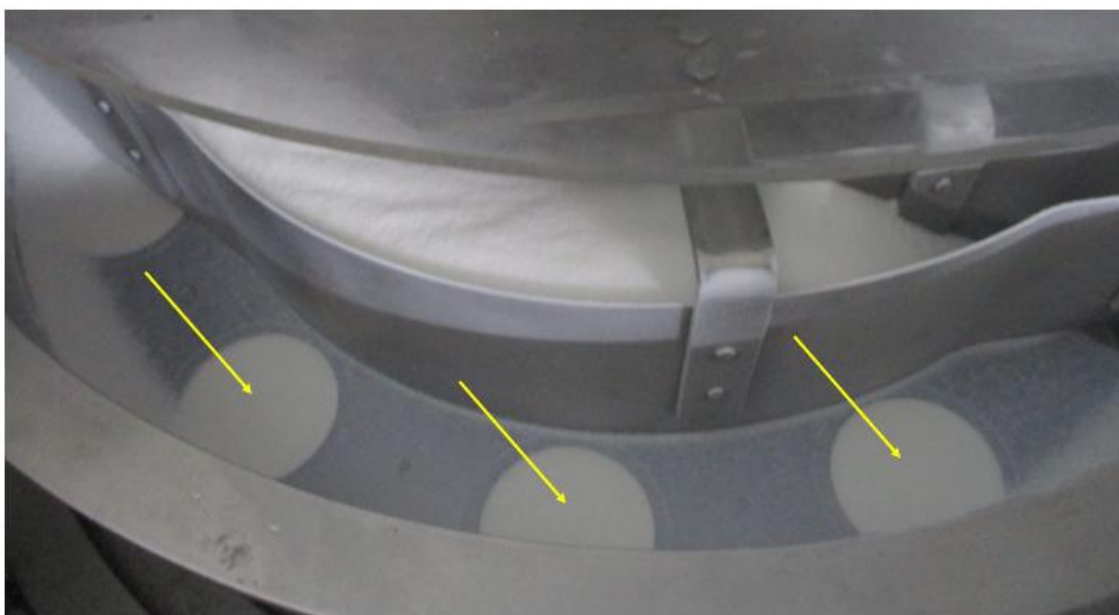


Figura 52 - Copos volumétricos preenchidos com açúcar

O açúcar no interior dos copos volumétricos é dispensado para os copos de enchimento, no segundo nível, e posteriormente para os copos do terceiro nível. A rotação do terceiro nível acompanha as guias do tapete de enchimento de forma a encaminhar o açúcar para o interior dos pacotes transportados tal como ilustrado na Figura 51.



Figura 51 – Enchimento dos pacotes de açúcar

A fase seguinte deste processo é a pesagem relativa ao primeiro a enchimento onde é quantificado, em caso de necessidade, o açúcar necessário para obter o peso esperado por pacote, ou seja, o segundo enchimento.

No segundo doseamento a quantidade de açúcar dispensada pelo doseador fino, identificado na Figura 53, é bastante reduzida quando comparada com a quantidade do primeiro



doseamento, o valor máximo dispensado são 60 gramas. O sistema de controlo define a quantidade de açúcar a acrescentar pelo doseador fino, e envia informação, para o doseamento grosso, de possível acerto no enchimento seguinte

Efetuada o enchimento complementar, o pacote é transportado para a segunda balança que toma a decisão de rejeitar o pacote, caso o peso não se encontre dentro dos limites pré-definidos, ou de enviar para a secção de fecho superior no caso de apresentar peso dentro dos limites.

Figura 53 - Doseador fino.

#### **3.3.4. PROCESSO DE FECHO SUPERIOR**

Os pacotes que passam no controlo de pesagem são direccionados para a secção de fecho superior onde será realizado o fecho final do pacote de açúcar. Na Figura 54 encontram-se ilustradas as etapas que constituem o processo de fecho superior dos pacotes de açúcar.

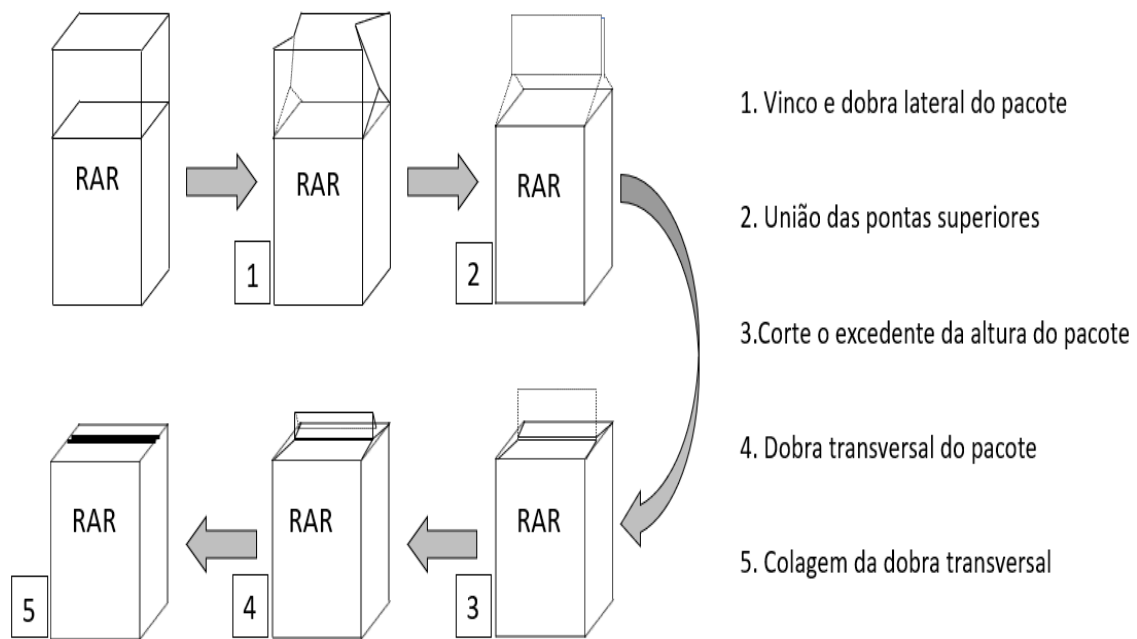


Figura 54 - Etapas de fecho superior de pacotes.

Tal como no processo anterior, a enumeração das etapas ilustradas na Figura 54 visa proporcionar um melhor entendimento deste processo, complementado com a localização dessas etapas na secção de fecho superior, ilustrada na Figura 55.

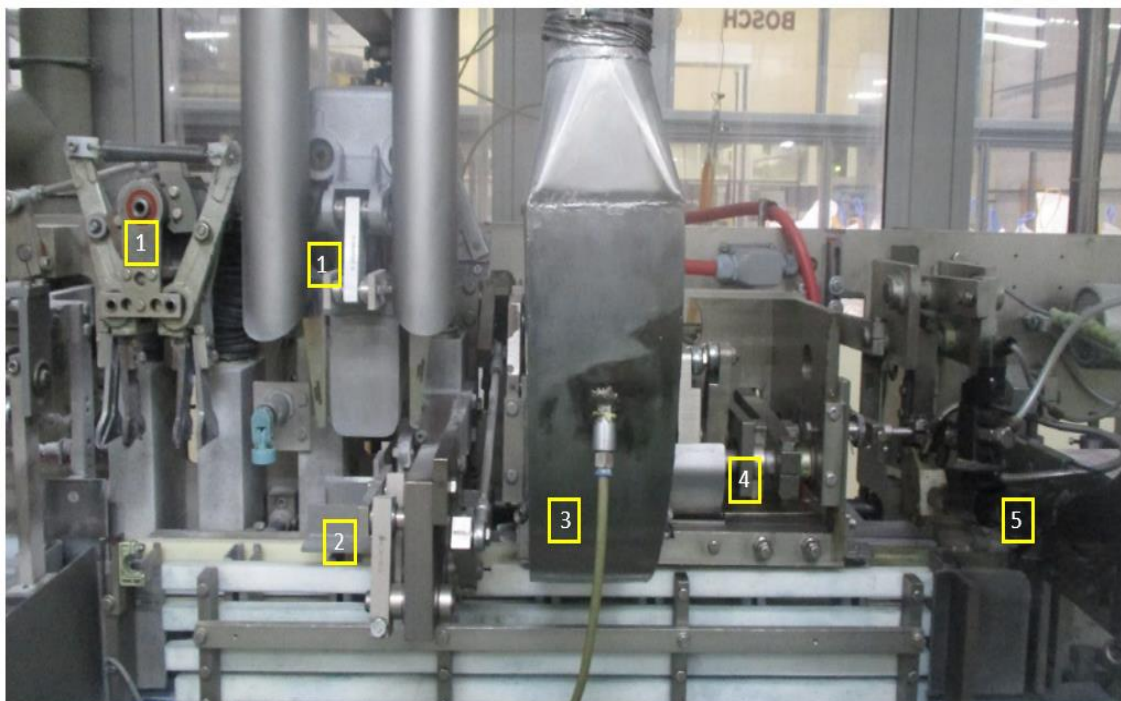


Figura 55 - Secção de fecho superior

A primeira etapa consiste primeiramente em vincar e depois dobrar lateralmente o pacote. Por vincar entenda-se moldar o pacote para realizar a dobra do papel de forma natural, os componentes responsáveis por esta função são designados por pás de vinco de topo e encontram-se ilustradas na Figura 56.

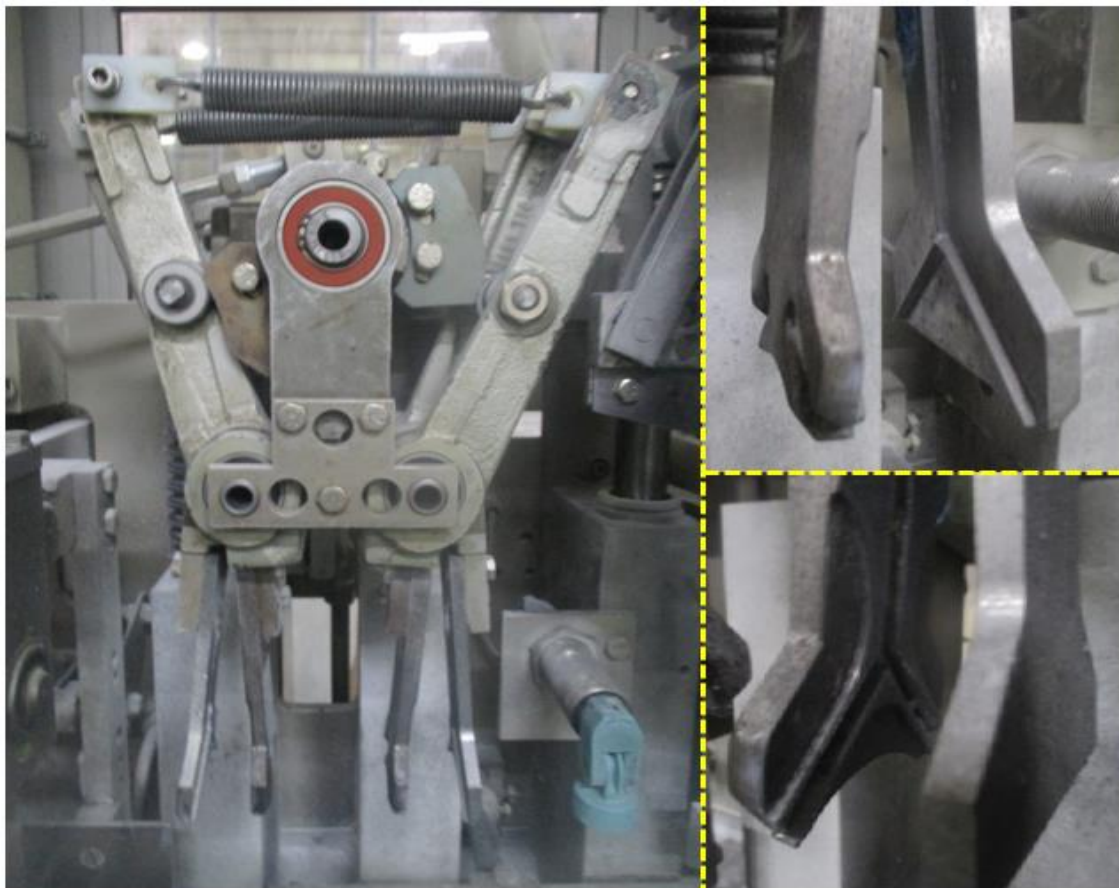


Figura 56 - Pás de vinco de topo - vista pormenorizada

Os vincos de topo do pacote são realizados por ação de um conjunto de moldes metálicos em forma de “Y” invertido que se complementam. Existem dois destes conjuntos de moldes metálicos, um para cada lado do pacote, que fazem o vinco pressionando o papel entre as chapas de cada conjunto.

As dobras de topo são realizadas por ação de um conjunto de quatro componentes designado por pás de topo. Basicamente existem duas pás de maior dimensão, que servem de fixação do pacote, enquanto as outras 2 pás de menor dimensão, identificadas no lado esquerdo da Figura 58, efetuam as dobras para a parte interior do pacote.

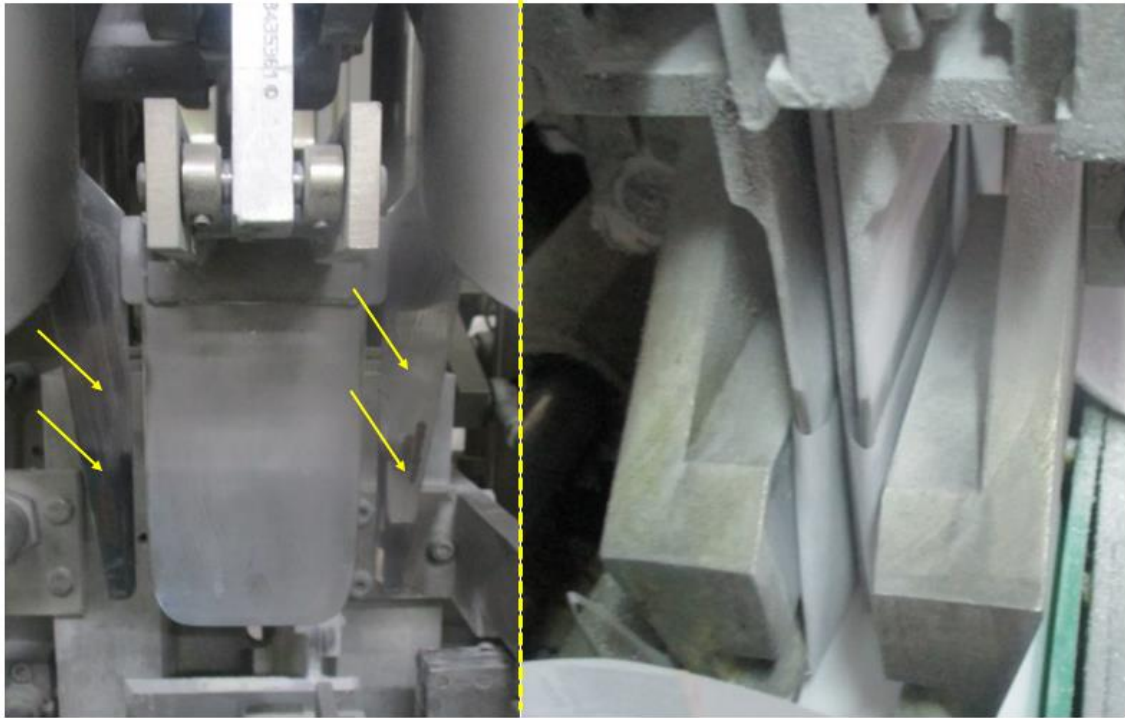


Figura 58 - Pás de topo.

A união das pontas superiores, segunda etapa, tem início imediatamente depois das pás de topo realizarem as dobras laterais. As guias de entrada para corte, identificadas na Figura 57, certificam-se que as pontas do pacote se mantêm unidas e são encaminhadas nas condições adequadas para a próxima etapa, o corte do excedente de comprimento.

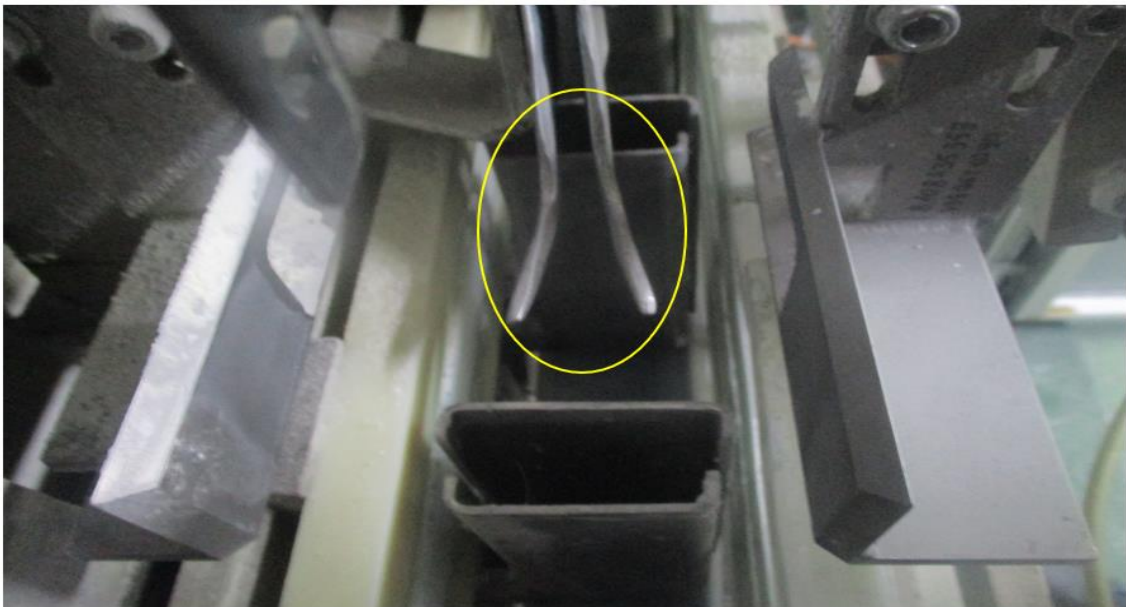


Figura 57 - Guias de entrada para a secção de corte do topo do pacote.

O corte do topo do pacote é realizado pela lâmina identificada a amarelo na Figura 59, posteriormente expulsa por injeção de ar comprimido pelo tubo identificado a vermelho.

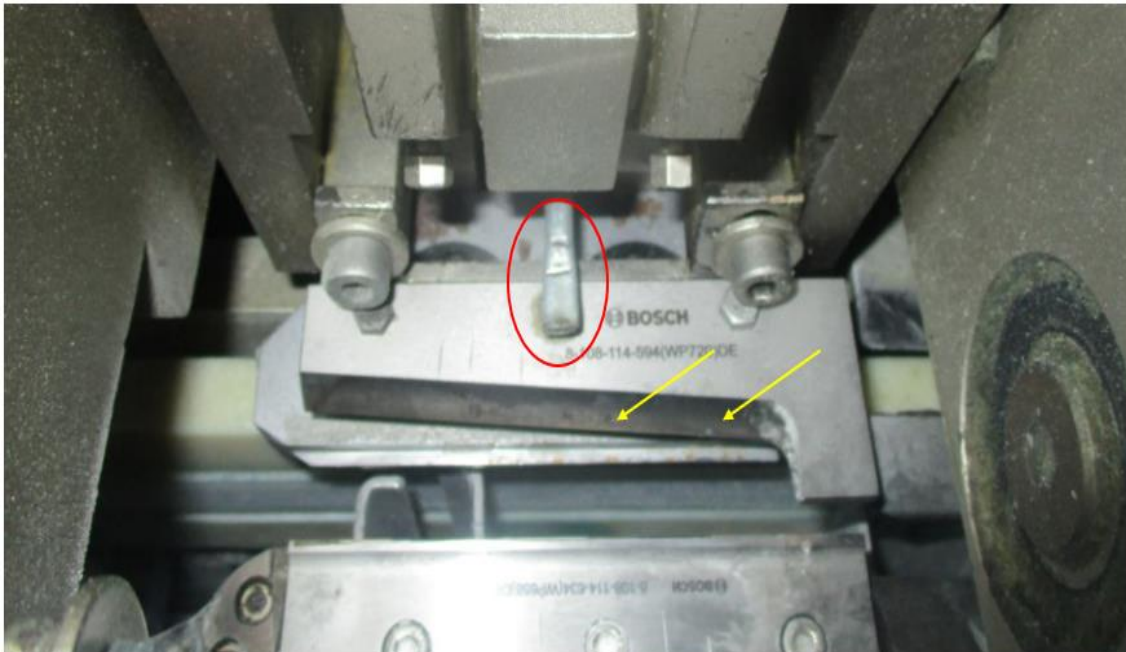


Figura 59 - Secção de corte.

Com o comprimento adequado do pacote é possível realizar a dobra transversal para posterior colagem final. A dobra transversal é realizada de forma pouco visível, no entanto não deixa de ser interessante ilustrar os componentes que a realizam, presentes Figura 60.

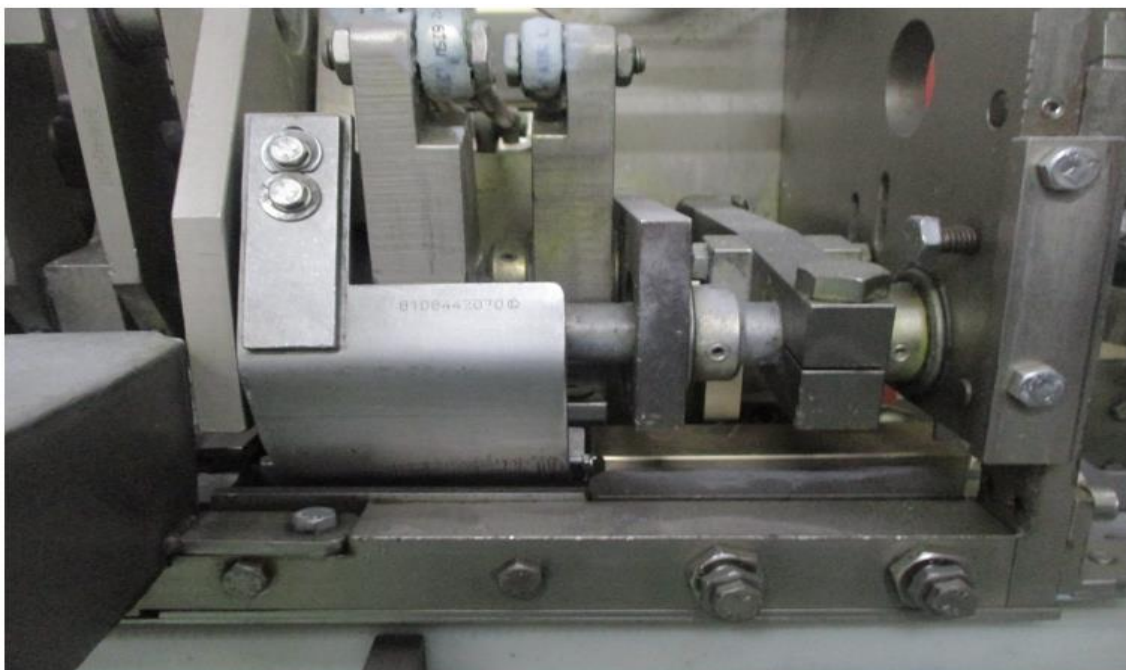


Figura 60 - Secção de dobra transversal do pacote.

### 3.3.5. PROCESSO DE CODIFICAÇÃO DE PACOTES

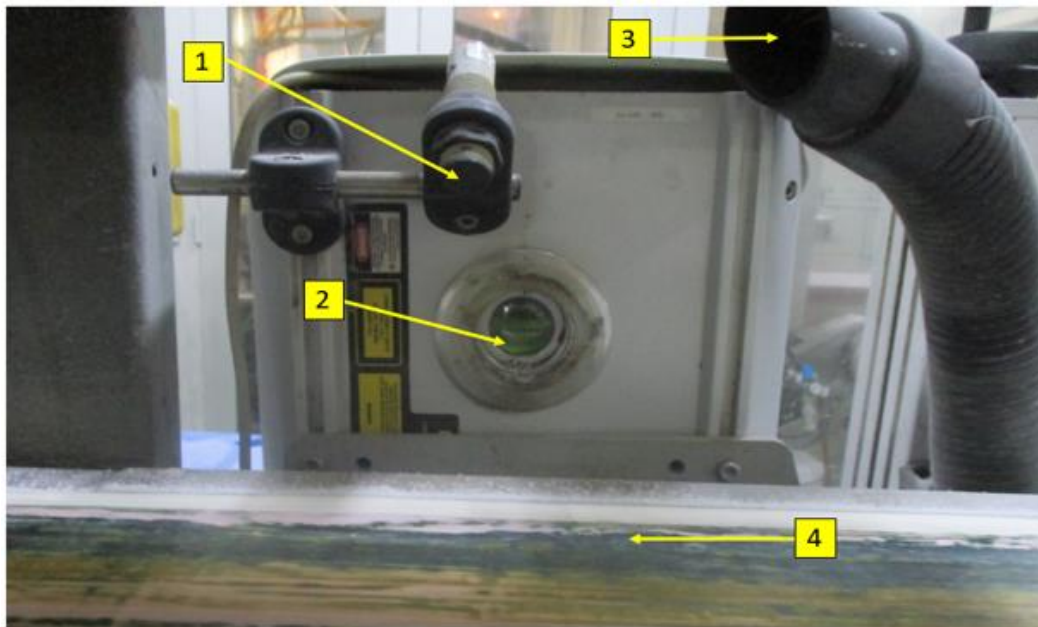
De forma a permitir a rastreabilidade do produto é realizada a codificação individual dos pacotes de açúcar, ou seja, é transposta informação para cada pacote relativa às características de produção: qual máquina fez o empacotamento, em que dia, em que turno, etc.

A codificação dos pacotes de açúcar é realizada imediatamente a seguir ao fecho superior, sendo este o primeiro processo de suporte. Terminado o fecho superior os pacotes são encaminhados do tapete de fecho para o tapete de saída onde deverão ser codificados. O processo é realizado de forma exatamente igual em ambas as máquinas com recurso a equipamentos iguais, designados por codificadores que se encontram ilustrados na Figura 61.



Figura 61 - Equipamento codificador de pacotes.

O codificador deve ter a capacidade de detetar a presença de pacotes de açúcar e codificá-los aquando da sua passagem. Na Figura 62 encontra-se ilustrada a parte funcional do codificador onde se pretende identificar os componentes do equipamento responsáveis por detetar e codificar os pacotes.



1 – Célula detetora de pacotes; 2 – Célula laser impressora; 3 – Aspirador de fumo do laser; 4 – Tapete de saída

Figura 62 - Componentes do codificador de pacotes.

Os pacotes transportados no tapete de saída são detetados pela célula detetora, que por sua vez envia sinal à célula laser para imprimir a informação no pacote. A deteção de pacotes e respetiva impressão são realizadas quase em simultâneo dada a velocidade de transporte dos pacotes de açúcar.

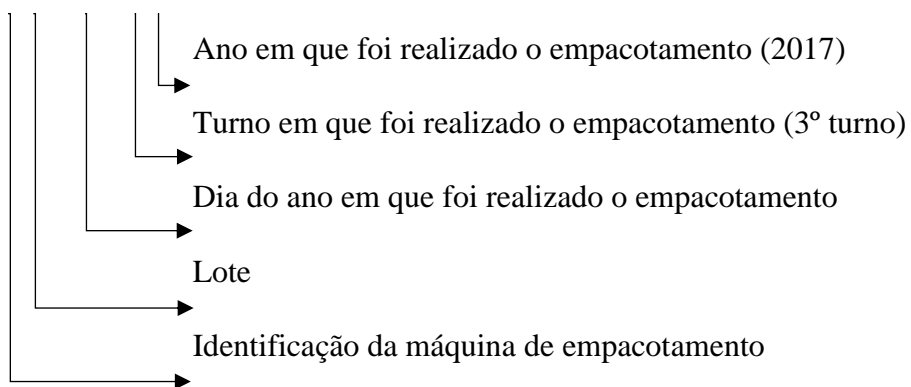
O aspirador identificado tem como função aspirar o fumo produzido pela célula de impressão a laser, por apresentar elementos prejudiciais à saúde dos operadores que executam parte das suas funções próximo do codificador.

Um exemplo de codificação de pacotes é ilustrado na Figura 63, seguindo-se uma legenda do significado que cada elemento constituinte da informação impressa.



Figura 63 - Exemplo de codificação de um pacote de açúcar.

### 3 L 363 37



#### **3.3.6. PROCESSO DE DETEÇÃO DE METAIS**

O processo de deteção de partículas metálicas no interior dos pacotes com açúcar, em todos os tipos de empacotamento da RAR, é considerado um ponto crítico de controlo do produto. Apesar da elevada precaução, desde o processo de refinação da rama até ser transformado em açúcar e empacotado, a probabilidade de infiltração de partículas metálicas está presente. Assim sendo, faz todo o sentido que esta fase seja a última a ser realizada antes de agrupar os pacotes de açúcar nas diferentes embalagens, garantindo total segurança e qualidade final do produto.

Apesar de serem utilizados equipamentos detetores diferentes, o processo é igual em ambas as máquinas e consiste na passagem dos pacotes de açúcar pelo interior do equipamento. O detetor funciona em conjunto com uma válvula de rejeição, localizada à saída do detetor, com o objetivo de expulsar da linha os pacotes de açúcar onde foi detetado metal. O processo encontra-se ilustrado na Figura 64.

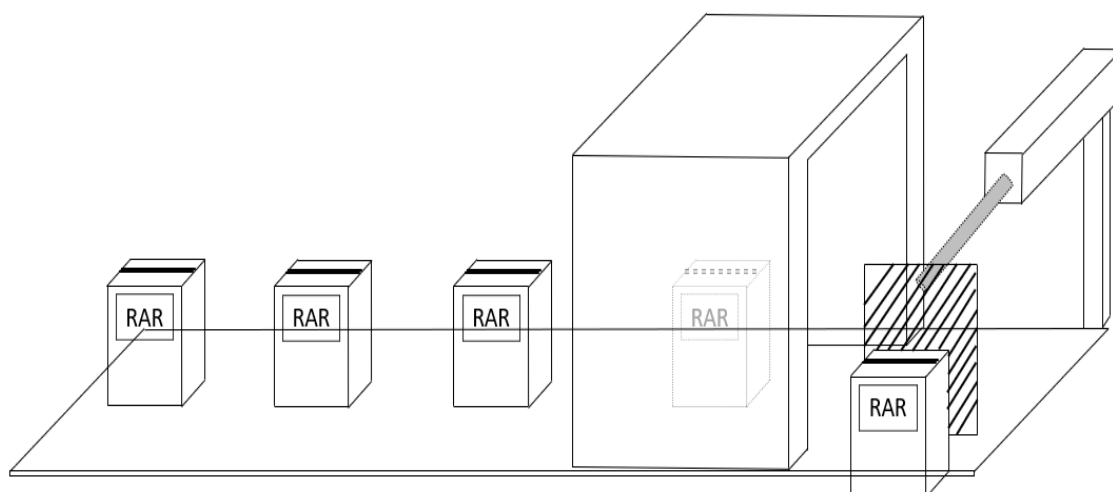


Figura 64 - Processo de detecção de metais.

Como forma de verificação da eficácia do detetor de metais, diariamente o responsável de cada turno realiza 2 testes ao funcionamento do detetor. O teste ao equipamento consiste em introduzir esferas metálicas, com as características definidas na Tabela 7, no interior dos pacotes de açúcar e sujeitá-los ao detetor, que obrigatoriamente deve rejeitá-los.

Tabela 7 - Metais utilizados no teste ao detetor de metais.

<b>TESTE AO DETETOR DE METAIS</b>		
<b>Tipo de Padrão</b>	<b>Dimensão da esfera (mm)</b>	<b>Referência do Padrão</b>
Ferroso	2.0	5
Não Ferroso	2.5	2
Aço Inox	2.5	7

# 4. CONCLUSÕES

Este capítulo final reúne as conclusões do trabalho desenvolvido. Começa num tópico de conclusões gerais sobre os conceitos desenvolvidos e sobre as conclusões do autor. Segue com as conclusões da aplicação prática da ferramenta técnica, com discussão dos resultados obtidos. Finaliza com sugestões de trabalhos futuros, que possam de alguma forma dar seguimento aos conceitos explanados nesta obra.

## 4.1. CONCLUSÕES GERAIS

Os operadores apresentam-se como uma peça determinante para o sucesso das organizações. De acordo com a estratégia de gestão TPM, o papel dos operadores deve ser mais do que simplesmente operar máquinas que geram receitas para a organização. Com formação adequada os operadores são fundamentais em questões diretamente relacionadas com a eficiência do processo de empacotamento, como por exemplo, na identificação e prevenção de falhas das máquinas, na eliminação de produção não conforme e principalmente, na temática da saúde e segurança no trabalho.

Tendo em vista a melhoria do desempenho dos operadores, foram elaborados manuais de utilização e funcionamento para o setor de empacotamento de papel de 1 kg de açúcar, juntamente com ações de formação foi possível sensibilizar os operadores para a sua importância no processo produtivo e de manutenção das máquinas.

Como complemento à melhoria significativa verificada, após a elaboração dos manuais e ações de formação, procurou-se desenvolver um auxiliar técnico capaz de aumentar a eficiência de operação e manutenção. O auxiliar técnico consiste numa ferramenta de registo e quantificação de tempo de duração dos estados das máquinas, que visa estabelecer e quantificar indicadores de disponibilidade, desempenho, qualidade, fiabilidade e manutenibilidade, indicadores que traduzem a eficácia das máquinas e necessidades de intervenção. Além dos indicadores, o registo de tempos permite identificar as maiores causas de paragem de forma a reduzir, e se possível eliminá-las, bem como a monitorização do desempenho de técnicos e operadores na realização das respetivas tarefas. A ferramenta foi

testada, sendo que a sua funcionalidade se enquadra com as necessidades da RAR, que prontamente atuou no sentido de a implementar.

De uma forma geral o trabalho realizado pretende evitar, ou reduzir ao máximo (quer seja por falha das máquinas ou causas externas), todo o tipo de custos associados a tempos de paragem, entre eles: custo de perda ou reprocessamento de materiais, custo de não produção dos operadores, custo de perda de disponibilidade dos equipamentos (aumento do período para amortizações), custo das reparações ou substituições, custo de reclamações ou de perda de confiança dos clientes da organização.

#### **4.2. CONCLUSÕES AO TESTE DA FERRAMENTA TÉCNICA**

Os resultados obtidos dizem respeito ao teste realizado da ferramenta técnica desenvolvida. O teste foi realizado pelo autor durante um turno de funcionamento da unidade de empacotamento de papel de 1 kg de açúcar na máquina SIG.

O valor obtido para o rendimento global do equipamento (OEE) é relativamente baixo, 57,5%, daqui se conclui que o indicador que mais contribuiu para este valor é o indicador de disponibilidade operacional, 68,8%, valor que traduz que a máquina esteve impedida de operar aproximadamente um terço do tempo planeado. Aliado a este inconveniente, o indicador de desempenho apresenta um valor de 85,7%, justificado pelo facto de a máquina apresentar 18 anos de funcionamento, e por isso, a velocidade de produção, de forma a permitir um funcionamento constante, encontra-se nos 120 pacotes por minuto, no lugar dos 140 pacotes por minuto relativos ao valor nominal.

Dado o reduzido valor da disponibilidade operacional, facilmente se associa a sua influência nos resultados obtidos dos indicadores de fiabilidade e manutenibilidade, onde se verifica uma avaria a cada 2,73 horas, ou seja, a cada 2h45min aproximadamente, sendo o tempo médio de reparação de aproximadamente 32 minutos.

#### **4.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

De forma a dar continuidade ao trabalho desenvolvido seria vantajoso para a RAR aumentar gradualmente os conhecimentos técnicos dos operadores, visto a formação inicial incidir em conhecimentos básicos como os principais componentes e respetivas funções, procedimentos diários e ações de limpeza. Transmitir conhecimentos e sensibilizar os

operadores para fatores como necessidade de lubrificação ou apertos, identificação de desgaste dos componentes, ou variações de qualidade são determinantes na conservação das condições normais de funcionamento das máquinas. Com isto não se pretende que operadores substituam técnicos de manutenção, mas sim que sejam criadas condições para reduzir a dependência do departamento de manutenção, e por todos os motivos anteriormente referidos, reduzir os tempos de paragem.

O auxiliar técnico foi desenvolvido a pensar nas máquinas de empacotamento de papel de 1kg de açúcar, no entanto a RAR dispõe de dezenas de máquinas dedicadas aos vários processos e artigos que comercializa. De forma a aumentar o controlo e eficiência de todos os processos, a implementação do auxiliar técnico nas restantes máquinas e a capacidade de aceder e analisar todos os registos numa base de dados centralizada, revela-se uma opção de peso quando se pretende conhecer e otimizar a eficiência individual das máquinas e de toda a instalação fabril em geral.



## *Referências Bibliográficas*

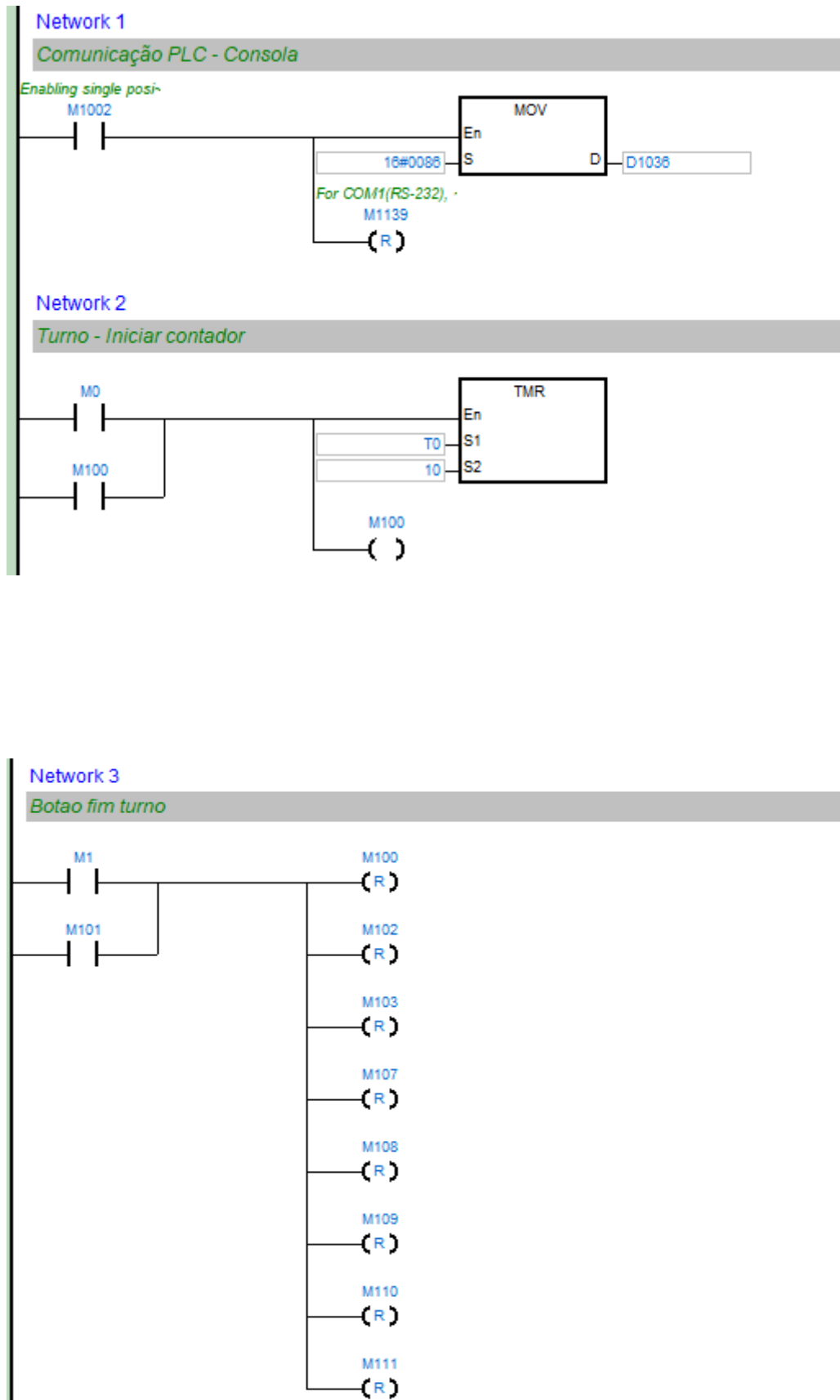
- [1] International Organization for Standardization, “Terminologia da Manutenção - NP EN 13306, versão Portuguesa,” 2007.
- [2] L. A. A. Ferreira, *Uma Introdução à Manutenção*. Porto: Publindústria, 1998.
- [3] C. V. Pinto, *Organização e Gestão da Manutenção*, 2ª Ed. Lisboa, 2002.
- [4] C. Pereira, A. Cabrita, and J. M. Cardoso, “Conceitos e definições de falha e avaria nas normas portuguesas de manutenção NP EN 13306:2007 e NP EN 15341:2009.”
- [5] A. M. Pinheiro, “Apontamentos da Disciplina de FISIS.” ISEP, 2017.
- [6] IQF, “Manutenção – Tendências, Qualificações e Formação..” Lisboa, 2005.
- [7] R. Assis, *Manutenção Industrial - Custo ou Benefício*. Lidel, 1992.
- [8] L. A. Ferreira, “Estratégias de Manutenção e Análise de Riscos Industriais - 1º Encontro Luso-Brasileiro de Manutenção,” 2003.
- [9] P. D. T. O’Conner, *Practical Reliability Engeeneering*, 4th ed. London: John Wiley & Sons Ltd, 2002.
- [10] D. J. Smith, *Reliability, Maintainability and Risk*, 6th ed. Amesterdan: Elsevier Ltd, 2001.
- [11] L. C. Arbós, *TPM: Hacia la Competitividad a través da la Eficiencia de los Equipos de Produccion*. Barcelona: Gestion, 2000.
- [12] F. M. Dias, “Fiabilidade - Apontamentos da Disciplina de QUASE.” ISEP, 2017.
- [13] R. K. Mobley, *Root Cause Failure Analysis*. Amesterdan: Newnes Butterworth Heinemann, 1999.
- [14] S. K. F.T.S. Chan, H.C.W. Lau, R.W.L. Ip, H.K. Chan, “Implementation of total

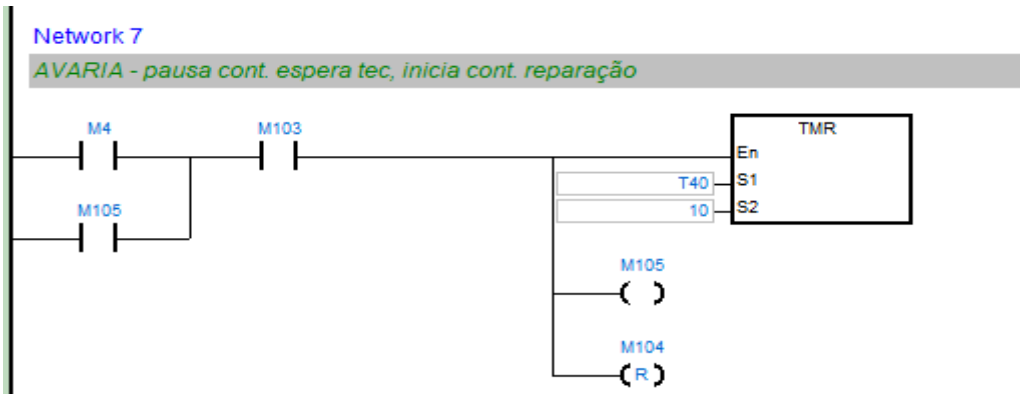
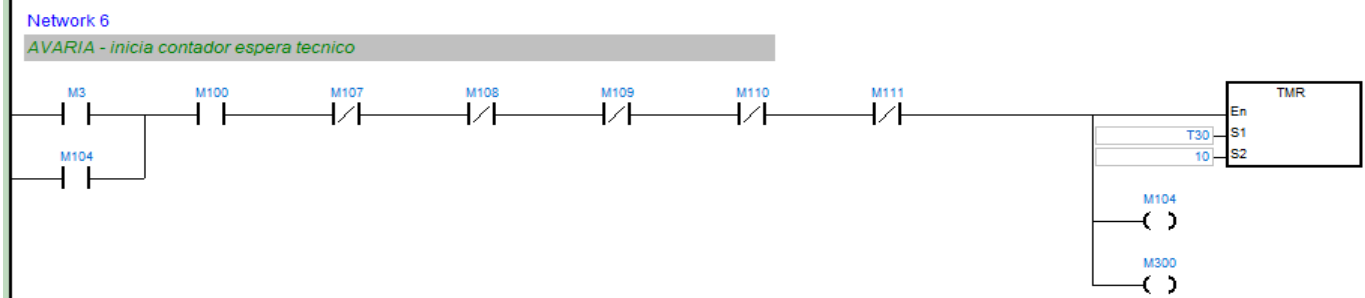
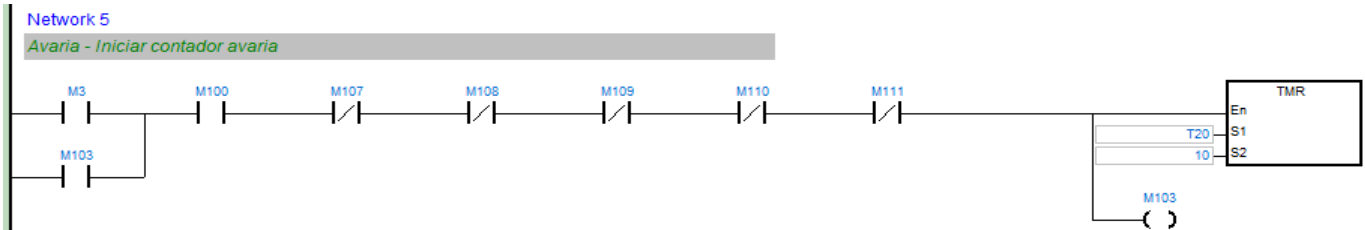
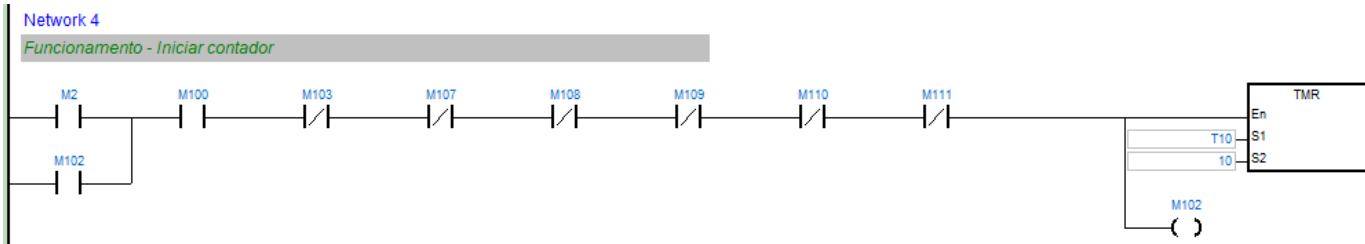
productive maintenance - A case of Study,” *Int. J. Prod. Econ.*, 2003.

[15] R. Assis, *Gestão da Manutenção*. Lidel Edições Técnicas, 2006.

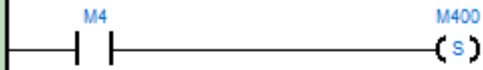
[16] S. Boris, *Total Productive Maintenance*. New York: McGraw Hill, cop, 2006.

## Anexo A. Código Ladder



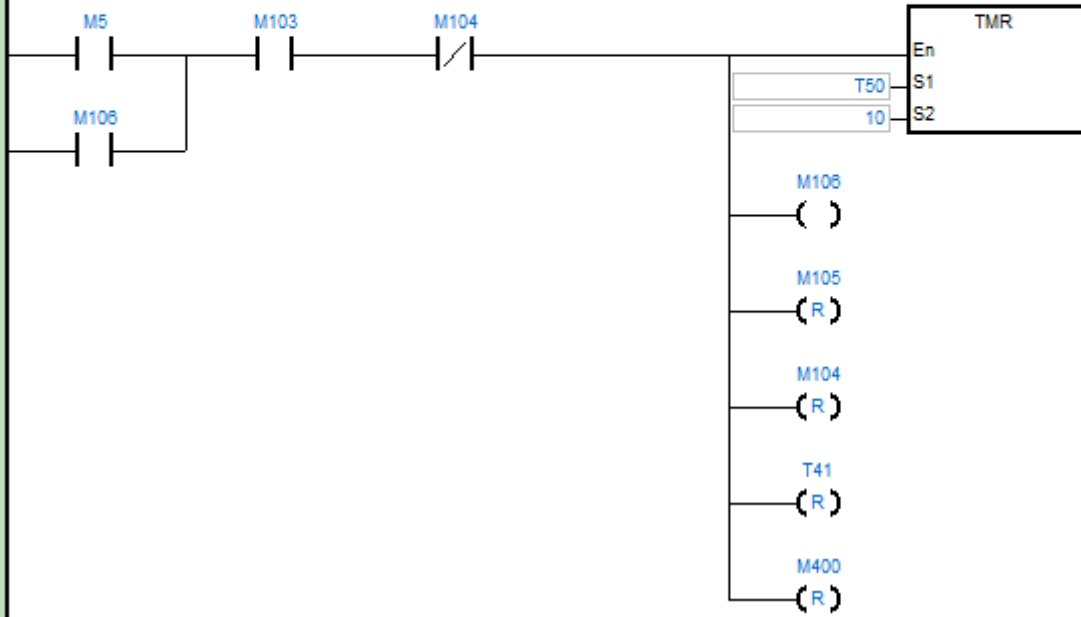


Network 8



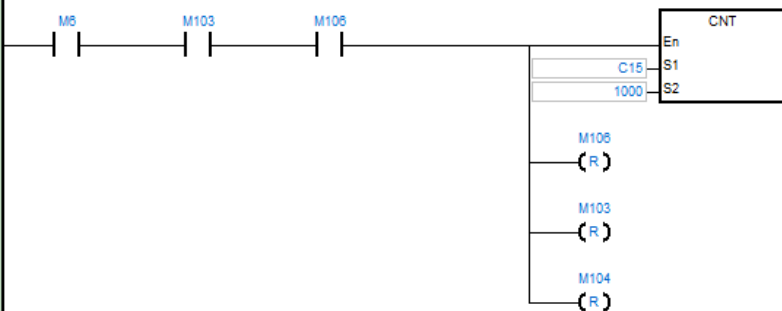
Network 9

*AVARIA - pausa cont. reparação, inicia cont. espera operador*



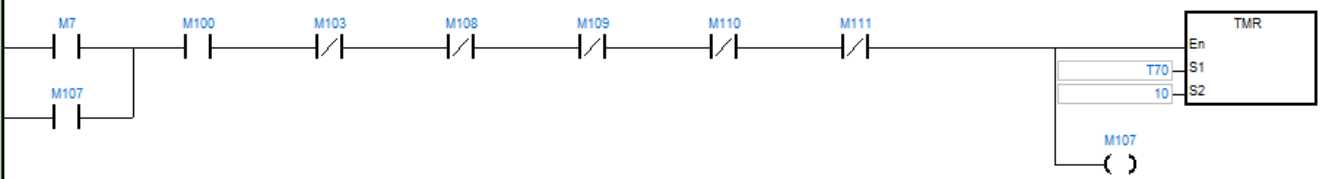
Network 10

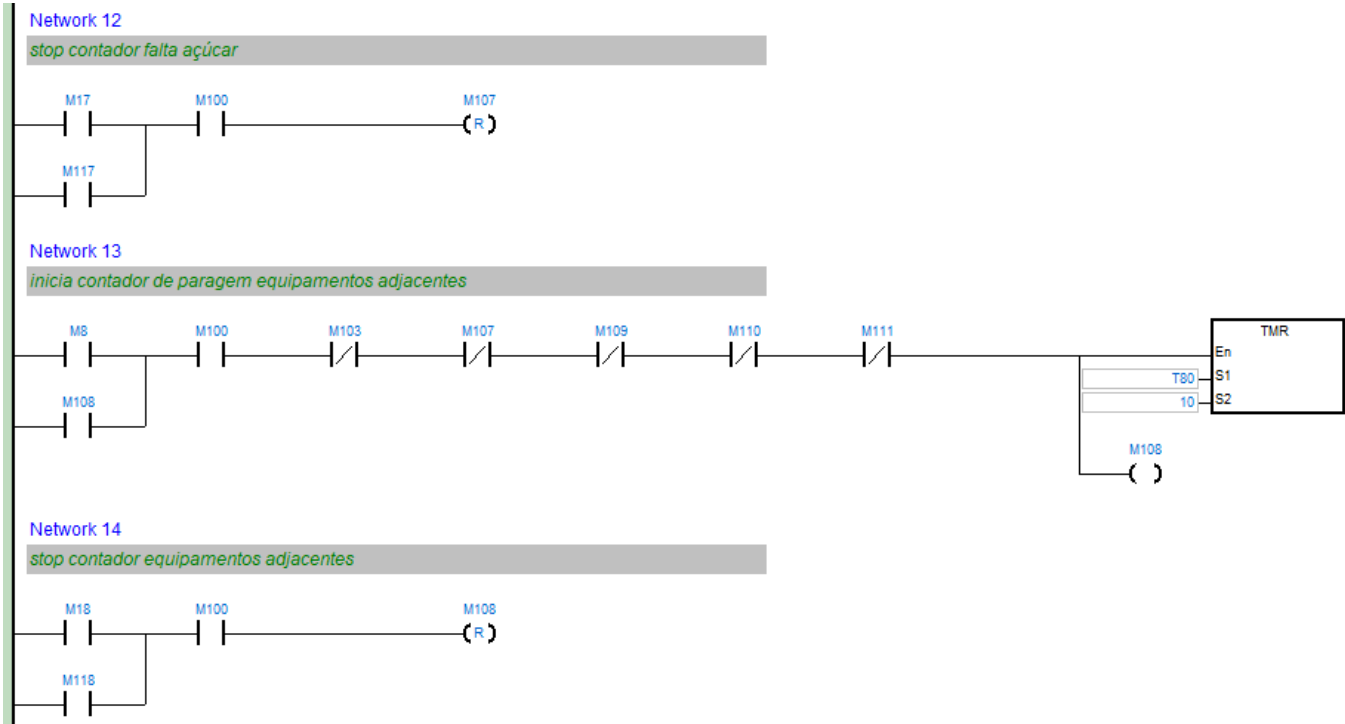
*AVARIA - pausa cont espera operador + cont. avaria*

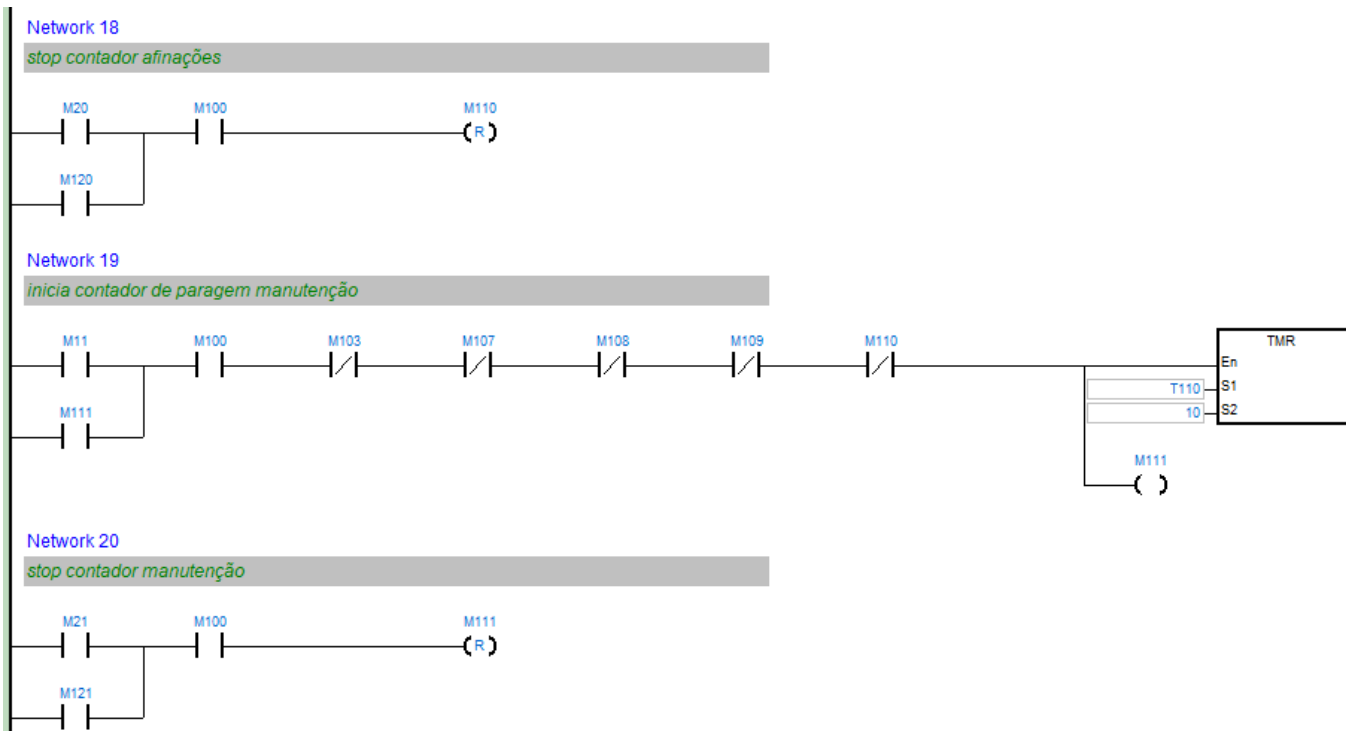
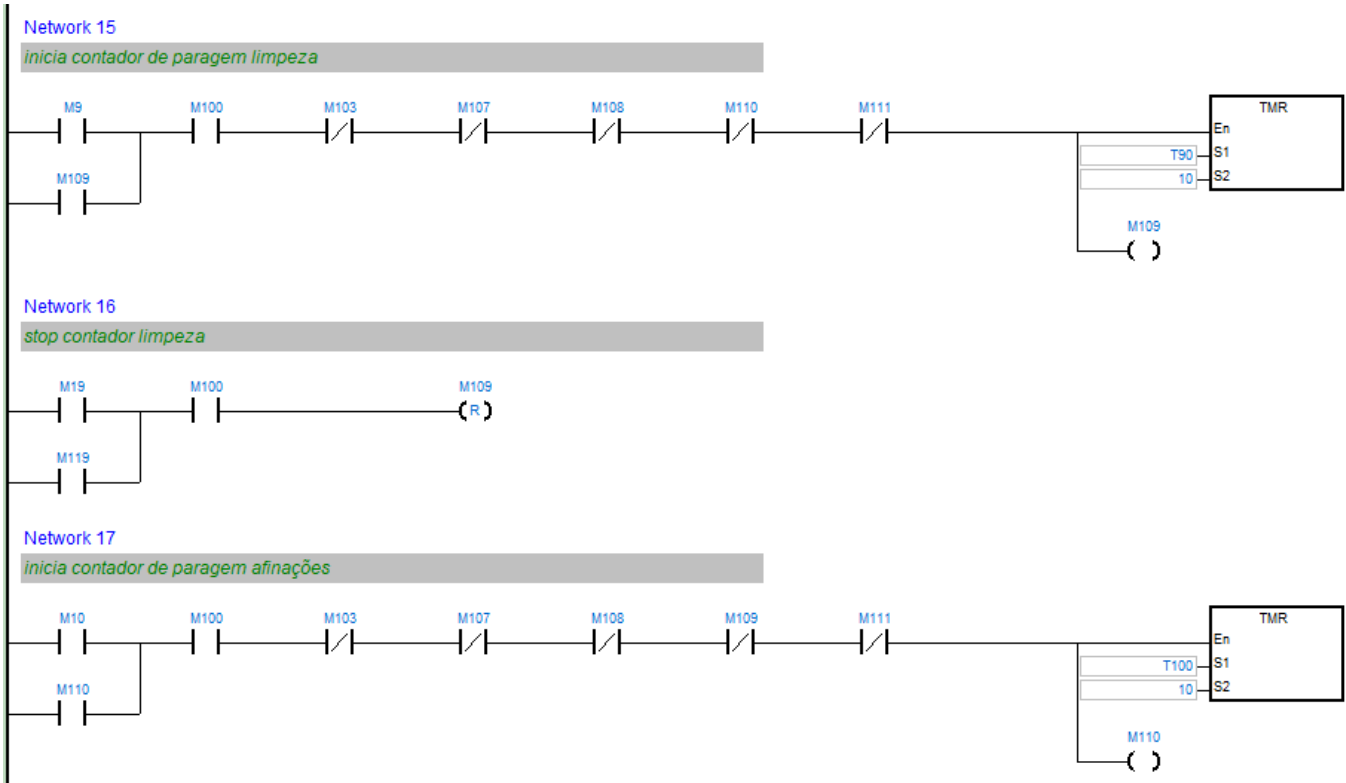


Network 11

*inicia contador de falta açúcar*

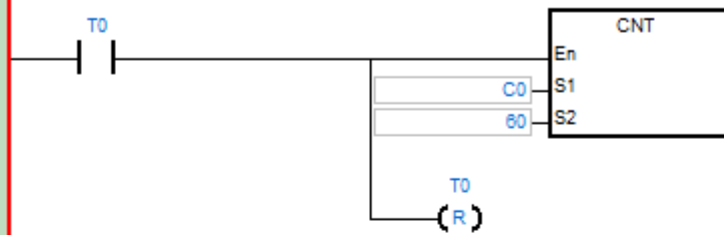






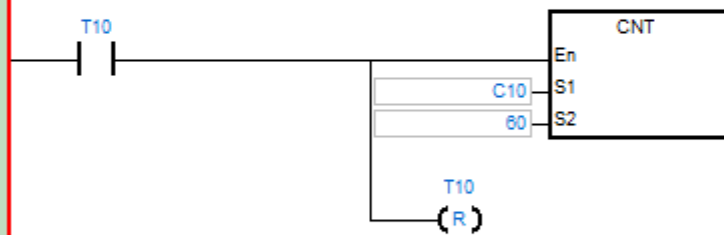
Network 21

*TURNO\_Contador dos segundos*



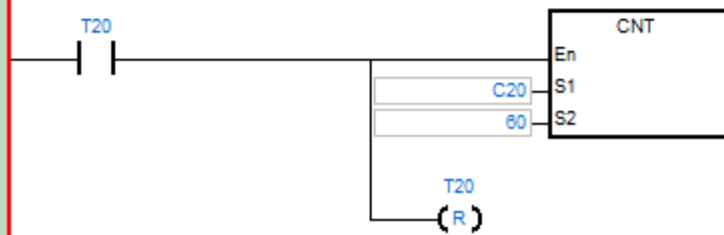
Network 22

*Funcionamento - Contador dos segundos*



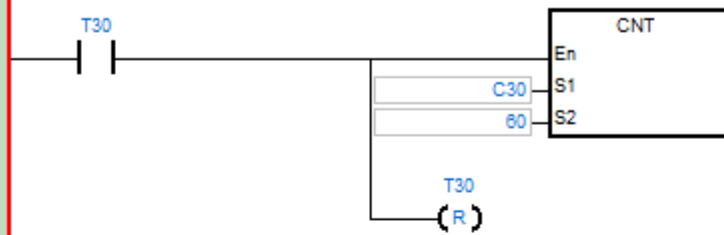
Network 23

*Avaria - Contador dos segundos*



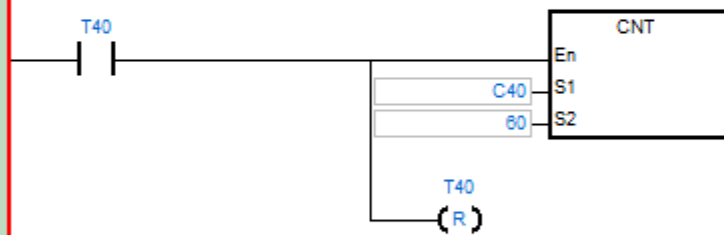
### Network 24

*Avaria (tempo espera tec) - Contador dos segundos*



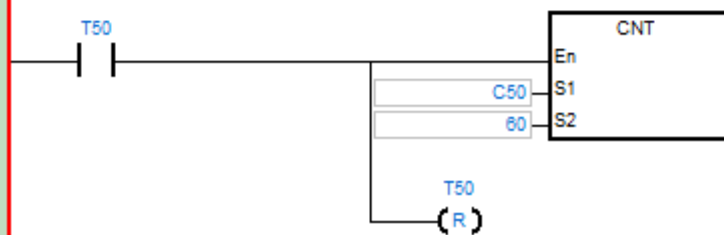
### Network 25

*Avaria (tempo reparação) - Contador dos segundos*



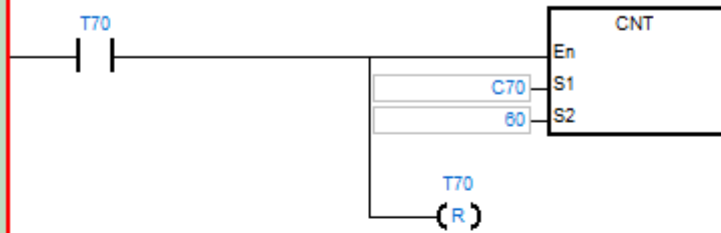
### Network 26

*Avaria (tempo espera operador) - Contador dos segundos*



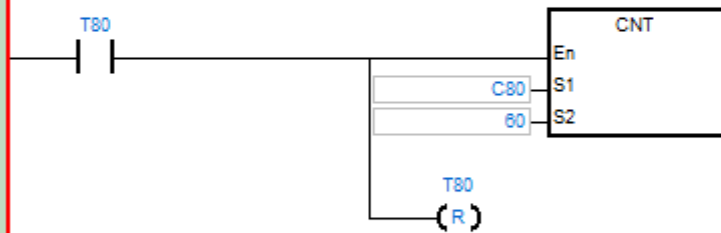
Network 27

*paragem falta açúcar - Contador dos segundos*



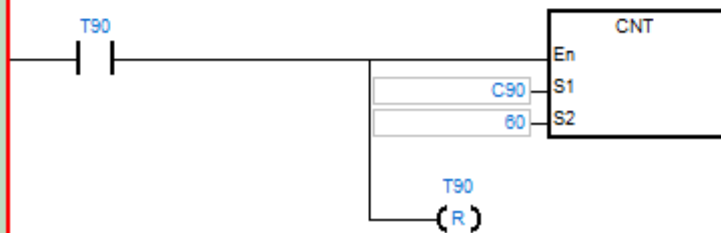
Network 28

*paragem equipamentos adjacentes- Contador dos segundos*



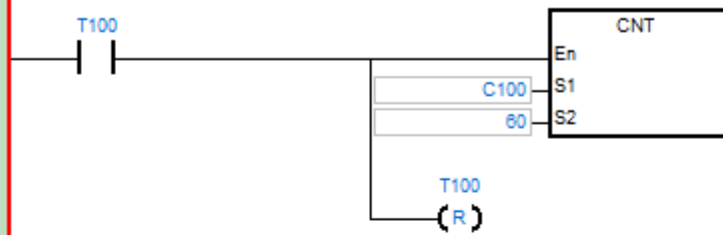
Network 29

*paragem limpeza- Contador dos segundos*



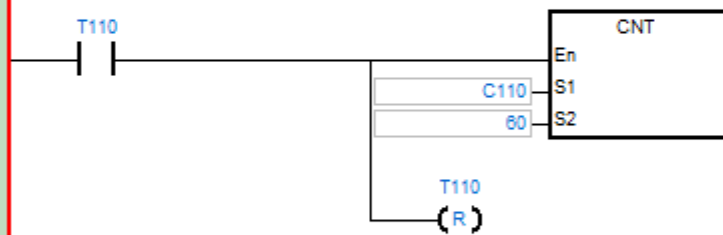
### Network 30

*paragem afinações- Contador dos segundos*



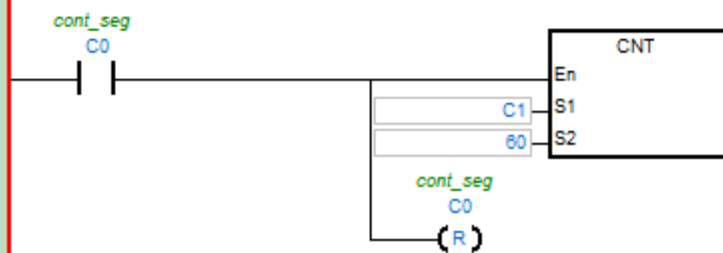
### Network 31

*paragem manutenção - Contador dos segundos*



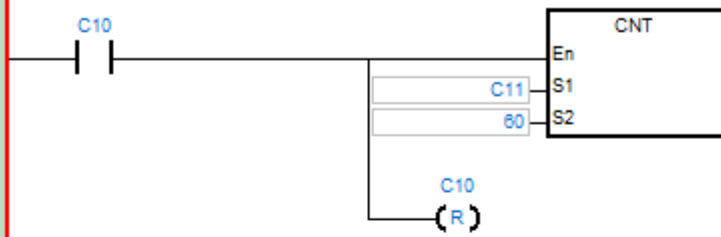
### Network 32

*TURNO\_contador dos minutos e reset segundos*



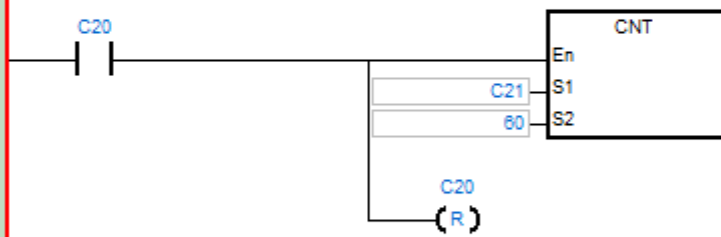
### Network 33

*Funcionamento - contador dos minutos e reset segundos*



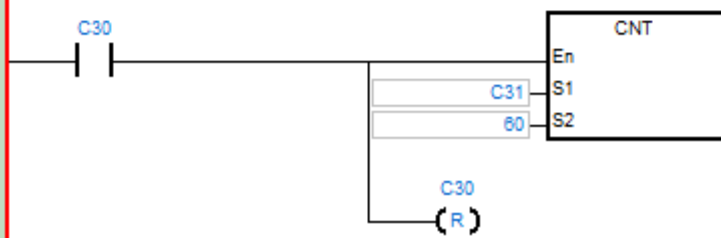
### Network 34

*Avaria - contador dos minutos e reset segundos*



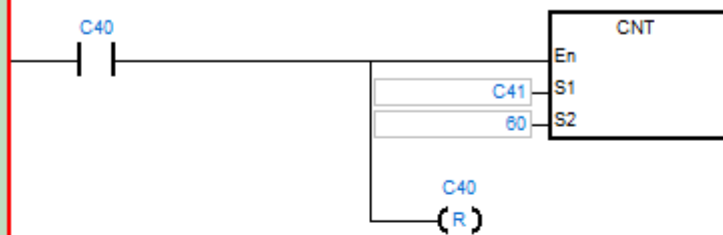
### Network 35

*Avaria (tempo espera tec) - contador dos minutos e reset segundos*



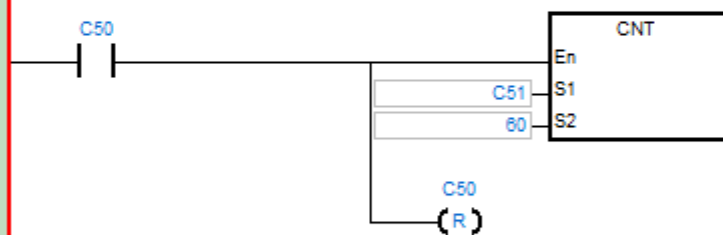
### Network 36

*Avaria (tempo reparação) - contador dos minutos e reset segundos*



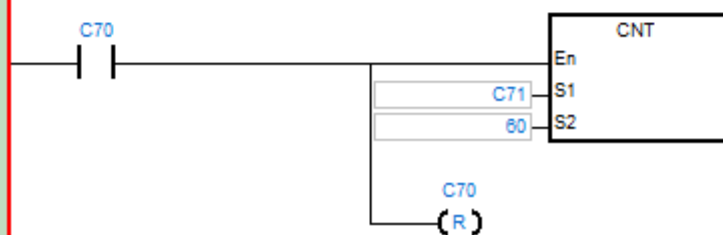
### Network 37

*Avaria (tempo espera operador) - contador dos minutos e reset segundos*



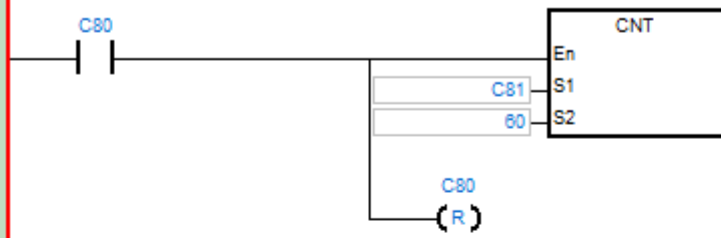
### Network 38

*paragem falta açúcar - contador dos minutos e reset segundos*



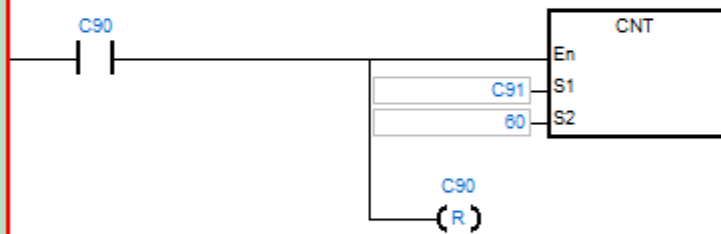
### Network 39

*paragem equipamentos adjacentes - contador dos minutos e reset segundos*



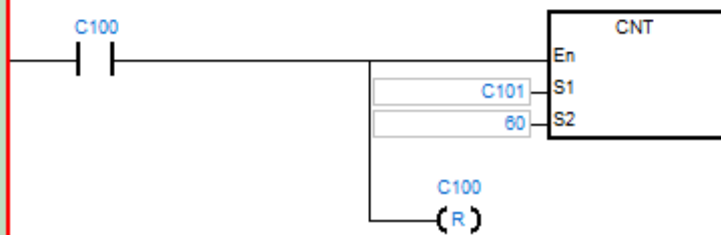
### Network 40

*paragem limpeza - contador dos minutos e reset segundos*



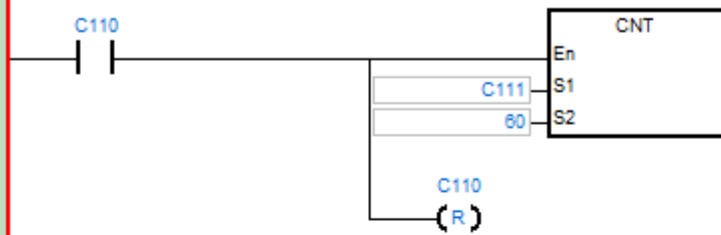
### Network 41

*paragem afinações - contador dos minutos e reset segundos*



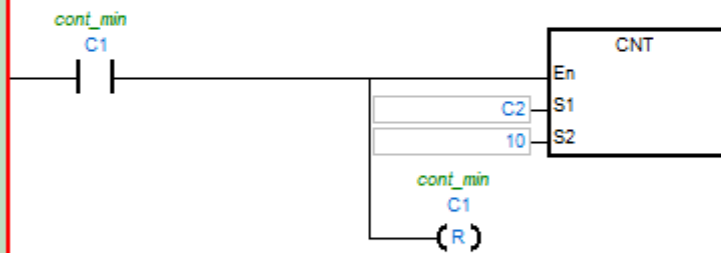
#### Network 42

*paragem manutenção - contador dos minutos e reset segundos*



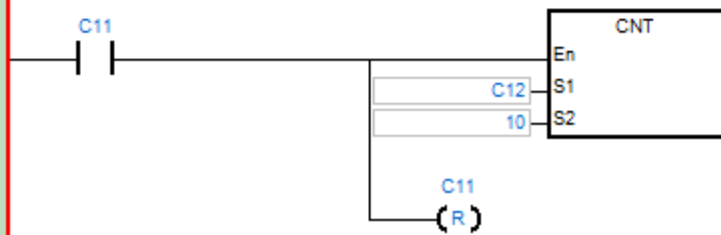
#### Network 43

*TURNO contador das horas e reset minutos*



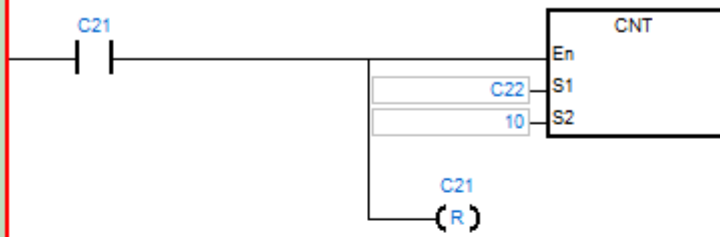
#### Network 44

*Funcionamento - contador das horas e reset minutos*



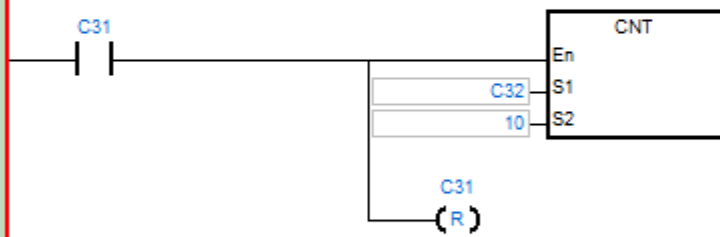
### Network 45

*Avaria - contador das horas e reset minutos*



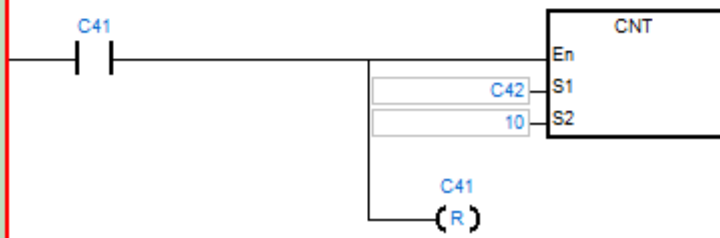
### Network 46

*Avaria (tempo espera tec) - contador das horas e reset minutos*



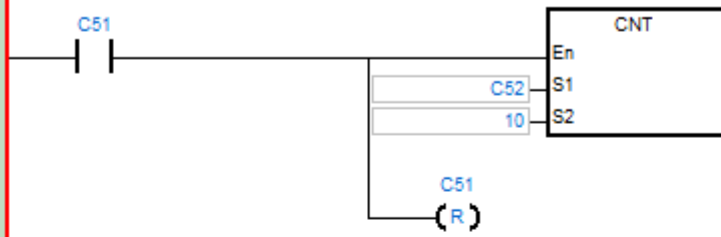
### Network 47

*Avaria (tempo reparação) - contador das horas e reset minutos*



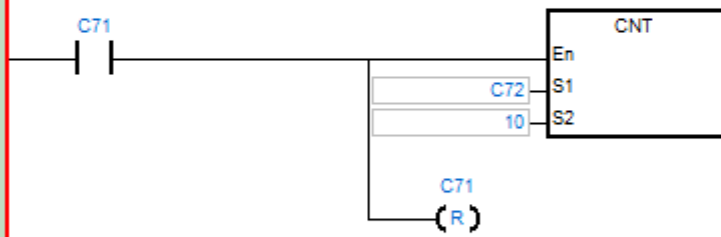
### Network 48

*Avaria (tempo espera operador) - contador das horas e reset minutos*



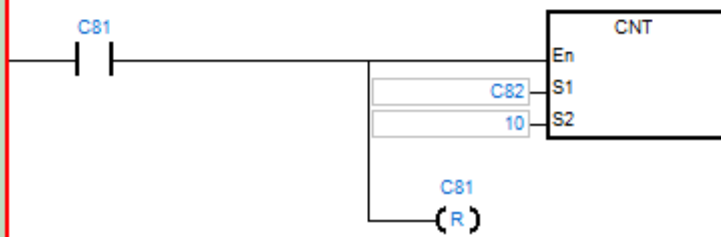
### Network 49

*paragem falta açúcar - contador das horas e reset minutos*



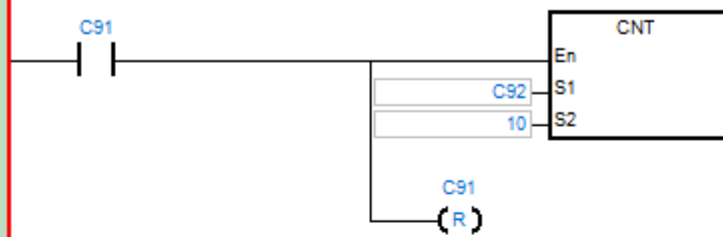
### Network 50

*paragem equipamentos adjacentes - contador das horas e reset minutos*



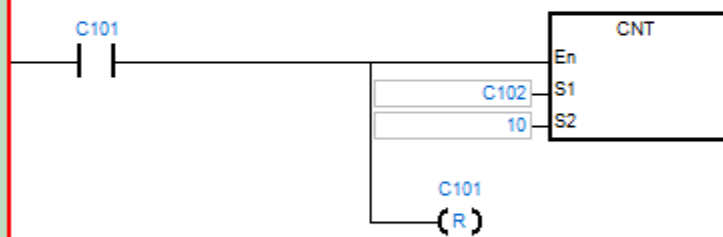
### Network 51

*paragem limpeza/afinações - contador das horas e reset minutos*



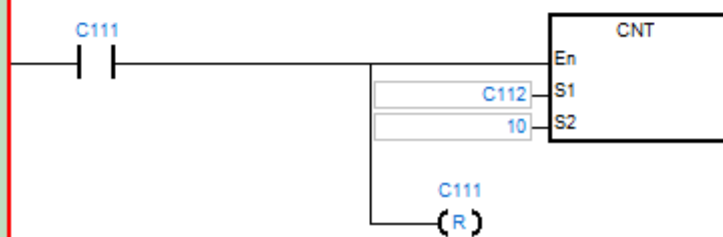
### Network 52

*paragem limpeza/afinações - contador das horas e reset minutos*



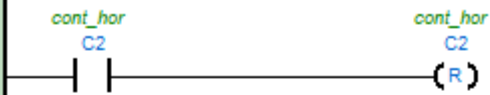
### Network 53

*paragem manutenção - contador das horas e reset minutos*



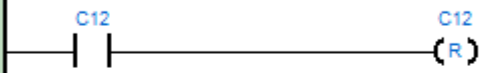
Network 54

*TURNO\_reset horas*



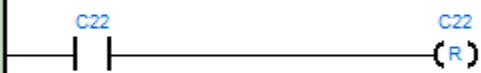
Network 55

*Funcionamento - reset horas*



Network 56

*Avaria - reset horas*



Network 57

*Avaria (tempo espera tec) - reset horas*



Network 58

*Avaria (tempo reparação) - reset horas*



Network 59

*Avaria (tempo espera operador) - reset horas*



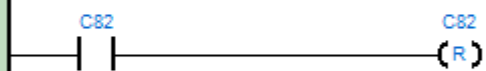
Network 60

*paragem falta açúcar - reset horas*



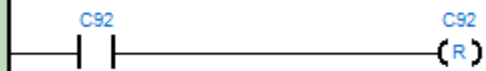
Network 61

*paragem equipamentos adjacentes - reset horas*



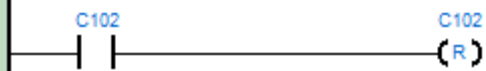
Network 62

*paragem Limpeza/afinações - reset horas*



Network 63

*paragem Limpeza/afinações - reset horas*



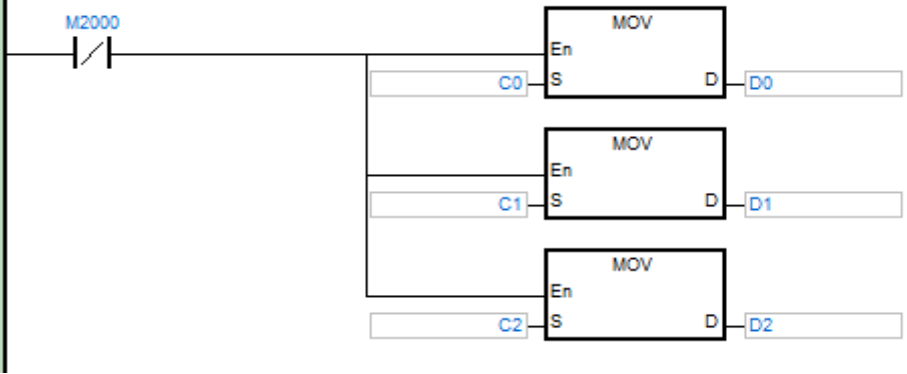
Network 64

*paragem manutenção - reset horas*



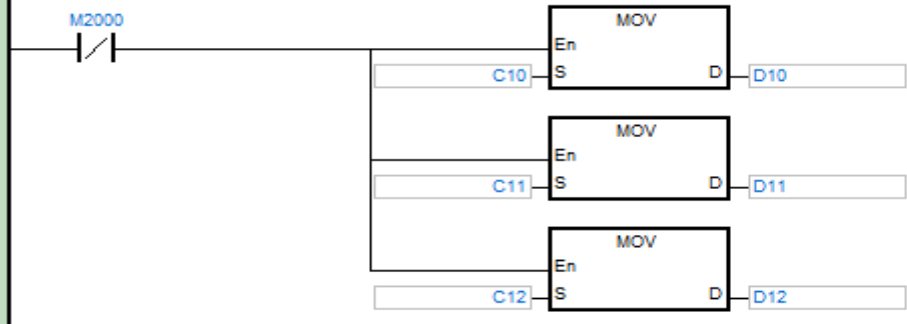
Network 65

*TURNO\_copia valor dos contadores para dados de horas*



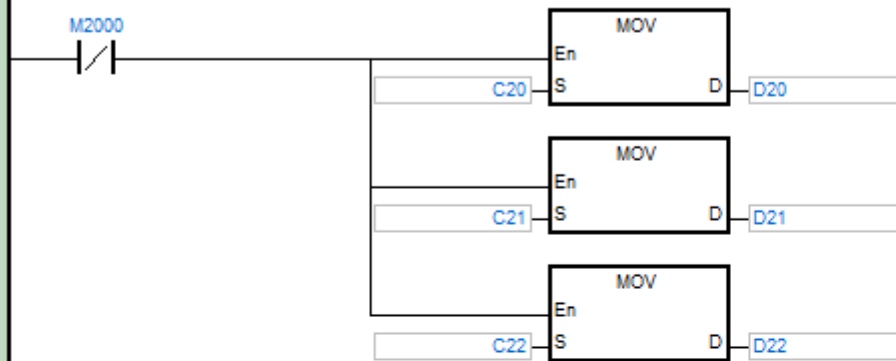
Network 66

*Funcionamento - copia valor dos contadores para dados de horas*



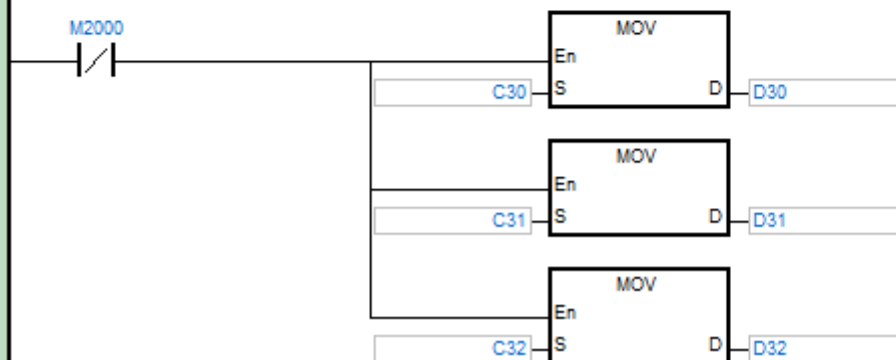
### Network 67

*Avaria - copia valor dos contadores para dados de horas*



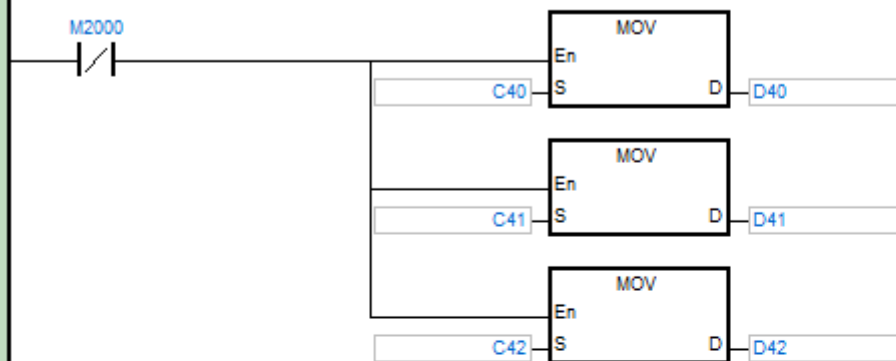
### Network 68

*Avaria (tempo espera tec) - copia valor dos contadores para dados de horas*



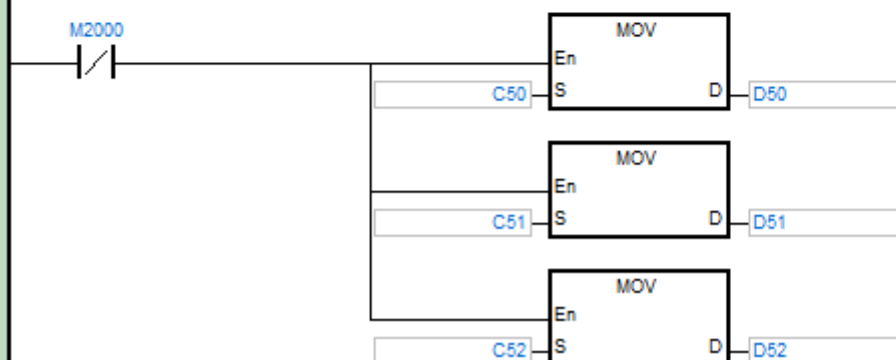
### Network 69

*Avaria (tempo reparação) - copia valor dos contadores para dados de horas*



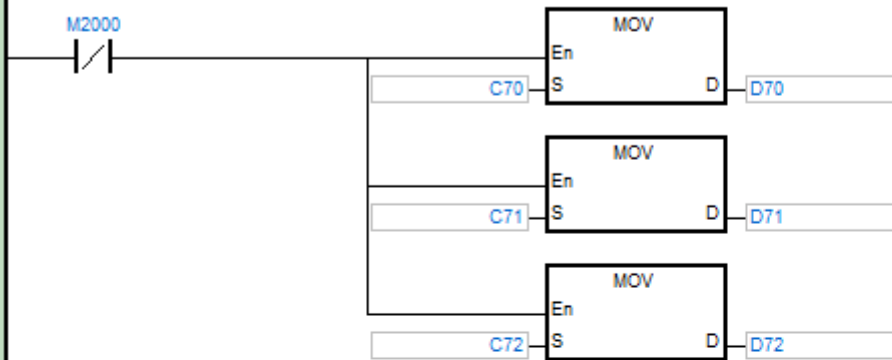
### Network 70

*Avaria (tempo espera operador) - copia valor dos contadores para dados de horas*



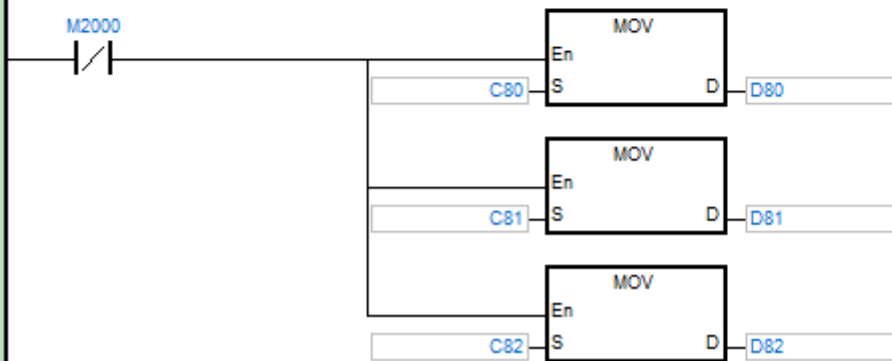
### Network 71

*paragem falta açúcar - copia valor dos contadores para dados de horas*



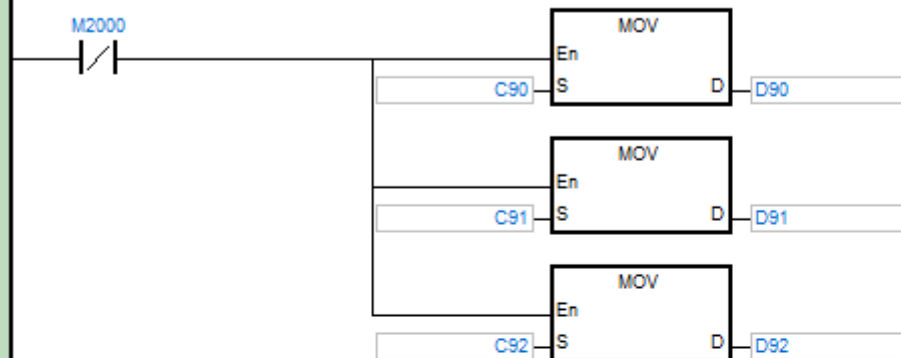
### Network 72

*paragem equip. adjacentes - copia valor dos contadores para dados de horas*



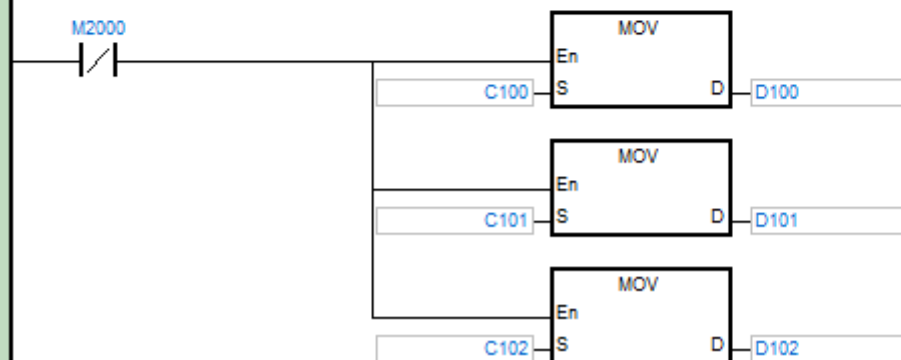
### Network 73

*paragem limpeza - copia valor dos contadores para dados de horas*



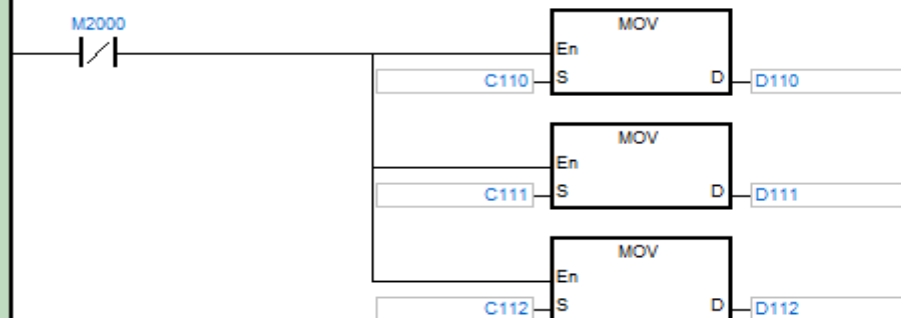
### Network 74

*paragem afinações - copia valor dos contadores para dados de horas*



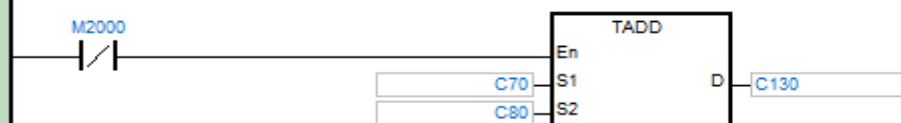
### Network 75

*paragem manutenção - copia valor dos contadores para dados de horas*



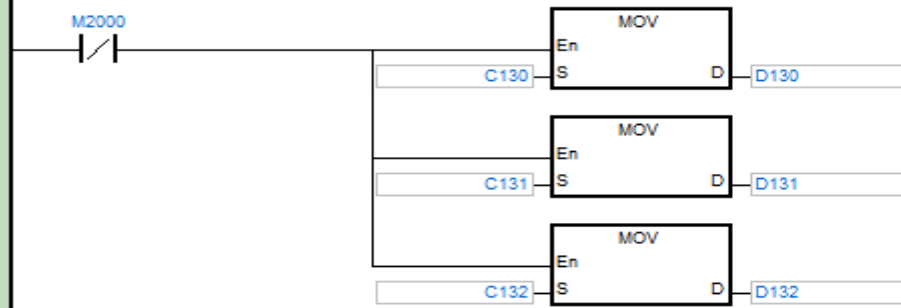
### Network 76

*soma falta açúcar + Equip. adja.*



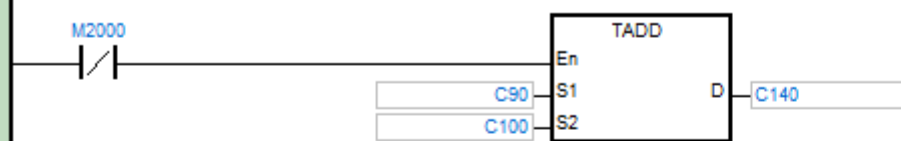
### Network 77

*soma falta açúcar + Equip. adja.*



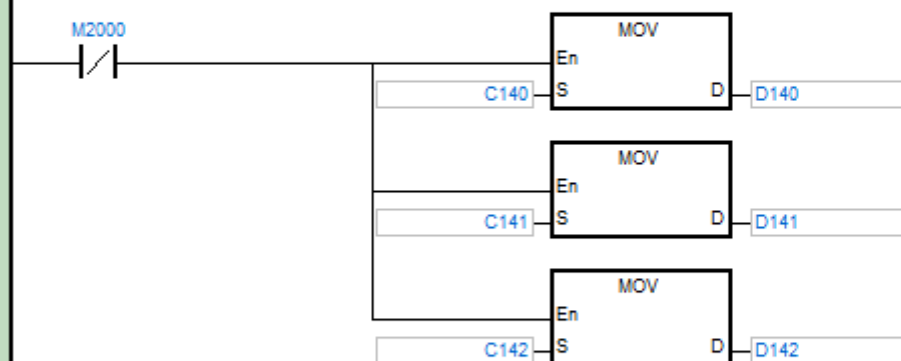
### Network 78

*soma limpeza + afinações*



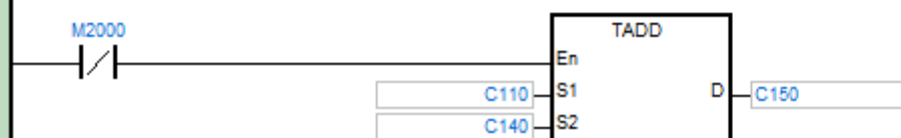
### Network 79

*soma limpeza + afinações*



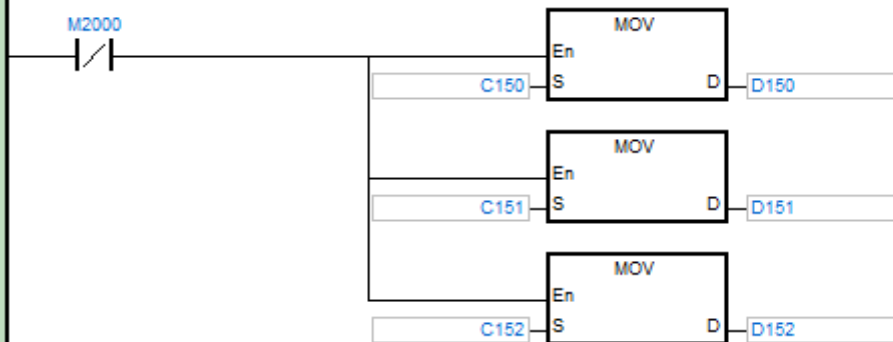
### Network 80

*soma limpeza + afinações + manutenção*



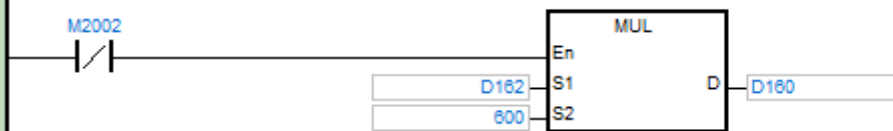
### Network 81

*soma limpeza + afinações + manutenção*



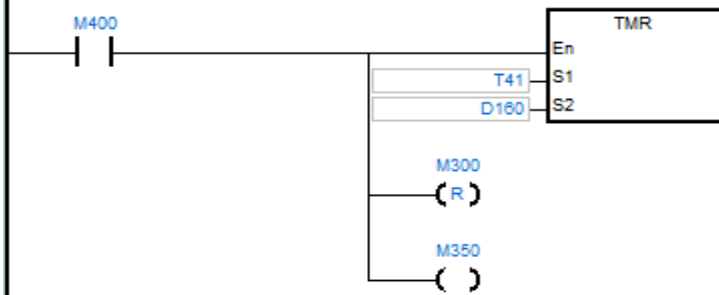
### Network 82

*introduzir intervalo de encravamento - minutos*

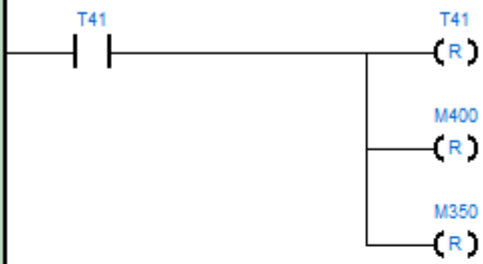


### Network 83

*inicia contador identificação*



### Network 84

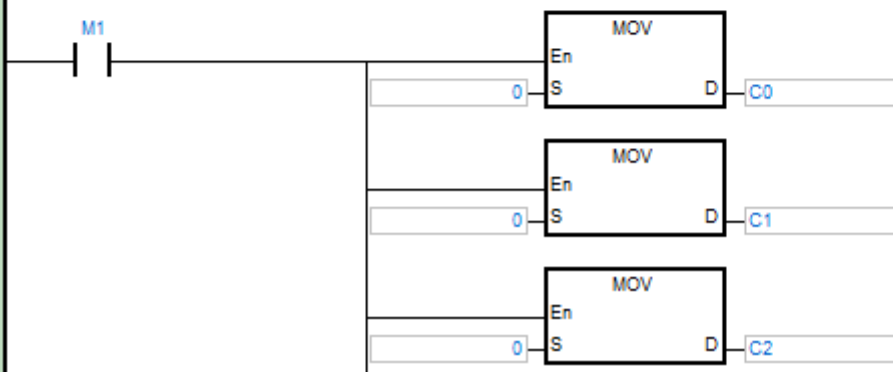


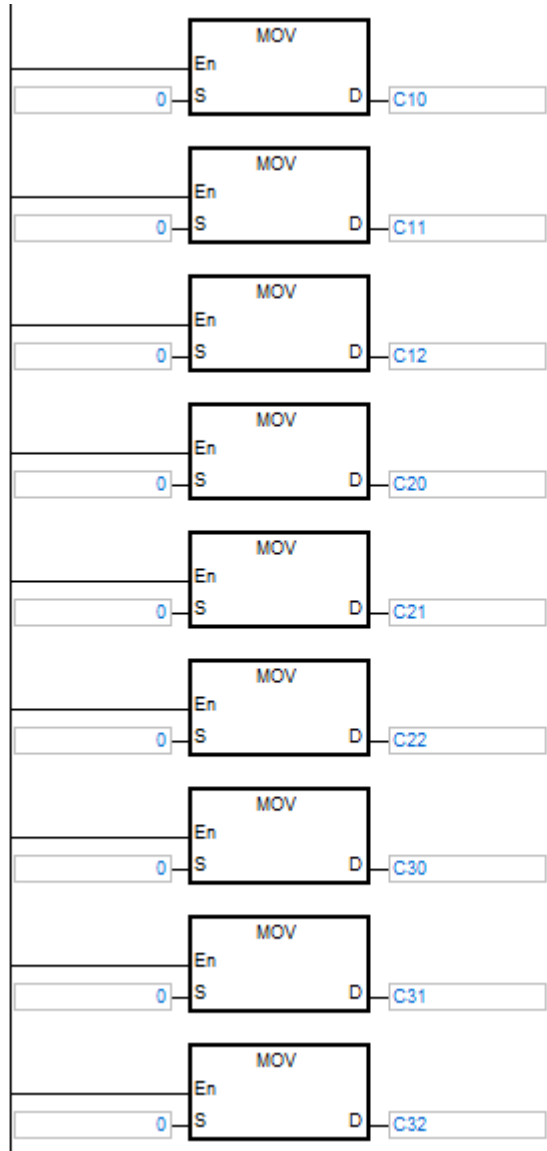
### Network 85

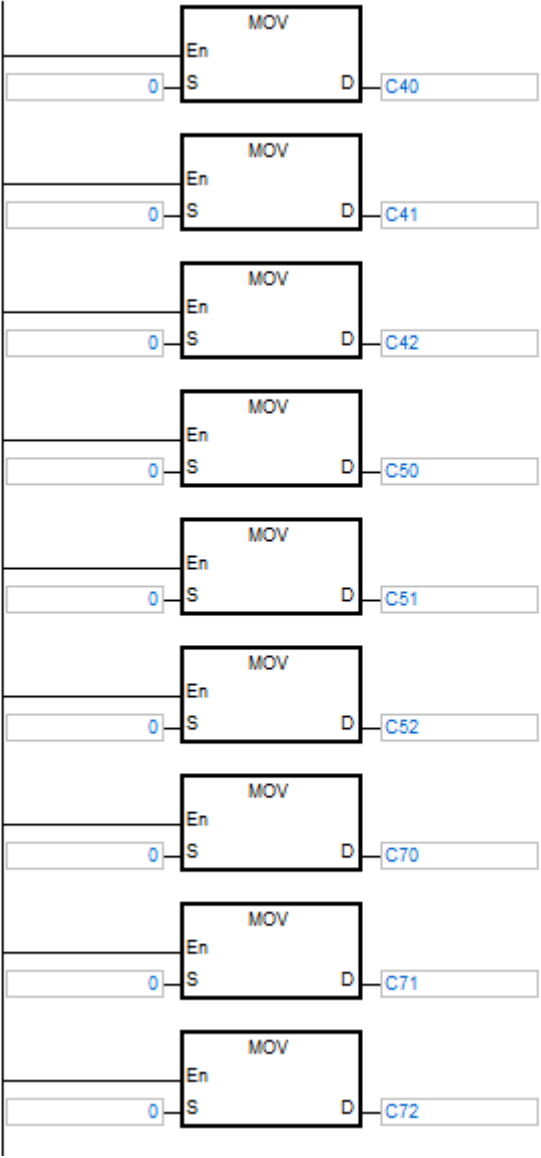


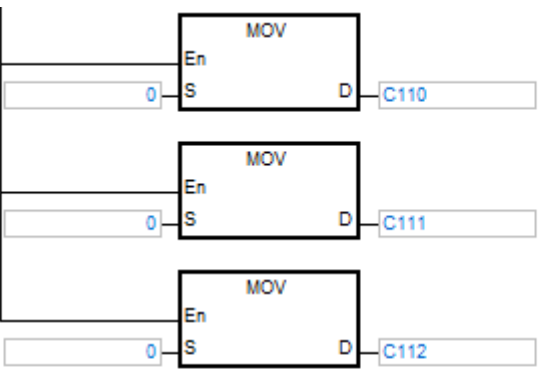
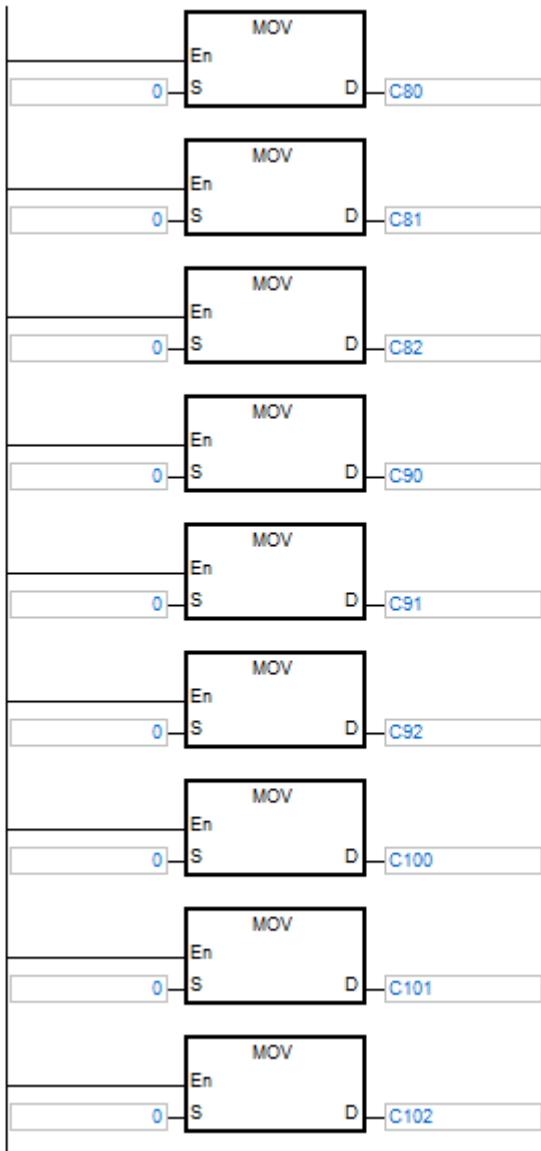
### Network 86

*reiniciar de todos os contadores*









Network 87



END  
( )

