



Universidade de Aveiro  
2023

**José Vasco Castro  
Silva**

**Análise de Processos e Propostas de Melhoria na  
Área da Digitalização: um Caso Prático na Bosch  
Termotecnologia**



Universidade de Aveiro  
2023

**José Vasco Castro  
Silva**

**Análise de Processos e Propostas de Melhoria na  
Área da Digitalização: um Caso Prático na Bosch  
Termotecnologia**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Leonor da Conceição Teixeira, Professora Associada do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho às duas pessoas que possibilitaram a minha passagem pelo curso de Engenharia e Gestão Industrial na Universidade de Aveiro.  
Obrigado mãe e pai.

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes**

Professor Associado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor João Carlos Gonçalves dos Reis**

Professor Auxiliar da Universidade Lusófona

**Prof.\* Doutora Leonor da Conceição Teixeira**

Professora Associada do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Um obrigado muito especial aos meus pais, que desde sempre foram o meu maior apoio e motivação, por nunca terem imposto obstáculos às minhas ambições e por tornarem possível o meu desenvolvimento académico.

À minha namorada, Ana Araújo, por ter sido consistentemente uma das maiores fontes de motivação e resiliência.

Um agradecimento a toda a equipa da Bosch Termotecnologia S.A. que me acompanhou e contribuiu para este projeto, em especial, ao meu orientador e mentor, Eng.º Diogo Costa, bom como toda a equipa de MFO, pela partilha de conhecimentos, entreaajuda e perseverança.

Agradecer, também, à minha orientadora da Universidade de Aveiro, Prof.<sup>a</sup> Doutora Leonor da Conceição Teixeira, pela orientação, disponibilidade e apoio demonstrados ao longo do projeto.

E, por fim, um obrigado enorme a todos os amigos com que tive o prazer de me cruzar nesta longa e bonita jornada de 5 anos e que a tornaram ainda mais gratificante.

## palavras-chave

Digitalização, Dados em Tempo Real, Fiabilidade de Dados, *BPS*, Indústria 4.0, Fluxos de Informação, Rastreabilidade, OEE

## resumo

Nos últimos anos, as empresas têm feito um grande esforço para estarem na vanguarda da evolução tecnológica industrial - a conhecida era da Indústria 4.0 - em termos de digitalização e automatização de processos e atividades, bem como de tudo o que envolve o fluxo interno de informação e a sua eficiência. Neste projeto, desenvolvido no *Value Stream MFO* da Bosch Termotecnologia S.A., em Aveiro, o foco foi demonstrar o impacto que a otimização do fluxo interno de informação de uma empresa, através da implementação de soluções e sistemas mais automatizados e standardizados, pode ter na eliminação de desperdícios e erros evitáveis em todos os níveis de processo, seja no aumento da fiabilidade dos dados, na mais fácil rastreabilidade do produto, nos ganhos em valor acrescentado ao produto, ou na rapidez de resposta das equipas de engenharia e manutenção responsáveis pelo apoio a estes processos. De forma a demonstrar este potencial impacto positivo, foi selecionado um processo considerado crítico sob a responsabilidade da equipa de MFO – o teste de estanquicidade de câmaras de combustão após brazagem – no qual foram identificados claros pontos de melhoria significativos. No final, foram pretendidos dois *outcomes*. A curto prazo, o aumento da fiabilidade dos dados, com a eliminação de incoerências entre valores de falhas no processo registados e valores reportados. E, a longo prazo, o aumento da eficiência das ações de melhoria contínua e o consequente aumento do indicador de qualidade do processo em questão.

**keywords**

Digitalization, Real-time Data, Data Reliability, BPS, Industry 4.0, Information Flow, Traceability, OEE

**abstract**

In recent years, companies have made a great effort to be at the forefront of industrial technological evolution - the well-known era of Industry 4.0 - in terms of digitization and automation of processes and activities, as well as everything involving the internal flow of information and its efficiency. In this project, developed in the Value Stream MFO of Bosch Thermotechnology S.A., in Aveiro, the focus was to demonstrate the impact that optimizing a company's internal flow of information, through the implementation of more automated and standardized solutions and systems, can actually have in eliminating waste and avoidable errors at all levels of the process, whether it be in increasing data reliability, easier product traceability, gains in added value to the product, or in the speed of response of the engineering and maintenance teams responsible for supporting these processes. To demonstrate this potential positive impact, a process considered as critical was selected under the responsibility of the MFO team - the Dry-Test of combustion chambers after brazing - in which clear points of significant improvement were identified. In the end, two outcomes were intended. In the short term, an increase in data reliability, with the elimination of incoherencies between recorded and reported process failure data. And, in the long term, an increase in the efficiency of continuous improvement actions and the consequent improvement in the quality indicator of the process in question.





## Índice

CAPÍTULO 1 – Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do Problema e Objetivos .....	1
1.2 Metodologia.....	2
1.3 Estrutura do Relatório.....	3
CAPÍTULO 2 – Revisão de Literatura.....	5
2.1 Indústria 4.0.....	5
2.2 Lean 4.0.....	6
2.3 BPMN.....	7
2.4 Sistemas <i>ERP</i> e a Indústria 4.0 .....	7
2.5 Análise de Dados em tempo real.....	9
2.6 Shop Floor Management System – um Caso de Estudo.....	9
CAPÍTULO 3 – Descrição da Empresa .....	13
3.1 Grupo BOSCH .....	13
3.2 Grupo BOSCH em Portugal.....	13
3.3 Bosch Termotecnologia S.A.....	14
3.4 Estrutura da Bosch Termotecnologia S.A. ....	15
3.5 Esquentadores.....	16
3.6 Câmara de Combustão .....	17
3.7 <i>BPS – Bosch Production System</i> .....	19
3.8 <i>BPS</i> e a Digitalização .....	20
3.9 Rotinas de Melhoria Contínua – <i>CIP</i> .....	21
CAPÍTULO 4 – Processo e contexto atual.....	25
4.1 Processo de Conformação da Câmara de Combustão .....	25
4.2 Mapeamento de atividades atual.....	26
4.2.1 Quadros ANDON.....	30
4.2.2 Aplicação WAND_GES .....	31
4.2.3 Relatório Diário de Fugas .....	33
4.3 Análise de <i>KPIs – OEE</i> .....	34
4.3.1 Fator Disponibilidade .....	35
4.3.2 Fator Qualidade .....	35
4.3.3 Fator Velocidade .....	36
4.4 Análise de Perdas de <i>OEE – Câmaras de Combustão</i> .....	37
4.4.1 Perdas de Qualidade .....	38
4.4.2 Perdas de Disponibilidade .....	40
CAPÍTULO 5 – Ações de melhoria implementadas.....	43
5.1 Pontos de melhoria identificados.....	43
5.2 Mapeamento do processo melhorado .....	44

5.3	NEXEED MES .....	45
5.4	Interação com o NEXEED .....	47
5.5	Alterações aos requisitos de processo .....	48
5.5.1	Substituição dos Autómatos das Bancas <i>Dry-Test</i> .....	48
5.5.2	Implementação de Consolas HMI.....	50
5.5.3	MES – Ficheiros de Referências e Fugas.....	53
5.5.4	Instruções de Trabalho.....	55
CAPÍTULO 6 – Conclusão .....		57
6.1	Resultados esperados.....	57
6.2	Reflexão sobre o trabalho realizado.....	57
6.3	Sugestões de trabalho futuro .....	59
Bibliografia.....		60

## Índice de Figuras

Figura 1 - Ciclo de vida de um sistema ERP (Elise & Moutaz, 2018) .....	8
Figura 2 - Faturação do grupo Bosch por setor em 2022 [Fonte: Robert Bosch GmbH, (2023)] .....	13
Figura 3 – Plant da Bosch Termotecnologia S.A. [Fonte: Bosch Termotecnologia S.A. AvP/PM, (2022)].....	14
Figura 4 – Componentes constituintes de uma CC .....	17
Figura 5 – Etapas principais do processo produtivo de uma CC .....	18
Figura 6 – Exemplo genérico de um VSM.....	20
Figura 7 – Estabilização do nível de performance do processo após implementação de metodologias CIP (Fonte: BPS-Handbook_2022_En) .....	22
Figura 8 – Exemplo de uma Árvore de KPIs (Fonte: BPS-Handbook_2022_En).....	23
Figura 9 - Célula de montagem de câmaras de combustão (Célula 2) .....	25
Figura 10 - Zona de Saída do Forno de Hidrogénio (Forno 6).....	26
Figura 11 - Processo atual de recolha, registo e tratamento de dados de Fugas .....	27
Figura 12 - Folha de Registo de Fugas identificadas durante o Dry-Test do Forno 6 .....	28
Figura 13 - Dashboard PowerBI das fugas do Forno 6.....	30
Figura 14 – Exemplo de um quadro Andon em real time.....	31
Figura 15 – Dados de Turnos e Produções na aplicação WAND_GES.....	32
Figura 16 – Exemplo de um Relatório de Fugas do turno 1 .....	33
Figura 17 – Diagrama de fatores que impactam o OEE .....	34
Figura 18 – Perdas de qualidade no processo produtivo das Câmaras de combustão.....	39
Figura 19 – Perdas de disponibilidade no processo produtivo das Câmaras de combustão	41
Figura 20 – Processo de registo e tratamento de dados de Fugas melhorado.....	44
Figura 21 – Diagrama de uma comunicação típica entre um equipamento produtivo e o NEXEED .....	46
Figura 22 – Exemplo de relatório de fugas automático gerado pelo NEXEED .....	48
Figura 23 - Autómato "Beckhoff CX9020" .....	49
Figura 24 - Layout da Zona das bancas Dry-Test com novos autómatos.....	50
Figura 25 - Consola HMI "Beijer X2 Pro 10" .....	51
Figura 26 - HMI com catálogo de fugas de uma CC da família "Compact4 10L" .....	52
Figura 27 – Suporte visual com a localização de cada tipo de fuga de uma CC “Compact4 10L” .....	52
Figura 28 – Ficheiro XML com referências de Câmaras de combustão e respetivas famílias de produto (MES).....	53
Figura 29 – Ficheiros NioBits de todas as famílias de Câmaras de Combustão.....	54

Figura 30 – Tipos de fugas da família “Compact4 9L” e respectivos NioBits..... 55

## **Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos**

AvP – Fábrica de Aveiro

TT – Termotecnologia

R&D – *Research and Development*

SFM – *Shop Floor Management*

DSF – *Digital Shop Floor*

PS – *Problem Solving*

CS – *Combustion Solutions*

ES – *Electric Solutions*

MFO – *Manufacturing Operations*

RWH – *Residential Water Heating*

KPI – *Key Performance Indicator*

VS – *Value Stream*

BPS – *Bosch Production System*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

MRP – *Manufacturing Resource Planning*

I4.0 – Indústria 4.0

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

RT – Responsável de Turno

CPS – *Cyber Physical Systems*

BPMN – *Business Process Model and Notation*

OK – Resultado de teste Conforme

NOK – Resultados de teste Não Conforme

CC – Câmara de Combustão

CW – *Calendar Week*

FIFO – *First In First Out*



## CAPÍTULO 1 – Introdução

Atualmente, a globalização e o exponencial desenvolvimento tecnológico a que assistimos, desempenham um papel fundamental na sociedade, permitindo a todos acesso a informação, outrora, não tão facilmente disponível. Esta nova realidade facilita o desenvolvimento de conhecimento acerca de vários tópicos que são fatores-chave para alcançar o sucesso e, como resultado, a nível organizacional, as empresas acabam por procurar adquirir esse mesmo conhecimento. Todo este contexto contribui para um crescimento global da competitividade entre parceiros e concorrentes.

No entanto, para sobreviverem, as empresas precisam de fazer enormes esforços de modo a adaptar os seus processos e mentalidades aos desafios que o seu mercado enfrenta, o que as obriga a adotar as melhores práticas e as tecnologias mais recentes que cada vez mais provam ser potenciadoras de produtividade nas suas áreas.

A este respeito, as metodologias Lean bem como, as ferramentas da Indústria 4.0 têm vindo a revelar-se como agentes de mudança fulcrais na área industrial, pois melhoram os processos de uma empresa a todos os níveis, quando aplicados da forma mais eficiente.

Como é demonstrado mais adiante, através de uma breve revisão bibliográfica e de um caso prático numa empresa portuguesa - Bosch Termotecnologia S.A. - um fabricante europeu líder de soluções de aquecimento de água energeticamente eficientes, o investimento em tecnologias e metodologias de ponta de forma a melhorar os sistemas de gestão de informação interna das empresas em termos de automatização e eficiência torna-se crucial se estas quiserem realmente estar na vanguarda dos seus respetivos mercados.

No que toca a este primeiro capítulo, serão expostos o enquadramento do trabalho realizado e os respetivos objetivos, bem como a metodologia utilizada e a própria estrutura do documento.

### 1.1 Enquadramento do Problema e Objetivos

O processo descrito neste relatório tem lugar na *Bosch Termotecnologia S.A.* e encontra-se inserido nas atividades da equipa de Engenharia de Processos do departamento de Fabrico e Produção de Componentes (MFO).

O departamento de MFO está diretamente ligado à área de fabrico, bem como à industrialização de novos produtos e componentes. Relativamente à produção, a equipa que suporta o projeto detalhado neste relatório é responsável pelo apoio a duas grandes áreas: câmaras de combustão e tubos de cobre, tendo como rotina apoiar as diferentes secções em qualquer tipo de problema que surja diariamente, bem como trabalhar no sentido de uma melhoria contínua, a fim de evitar que esses mesmos problemas reapareçam.

Nos últimos anos, tem havido um grande esforço por parte da Bosch Termotecnologia S.A. para estar na vanguarda da evolução tecnológica industrial, mais especificamente em termos do seu fluxo interno de informação. Neste contexto, a empresa encontra-se num processo de inovação dos seus sistemas *ERP* e *SFM*. Por conseguinte, em paralelo, está a decorrer uma análise exaustiva de todos os processos que possam ser integrados neste novo sistema de uma forma mais automatizada, a fim de eliminar o maior número possível de tarefas manuais sem qualquer valor acrescentado. E uma vez que esta fase de transição está em curso, há ainda alguns processos cujas tarefas acabam por ser bastante manuais, demoradas e suscetíveis a erro humano, o que frequentemente leva a uma grande falta de fiabilidade dos dados.

Desta forma, o principal objetivo é o de demonstrar o impacto da otimização dos fluxos internos de informação de uma empresa, através da implementação de soluções mais automatizadas e da forma como esta se pode relacionar com a eliminação de resíduos a todos os níveis do processo, seja no aumento da fiabilidade dos dados, na reação mais rápida a desvios, na rastreabilidade mais fácil do produto, ou nos ganhos de valor acrescentado para o produto.

## 1.2 Metodologia

Inicialmente, o foco foi monitorizar e estudar o estado atual do processo em questão: registar e importar dados de retrabalho das câmaras de combustão para uma aplicação do atual sistema *ERP* (*WAND\_GES*), a fim de obter um ponto de partida para as ações de melhoria que serão implementadas, usando, para o efeito o mapeamento BPMN do processo.

Com um ponto de partida claramente definido, foram analisados os requisitos do processo e equipamentos e identificadas as melhorias a implementar, sempre com os principais objetivos em mente. Esta análise foi crucial para o mapeamento e melhoramento do novo processo, utilizando o diagrama BPMN como ferramenta de auxílio.

Finalmente, foi sugerida uma implementação prática, onde o objetivo passaria por testar o processo com as ações de melhoria implementadas num pequeno lote de referências, através do qual se retirariam conclusões e se definiriam próximos passos. Em paralelo, foi feita uma pesquisa com o intuito de selecionar e abordar um caso de estudo com um âmbito semelhante ao projeto em questão, que servirá como exemplo para tópico principal em mãos: a importância de as empresas investirem em sistemas e processos que permitam a automatização, otimização e normalização dos fluxos internos de informação.

O BPMN acabou por se revelar uma ferramenta realmente útil, uma vez que ajudou a reconhecer todas as etapas envolvidas no processo de forma clara e sucinta, o que facilitou



a identificação de pontos de perda de eficiência e oportunidades de melhoria passíveis de serem implementadas.

### 1.3 Estrutura do Relatório

O presente relatório encontra-se dividido em seis capítulos.

No primeiro capítulo faz-se uma breve introdução do projeto, passando pelos seus objetivos, metodologia e terminando com a presente estrutura do documento.

O segundo capítulo apresenta uma breve revisão de literatura que aborda temas que suportam toda a informação exposta ao longo do relatório, nomeadamente, Indústria 4.0, rastreabilidade e análise de dados de produção e digitalização.

O terceiro capítulo é dedicado à apresentação da empresa e grupo ao qual esta pertence, bem como do departamento no qual o projeto foi desenvolvido e restantes *Value Streams*. Para além disso, é descrito com algum detalhe o conceito de *Bosch Production System (BPS)*, que representa o grande pilar do sucesso associado ao Grupo Bosch ao longo de todos estes anos.

O quarto e quinto capítulos descrevem, respetivamente, o cenário inicialmente estudado e o cenário após a implementação das ações de melhoria identificadas. O paralelismo entre ambos facilita a análise do impacto das mudanças postas em prática, cujas conclusões são apresentadas no sexto e último capítulo.

Por fim, o sexto capítulo representa uma reflexão geral sobre o projeto, as conclusões retiradas e as dificuldades encontradas ao longo do processo. São, também, apresentadas algumas considerações referentes ao desenvolvimento de trabalho futuro, ainda no âmbito do projeto.



## CAPÍTULO 2 – Revisão de Literatura

### 2.1 Indústria 4.0

Ao longo dos anos, a evolução contínua e exponencial a nível tecnológico, económico e mesmo social levou a um desenvolvimento da sociedade, tornando-se mais exigente e apta, na adaptação às mudanças globais. Deste modo, para acompanhar este crescimento que promoveu a alteração das expectativas e aspirações dos clientes, as empresas também tiveram de se moldar. Para além das mudanças, por exemplo, ao nível de equipamentos e infraestruturas, esta revolução industrial teve um efeito direto no estilo de vida da população, uma vez que os salários médios aumentaram significativamente (Frederico et al., 2020).

Enquanto que a terceira revolução industrial, iniciada nos anos 70, se caracterizou pela automatização parcial de processos, através da utilização de ferramentas como computadores, robótica e Internet, a quarta revolução industrial (ou I4.0), atualmente em vigor caracteriza-se por um conjunto de ferramentas catalisadoras de uma produção mais integrada: os Sistemas Ciber-Físicos (CPS) (Sader, 2019). O fator chave para compreender o sucesso da I4.0 é compreender a contribuição dos CPS e a sua integração nas realidades industriais. Estes permitem às fábricas inteligentes interligar o ambiente virtual com o mundo físico (Salvadorinho & Teixeira, 2021).

Neste contexto, o conceito da Indústria 4.0 refere-se à descentralização dos processos empresariais fomentada pelos avanços e inovações tecnológicas, nomeadamente simulação, realidade virtual, análise de dados em tempo real, sistemas de *Cloud* e ciber-segurança, IoT e *Blockchain* (Frederico et al., 2020).

Lanteri (2021) afirma que existiam seis motores estratégicos para a quarta revolução industrial:

- a) a inteligência colaborativa;
- b) sistemas de aprendizagem;
- c) tecnologias exponenciais;
- d) a facilitação de valores;
- e) ética;
- f) tomada de decisões eficiente.

Quando há um investimento e esforço adequado por parte das empresas, esta nova realidade industrial é sem dúvida fundamental para dar às empresas uma vantagem competitiva sobre os seus parceiros e concorrentes num mercado cada vez mais exigente.

Mais do que nunca, o foco na sustentabilidade e na utilização eficiente dos recursos em fábricas inteligentes são características chave associadas e uma vantagem extra para a prosperidade e sobrevivência a longo prazo. Contudo, é muito importante que as empresas

compreendam que têm de obedecer a alguns princípios a fim de transitarem com sucesso para uma fábrica inteligente (Salvadorinho & Teixeira, 2021).

## 2.2 Lean 4.0

A aplicação das tecnologias acima mencionadas pode beneficiar da filosofia *Lean*, uma vez que procura "processos padronizados e robustos" (Salvadorinho & Teixeira, 2021).

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de fabrico que nasceu no Japão com a *Toyota Motor Company*. A premissa subjacente à filosofia *Lean* é pensar extensivamente no objetivo, no processo e, em particular, na forma como as pessoas atingem os seus propósitos. A principal finalidade do *Lean Manufacturing* é eliminar *muda*, *muri* e *mura* – desperdícios, sobrecarga, e desníveis, respetivamente – nos processos de produção, como enunciado por Cifone et al, 2021. Por outras palavras, o seu objetivo é fornecer 100% de valor acrescentado ao consumidor final através de um processo que gera zero desperdícios e, para tal, cinco princípios base têm de ser concretizados (Berrahal & Marghoubi, 2016):

1. Especificar o que acrescenta valor ao utilizador final.
2. Compreender as etapas de valor e não-valor acrescentado através do mapeamento do fluxo de valor.
3. Efetuar os restantes passos para a criação de valor.
4. O trabalho deve ser baseado na procura do cliente.
5. Procurar a perfeição através da eliminação contínua do desperdício.

Tal como a realidade industrial, a filosofia *Lean* também tem vindo a evoluir ao longo dos anos, fortemente influenciada pelos avanços tecnológicos. A introdução da I4.0 mudou completamente o paradigma de muitas áreas no ambiente produtivo e o *Lean* não é exceção, bem como os seus efeitos, os quais se têm vindo a destacar nos últimos anos.

Em resumo, o *Lean 4.0* resulta da aplicação de tecnologias I4.0 às ferramentas *Lean Manufacturing* já existentes, de forma a potenciar dois grandes objetivos das empresas: reduzir o desperdício e a complexidade dos processos (Gil-Vilda et al, 2021). Além disso, Najwa et al., 2022, mencionaram num estudo que um dos outros objetivos principais resultantes desta integração é o de melhorar a flexibilidade dos processos. Dimensões organizacionais tais como estratégia, liderança, operação e produção beneficiam profundamente da aplicação das metodologias *Lean 4.0* (Najwa et al., 2022).

Olhando para as ferramentas *Lean* como *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que representa um elemento crucial no contexto posterior deste relatório, estas podem beneficiar significativamente das oportunidades apresentadas pela revolução industrial e do que esta nova era trouxe em termos de melhoria de eficiência. O cálculo e análise do OEE do processo está a tornar-se uma das ferramentas mais importantes para os engenheiros de melhoria

contínua e a sua resolução de problemas e resolução de problemas nas atividades diárias. Portanto, a implementação de I4.0, como a digitalização, que leva à possibilidade de análise de dados em tempo real, torna-se crucial para as metodologias Lean globais da empresa.

### 2.3 BPMN

De forma simplificada, o *Business Process Model and Notation* é um standard cujo objetivo é a descrição da semântica dos processos de negócio de uma determinada entidade, dada a facilidade de compreensão associada à sua notação.

Esta notação revela ter sido desenhada para aceder a uma grande variedade de propósitos de modelação de processos e é comumente utilizada para áreas de aplicações típicas do modelo “AS-IS”, tais como: análises de negócio, especificação de fluxos de trabalho, análise de requisitos e configuração de sistemas. Como acréscimo, esta vê-se também a ser aplicada em descrições, documentações, simulações e execuções de processos de uma organização. Apesar de toda a gama de possibilidades descrita acima, o grande foco de uso da notação BPMN continua a ser a descrição de processos de negócio (Kocbek et al., 2015).

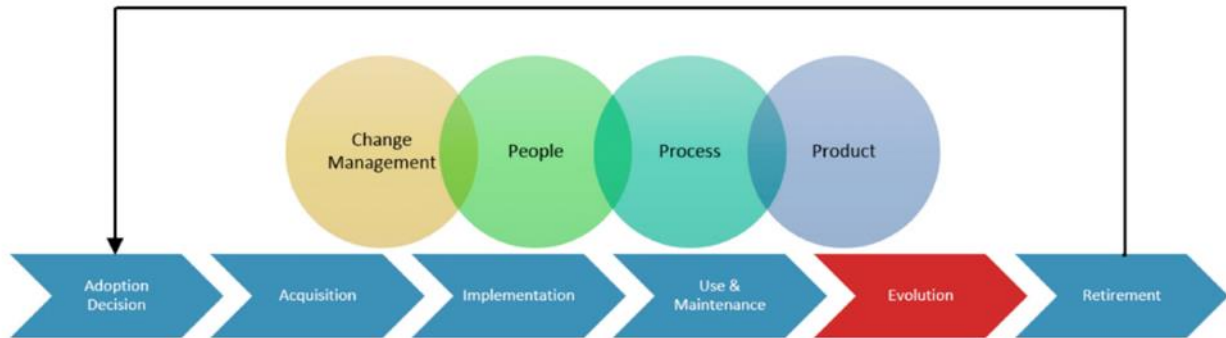
A notação standard inicial viu-se reformulada em janeiro de 2011 com o lançamento do *Business Process Model and Notation 2.0*. Esta atualização surgiu com o intuito de mitigar o gap inicial existente entre a modelação de processos e a sua execução em software. Considerando que o processo de conversão tem associado um leque de potenciais problemas, a capacidade de execução direta de um modelo de processo que é permitida pela utilização do BPMN 2.0, pretende reduzir a distância entre o comportamento desejado e o real, uma vez que elimina a etapa de tradução (Geiger et al., 2018).

No contexto do problema abordado neste relatório, o *BPMN* é crucial para ilustrar as alterações ao nível do fluxo de informação associado ao processo sob análise, com a comparação entre os modelos “AS-IS” (pré implementação de ações de melhoria) e “TO-BE” (pós implementação de ações de melhoria).

### 2.4 Sistemas ERP e a Indústria 4.0

Como citado por Moutaz & Ahmed (2015), "os sistemas de planeamento de recursos organizacionais (ERP) são considerados a espinha dorsal da Indústria 4.0". Desta forma, e tendo em conta o contexto tecnológico e económico mundial, é imperativo que as empresas concentrem os seus esforços financeiros e o seu tempo na renovação dos seus sistemas ERP. Caso contrário, perderão automaticamente vantagem competitiva para concorrentes que estejam mais próximos de colocar os seus processos e mentalidade ao nível das *smart factories* mais eficientes.

Olhando para o enquadramento do ciclo de vida de um *ERP*, como se vê na Figura 1, podemos identificar seis fases ou etapas claras do sistema *ERP* de uma organização: decisão de adoção, aquisição, implementação, utilização e manutenção, evolução e reforma (Bjelland & Haddara, 2018).



**Figura 1** - Ciclo de vida de um sistema ERP (Elise & Moutaz, 2018)

Para além das cinco fases do ciclo de vida, as dimensões são também uma componente relevante desta realidade, e são representadas por: gestão da mudança, pessoas, processo e produto.

Compreender o que o ciclo de vida do sistema *ERP* engloba é fundamental para estar plenamente consciente da sua complexidade e do que está em jogo para as empresas se quiserem realmente otimizar os seus fluxos de informação interna, bem como a sua eficiência no geral.

Infelizmente, a realidade atual dos sistemas *ERP* na maioria das empresas ainda não está otimizada o suficiente para cumprir plenamente todos estes objetivos.

Uma das principais preocupações da I4.0 é a forma como as empresas abordam a interligação dos seus processos, tais como fluxos de trabalho e serviços de engenharia de uma forma contínua utilizando CPSs em paralelo com os sistemas *ERP*, o que requer uma comunicação contínua e sem erros entre máquinas, humanos, processos e produtos em ambas as direções. Mas por que é que este é um tema tão crucial no mundo industrial? Em primeiro lugar, é importante compreender o conceito de Engenharia Integrada, um dos muitos requisitos da FoF. Este princípio afirma que, em qualquer cadeia de valor, "todas as entidades participantes podem ser fornecidas com acesso a informação em tempo real e o controlo é distribuído ao nível do chão de fábrica". (Moutaz & Ahmed, 2015). Sem conhecimento total e domínio desta mentalidade, os processos podem sofrer muito em termos da sua eficiência, as equipas de engenharia em termos da sua habilidade para mitigar falhas dos processos e aplicar ações de resolução de problemas e as empresas acabam por ficar muito atrás dos seus concorrentes com processos e rotinas diárias mais otimizados e automatizados

## 2.5 Análise de Dados em tempo real

No mundo acelerado e interligado de hoje, as empresas e organizações estão constantemente a procurar formas de ganhar vantagem competitiva. A análise de dados em tempo real surge, então, como uma ferramenta poderosa, permitindo tomadas de decisão com rápida reação e informadas. Ao aproveitar as capacidades dos avanços tecnológicos, a análise de dados em tempo real oferece um imenso potencial em vários domínios.

A nível industrial, esta nova realidade veio revolucionar a eficiência operacional, proporcionando às organizações uma visibilidade imediata dos processos críticos. Ao monitorizar e analisar continuamente os dados à medida que estes surgem, as empresas podem detetar anomalias, identificar estrangulamentos e responder proactivamente a problemas. Por exemplo, em ambientes de fabrico, a análise em tempo real pode otimizar as linhas de produção, minimizar o tempo de inatividade e reduzir o desperdício. A capacidade de identificar e resolver ineficiências operacionais em tempo real permite às organizações aumentar a produtividade, reduzir custos e melhorar o desempenho geral.

Tudo isto é possível devido a um fator chave: o facto de a análise de dados em tempo real permitir que os decisores disponham de informações atempadas e precisas, permitindo-lhes tomar decisões informadas rapidamente. Ao analisar dados em fluxo contínuo de várias fontes, as organizações obtêm informações valiosas sobre o seu panorama produtivo. Isto permite aos decisores responder rapidamente às condições de mercado em mudança, detetar oportunidades emergentes e mitigar riscos potenciais.

Isto representa uma mudança de paradigma na forma como as organizações encaram os dados. À medida que as organizações continuam a adotar a transformação digital e a tirar partido das tecnologias de ponta, o poder da análise de dados em tempo real só irá aumentar, impulsionando a inovação, a competitividade e o sucesso num mundo cada vez mais orientado para os dados.

## 2.6 Shop Floor Management System – um Caso de Estudo

Como parte integral deste relatório, foi realizada uma pesquisa na literatura científica disponível com a finalidade de encontrar um ou mais casos práticos que abordassem temáticas semelhantes àquelas envolvidas no âmbito deste projeto.

Neste sentido, surge um caso de estudo publicado em 2020 com o intuito de “caracterizar um sistema de *Shop Floor Management (SFM)* no contexto do *smart manufacturing*, através de tecnologias inteligentes e características do *shop floor* digital” (Torres, D. et al, 2020).

No que toca à definição de um sistema *SFM*, segundo Hertle C. et al (2015), este consiste num sistema de gestão integrado que facilita a comunicação, o controlo do desempenho e a

implementação de métodos lean no chão de fábrica, ao qual está conectado o conceito de *digital shop floor (DSF)*. Por sua vez, o *DSF*, quando associado de forma eficiente ao *SFM*, é uma ferramenta útil para atividades de diagnóstico, manutenção e monitorização dos processos produtivos.

O caso de estudo em questão realizou-se numa empresa de transformação metalúrgica multinacional do setor automóvel que, como rotina diária, todas as manhãs realizava uma reunião denominada de “*SFM meeting*”, com o objetivo de fazer o levantamento dos resultados do dia/turno anterior, criar ações para corrigir os desvios e planejar o presente dia/turno (Torres D. et al, 2015). Nela, são analisados *KPIs*, tais como ocorrências de incidentes/acidentes de trabalho e problemas de qualidade detetados em diversas áreas do processo.

Com este contexto em mente, foi então realizado um inquérito cujo objetivo passava por identificar as principais relações entre as componentes do *SFM*, as tecnologias de *smart manufacturing* e as características do *DSF*, que foi, posteriormente, enviado eletronicamente para dezassete especialistas de diversas áreas dentro da empresa em causa, com um profundo nível de utilização e conhecimento do sistema *SFM* e acerca do conceito da digitalização (diretores de produção/logística, especialistas lean, consultores, ...).

Com base nas respostas ao inquérito acerca da influência das tecnologias de *Smart Manufacturing* no *SFM* e os seus componentes por parte de todos os participantes, os autores obtiveram uma série de resultados que permitiram atingir algumas conclusões. Em primeiro lugar, as componentes maiores influenciadoras do *SFM* são, por ordem decrescente:

1. análise de dados;
2. tecnologia visual;
3. sistemas de controlo inteligentes.

Adicionalmente, após uma análise mais profunda dos resultados, “é possível constatar que a análise de dados é muito influente nas componentes de monitorização de *PS* e *KPI*” (Torres D. et al, 2015).

No que toca à relação entre as características do *DSF* e os componentes do *SFM*, é possível deduzir, também, algumas conclusões. Neste caso, características como recolha de dados automática, monitorização de dados em tempo real e geração de relatórios automáticos são extremamente importantes no que toca à componente de acompanhamento de *KPIs*.

Contudo, aquilo que se revelou ser o mais influente na generalidade do *SFM* foram as ferramentas de visualização digital em tempo real. Desta forma, processos que não possuam os requisitos e condições base para a implementação de soluções tecnológicas capazes de lhes atribuir as referidas componentes de um sistema *SFM*, como monitorização de dados e visualização digital em tempo real, tornarão ações de melhoria contínua por parte das equipas



de engenharia de processos cada vez menos eficientes, o que, conseqüentemente, acarreta custos acrescidos à empresa.

Estes resultados vão ser fundamentais para suportar as sugestões de melhoria a implementar no processo, pois ambos visam atingir o mesmo fim: a melhoria da eficiência global dos processos e das atividades de melhoria contínua.



## CAPÍTULO 3 – Descrição da Empresa

Este capítulo é destinado à apresentação da Bosch Termotecnologia S.A.

Inicia-se com uma breve introdução do Grupo Bosch, seguido da apresentação da empresa Bosch localizada em Aveiro, a Bosch Termotecnologia S.A., da sua estrutura e do seu portfólio de produtos.

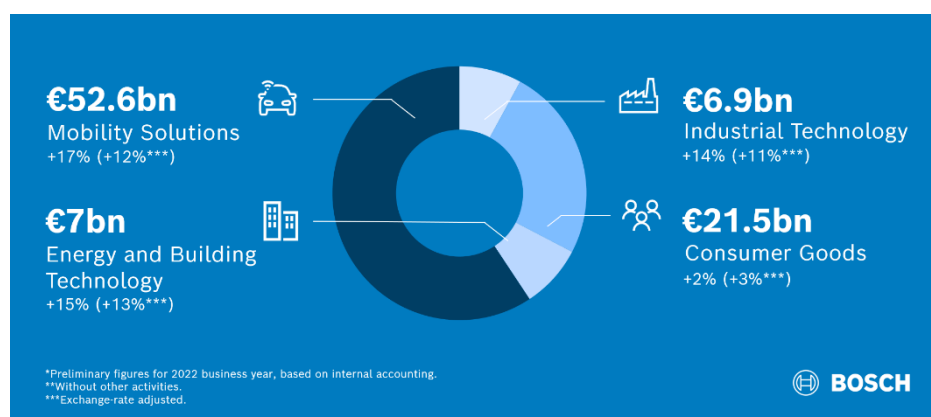
Posteriormente, faz-se uma descrição inicial da produção das câmaras de combustão, bem como do sistema de melhoria contínua pelo qual a empresa se rege: o *Bosch Production System (BPS)*.

### 3.1 Grupo BOSCH

No ano 1866, o industrialista e engenheiro alemão August Robert Bosch fundou a empresa atualmente conhecida como Bosch, após criar um “*Workshop de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica*”, em Estugarda (Robert Bosch GmbH, 2019).

Hoje em dia, o Grupo Bosch é líder no fornecimento de tecnologia e serviços e emprega cerca de 421.300 colaboradores em todo o mundo, tendo gerado, em 2022, uma faturação de 88,2 mil milhões de euros e investido cerca de 7,2 mil milhões de euros em R&D (Robert Bosch S.A., 2023).

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos no ano de 2022 em termos de faturação distribuída pelos quatro setores identificados acima.



**Figura 2** - Faturação do grupo Bosch por setor em 2022 [Fonte: Robert Bosch GmbH, (2023)]

### 3.2 Grupo BOSCH em Portugal

O Grupo Bosch está presente em Portugal desde 1911 e possui, atualmente, as seguintes quatro unidades em todo o país:

- Braga – divisão de Multimédia Automóvel;
- Aveiro – divisão de Termotecnologia (TT);
- Ovar – divisão de Sistemas de Segurança;

- Lisboa – subsidiária da BSH Eletrodomésticos e sede da Bosch (atividades de vendas, *marketing*, contabilidade e comunicação, recursos humanos e comunicação para o Grupo Bosch).

Em 2022, o Grupo Bosch contou com um total de 6500 colaboradores em Portugal, tendo faturado cerca de 2 mil milhões de euros, o que representa um crescimento de 17% face ao ano anterior (Robert Bosch S.A, 2023). Para além disso, foi reportado um objetivo de investimento em infraestruturas de cerca de 100 milhões de euros em Portugal para o ano de 2023.

### 3.3 Bosch Termotecnologia S.A.

Dentro da área de negócio “Tecnologia de Energia e Edifícios” da Bosch, encontra-se a divisão de Termotecnologia, que é responsável pela produção de soluções de água quente e aquecimento. Várias marcas internacionais e regionais, como Bosch, Buderus, Worcester e Junkers, englobam todos os produtos vendidos por esta divisão.

A Bosch Termotecnologia S.A. surge em Aveiro em 1977 a partir da aquisição da Vulcano Termodomésticos, tornando-se líder do mercado nacional de esquentadores em apenas 2 anos. (Bosch Termotecnologia S.A., 2020).

Hoje, a empresa emprega cerca de 1600 pessoas e fornece soluções de água quente através da venda de esquentadores elétricos e a gás, caldeiras e unidades interiores de bombas de calor para todo o mundo, exportando os seus produtos para mais de 40 países (AvP/PM, 2023).



**Figura 3** – Plant da Bosch Termotecnologia S.A. [Fonte: Bosch Termotecnologia S.A. AvP/PM, (2022)]

### 3.4 Estrutura da Bosch Termotecnologia S.A.

À data de hoje, a empresa é constituída por quatro áreas principais: o Centro de Engenharia (CE), onde se trabalha diariamente no desenvolvimento de bombas de calor e caldeiras, softwares, soluções web e *HDMLs*, bem como na exploração de dados; o Edifício RWH, ou *Residential Whater Heating*, no qual se localiza o Centro de Competências Bosch para o negócio de água quente residencial (esquentadores, cilindros elétricos, etc); a área de serviços partilhados, que fornece serviços de contabilidade, finanças, tecnologia de informação, soluções de I4.0, compras, entre outros, a outras entidades do setor da Termotecnologia; e, por último, a própria fábrica AvP, local onde são produzidos anualmente, cerca de 1.970.000 esquentadores, 220.000 unidades de caldeiras e 55.000 unidades interiores de bombas de calor.

No que diz respeito à sua organização funcional interna, desde o ano de 2020 que a Bosch Termotecnologia S.A. difere um pouco daquilo que é a realidade de grande parte das empresas portuguesas.

Ao invés de uma estrutura organizacional baseada em funções, a estrutura divide-se em três equipas multifuncionais, cada uma orientada para um tipo de produto específico, designadas por *Value Streams* (VS). Estes incluem todas as funções necessárias para conseguir produzir aquilo pelo qual estão diretamente responsáveis: produção, qualidade, logística interna, engenharia de processos e industrialização de novos produtos (Bosch Termotecnologia S.A. AvP/HRL, 2019). Segue-se uma pequena descrição daquilo que cada um destes VS é responsável por produzir e desenvolver:

- VS CS-ES: AvP/MSE-CS-ES - enquanto a área de negócio CS (*Combustion Solutions*) é referente a unidades de combustão (caldeiras a gás), a área ES (*Electric Solutions*) corresponde às bombas de calor elétricas (apenas são produzidas as unidades interiores). É também neste VS que se produzem as peças de substituição que são vendidas para o mercado nacional e internacional;
- VS RW: AvP/MSE-RWH (*Residential Water Heating*) - soluções de água quente residencial, ou seja, esquentadores a gás e elétricos;
- VS MFO: AvP/MFO (*Manufacturing Operations*) – responsável por fabricar componentes internamente que alimentam as linhas finais para montagem de produto acabado, como peças estampadas, tubos de cobre, acessórios, frentes, câmaras de combustão, entre outros (Bosch Termotecnologia S.A. AvP/HRL, 2019).

Para além disto, existem também equipas cujas funções não fazem diretamente parte dos VS, mas que lhes dão o suporte necessário, como a Manutenção (AvP/MFM), Logística (AvP/LOG), Higiene e Segurança no Trabalho (AvP/HSE), Digitalização (AvP/MFD), Qualidade (AvP/QMM), Infraestruturas (AvP/FCM) e Indústria 4.0.

### 3.5 Esquentadores

Os esquentadores desempenham um papel crucial no aquecimento de água nas habitações, fornecendo soluções eficientes e sustentáveis para satisfazer as necessidades diárias de água quente. Estes dispositivos facilitam a transferência de energia térmica entre diferentes fluxos de fluido, permitindo o aquecimento eficiente da água e minimizando o desperdício de energia.

A Bosch oferece, atualmente, várias soluções para aquecimento de águas domésticas, sendo as seguintes as principais: esquentadores termostáticos ventilados, esquentadores de água e gás, termoacumuladores elétricos, esquentadores elétricos e bombas de calor. Cada um destes tipos de produto têm um propósito, público-alvo e consumos distintos, pelo que devem ser selecionados tendo em conta o contexto da sua aplicação.

O funcionamento destes aparelhos pode ser genericamente segmentado em oito elementos principais:

1. Depósito e elemento de aquecimento – os esquentadores elétricos são constituídos por um depósito, onde se armazena a água aquecida, e por um ou mais elementos de aquecimento. O depósito é normalmente isolado para minimizar perdas de calor;
2. Entrada de água fria – a água fria entra no depósito através de um tubo de entrada designado, que guia a água fria que entra para o fundo do depósito, assegurando que é aquecida de forma eficiente;
3. Controlo por termostato – no interior do depósito, é utilizado um termostato de controlo para manter a temperatura da água desejada. Quando a temperatura da água desce abaixo do nível definido, o termostato sinaliza a ativação do elemento de aquecimento;
4. Elemento de aquecimento – normalmente feito de material com resistência elétrica, está imerso na água dentro do reservatório. Quando ativado, gera calor através da resistência elétrica, aumentando assim a temperatura da água circundante;
5. Transferência de calor – à medida que a resistência aquece, o calor é transferido para a água por condução. A água que envolve a resistência absorve o calor, aumentando gradualmente a sua temperatura;
6. Válvula de alívio de temperatura e pressão – por questões de segurança, esta válvula ajuda a regular a pressão no interior do depósito, impedindo-a de atingir níveis perigosos. Se a temperatura ou a pressão excederem um limite predefinido, a válvula abre-se para libertar o excesso de pressão no interior do circuito;
7. Saída de água quente – quando a água atinge a temperatura desejada, está pronta a ser utilizada. A água quente é retirada do topo do depósito através de um tubo de saída designado, que está ligado ao sistema de canalização do edifício;

8. Recuperação e reaquecimento – à medida que a água quente é utilizada, o reservatório esvazia-se gradualmente. No entanto, os esquentadores elétricos têm um período de recuperação durante o qual os elementos de aquecimento continuam a funcionar para reabastecer e reaquecer a água no reservatório. O tempo de recuperação depende da capacidade do reservatório, da potência dos elementos de aquecimento e da diferença de temperatura entre a água fria que entra e a temperatura desejada para a água quente.

### 3.6 Câmara de Combustão

A câmara de combustão (CC) consiste num corpo unificado de cobre, constituído por diversos elementos individuais agregados através de um processo de montagem e brasagem, e representa o núcleo do esquentador. É neste elemento central que se dá a transferência de calor que leva ao aquecimento da água do circuito.

Sendo uma CC 100% constituída por componentes de cobre, e tendo em conta o seu propósito final, o seu processo produtivo é bastante rigoroso e tecnicamente complexo. Ao nível da Bosch Termotecnologia S.A., todos os seus elementos constituintes são produzidos internamente, e encontram-se sob a supervisão e responsabilidade do departamento de MFO, sobre o qual o âmbito de projeto recai. Este processo produtivo, ilustrado na Figura 5, é iniciado com a produção de seis elementos distintos: a platina, as lamelas, os turbuladores, os cotovelos, os tubos em 'U' e a serpentina (Figura 4). São estes os elementos que, quando transformados e agrupados de determinada forma, dão origem à CC como um todo.



**Figura 4** – Componentes constituintes de uma CC

A partir daqui, dá-se então a manipulação e conseqüente montagem destes componentes. Em primeiro lugar, é formada a saia da câmara de combustão a partir da dobragem e agrafagem da platina de cobre. De seguida, procede-se à montagem manual de dois tubos em 'U' no interior de um grupo de lamelas (que, dependendo da litragem da CC poderá ser formado por 55 a 80 lamelas). Por sua vez, inserem-se varetas de solda no interior dos tubos em 'U', de forma a soldar os componentes mais tarde durante o processo de

brasagem no interior do forno. Os próximos passos são, então, adicionar os turbuladores ao interior dos tubos em 'U', encaixar um cotovelo em cada par de extremidades dos tubos em 'U' e, por fim, colocar a serpentina no exterior da saia, exercendo alguma pressão, tudo isto manualmente. Para que a saia se agregue melhor à serpentina, dá-se o processo de expansão da CC.



**Figura 5** – Etapas principais do processo produtivo de uma CC

Com todos os passos da montagem realizados, a câmara de combustão é transferida para a entrada do forno, onde é aplicada pasta de solda manualmente, no caso do Forno 6, em todas as ligações entre componentes presentes ao longo da CC, cuja finalidade é fechar o circuito pelo qual se dá o aquecimento da água. Dá-se, então, a passagem pelo interior do



forno de brasagem, do qual sairá a CC finalmente conformada e pronta a ser testada no *Dry-Test*. Antes desse teste de qualidade, acontece ainda uma expansão final da câmara.

É este processo final de controlo de qualidade ao processo de brasagem o maior foco das ações de melhoria sugeridas, tendo em conta o seu estado atual e o quão crítico se tem tornado para a eficiência global da produção de câmaras de combustão.

### 3.7 *BPS – Bosch Production System*

Esta secção servirá para abordar um dos grandes pilares por detrás do sucesso do grupo Bosch: o sistema de melhoria contínua *BPS*. Será explicada a forma como estas metodologias e conhecimentos são aplicados diariamente nos projetos de melhoria contínua, dos quais o processo estudado neste relatório faz parte.

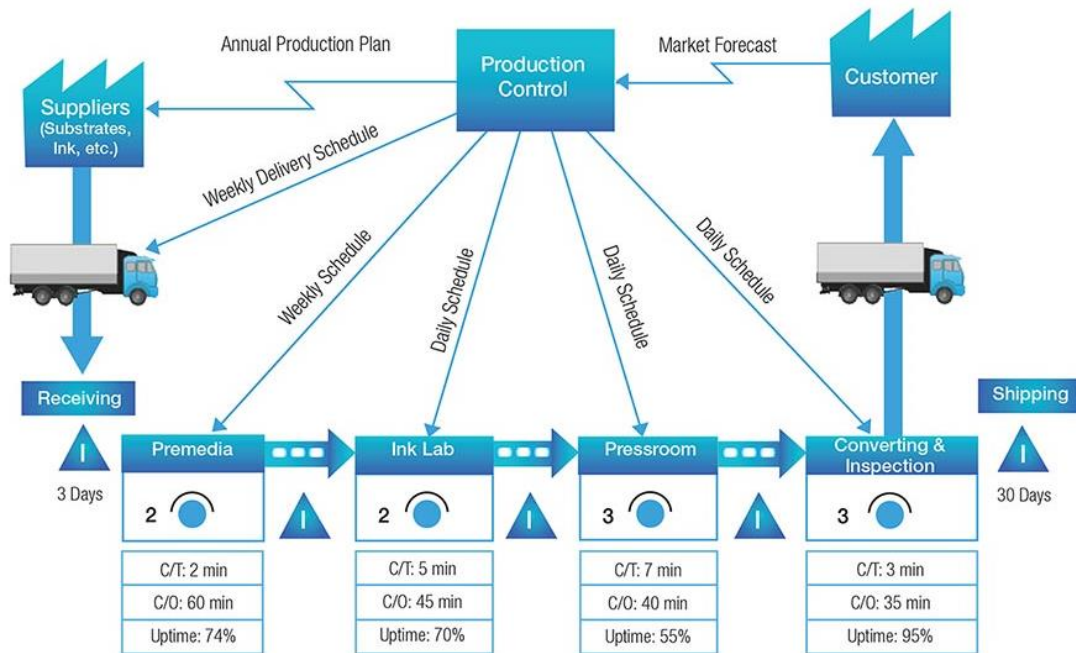
À semelhança de outras multinacionais, a Bosch vê-se constantemente confrontada com a tarefa de lidar com ciclos de desenvolvimento e ciclos de vida de produtos cada vez mais curtos. Para além disso, existe uma complexidade crescente na variabilidade dos produtos e um nível mais elevado de instabilidade do mercado. O processo de digitalização em curso está a alterar progressivamente as circunstâncias gerais. Neste contexto, é crucial assegurar o crescimento e a rentabilidade, através da adaptação eficaz às mudanças económicas e de mercado e, simultaneamente, minimizando as necessidades de recursos de uma forma objetiva, de modo a ir de encontro às exigências dos clientes cada vez mais rápido e com mais qualidade. Para tal, a Bosch criou o *Bosch Production System* em 2001.

O *BPS* é uma metodologia focada no *lean manufacturing* e na otimização de processos e baseia-se nos princípios de eficiência, qualidade e melhoria contínua. O principal objetivo é aumentar a produtividade, reduzir desperdícios e fornecer produtos e serviços de alta qualidade aos clientes. O sistema incorpora várias ferramentas e metodologias de *lean manufacturing* para alcançar esses objetivos.

Alguns elementos-chave do *BPS* incluem:

1. Melhoria Contínua – o *BPS* incentiva uma cultura de melhoria contínua, envolvendo ativamente os colaboradores em todos os níveis. Este promove o uso de ferramentas como *PDCA (Plan-Do-Check-Act)* e técnicas de resolução de problemas para identificar e eliminar desperdícios, *bottlenecks* e ineficiências.
2. Standardização – o *BPS* enfatiza a importância de standardizar processos e métodos de trabalho para garantir consistência e eficiência. Processos standardizados ajudam a eliminar e reduzir erros e variabilidade, levando a uma melhor qualidade e produtividade.

3. *Just-in-Time (JIT)* – ao produzir e entregar componentes e produtos no momento certo e na quantidade certa, o *BPS* visa eliminar desperdícios associados ao excesso de stock e armazenamento.
4. *Value Stream Mapping (VSM)* – o *VSM* é uma ferramenta fundamental usada dentro do *BPS* para analisar e otimizar o fluxo de materiais e informações em toda a cadeia de valor (ver Figura 6). Ajuda a identificar áreas de melhoria e facilita o desenvolvimento de processos mais eficientes.



**Figura 6** – Exemplo genérico de um VSM

5. **Envolvimento e capacitação dos colaboradores** – este sistema reconhece a importância e incentiva o trabalho em equipa, oferece oportunidades de formação e desenvolvimento e promove uma cultura de responsabilidade e aprendizagem contínua.

O *Bosch Production System* foi implementado nas operações globais do Grupo Bosch, abrangendo várias indústrias, desde a tecnologia automotiva à tecnologia industrial e de bens de consumo, tendo vindo a desempenhar um papel significativo na melhoria da eficiência operacional, qualidade do produto e satisfação do cliente.

### 3.8 *BPS* e a Digitalização

A digitalização a nível da produção oferece novas oportunidades técnicas e a Bosch abraçou esta tendência como fornecedor e utilizador líder de soluções digitais. Para implementar efetivamente a digitalização, é essencial um ambiente de *IT* standardizado, adaptável e seguro para minimizar o desperdício através da utilização de dados. A

digitalização serve como um potenciador, orientado por uma estratégia de produção derivada da estrutura abrangente do Sistema de Produção da Bosch. Isto assegura uma implementação consistente e globalmente compatível, com a digitalização integrada nos fluxos de valor da Bosch.

Adicionalmente, ao tirar partido das potencialidades da digitalização associando-as ao *BPS*, a Bosch obtém uma rastreabilidade contínua dos seus fluxos de materiais e informação. Esta maior transparência permite um maior controlo sobre os processos de produção diários e facilita uma gestão mais eficiente das iniciativas de melhoria contínua. Para além disso, permite uma identificação mais rápida e direcionada das causas fundamentais dos desvios, conduzindo a uma resolução de problemas mais eficaz.

Por fim, é importante enquadrar este conceito de digitalização num contexto mais global, visto que esta realidade proporciona oportunidades significativas para a partilha, aprendizagem e melhoria de processos globais, tornando, assim, o mercado global cada vez mais ágil e competitivo.

### 3.9 Rotinas de Melhoria Contínua – *CIP*

Um dos principais elementos constituintes e focos do *Bosch Production System* denomina-se de *CIP* – *Continuous Improvement Process* – e, na prática, traduz-se numa série de atividades e projetos de melhoria contínua que são desenvolvidos e levados a cabo ao longo de um ciclo com a finalidade de implementar ações de melhoria em todos os âmbitos do processo. O *CIP* apresenta-se no universo Bosch em dois níveis: o *System CIP* e o *Point CIP*.

No que diz respeito ao primeiro nível, o *System CIP* representa uma abordagem holística à melhoria do *Value Stream* como um todo e tem como objetivos principais a definição dos temas centrais sob os quais as atividades e projetos de melhoria contínua irão atuar ao longo do respetivo ciclo *CIP*, bem como a definição da condição *target* desejada, tendo por base uma série de *KPIs* (como por exemplo, *OEE*, *Lead Time*, ...) que ajudam a medir o impacto e valor acrescentado de cada uma destas atividades/projetos.

Após esta definição “*top-down*” do *target* desejado a nível organizacional, bem como dos projetos e atividades *System-CIP* a serem realizados ao longo do ciclo, dá-se a transição para uma fase de definição, validação e implementação do novo standard do processo. Daqui em diante, surge o segundo nível associado ao *Continuous Improvement Process*: o *Point CIP*.

A este nível, procura-se a estabilização do novo standard desenvolvido na fase anterior, bem como a potencial melhoria do mesmo, diariamente. O *Point CIP* descreve um processo, que tem por base a liderança, de atividades “*bottom up*” que permitem à organização garantir

o cumprimento dos standards, gerir variabilidades presentes nos processos e uma melhoria contínua dos mesmos. Ou seja, o *Point CIP* representa um acompanhamento focalizado e exaustivo do standard definido após a implementação de melhorias ao processo inicialmente identificadas. Este acompanhamento deverá ter uma periodicidade e duração definida aquando da implementação do projeto e permite a reação por parte dos colaboradores envolvidos aos desvios que possam surgir durante a fase de estabilização do standard. Estes desvios tornam-se visíveis graças à definição da condição *target*, mensurável através de *KPIs* específicos de cada projeto. Esta dinâmica permite uma melhor definição de ações de *problem solving*, que poderão ser úteis para projetos futuros com âmbitos e objetivos semelhantes.



**Figura 7** – Estabilização do nível de performance do processo após implementação de metodologias CIP (Fonte: BPS- Handbook\_2022\_En)

O gráfico presente na Figura 7 ilustra a tão procurada redução da variabilidade dos processos ao longo das várias fases de implementação das metodologias *CIP*. Ao analisá-la, é possível destacar o envolvimento de dois tipos diferentes de *KPIs*: os *Monitoring KPI* e os *Improvement KPI*, ambos cruciais numa implementação eficiente de melhorias em qualquer processo. Para além destes, existe ainda um terceiro nível, o mais elevado, de indicadores: os *Value Stream Key Performance Indicators Result (VS-KPR)*.

Em primeiro lugar, os *Monitoring KPIs* (destacados a azul na Figura 7) são úteis na monitorização ao nível dos *value streams*, ainda que não possam ser diretamente medidos ao nível do processo. Estes indicadores mostram se o desempenho do *VS* ou de uma secção específica do *VS* corresponde ao *target* definido. Alguns exemplos deste tipo de *KPI* são o *OEE*, a sucata e a taxa de aderência.

Em segundo lugar, destacados a vermelho na Figura 7, os *Improvement KPIs* são indicadores diretamente quantificados ao nível do processo e permitem a identificação de potenciais melhorias durante o *Point CIP*. É também nesta fase que estes indicadores são úteis para avaliar a eficiência de uma melhoria implementada no processo. Existe, então, uma ligação direta entre os *Improvement KPIs* e o novo standard definido. Por exemplo, o facto de todas as caixas num supermercado possuírem um cartão kanban ou um produto estar inserido num equipamento no ângulo correto representam exemplos do que poderá ser considerado um indicador deste tipo.



**Figura 8** – Exemplo de uma Árvore de KPIs (Fonte: BPS-Handbook\_2022\_En)

Os três tipos de *KPIs* descritos anteriormente organizam-se em estruturas denominadas na linguagem *BPS* por *KPI Trees* (ou “Árvores de *KPIs*”), tal como se pode verificar na Figura 8, onde o nível mais elevado pertence ao *VS-KPR*, que se ramifica em diversos *Monitoring KPIs* que estão diretamente relacionados com o *KPR* acima e que, por sua vez, se ramificam também numa série de *Improvement KPIs*. Idealmente, todos os projetos de melhoria contínua no universo Bosch devem seguir esta lógica, de modo a facilitar a avaliação do impacto gerado com as ações de melhoria implementadas em cada um dos projetos dos diversos ciclos *System-CIP*.



## CAPÍTULO 4 – Processo e contexto atual

### 4.1 Processo de Conformação da Câmara de Combustão

O processo em análise diz respeito ao registo e conseqüente importação no sistema *ERP* de resultados “NOK” provenientes do controlo de qualidade, através de um teste de estanquicidade denominado por *Dry-Test*, realizado a câmaras de combustão à saída do ciclo de brasagem automática num forno industrial com atmosfera de hidrogénio.

Na sua forma atual, o ciclo de produção da câmara de combustão é o seguinte: em primeiro lugar, o corpo principal é conformado na linha de montagem (ver Figura 9), processo que se encontra descrito com maior detalhe na secção 3 deste relatório.



**Figura 9** - Célula de montagem de câmaras de combustão (Célula 2)

Nesta fase, a CC resume-se a um conjunto de peças unidas entre si, o que não é suficiente para poder cumprir a sua função básica - misturar ar frio e ar aquecido, permitindo a transferência de calor. Por conseguinte, é necessário um processo de brasagem.

Após esta montagem inicial, a CC é transferida para uma estação onde pasta e varetas de solda são aplicadas e inseridas em todas as diferentes ligações que compõem o esquentador. Desta forma, após uma etapa de exposição ao calor bastante longa (cerca de 45 minutos totais) no interior de um forno industrial capaz de atingir temperaturas na ordem dos 900°C (ver Figura 10), o produto passará de montado a totalmente conformado e pronto a ser testado.



**Figura 10** - Zona de Saída do Forno de Hidrogénio (Forno 6)

Uma vez terminado o processo de brasagem, a CC passa então por duas fases diferentes e consequentes de controlo de qualidade: a inspeção/controlo visual inicial e o *Dry-Test*, onde são identificadas fugas nas ligações dos tubos de cobre. A partir daqui, é este o foco das ações de melhoria a implementar.

#### 4.2 Mapeamento de atividades atual

O diagrama BPMN abaixo ilustra com maior detalhe o fluxo de processo e informação descrito anteriormente (Figura 11).

A inspeção visual inicial é feita imediatamente após o ciclo de brasagem estar terminado, à saída do forno, onde o operador é responsável por identificar falhas claramente visíveis, tais como escorrimento de pasta de solda excessiva no exterior da CC ou componentes amolgados. Se não forem encontradas falhas visuais, o produto vai para a fase seguinte de controlo de qualidade. Caso contrário, o operador tem de registar primeiro o tipo de falha identificada durante o referido controlo visual no iPad localizado à saída do forno, que está diretamente ligado aos registos dos dados de produção do NEXEED. Depois, a CC passa por um processo de retrabalho manual numa estação de trabalho diferente, para que possa ser enviado para a fase seguinte de controlo de qualidade: o *Dry-Test*.



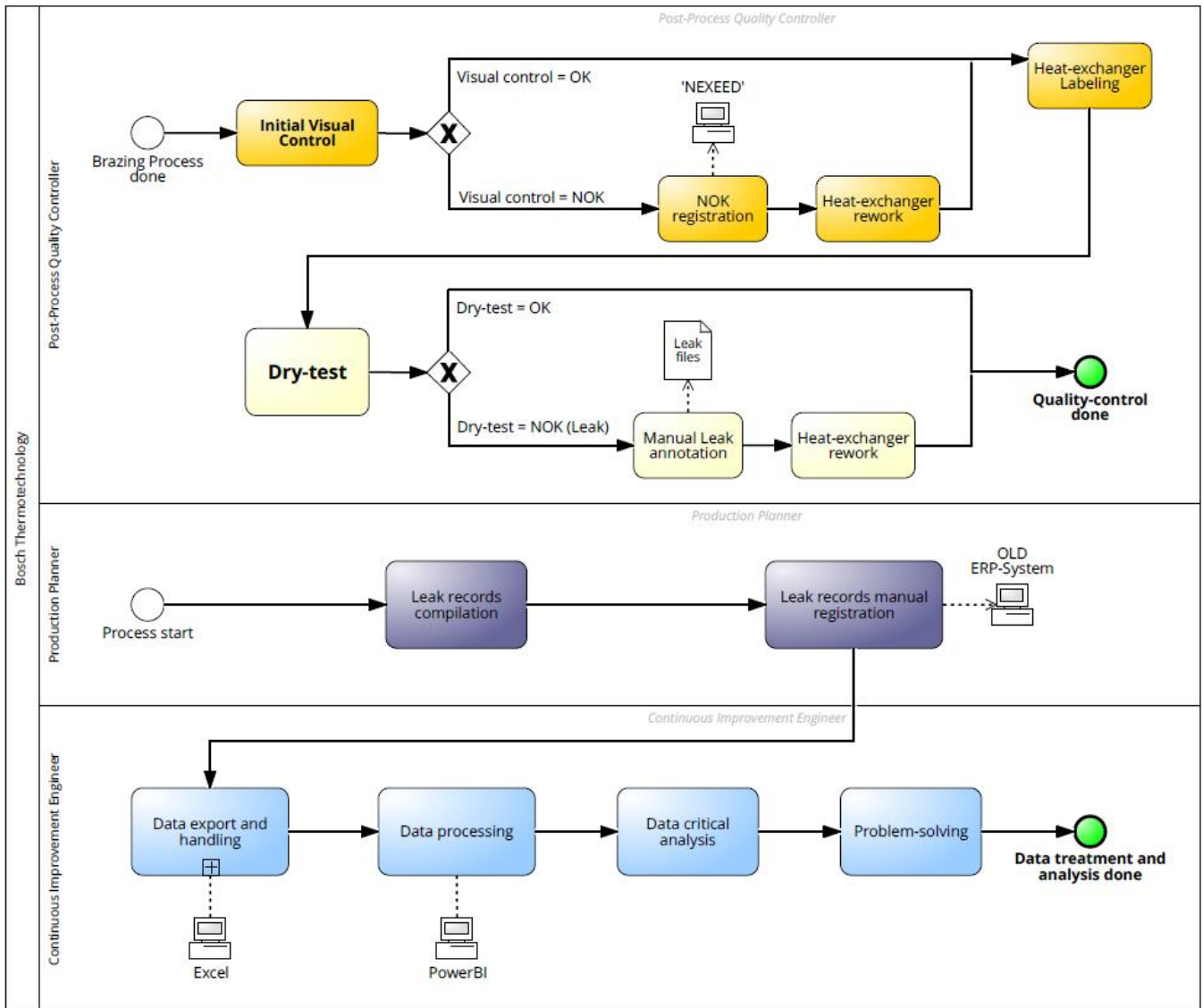


Figura 11 - Processo atual de recolha, registo e tratamento de dados de Fugas

Relativamente a este processo, atualmente, o operador pega na câmara de combustão proveniente da saída do forno ou da estação de retrabalho, dependendo do resultado da inspeção visual inicial, e coloca-o numa de quatro estações de ensaio semelhantes. Este teste consiste na passagem de ar pressurizado pelos tubos de cobre da CC de modo que a funcionalidade do produto seja totalmente garantida nesta etapa, porque se for identificado qualquer tipo de fuga numa determinada zona, terá automaticamente de ser retrabalhada manualmente. Assim, após este teste, há dois resultados possíveis, cada um com uma consequência diferente:

- **OK** – que indica que a CC está pronta para ser enviada para as linhas de montagem final, onde este produto fará parte do aparelho completo (uma caldeira ou um esquentador);

- **NOK** – que leva ao registo do tipo de fuga identificado pelo operador e ao consequente retrabalho manual numa estação diferente. E é aqui que reside a maior falha de todo este processo. Os operadores responsáveis por este registo de resultados NOK continuam a ter de recorrer a anotações manuscritas numa série de folhas de papel ao longo do seu turno de trabalho, tal como o exemplo ilustrado na Figura 12.

S842 - Fugas Dry-Test - Posto 261 - Forno 6 - CM10				Turno: <u>3</u>		Data: <u>28/11/22</u>		BOSCH			
Referência C. Combustão	Quant. Prod.	Total Família	0301-9382-0041-0021 Fuga Racord /Serp. A. Q.	0301-9392-0041-0021 Fuga Racord /Serp. A. F.	0301-9381-0041-0021 Fuga Serpentina A. Q.	0301-9380-0041-0021 Fuga Serpentina A. F.	0301-9392-0041-0021 Fuga Serp. A. F. Tubo U	0301-9379-0041-0021 Fuga no Fusível	0301-9937-0041-0021 Fuga Cotovelo-Serpentina	0301-9395-0041-0021 Fuga Cotovelo-Tubo em U	Falsos Rejeitados
10L	8 705 406 405										
	8 705 406 407										
	8 705 406 413										
	8 705 406 309										
	8 705 406 384										
	8										
13L	8 738 708 147	62									
	8 738 712 150										
	8 738 708 151	35									
	8 738 702 837										
13L - C3											
16L	8 738 708 151										
	8 738 712 153										
	8 738 712 154										
	8 738 702 843										
	8 705 406 311										
	8 705 406 394										
	8 705 406 386										
	8	383	1								
Totais	X					2	5		1		
<b>Dry-Test</b>			C (ok) = 29	C (nok) = 6	D (ok) = 26	D (nok) = 3	TOTAL DEFEITOS = 9				

Figura 12 - Folha de Registo de Fugas identificadas durante o *Dry-Test* do Forno 6

A tabela está dividida segundo três variáveis principais: família da câmara de combustão (que tende a indicar a sua capacidade em litros) e referência específica da CC (cada família pode ter mais do que uma referência), nas linhas à esquerda; e também o tipo de fuga detetada durante o *Dry-Test*, que pode variar entre famílias diferentes, nas colunas superiores. Existem, no total, oito tipos de fugas distintas, sendo que cada uma diz respeito a um ponto específico da câmara de combustão:

- Serpentina Água Quente (AQ);
- Serpentina Água Fria (AF);
- Ligação Inserto / Serpentina AQ;

- Ligação Inserto / Serpentina AF;
- Ligação Cotovelo / Serpentina;
- Ligação Cotovelo / Tubo em 'U';
- Fusível (que consiste num cotovelo com uma funcionalidade própria);
- Serpentina AF / Tubo em 'U'.

Para além destes oito tipos, existe também uma nona possibilidade designada de “Falsos Rejeitados” que, no fundo, são fugas incorretamente detetadas. Ou seja, acaba por não ser considerado um tipo de fuga, mas deve ser registado na mesma. A identificação por parte do operador do tipo específico de fuga que mais tarde irá assinalar na folha de registo, após o sistema devolver um resultado NOK, dá-se através da aplicação de um líquido próprio em todos os pontos referidos acima. Em todos os pontos que surjam pequenas bolhas de ar após a aplicação deste líquido são, então, considerados pontos de fuga. Ou seja, cada câmara de combustão poderá gerar mais do que um resultado NOK, caso apresente vários pontos com fuga.

Após cada turno de trabalho estar terminado, o planeador de produção e responsável de área da secção em causa tem, então, de reunir todas as folhas preenchidas pelo operador e deslocar-se à sua secretária a fim de inserir manualmente as fugas no atual sistema de planeamento de produção: o *Andon*. Esta tarefa pode demorar entre 45 minutos a uma hora inteira para ser concluída, sendo que, na maior parte dos casos, há dados incompletos ou erradamente inseridos no sistema. Só então a equipa de engenharia de processos pode ter pleno acesso aos dados das fugas provenientes da brasagem do Forno de Hidrogénio de cada turno.

Posto isto, o tratamento e análise dos dados pode ser inicializado, o que normalmente só acontece durante o início do primeiro turno do dia seguinte da produção em causa.

Um Engenheiro de Processos da equipa de MFO acede ao sistema *Andon* através do seu portátil, onde os dados das fugas do dia de produção anterior são armazenados, e exporta a informação necessária. Depois, os dados são inseridos num ficheiro Excel que se encontra pré-programado para transformar os dados em bruto em informação útil para um segundo tipo de ficheiro os tratar novamente: o PowerBI. Esta ferramenta permite aos Engenheiros de Processos visualizar a informação sobre fugas de uma forma muito mais clara. Como é visível na Figura 13 o *dashboard* do PowerBI é capaz de fazer uma repartição por cada dia e/ou semana, família da CC, tipos de fuga mais relevantes, eficiência global do equipamento (OEE) e muito mais.

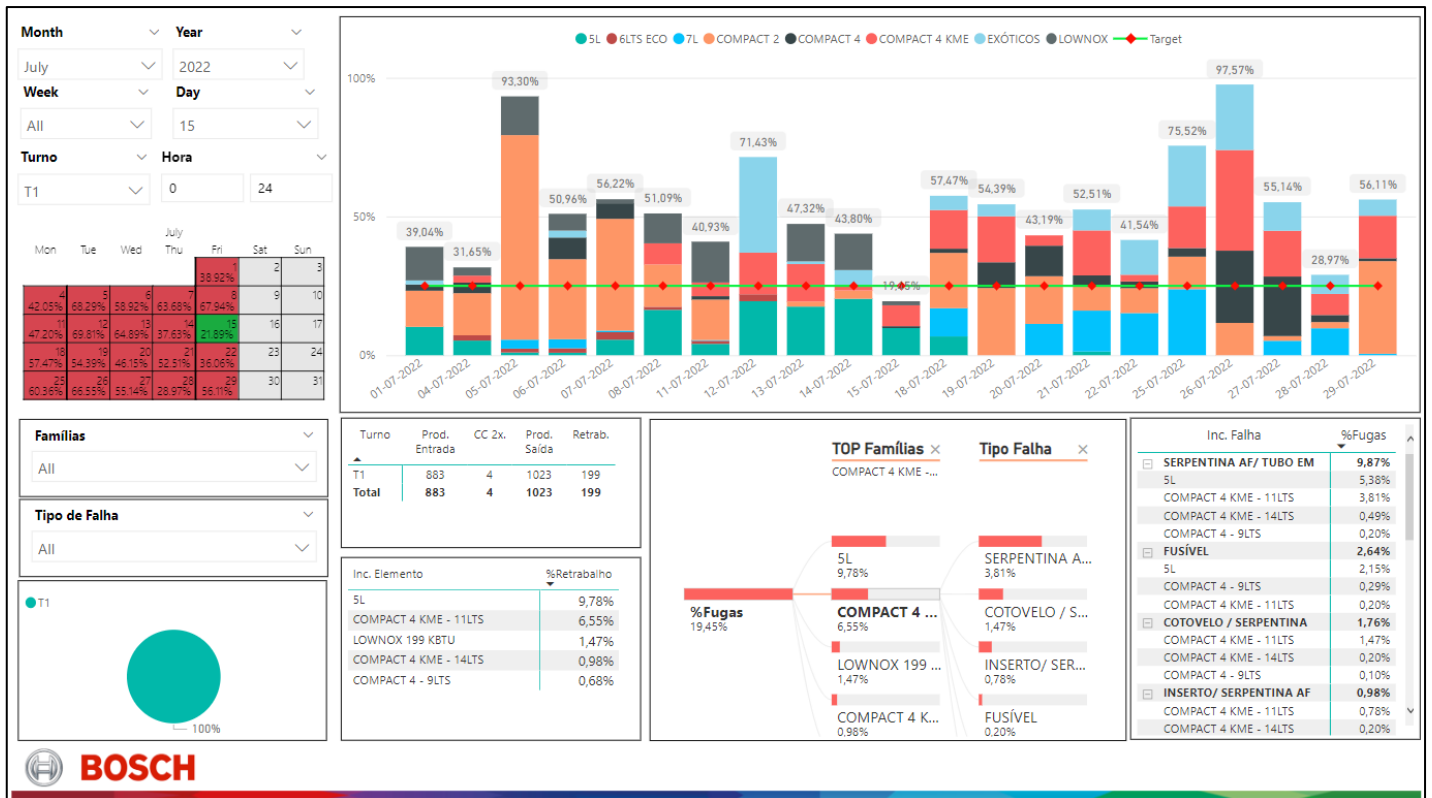


Figura 13 - Dashboard PowerBI das fugas do Forno 6

A possibilidade de revisitar diferentes dias e turnos e filtrar a informação conforme o pretendido pelos Engenheiros de Processos, torna esta ferramenta realmente poderosa aquando da resolução de problemas diários e nas atividades de melhoria contínua por eles executadas.

#### 4.2.1 Quadros ANDON

Um quadro ANDON é uma ferramenta lean de gestão visual usada em diversas indústrias, especialmente em ambientes de produção, como é o caso da Bosch Termotecnologia S.A. e permite consultar o estado corrente de uma determinada célula produtiva, nomeadamente quantidades planeadas, produzidas e o respetivo delta, pedidos de paragem, a referência em produção, entre outros dados, todos eles úteis para, em tempo real, fornecerem informações sobre o status do processo, destacando quaisquer anormalidades ou problemas.

O principal objetivo de um quadro ANDON é facilitar a comunicação e a resolução de problemas, tornando os dados mais relevantes facilmente visíveis para todos os envolvidos no processo. Normalmente, consiste num painel de exibição colocado num local visível, junto à célula produtiva e é atualizado automaticamente ou manualmente com informações de sensores, máquinas ou operadores.

A Figura 14 ilustra um *dashboard* exemplo de um quadro ANDON de uma célula produtiva Bosch onde é possível visualizar todos os dados referidos no primeiro parágrafo.

Quinta, 25/05/2023 - 23:28		Celula 3
Objetivo	97	Paragem 00:00
Atual	103	Σ Paragens 00:00
Δ Delta	6	Turno Atual Quinta Noite
<b>TTNR: 7736502088</b>		

Figura 14 – Exemplo de um quadro Andon em real time

#### 4.2.2 Aplicação WAND\_GES

A aplicação WAND\_GES tem como principal finalidade a gestão dos Quadros ANDON e demais informação relacionada com os mesmos.

A gestão é efetuada tendo por base o conjunto “Secção + Linha + Célula”, estando a cada célula produtiva associado um quadro ANDON. A aplicação permite a abertura de turnos de produção que ocorrem em determinadas datas num determinado período, por parte de cada um dos responsáveis de turno/produção. Para além disso, tal como descrito no início da secção 4, a importação manual de todos os retrabalhos registados ao longo do turno dá-se, também, nesta aplicação.

A aplicação é constituída por três processos principais: gestão de turnos e produções, gestão de acessos e tabelas.

Os vários postos das células produtivas estão associados a autómatos responsáveis pelo envio de dados para o sistema central de dados, sendo esses dados consultáveis e geridos nesta aplicação.

Os dados esperados são os seguintes:

- Envio de pedidos de intervenção;
- Envio de pedidos de paragem;

- Envio de contagens de produção;
- Envio de referências que entram na célula.

TURNOS P/: Câmaras Combustão(837842) :: L. Automática(003) :: Célula 1- L. Automática(001)											
<span>Tornos</span> <span>Quadro Andon</span> <span>Paragens NÃO Programadas(0)</span> <span>Estatísticas Paragens</span> <span>Exportação OEE e perdas</span>											
S	Dia Semana	Secção	Célula	Hora Início	Hora Fim	Nº ...	Qt. Plane...	Qt. Previ...	Qt. Actual	Qt. Delta	Par.EmCurso
🔴	sáb 2023/05/20	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	13:00	20:00	4	955	1008	900	-108	
🔴	dom 2023/05/21	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	21:00	04:00	4	959	757	720	-37	
🔴	seg 2023/05/22	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	05:45	13:45	4	1000	1134	841	-293	
🟢	seg 2023/05/22	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	13:45	21:45	4	1000	1134	1210	76	
🟢	seg 2023/05/22	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	21:45	05:45	3	826	825	841	16	
🔴	ter 2023/05/23	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	05:45	13:45	4	1000	1134	953	-181	
🔴	ter 2023/05/23	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	13:45	21:45	4	1000	1134	1023	-111	
🔴	ter 2023/05/23	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	21:45	05:45	3	826	851	839	-12	
🔴	qua 2023/05/24	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	05:45	13:45	4	1000	1134	940	-194	
🔴	qua 2023/05/24	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	13:45	21:45	4	1000	1134	950	-184	
🔴	qua 2023/05/24	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	21:45	05:45	3	826	851	840	-11	
🔴	qui 2023/05/25	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	05:45	13:45	4	1000	1134	965	-169	
▶	qui 2023/05/25	Câmaras Combustão	Célula 1- L. Automática	13:45	21:45	4	1000	1134	934	-200	

Figura 15 – Dados de Turnos e Produções na aplicação WAND\_GES

É, então, a partir desta janela que são retirados os valores necessários para o cálculo diário do OEE associado à produção de câmaras de combustão. Estes valores, que se encontram agrupados por turno produtivo, são:

- a produção planeada e efetiva;
- paragens planeadas e não planeadas;
- número de retrabalhos (ou fugas);
- e o plano de produção, no qual é possível verificar qual a produção efetiva de cada referência de CC num determinado turno.

Tudo isto é utilizado, mais tarde, pelo engenheiro responsável por analisar o estado diário deste processo para calcular o valor de fugas e, conseqüentemente, *OEE* relativos ao dia de produção anterior, ou seja, três turnos produtivos, de modo a poder definir ações para mitigar essas falhas. O que acaba por acontecer muitas vezes é, no momento da exportação dos dados do WAND\_GES, para se proceder ao cálculo das fugas e *OEE* do dia transato, os valores inseridos nesta aplicação encontram-se incompletos. Por exemplo, não existir qualquer registo de retrabalhos num determinado turno, o que impossibilita o cálculo do nível global de fugas desse dia em questão.

Contudo, existe uma outra fonte de informação relativa ao nível de fugas de cada turno produtivo: o relatório diário de fugas.

#### 4.2.3 Relatório Diário de Fugas

Este relatório é enviado para a equipa de engenharia de processos de MFO1, via e-mail, no final de cada turno produtivo e é sempre referente a esse mesmo turno. O relatório consiste numa mensagem com uma estrutura ilustrada na figura seguinte:

- **C1=** Produzimos 830 unids com 3 colaboradores.
- **F3 Saída=** Acabamos 831 unids. acabamos com **0.4%** de incidências (fugas).
- **C2=** Produzimos 608 unids com 2 colaboradores.
- **F6 Entrada=** Passamos 610 cc 2ª vez 4 unids. **Total 614 unids.**
- **F6 Saída=** Acabamos 496 unids. acabamos com **76%** de incidências (fugas) das quais **7%** são falsos rejeitados.  
Hoje saíram 2 CC amassadas Cpt4 #118 conforme fotos.  
Saiu durante o turno saiu dois pedaços de solda conforme foto.

Figura 16 – Exemplo de um Relatório de Fugas do turno 1

A informação consiste na produção efetiva de cada uma das células e fornos envolvidos no processo, no nível de fugas percentual do Forno 3 e Forno 6, no número de câmaras de combustão que necessitaram de uma segunda passagem pelo forno (devido a problemas de brasagem mais graves) e notas adicionais que o responsável de turno considere serem relevantes.

O RT da secção do Forno 6 e Forno 3, tal como já foi referido, deve importar no sistema todos os valores de retrabalhos recolhidos ao longo das últimas cerca de oito horas produtivas. A partir destes dados, ele consegue estimar os valores para a percentagem de fugas de cada um dos fornos e, dessa forma, incluí-los no relatório de fugas que envia posteriormente. No entanto, na maior parte dos casos, estes valores estimados ficam aquém da realidade. O esperado é que o responsável de turno assegure a importação destes dados no WANG\_GES bem como o envio do relatório atempadamente, tarefas que ocupam uma capacidade considerável dessa pessoa (cerca de uma hora). Ou seja, a tarefa de importação dos dados em sistema acaba por ser iniciada bem antes do final do turno de produção, o que faz com que, muitas vezes, à data do envio do relatório de fugas, os dados estejam incompletos, aquando da sua importação, ainda existem câmaras no processo de ensaio do *Dry-Test*. Por outro lado, o simples erro de cálculo humano ou esquecimento de inclusão de determinados valores são suficientes, muitas vezes, para justificar estas variações.

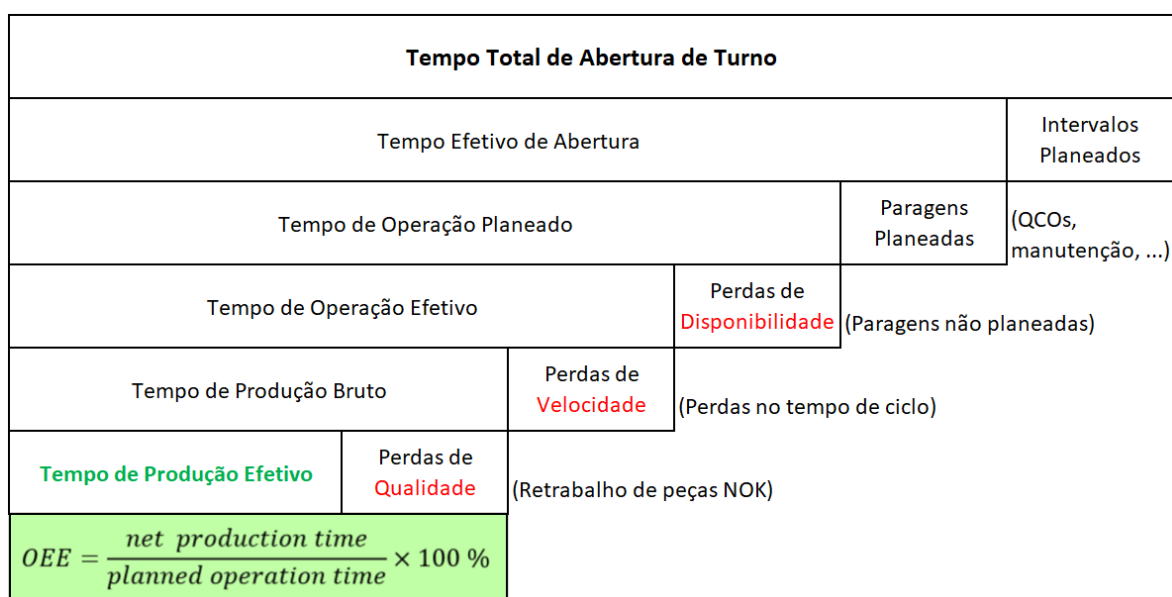
De forma a estudar esta incoerência entre os valores de fugas reportados através dos relatórios diários e os valores efetivamente calculados através da exportação e posterior tratamento dos dados de produção presentes do WAND\_GES, realizou-se um acompanhamento e comparação diária das fugas reportadas para o primeiro turno face aos

valores apresentados pelo PowerBI após processamento, referentes ao Forno 6. O intuito principal foi perceber qual a percentagem de dias em que se verificou uma diferença entre os dois valores, bem como qual a média dessa diferença percentual (na qual foram incluídos os dias com uma diferença nula). O anexo F apresenta não só os resultados para ambos os indicadores pretendidos, bem como a tabela com os dados de fugas diários. Após uma rápida análise dos mesmos, é possível concluir que está inerente ao processo uma clara falta de fiabilidade de dados, visto que em 71% dos dias acompanhados, registou-se um delta entre o valor de fugas reportado e o calculado, cuja média foi de 2.7%. A partir daqui, tornou-se ainda mais evidente a necessidade de atuar sobre este aspeto do processo, pois é crucial para que o trabalho de melhoria contínua levado a cabo pelos engenheiros de processos se torne o mais eficaz possível.

### 4.3 Análise de KPIs – OEE

O *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* é um indicador de desempenho amplamente utilizado no universo industrial para avaliar a eficiência e a produtividade de máquinas ou equipamentos. Quando analisado da forma correta, é capaz de oferecer informações valiosas sobre a eficácia do processo de uma linha de produção, visto que engloba três fatores críticos para qualquer processo produtivo: disponibilidade, velocidade e qualidade.

Quanto ao cálculo deste *KPI*, o valor do *OEE* pode ser calculado de duas formas. A primeira, resulta do quociente entre o valor do tempo de produção efetivo e o tempo de operação planeado. O diagrama representado na Figura 17 ilustra a desconstrução do *OEE* desde o tempo total de abertura do turno, que por norma é igual a oito horas, até ao tempo de produção efetivo.



**Figura 17** – Diagrama de fatores que impactam o *OEE*



Este tempo de produção efetivo é dado pelo produto entre o tempo de ciclo da peça em questão e o número de peças conformes produzidas.

No caso específico da Bosch Termotecnologia S.A., a grande maioria dos processos opera em turnos com um tempo efetivo de abertura de 450 minutos. Este valor resulta de um tempo total de abertura de 480 minutos (ou oito horas) ao qual é subtraído um total de 30 minutos de intervalos planeados ao longo do turno. Este cenário muda quando estamos a falar de turnos de produção realizados durante o fim-de-semana, nos quais o tempo efetivo de abertura passa a ser igual a 400 minutos, devido a um tempo total de abertura de 420 minutos (ou sete horas) e um tempo total de intervalos planeados igual a vinte minutos.

A segunda abordagem para calcular o valor de *OEE* de um determinado processo envolve o produto dos três fatores que compõem este *KPI*:

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

De forma a melhor entender a fórmula acima, é necessário estudar cada um dos três fatores envolvidos.

#### 4.3.1 Fator Disponibilidade

A disponibilidade considera o tempo de inatividade planeado e não planeado para determinar o tempo de operação efetivo. O somatório de paragens planeadas já se encontra considerado no valor do tempo de operação planeado (*POT*). Estas paragens podem resultar de momentos reservados para a realização de manutenção preventiva ou então de *QCOs* (*Quick Change Overs*), onde se muda, por exemplo, a ferramenta de um determinado equipamento de modo a produzir uma nova referência de produto (*TTNR*).

Assim, o que impacta o fator disponibilidade são as paragens não planeadas, sendo que é este valor que permite calcular as perdas de disponibilidade de um determinado processo, através da fórmula apresentada de seguida.

$$F. Disp = \frac{POT - \text{Paragens ñ plan}}{POT} = \frac{27000 - 1540(s)}{27000} = 94.30\%$$

#### 4.3.2 Fator Qualidade

A qualidade mede a ocorrência de defeitos ou erros durante o processo em causa. No contexto do problema abordado ao longo deste relatório, os defeitos em questão dizem respeito aos resultados “NOK” provenientes do *Dry-Test* à saída do forno no qual se dá o processo de brasagem das câmaras de combustão. Este resultado “NOK” indica a existência

de uma ou mais fugas nas ligações da CC e leva à conseqüente necessidade de retrabalhar essa mesma ligação (ou ligações). Assim, de forma a obter o valor do fator qualidade, deve-se ter em conta o número total de peças retrabalhadas, bem como o tempo de ciclo associado a esse processo. O somatório desse número de peças multiplicado pelo tempo de ciclo do retrabalho dividido pelo *POT* resulta, então, nas perdas de qualidade verificadas nesse processo. Segue abaixo um pequeno exemplo ilustrativo.

$$Perdas Qual = \frac{\sum((N^{\circ} \text{ peças rework ou scrap}) * T_{\text{ciclo}})}{POT} = \frac{\sum(N^{\circ} \text{ peças rework ou scrap})}{N^{\circ} \text{ peças Target OEE}} =$$

$$\frac{6}{135} = 4.44\%$$

$$Factor Qual = 100 - Perdas = 100 - 4.44 = 95.56 \%$$

#### 4.3.3 Fator Velocidade

A velocidade avalia a eficiência com que o equipamento funciona em relação à sua capacidade máxima. O cálculo deste fator deve ser feito tendo por base o valor do *OEE*, bem como dos dois fatores anteriormente abordados: disponibilidade e qualidade.

Recorrendo à fórmula inicialmente apresentada para o cálculo do *OEE*, é possível deduzir a seguinte expressão:

$$OEE = \frac{(N^{\circ} \text{ Peças Produzidas}) * T_{\text{ciclo}}}{(N^{\circ} \text{ Peças para OEE 100\%}) * T_{\text{ciclo}}}$$

Assim, utilizando um cenário em que o número de peças produzidas para um *OEE* de 100% igual a 135 e o número de peças produzidas efetivamente igual a 132, obtém-se o seguinte valor de *Overall Equipment Effectiveness*:

$$OEE = \frac{132}{135} = 97.78\%$$

Utilizando este valor em conjunto com os exemplos anteriores das perdas de disponibilidade e qualidade, pode-se então calcular o valor das perdas de velocidade, bem como o conseqüente fator velocidade associado ao processo:

$$Perdas Veloc = 100 - OEE - PerdasDisp - Perdas Qual = 100 - 97.78 - 5.70 - 4.44 = -7.92 (\%)$$

$$Factor Veloc = 100 - Perdas Veloc = 107.92 (\%)$$

Neste caso, o resultado superior a 100% indica que, mesmo com perdas de disponibilidade e de qualidade ao longo do processo, para um tempo de operação planeado fixo, a velocidade da produção acabou por compensar essas perdas dos restantes fatores. Isto apenas é possível devido ao facto de, na maior parte dos processos produtivos, o cálculo do tempo de ciclo standard ter uma margem de erro significativa (entre 5 e 15%), devido a uma série de fatores inerentes ao processo e ao operador em si. Caso contrário, o fator velocidade nunca poderia ser superior a 100%, tal como o *OEE*.

Na subsecção seguinte, é demonstrada uma análise intensiva às perdas de *OEE* verificadas ao longo do segundo trimestre de 2022 nos processos de montagem e brasagem das câmaras de combustão, no âmbito da qualidade, velocidade e disponibilidade.

#### 4.4 Análise de Perdas de *OEE* – Câmaras de Combustão

Com o objetivo de ajudar a equipa de engenharia de processos do departamento de MFO a definir prioridades quanto à elaboração e implementação de atividades de melhoria contínua no dia-a-dia, no caso específico do processo de brasagem das câmaras de combustão, foram analisados todos os registos relativos a fugas provenientes dos resultados NOK do *Dry-Test*. Para além deste indicador, prestou-se atenção às incidências visuais detetadas imediatamente à saída dos fornos de brasagem, de modo a ser estabelecido um paralelismo entre ambos os tipos de defeito. É importante ter presente que as percentagens de incidências associadas ao processo de brasagem das câmaras de combustão não impactam o fator qualidade e, por sua vez, o *OEE* do processo. Por último, foram também recolhidas as paragens sinalizadas ao longo deste período por parte dos colaboradores, fossem elas devido a avarias de equipamento, falta de abastecimento de material na célula produtiva, entre outras causas.

Quanto ao processo sob análise, a produção de câmaras de combustão, ela dá-se em dois equipamentos distintos: o forno de brasagem a hidrogénio, denominado de “Forno 6”, que está diretamente ligado (em termos de processo) à célula de montagem designada por “C2”; e o forno de brasagem a combustão, denominado de “Forno 3”, diretamente ligado à “C1”. Neste sentido, parte do foco da análise realizada passou também por perceber qual dos dois fornos de brasagem afetaria mais a condição do processo de produção de Câmaras de combustão, para que a equipa de engenharia de processos pudesse identificar como foco principal o processo que leva à maior percentagem de perdas de *OEE*, tornando as atividades de melhoria contínua mais significativas.

Os valores apresentados no diagrama presente no anexo A resultaram da exportação dos dados de produção e registos de paragens presentes na aplicação WANG\_GES e o seu posterior tratamento num ficheiro Excel pré-programado para calcular tanto os fatores de

disponibilidade, qualidade e velocidade, como o *OEE* associado a este processo, em ambos os fornos e células de montagem.

O diagrama foi construído da seguinte forma: em primeiro lugar, averiguou-se o valor médio percentual de perdas de *OEE* ao longo deste período em cada um dos fornos (e respectivas células de montagem), desconstruindo-as em perdas de qualidade, velocidade e disponibilidade, de forma a obter um contexto mais macro da condição dos processos.

Imediatamente a seguir a esta primeira análise, foi possível concluir que dois fatores se destacaram em termos de relevância no que toca ao seu contributo para as perdas de *OEE* – qualidade e disponibilidade – visto que o fator velocidade apenas registou uma perda média de 3,38%. Isto revela que, apesar de todas as perdas de qualidade devido à existência de fugas e de disponibilidade devido a paragens inesperadas, o output diário acabou por não ser impactado na mesma proporção. Uma possível razão é o aumento do número de operadores no processo. Como o tempo de ciclo está calculado tendo em conta um cenário standard de produção, onde se encontra definido o número de operadores disponíveis para determinar determinada tarefa, alterar esse parâmetro no sentido de tentar garantir o nível de output é possível, mas acarreta um gasto extra em termos de recursos. São situações como esta que, à partida, não estão refletidas diretamente nos valores do *OEE* e dos seus fatores constituintes, mas que, após alguma análise, se conseguem evidenciar e perceber.

Assim, a partir deste ponto, foi necessário atingir um maior nível de detalhe nos dois fatores mais críticos: qualidade e disponibilidade. É relevante acrescentar que todos os valores apresentados daqui para a frente neste contexto foram calculados através de uma média ponderada tendo em conta o período de análise estabelecido.

#### 4.4.1 Perdas de Qualidade

No caso da qualidade, o objetivo passou por recolher os valores de perdas deste indicador registados em ambos os processos de brasagem e representar as três famílias de câmaras de combustão com um maior volume percentual de perdas. Para além disso, dentro de cada família foram mapeados os três tipos de fugas e incidências visuais mais representativos. Todos estes dados encontram-se apresentados na Figura 18, sobre a qual é importante referir que os valores referentes à incidência visual verificada imediatamente após o processo de brasagem são puramente acessórios no contexto das perdas de qualidade, visto não contribuírem para as mesmas. Assim, o levantamento e análise dos dados permite concluir que o forno 6 (em associação com a célula de montagem 2) é claramente o equipamento mais crítico em termos da qualidade.

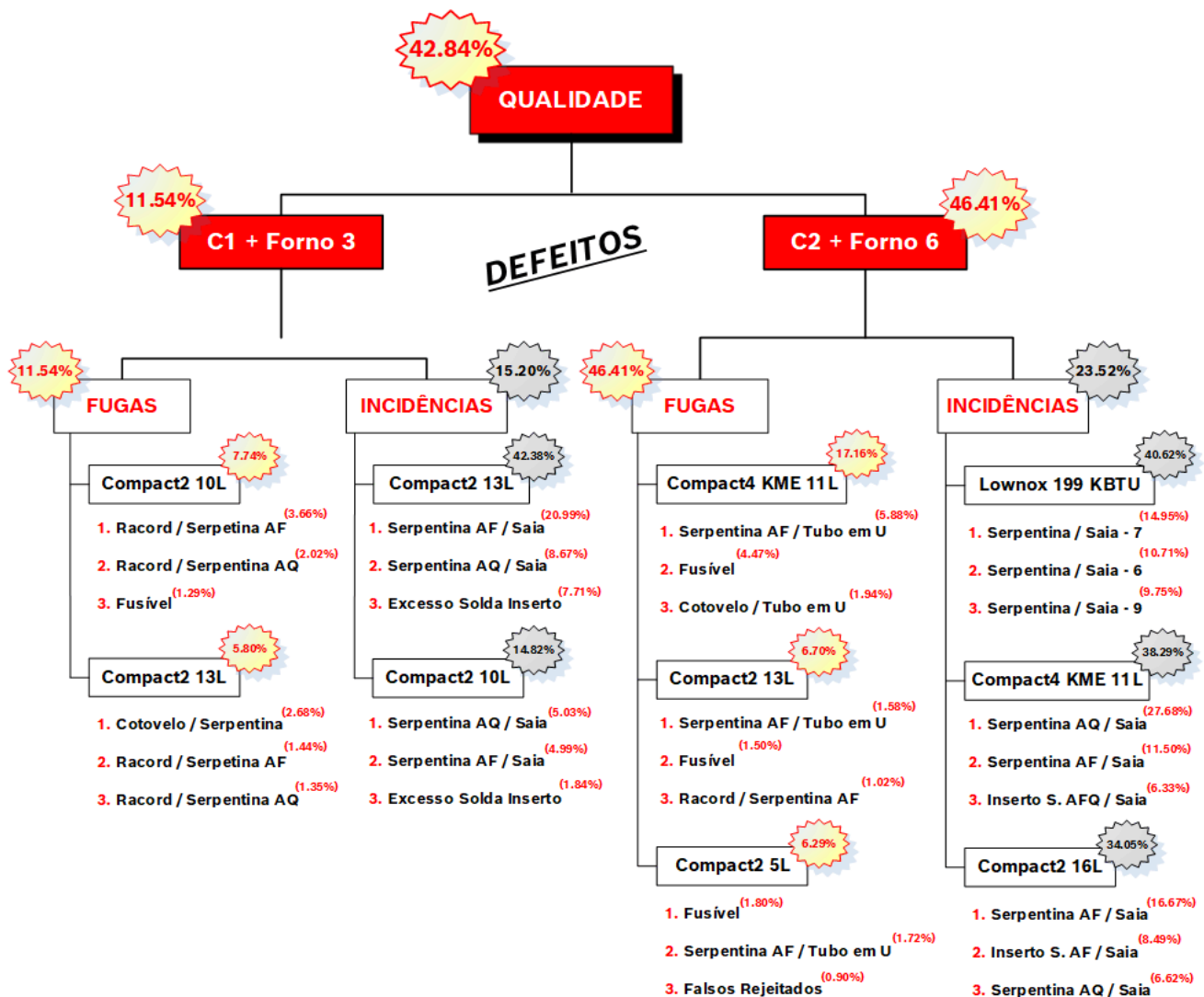


Figura 18 – Perdas de qualidade no processo produtivo das Câmaras de combustão

À data do levantamento destes dados, o Forno 6 contribui cerca de quatro vezes mais para as perdas de qualidade do processo de conformação das câmaras de combustão comparativamente ao Forno 3, que acaba por ser o equipamento mais estável. Tal acontece devido a, fundamentalmente, dois fatores. Em primeiro lugar, a diferença entre as tecnologias de brasagem de ambos os fornos, porque, enquanto que o Forno 3 recorre à combustão de gás natural para criar uma atmosfera no seu interior capaz de atingir temperaturas que possibilitem a fusão dos elementos responsáveis pela brasagem das câmaras de combustão, o Forno 6, por sua vez, possui uma atmosfera que utiliza uma mistura de hidrogénio (95%) e azoto (5%) para atingir o mesmo fim. Isto leva a que garantir uma atmosfera estável no interior do Forno 6 seja mais complexo, pois qualquer tipo de impurezas que se infiltrem no sistema impactam a eficiência da brasagem quase que instantaneamente. No caso do Forno 3, essas impurezas não prejudicam tanto o fenómeno da brasagem, visto que numa atmosfera

baseada na combustão de gás natural tudo isso acaba por ser “queimado”. Esta diferença na complexidade de tecnologias leva a que o processo do Forno 6 seja mais instável em termos de qualidade de brasagem, porque uma atmosfera instável não é capaz de garantir um nível de brasagem consistente o suficiente para impedir o aparecimento de fugas durante os testes de estanquidade a montante.

Em segundo lugar, a variabilidade de produtos presentes em cada um dos fornos e respectivas células de montagem. Ambos os processos são responsáveis por conformar e brasar câmaras de combustão, no entanto, à data do levantamento dos dados em análise, o conjunto “C2 + Forno 6” era responsável pelo processamento de cerca de 95% das referências de Câmaras de combustão presentes no catálogo interno da Bosch Termotecnologia S.A., enquanto que a C1 em conjunto com o Forno 3 apenas produziam as restantes 5 a 10% de referências. A elevada variabilidade de referências presente no processo do Forno 6 leva a uma maior imprevisibilidade da qualidade da brasagem, dado que câmaras de combustão com diferentes referências possuem características próprias e muitas vezes diferenças estruturais significativas, como por exemplo as dimensões da CC, que tendem a variar entre as diferentes litragens associadas.

Neste sentido, as mudanças implementadas ao nível do processo descritas na secção seguinte têm como principal objetivo tornar mais eficientes as ações de melhoria contínua levadas a cabo pela equipa de engenharia de processos focadas na redução destes níveis de perda de qualidade na conformação e brasagem de câmaras de combustão, com especial atenção para o processo associado ao Forno 6.

#### 4.4.2 Perdas de Disponibilidade

No que toca ao fator disponibilidade, fica claro após uma observação atenta à Figura 19 que o conjunto que mais contribui para a generalidade das perdas de disponibilidade deste processo é o “C1 + Forno 3”, sendo que são as paragens associadas aos equipamentos da célula de montagem C1 as maiores responsáveis por tais valores. Isto poderá resultar de algumas possíveis causas: uma periodicidade de manutenção preventiva dos equipamentos mal definida, que leva a que as “pequenas paragens” como encravamentos e constantes ajustes de parâmetros das máquinas e ferramentas aconteçam com uma maior frequência e, por vezes, com maior gravidade; por outro lado, falta de realização de confirmações de processo, que são momentos de avaliação à realização do trabalho standard da secção em causa e às condições de limpeza dos equipamentos e organização do seu espaço envolvente; por último, a existência de ferramentas ou até mesmo equipamentos com bastantes anos de desgaste, que necessitam de substituição ou reparação mais intensiva.

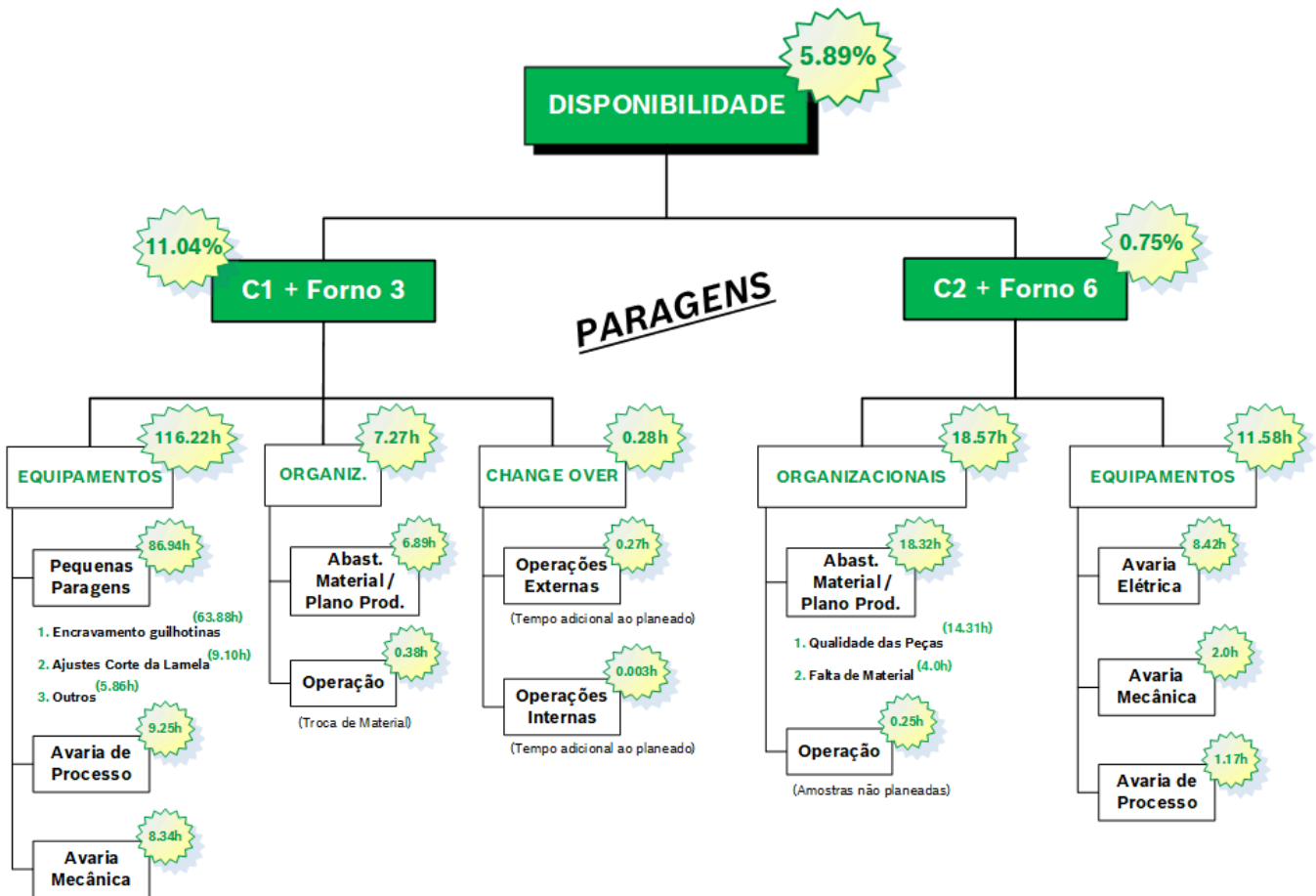


Figura 19 – Perdas de disponibilidade no processo produtivo das Câmaras de combustão

As sugestões de melhoria descritas na secção seguinte não estão diretamente orientadas para atenuar estas perdas de disponibilidade. No entanto, a longo prazo, poderão ser cruciais para uma melhor definição de ações de melhoria mais direcionadas para problemas desta natureza.





## CAPÍTULO 5 – Ações de melhoria implementadas

Esta secção tem como objetivo evidenciar as lacunas atualmente associadas ao processo de registo e análise de retrabalhos provenientes do ciclo de brasage de câmaras de combustão, bem como estabelecer uma ligação direta entre estas lacunas, as oportunidades de melhoria identificadas e as consequentes ações que levarão à criação do processo melhorado.

### 5.1 Pontos de melhoria identificados

Imediatamente, avaliando o processo descrito na secção anterior, podem ser identificadas quatro falhas principais em termos da eficiência global do processo, da fiabilidade dos dados e da standardização dos fluxos de informação: falta de fiabilidade de dados, existência de atividades obsoletas, um *lead time* elevadíssimo entre a deteção das fugas e a possibilidade de análise das mesmas e uma elevada variabilidade de sistemas presentes no fluxo de informação.

Em relação ao primeiro ponto identificado, estão presentes no processo demasiadas instâncias passíveis de falta de fiabilidade de dados, dado o número de registos manuais e de atores presentes no processo atual. Esta lacuna torna-se ainda mais evidente quando olhamos para análise ilustrada no anexo F, já discutido anteriormente, e percebemos as incoerências existentes entre diversos pontos de informação.

Em segundo lugar, existem atividades ineficientes e/ou inúteis, tais como a entrega e recolha obrigatória dos registos das fugas e a importação manual desses registos por parte do responsável de turno, que acabam por lhe retirar capacidade preciosa que deveria ser usada para apoiar as diversas secções que supervisiona.

Relacionado com este último ponto, temos também o *lead time* total de, no mínimo, oito horas entre o momento em que uma dada CC é testada, gerando um resultado OK ou NOK, e o momento em que o engenheiro de processos responsável por analisar o estado do processo tem acesso a esse mesmo resultado. Esta inércia de informação leva a que as ações corretivas desenvolvidas pelos engenheiros após análise dos dados em sistema se tornem ineficientes e, por vezes, inúteis, porque no momento da implementação das mesmas, o estado do processo já se pode encontrar alterado e com necessidades de intervenção completamente diferentes às inicialmente pensadas.

E, por último, o facto de o fluxo de informação passar por cinco sistemas/meios de registo diferentes (NEXEED, folhas de papel, Andon, Excel e PowerBI), quando apenas um sistema *ERP* normalizado deveria estar envolvido.

Estes pontos serão o foco das sugestões de melhoria discutidas mais avante. Tendo em conta os pontos de melhoria identificados, foi considerada uma abordagem passo a passo para a implementação dos mesmos.

No que diz respeito a este último tópico mais crucial, a standardização dos fluxos de informação, ficou claro desde o início a sua importância e, portanto, que deveriam ser criadas as condições necessárias para que este processo fosse totalmente compatível com a ferramenta mais otimizada e já à disposição da organização: o NEXEED. Assim, a determinação dos requisitos de processo e equipamento seria o primeiro passo lógico. Desta forma, os restantes pontos de melhoria acabariam por representar consequências naturais da integração desta ferramenta no processo em causa.

## 5.2 Mapeamento do processo melhorado

Olhando ainda para a situação inicial do processo de registo e tratamentos de dados de fugas, este começa imediatamente após a conclusão do ciclo de brasagem no Forno 6, com o controlo visual inicial. No processo melhorado, esta etapa mantém-se inalterada. No entanto, a etapa seguinte já enfrenta algumas mudanças importantes, que terão impacto no restante fluxo de informação do processo (ver Figura 20).

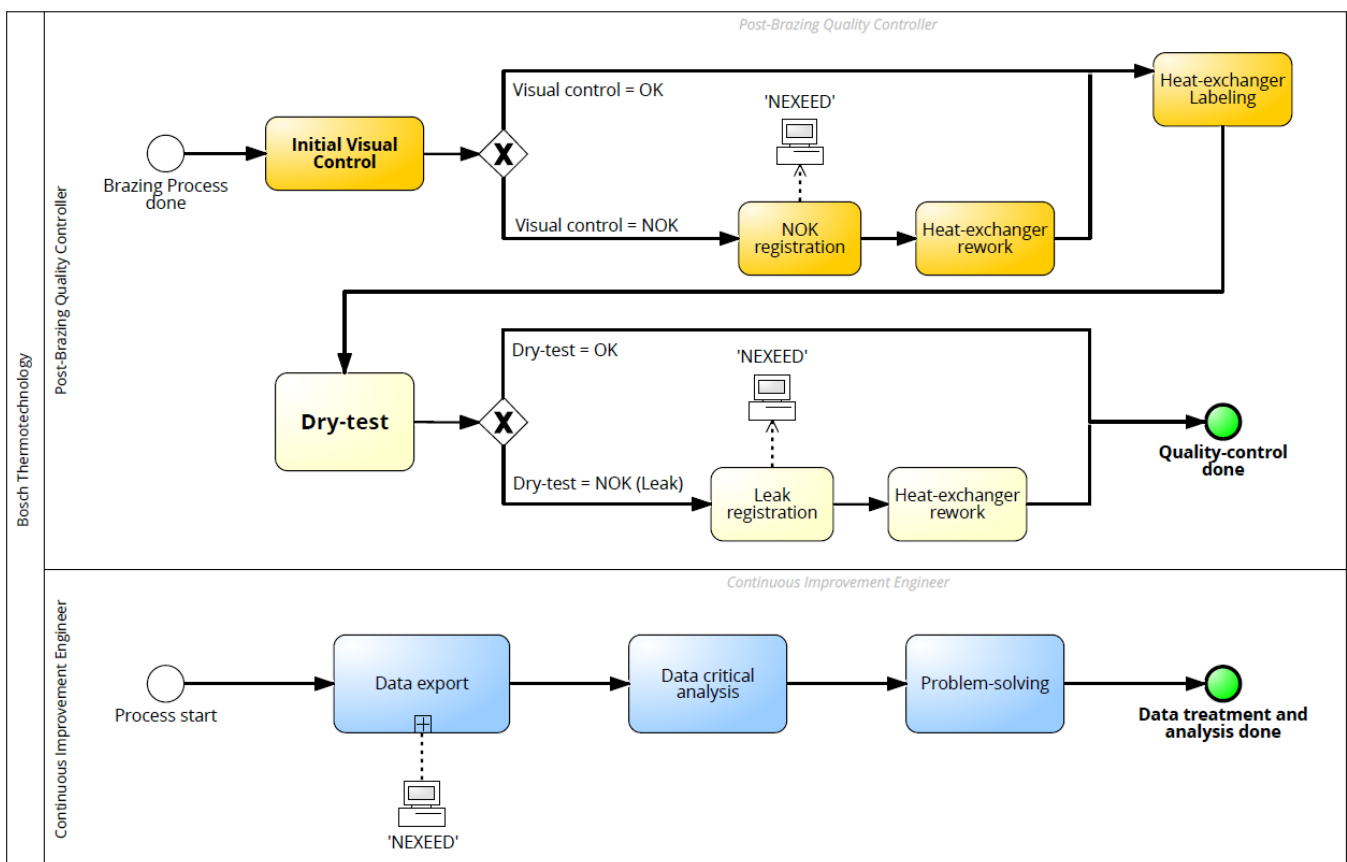


Figura 20 – Processo de registo e tratamento de dados de Fugas melhorado

Após cada câmara de combustão passar pelo *Dry-Test* e, no caso de gerar um resultado NOK, junto de cada uma das bancas de ensaio, o operador seleciona diretamente num painel HMI pré-programado o tipo de fuga detetado, que leva à sua importação automática para a base de dados do NEXEED, contrariamente à condição atual do processo, onde o operador recorre à utilização de uma caneta para anotar manualmente o tipo de fuga na folha de papel designada para o efeito. Como forma de auxílio visual, realizou-se um levantamento de fotografias referentes a cada um dos tipos de fugas possíveis, as quais devem ser associadas a cada tipo de falha e apresentadas também no painel do HMI.

Por conseguinte, a base de dados do NEXEED armazena fugas provenientes do *Dry-Test*, para além das falhas visuais à saída do Forno 6.

A leitura ou picagem da etiqueta “câmara a câmara” mantém-se, devido ao facto de a linha trabalhar com stocks intermédios. Ou seja, não se encontra estabelecida uma linha *FIFO* entre a saída do forno e as bancas de *Dry-Test*. Tal acontece porque o planeamento de produção é feito com base nas ordens de produção vindas das linhas de montagem dos aparelhos finais, dos quais as câmaras de combustão fazem parte, pelo que, muitas vezes a meio de um turno produtivos, esse planeamento é passível de sofrer alterações. Por outro lado, os elevados problemas de qualidade associados ao processo levam, também, a alterações repentinas no tipo de produto em circulação.

Por fim, o tratamento dos dados relativos às fugas tanto por parte do responsável de turno como dos engenheiros de processos torna-se desnecessário, estando tudo facilmente acessível na plataforma do NEXEED, em tempo real. Aqui, é importante enaltecer a necessidade de definir novos standards para as instruções de trabalho referentes a este processo de registo de resultados NOK nas bancas de ensaio, bem como de garantir que todas as pessoas envolvidas no processo diariamente têm acesso a uma formação adequada e atempada, de modo a conseguirem realizar o seu trabalho com a maior eficiência e qualidade possíveis.

### 5.3 NEXEED MES

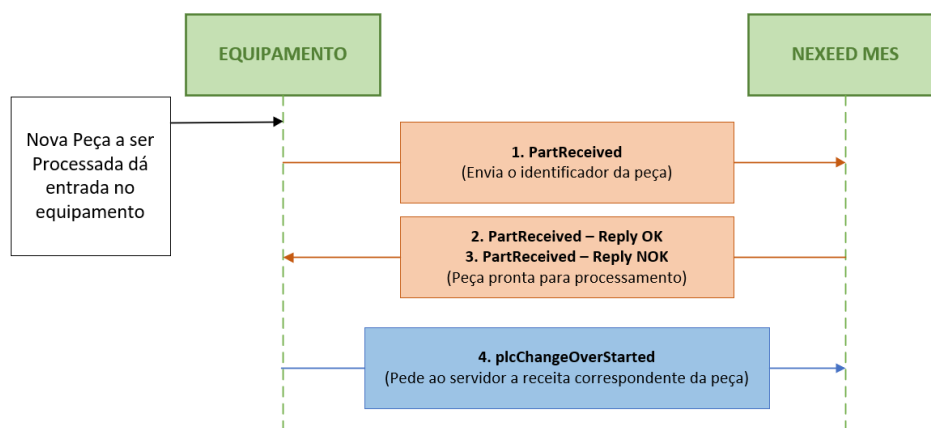
Como mencionado anteriormente, a Bosch Termotecnologia S.A tem vindo a investir em atividades e projetos que repensem o seu fluxo de informação de produção e, por consequência, os seus sistemas *ERP* e *MES* sofreram grandes alterações.

Um Sistema de Execução e Manufatura, do inglês *Manufacturing Execution System* (*MES*) é um sistema de informação que monitoriza e acompanha o processo de produção dos produtos no chão de fábrica e tem como objetivo garantir que as operações necessárias para o processo produtivo são realizadas com sucesso (Pereira R., 2023). Para tal, o *MES* faz a gestão e controlo dos dados provenientes da produção em tempo real. Isto inclui a recolha de dados em formatos clássicos, tais como dados operacionais, dados de máquinas

e aquisição de dados pessoais, mas também todos os outros processos que têm um impacto temporal no processo de produção técnica.

No contexto Bosch, o sistema MES utilizado é o NEXEED, desenvolvido e comercializado pela Bosch *Connected Industry*. Como afirmou Christoph Kunz, chefe de secção para a programação da produção na fábrica de Blaichach da Bosch, “o NEXEED é o cérebro das nossas instalações de produção. Torna os processos transparentes e diz à nossa maquinaria o que fazer e quando o fazer”.

Um dos componentes centrais deste software - o *Industrial Application System* - é responsável pela gestão da ligação entre várias aplicações industriais de produção num único painel de controlo unificado. A comunicação entre os equipamentos do chão de fábrica e o NEXEED realiza-se através de uma interface denominada de *Direct Data Link* que suporta principalmente comunicações através do *OpCon XML protocol*, que, por sua vez, recorre a telegramas *Extensible Markup Language (XML)* que seguem as diretivas definidas pelo *OpCon XML protocol* (Pereira R., 2023). A figura 21 ilustra um diagrama representativo de uma comunicação típica entre um equipamento que tem de processar um certo produto e o NEXEED MES. Assim que a peça é recebida pelo equipamento, é enviado um telegrama do tipo *PartReceived*, após o qual o Nexeed verifica se a peça está pronta a ser processada e responde com outro telegrama que é interpretado pelo equipamento. Se a resposta for positiva, a máquina envia outro telegrama, desta vez do tipo *plcChangeOverStarted*, para pedir a receita dos parâmetros que a máquina necessita para processar o produto (Pereira R., 2023).



**Figura 21** – Diagrama de uma comunicação típica entre um equipamento produtivo e o NEXEED

O objetivo de estabelecer esta comunicação em tempo real é permitir que os utilizadores acedam e interajam facilmente com todas estas aplicações através de uma interface única e consistente. Esta padronização torna, então, mais fácil o manuseio, tratamento e partilha de informação entre todas as entidades envolvidas no processo, quer seja ao nível do chão de

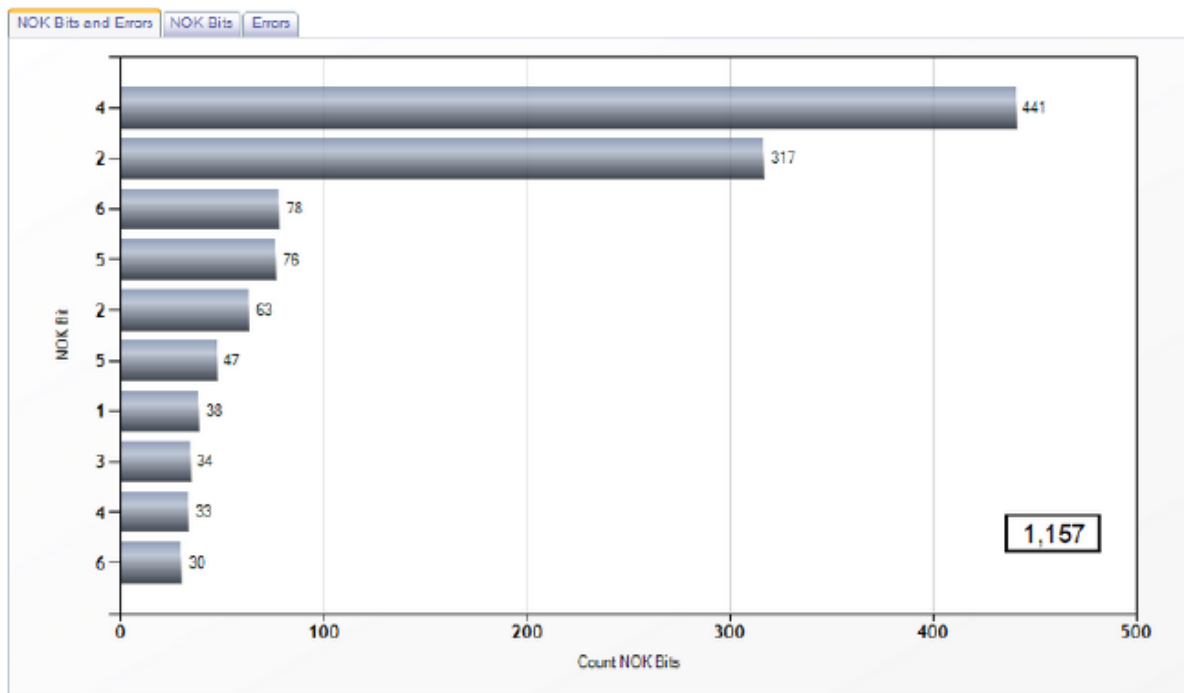
fábrica ou da equipa de engenharia de melhoria contínua responsável pelo suporte à produção. No contexto deste relatório, o NEXEED tornar-se central nas tarefas diárias da equipa de engenharia responsável pela análise dos dados provenientes do processo de brasagem das câmaras de combustão, a fim de identificar potenciais oportunidades de melhoria e, portanto, otimizar o processo como um todo.

#### 5.4 Interação com o NEXEED

O NEXEED apresenta como uma das suas funcionalidades mais úteis para as equipas de engenharia de processos a capacidade de gerar e enviar automaticamente relatórios de *KPIs* alusivos ao estado de um determinado processo, cuja periodicidade pode ser adaptada às necessidades de cada processo produtivo. Por exemplo, se o engenheiro de processos responsável por monitorizar os resultados OK e NOK do *Dry-Test* associado ao Forno 6, ele pode requisitar à equipa responsável por gerir e programar as ferramentas do NEXEED para gerar um relatório automático referente ao último turno de produção deste processo diariamente. Ou seja, a cada final de turno, o engenheiro de processos iria receber no seu e-mail um relatório de fugas detalhado, com um top 10 de falhas, com somatórios agrupados por tipo de fuga e litragem/família da câmara de combustão. A Figura 22 apresenta um gráfico ilustrativo desta funcionalidade.

Desta forma, o tratamento de dados provenientes dos resultados do *Dry-Test* passaria a ser completamente desnecessária, dando mais tempo aos engenheiros para se focarem na análise dos dados já filtrados e na definição de ações preventivas ou corretivas.

No entanto, caso o engenheiro responsável queira monitorizar o estado do processo num determinado momento fora dos horários definidos para o envio destes relatórios, pode fazê-lo simplesmente acedendo ao NEXEED e, ao selecionar um determinado período temporal que pretende controlar, gerar um relatório semelhante ao apresentado na Figura 22. Desta forma, o *lead time* entre o resultado NOK ao nível do processo e a partilha dessa informação aproxima-se, virtualmente, da análise de dados em tempo real.



Equipment	Error Bit	Error Number	Description	Count
Line10.ST170.SI1.FU2.WP1.TP1	4		Production Part - Heat Cell Leak Test - Measurement Device Alarm	441
Line10.ST170.SI1.FU2.WP1.TP1	2		Production Part - Heat Cell Leak Test - Small Leak	317
Line10.ST260.SI1.FU3.WP1.TP1	8		EST Fan Gnd resistance failed	78
Line10.ST170.SI1.FU2.WP1.TP1	5		Production Part - Heat Cell Leak Test - Meas Device Ok, measured values out of specification	76
Line10.ST290.SI1.FU3.WP2.TP1	2		Production Part - CCS Test - Small Leak	63
Line10.ST290.SI1.FU3.WP2.TP1	5		Production Part - CCS Test - Meas Device Ok, measured values out of specification	47
Line10.ST170.SI1.FU2.WP1.TP1	1		Heat Cell Leak Test - Process Aborted	38
Line10.ST290.SI1.FU3.WP2.TP1	3		Production Part - CCS Test - Gross Leak	34
Line10.ST290.SI1.FU3.WP2.TP1	4		Production Part - CCS Test - Measurement Device Alarm	33
Line10.ST290.SI1.FU3.WP1.TP1	8		Vision Test - Labels not	30

Figura 22 – Exemplo de relatório de fugas automático gerado pelo NEXEED

## 5.5 Alterações aos requisitos de processo

Com o objetivo de dar condições ao processo e, conseqüentemente, possibilitar a implementação das alterações catalisadoras do processo melhorado descrito anteriormente, é necessário alterar alguns requisitos ao nível do processo, nomeadamente dos seus equipamentos.

### 5.5.1 Substituição dos Autômatos das Bancas *Dry-Test*

Estabelecer uma comunicação direta entre as bancas de ensaio do *Dry-Test* e o NEXEED requer a mudança de alguns equipamentos e da sua parametrização.

Em primeiro lugar, os autômatos responsáveis pelo processamento das receitas do *Dry-Test* devem ser substituídos e reprogramados. Um autômato representa parte integral do sistema PLC. Trata-se de um dispositivo mecânico programável que segue um conjunto predefinido de instruções básicas de forma a realizar tarefas específicas, sendo

frequentemente utilizados em ciência da computação, matemática, engenharia e muitos outros campos. Existem diferentes tipos de autômatos que, dependendo do seu contexto de aplicação, possuem diferentes funcionalidades, desde um simples reconhecimento de padrões num determinado conjunto de dados, a mais complexas automações de software para recolher e testar dados da web. A nível industrial, um autômato é conectado a uma série de sensores e mecanismos, permitindo que receba informações do ambiente de produção e que controle máquinas e dispositivos de acordo com esses dados. Para além disso, os autômatos podem ser integrados em redes industriais, permitindo a comunicação com outros dispositivos, como computadores, sistemas de supervisão e controlo, e até mesmo com outros sistemas PLC.

No fundo, a função destes componentes, que estão associados às bancas de ensaio, é fazer a ligação entre os parâmetros físicos testados pelo *Dry-Test* e as chamadas “receitas” que se encontram programadas no sistema PLC (ou Controlador Lógico Programável) da banca de ensaio. Estas receitas, que estão associadas às câmaras de combustão tendo em conta a sua litragem, permitem ao sistema identificar se os valores lidos pelo ensaio devem gerar um resultado OK ou NOK, com base na referência que se encontra a ser testada. Para além do equipamento em si, as próprias receitas devem ser atualizadas, porque ao longo do período inicial de acompanhamento do processo, foram detetadas várias incoerências na programação atual a nível dos parâmetros definidos para cada tipo de CC.

Na sua condição atual, o processo é incapaz de estabelecer esta comunicação, tanto a nível de hardware, por possuir um autômato que é incapaz de processar toda a informação que esta alteração exige, como, também, a nível do software, pelo facto de as receitas programadas diretamente no PLC se encontrarem desatualizadas. Desta forma, procedeu-se à pesquisa de um modelo com capacidade de processamento de informação e memória RAM suficientemente capazes para o efeito pretendido, bem como compatível com as restantes componentes do sistema PLC. Trata-se do modelo “Beckhoff CX9020” (Figura 23), uma versão atualizada do mesmo componente atualmente implementado nas bancas de ensaio.



**Figura 23** - Autômato "Beckhoff CX9020"

A programação dos novos autómatos está ao encargo da equipa de AvP/MFD (suportada pelos engenheiros de processos), o departamento responsável pelas atividades ligadas a automação industrial e Indústria 4.0, que foi fundamental em todo o decorrer deste projeto.

A zona do *Dry-Test* é composta, então, por quatro bancas de ensaio no total, dispostas em pares frente a frente, como é possível observar na Figura 24. Cada um destes pares de bancas de ensaio partilham um único autómato responsável pela programação dos parâmetros de processo, daí a necessidade de serem adquiridos não um, mas dois autómatos novos para que o novo processo cumpra com os requisitos desejados. Para além das “receitas” anteriormente mencionadas, estes novos componentes devem armazenar internamente, também, as imagens ilustrativas do tipo de fuga específico detetado durante o ensaio do *Dry-Test*.

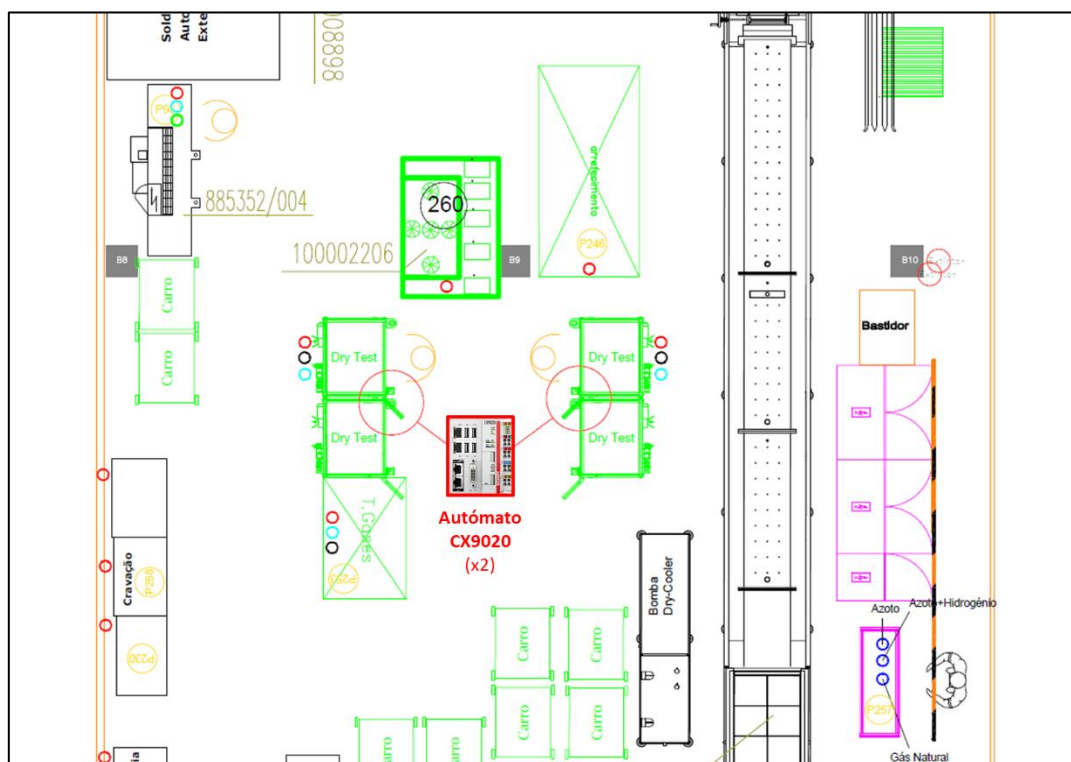


Figura 24 - Layout da Zona das bancas Dry-Test com novos autómatos

### 5.5.2 Implementação de Consolas HMI

Em segundo lugar, de forma a substituir as folhas de registo de fugas, é necessário implementar uma consola HMI que permita ao operador visualizar as fugas que tem à sua disposição para selecionar após o término no teste de estanqueidade. É importante ter em conta o facto de que, associado à descrição de cada tipo específico de fuga, existe a necessidade de apresentar a imagem respetiva no painel, dependendo da referência de CC em produção. Ou seja, o tamanho do painel passa, também, a ser considerado um requisito.



Para tal, realizou-se uma procura no catálogo dos fornecedores internos Bosch disponíveis por consolas com nove a dez polegadas úteis de ecrã, após a qual surgiu o modelo “Beijer X2 Pro 10” (Figura 25).



**Figura 25** - Consola HMI "Beijer X2 Pro 10"

Tendo em conta o número total de bancas de ensaio, quatro, e de forma a otimizar os custos associados a este projeto, foram adquiridos dois painéis HMI, ou seja, cada painel estará atribuído a duas bancas de ensaio.

Quanto à interação do operador com o painel, devem estar estabelecidos os seguintes precedentes:

1. No fim do teste de estanqueidade, se o resultado gerado for NOK o catálogo de defeitos da família da CC testada fica à sua disposição no HMI;
2. O operador deve, então, selecionar um ou mais tipos de fuga. Só quando houver seleção de, pelo menos, um defeito do catálogo e se clicar em “Terminar” o ciclo é terminado, os resultados enviados para o *MES*, e a CC é desbloqueada;
3. O Botão “Terminar” deve estar desabilitado caso nenhum defeito esteja selecionado, ou seja, a câmara é automaticamente desbloqueada com um resultado OK;
4. Uma das opções do catálogo de falhas é sempre “Outros”.

Segue, na Figura 26, um exemplo visual do painel HMI no momento da seleção de um ou mais tipos de fugas para uma CC da família “Compact4 10L”.

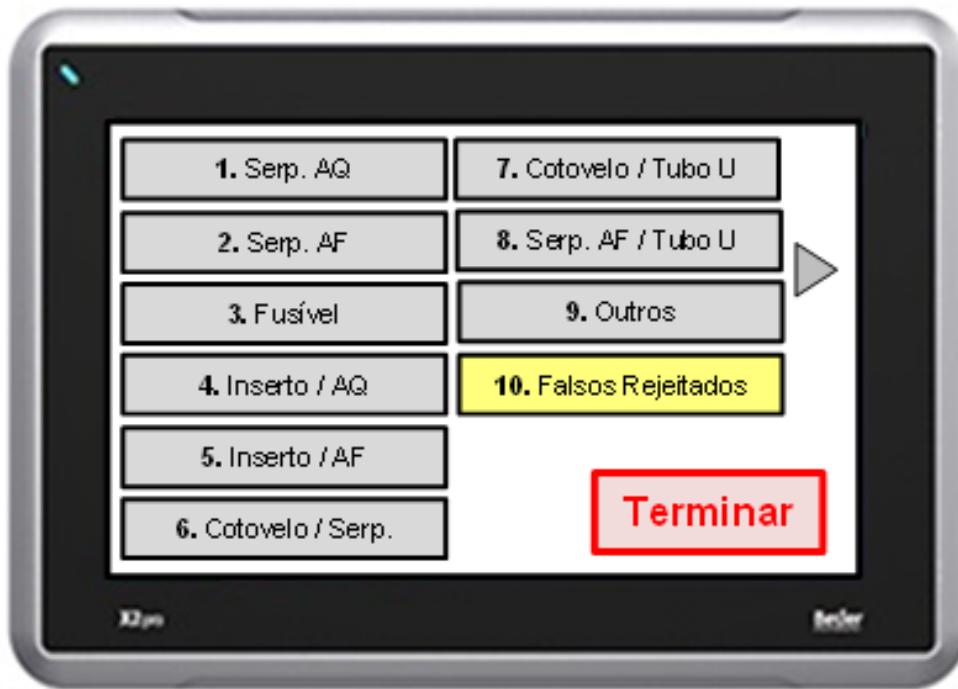


Figura 26 - HMI com catálogo de fugas de uma CC da família "Compact4 10L"

Para além disto, caso o operador tenha dúvidas acerca de que tipo de falha a seleccionar, poderá consultar o menu de imagens disponíveis para cada família (Figura 27), clicando na seta à direita do catálogo de falhas. Cada número corresponde a um tipo de falha.



Figura 27 – Suporte visual com a localização de cada tipo de fuga de uma CC "Compact4 10L"

Quanto à sua localização, cada um dos novos painéis HMI deve ficar posicionado entre as duas bancas de ensaio *Dry-Test* adjacentes, tal como os autómatos representados na Figura 24.

### 5.5.3 MES – Ficheiros de Referências e Fugas

Para que o sistema *MES* seja capaz de ler e processar a informação proveniente das bancas de ensaio e devolver dados úteis ao NEXEED para posterior visualização por parte dos engenheiros de processos, foram criados ficheiros para auxiliar essa tradução. Em primeiro lugar, um ficheiro XML, onde se encontram todas as referências de câmaras de combustão agrupadas por família de produto. Na Figura 28 apresenta-se o ficheiro em questão, que permite ao NEXEED *MES* identificar a família da CC em processamento, com base na referência enviada como *PartReceived* durante a sua leitura. Cada referência está atribuída a uma determinada família que está parametrizada segundo os seguintes valores:

- TP (*Tool Position*), que funciona como índice indentificador da família;
- Nome, que constitui uma designação composta pela secção em questão (842 *Dry-Test*) e litragem da CC em processamento;
- Família, que, tal como o nome indica, designa a família do produto;
- *ProcessNo*, que é o número definido para identificar o processo das bancas de ensaio, que, neste caso é “10”.

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
2 <DryTestStations>
3   <Station Id="8423.226" Name="Secção 842 Forno 6 Dry Test" >
4     <Locations>
5       <Location TP="1" Name="Secção 842 Dry Test - 10L" Family = "10L" ProcessNo="10" >
6         <TypeNo Id="8705406309" />
7         <TypeNo Id="8705406407" />
8         <TypeNo Id="8705406413" />
9         <TypeNo Id="8738706822" />
10        <TypeNo Id="8705406405" />
11        <TypeNo Id="8705406187" />
12        <TypeNo Id="8705406206" />
13        <TypeNo Id="8705406215" />
14        <TypeNo Id="8705406225" />
15        <TypeNo Id="8705406378" />
16        <TypeNo Id="8705406195" />
17        <TypeNo Id="8705406200" />
18        <TypeNo Id="8705406307" />
19        <TypeNo Id="8705406308" />
20        <TypeNo Id="8738706822" />
21        <TypeNo Id="8738702711" />
22        <TypeNo Id="8738706840" />
23      </Location>
24
25      <Location TP = "2" Name="Secção 842 Dry Test - 5L" Family = "5L" ProcessNo="10" >
26        <TypeNo Id="8738717555" />
27        <TypeNo Id="8738717556" />
28        <TypeNo Id="8738717557" />
29        <TypeNo Id="8738717558" />
30        <TypeNo Id="8738717569" />
31        <TypeNo Id="8738719467" />
32        <TypeNo Id="8705406350" />
33        <TypeNo Id="8705406351" />
34      </Location>
35    </Locations>
36  </Station>
37 </DryTestStations>
```

Figura 28 – Ficheiro XML com referências de Câmaras de combustão e respetivas famílias de produto (MES)

Para além disso, o posto de trabalho é identificado pelo *Id* “8423.226”, onde “226” representa o número do posto, e o nome correspondente (“Secção 842 Forno 6 Dry Test”). Todos estes campos e valores estão associados às quatro bancas de ensaio do *Dry-Test*.

Por conseguinte, tendo o *MES* identificado a família da CC, este acede à “árvore de falhas” correspondente, que está presente na sua base de dados num ficheiro Excel (Figura 29), que será disponibilizada no painel HMI ao operador, tal como ilustrado anteriormente na Figura 26. No interior de cada um destes ficheiros, estão elementos denominados por *NioBits*, que identificam um tipo específico de falha, dependendo da família do produto em processamento.

NioTextsS842_St226_1_10L.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_2_5L.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_3_7L.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_4_13L.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_5_LOWNOX 160 KBTU.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_6_LOWNOX 199 KBTU.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_7_C4 10LTS.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_8_C4 18LTS.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_9_C4 5LTS.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_10_C4 9LTS.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_11_C4 KME 11LTS.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_12_C4 KME 14LTS.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_13_C4 KME 17LTS.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_14_16L.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_15_WORLD.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_16_12LTS FP.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_17_15LTS FP.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_18_18LTS FP.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_19_BAXI.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_20_6LTS ECO.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_21_10_13_16LTS_ED.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_22_C4_Pitting 10LTS.csv	18/02/2022 15:57	Microsoft Excel Comma...	1 KB
NioTextsS842_St226_23_C4_Racio 10LTS.csv	10/01/2023 15:37	Microsoft Excel Comma...	1 KB

**Figura 29** – Ficheiros *NioBits* de todas as famílias de Câmaras de Combustão

Na Figura 30, estão listadas todas as falhas associadas à família “Compact4 10L”. À medida que o operador vai seleccionando os tipos de falhas ao longo do turno de trabalho, o *NEXEED MES* vai recebendo as mensagens em forma de *NioBits*, que, ao serem processados pelo sistema, permitem a geração de gráficos com o somatório de cada tipo de falha, tal como representado anteriormente na figura 22.

	A	B	C	D	E	F
1		0	COMPACT 4 10 LTS - SERPENTINA AQ			
2		1	COMPACT 4 10 LTS - SERPENTINA AF			
3		2	COMPACT 4 10 LTS - INSERTO / SERPENTINA AQ			
4		3	COMPACT 4 10 LTS - INSERTO / SERPENTINA AF			
5		4	COMPACT 4 10 LTS - COTOVELO / SERPENTINA			
6		5	COMPACT 4 10 LTS - COTOVELO / TUBO EM U			
7		6	COMPACT 4 10 LTS - FUSIVEL			
8		7	COMPACT 4 10 LTS - SERPENTINA AF/ TUBO U			
9		8	COMPACT 4 10 LTS - FALSOS REJEITADOS			
10		9	COMPACT 4 10 LTS - OUTROS			
11		10				
12		11				

**Figura 30** – Tipos de fugas da família “Compact4 9L” e respectivos NioBits

#### 5.5.4 Instruções de Trabalho

De modo a garantir os elevados níveis de eficiência e qualidade ao longo de toda a cadeia produtiva da Bosch Termotecnologia, todos os processos devem ser auxiliados por documentação standard que esteja a qualquer momento disponível para consulta por parte dos colaboradores. Este tipo de ferramenta suporta, não só, a mitigação de falhas no processo produtivo no dia-a-dia, bem como em ações de formação a novos colaboradores. Neste sentido, foi desenvolvida uma Instrução Visual que descreve todos os passos que o operador deve seguir de forma a registar um resultado NOK proveniente do ensaio de uma câmara de combustão nas bancas *Dry-Test* (ver anexo H).



## CAPÍTULO 6 – Conclusão

### 6.1 Resultados esperados

Com o trabalho levado a cabo, descrito no presente relatório, pretendeu-se evidenciar os pontos de melhoria num processo considerado crítico para os níveis de eficiência globais da Bosch Termotecnologia e sugerir ações de melhoria que auxiliem na sua mitigação. O processo em questão – a brasagem de câmaras de combustão no Forno 6 – sofre, atualmente, de inúmeros problemas ligados à qualidade das peças produzidas, facto que, em grande parte, se deve à falta de clareza dos dados provenientes do registo de falhas detetadas durante o *Dry-Test*. Com a proposta da integração do NEXEED neste último processo, surgem dois *outcomes* distintos. A curto prazo, a eliminação das incoerências entre os valores de fugas registados pelo Responsável de Turno e os reportados pelo mesmo através do relatório diário de fugas, que acaba por ser um dado facilmente mensurável.

Por outro lado, a longo prazo, tem-se a melhoria efetiva das ações de melhoria contínua da equipa de engenharia de processos responsável, devido ao aumento da fiabilidade dos dados e da redução do *lead time* entre o ensaio da CC nas bancas *Dry-Test* e análise dos dados por parte do engenheiro de processos de oito horas para, virtualmente, zero, passando, assim, de uma análise de dados em *real time*. No entanto, este impacto positivo a longo prazo na qualidade do processo não é facilmente mensurável, por não se tratar de uma relação direta de causalidade. Para tal, após a implementação de todas as melhorias em termos de requisitos de equipamento estar devidamente concluída e testada, deve ser feito um acompanhamento exaustivo da nova condição do processo, de modo a garantir a sua estabilização, bem como dos indicadores diários de qualidade do processo, fazendo, simultaneamente, a relação entre a melhoria desses valores e as ações de melhoria contínua implementadas pelos engenheiros de processos.

Relativamente à melhoria do tempo de ciclo do processo global, visível no balanceamento presente no anexo K, alterar a forma como o operador efetua o registo do tipo de falha após o ensaio de estanqueidade em nada influencia este valor, devido ao facto de o tempo de ensaio da CC ser superior ao do registo do tipo de fuga, sendo este registo feito de forma manuscrita em papel ou através da interação com um painel HMI.

### 6.2 Reflexão sobre o trabalho realizado

O presente relatório apresentou um projeto desenvolvido na Bosch Termotecnologia S.A., localizada em Aveiro, que teve como principal objetivo demonstrar a importância que a fiabilidade de dados, a standardização dos fluxos de informação e a integração de soluções automatizadas e interligadas ao nível do *SFM* pode ter no dia-a-dia de uma organização cuja

filosofia assenta na melhoria contínua, utilizando um processo crítico do VS de MFO como exemplo e oportunidade de melhoria.

Num mercado mundial cada vez mais competitivo, face ao exponencial desenvolvimento tecnológico, as empresas procuram continuamente ganhar vantagem competitiva face aos seus concorrentes diretos e, para tal, os seus fluxos de informação interna devem acompanhar esse mesmo desenvolvimento. A rapidez no tratamento e na análise dos dados provenientes dos processos *bottleneck* e mais críticos torna-se progressivamente mais urgente, de modo que as atividades de melhoria continua possam ser levadas a cabo com a maior eficiência possível. Por outro lado, garantir que a informação utilizada e partilhada é o mais fidedigna possível deve ser assumido cada vez mais como um foco para as empresas, de modo a evitar entropias e inércias nos seus processos.

Neste sentido, o intuito do projeto descrito neste relatório passou por avaliar a condição atual de um processo considerado crítico dentro dos processos à responsabilidade da equipa de MFO e perceber quais as suas principais lacunas e consequentes oportunidades de melhoria, visando, também, demonstrar a relevância de certos aspetos fundamentais para um processo se poder tornar mais eficiente. Em paralelo, a revisão de literatura realizada teve como objetivo suportar as ideologias abordadas ao longo do relatório, na qual a inclusão de um caso prático bastante ilustrativo do âmbito deste projeto daria ainda mais peso às ideias sugeridas.

Pegando precisamente nesse caso de estudo, ficou claro o facto de os três componentes do *DSF* mais influenciadores dos sistemas *SFM* serem uma representação perfeita das possíveis soluções para as lacunas identificadas no processo de recolha, tratamento e análise dos dados provenientes das bancas de ensaio do *Dry-Test*. Em primeiro lugar, a monitorização de dados em tempo real, que se torna possível através do acesso a qualquer momento ao *NEXEED MES*, que permitirá a consulta dos valores das fugas para um determinado período temporal definido pelo utilizador. Depois, a recolha de dados automática, com a importação direta para o sistema do tipo de fuga selecionada por parte do operador, eliminando, assim, a necessidade da recolha dos registos manuais e da sua importação manual no sistema, algo que diminuiria o constante aparecimento de incoerências de informação, como o caso demonstrado no anexo F. E, por último, a geração automática de relatórios da condição do processo, que representam ferramentas úteis para a discussão diária nas reuniões das equipas responsáveis por definir ações de melhoria contínua.

Por fim, olhando para a vertente da fiabilidade de dados, a possibilidade de eliminar etapas do processo que tenham o erro humano como um fator associado, automaticamente levará a uma maior fiabilidade de dados, garantindo que tudo o que for programado e parametrizado para se tornar automático seja feito corretamente, claro. Desta forma, retirar do processo as atividades de recolha e importação manual dos registos NOK e de tratamento



dos dados em sistema faz com que a única atividade do processo sujeita à possibilidade do erro humano seja a seleção do tipo de fuga a cada CC que gere um resultado NOK no *Dry-Test*. Adicionalmente, a substituição do registo manual em folhas de papel pela seleção num painel HMI com auxílio visual do detalhe de cada fuga reduz substancialmente a possibilidade de erro humano nessa mesma atividade.

### 6.3 Sugestões de trabalho futuro

De forma garantir a correta implementação das sugestões de melhoria referidas, é necessário trabalhar no sentido de alterar os requisitos de processo, tal como descrito na secção 5.4, bem como promover um acompanhamento devidamente estruturado ao processo melhorado e com objetivos bem definidos no que toca aos *targets* de *KPIs*. Para tal, o projeto deverá ser incluído nas atividades de melhoria contínua do *System-CIP*.

Após este período de acompanhamento inicial durante a fase de estabilização, poderão ser estudadas novas formas de analisar o estado do processo em tempo real. Por exemplo, perceber com o departamento responsável pela gestão das ferramentas do NEXEED (AvP/MFD) qual a possibilidade de adicionar às funcionalidades de controlo do processo um gráfico em tempo real ou acumulado do mês passado do valor do *OEE* e dos seus fatores constituintes (velocidade, disponibilidade e qualidade), com um certo nível de detalhe em cada um deles. Por exemplo, dentro do fator disponibilidade, o engenheiro de processos ser capaz de consultar quais as paragens não planeadas mais representativas da última semana na célula de montagem C1.

Por fim, caso a implementação do NEXEED e de todas as suas ferramentas e funcionalidades neste processo seja um sucesso, deveriam ser identificados outros processos críticos passíveis de uma implementação semelhante, de modo a continuar a traçado o caminho para um chão de fábrica totalmente interligado e capaz de dar alertas cada vez mais atempados e fidedignos em momentos de falha nos processos.

Para além de tudo isto, o desenvolvimento de um estudo acerca da implementação de ferramentas automáticas de análise visual e diagnóstico das câmaras de combustão à saída do Forno 6 traria, eventualmente, um elevado nível de valor acrescentado ao processo como um todo.

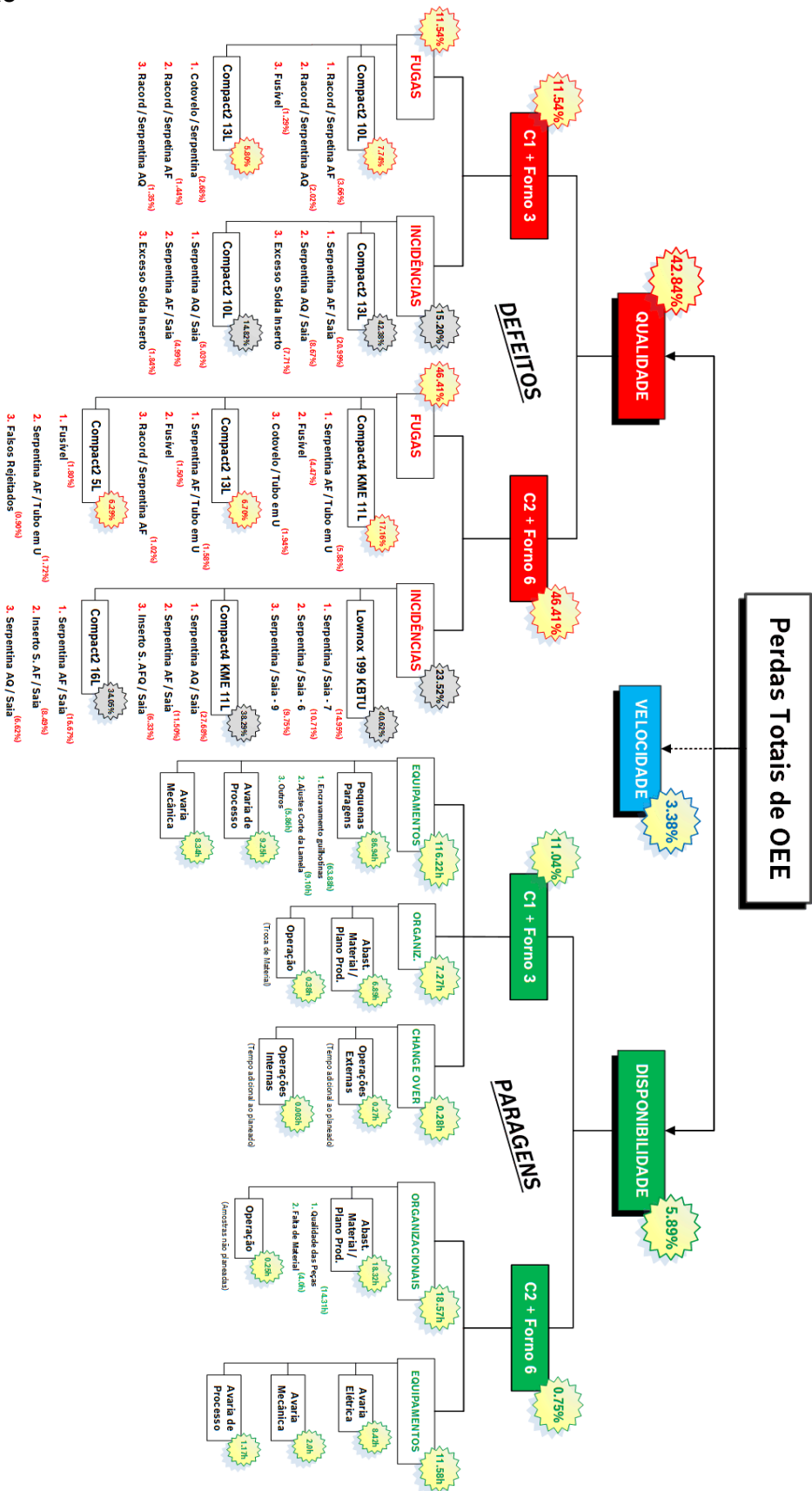
## Bibliografia

- AvP/PM, B. T. S. A. (2022). *Site Introduction AvP 2022.03*.
- Berrahal, W., & Marghoubi, R. (2016). Lean continuous improvement to information technology service management implementation: Projection of ITIL framework. *2016 International Conference on Information Technology for Organizations Development, IT4OD 2016*. <https://doi.org/10.1109/IT4OD.2016.7479279>
- Bjelland, Elise & Haddara, Moutaz. (2018). Evolution of ERP Systems in the Cloud: A Study on System Updates. *Systems*. 6. 22. <https://doi.org/10.3390/systems6020022>
- Bosch Termotecnologia S.A. (2020). *Bosch em Portugal | Aveiro*. <https://www.bosch.pt/a-nossa-empresa/bosch-em-portugal/aveiro/>
- Bosch Termotecnologia S.A. AvP/HRL. (2019). *Mudança Organizacional 13.12.2019 TT*.
- Cifone, F. D., Hoberg, K., Holweg, M., & Staudacher, A. P. (2021). 'Lean 4.0': How can digital technologies support lean practices? *International Journal of Production Economics*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108258>
- Combi, C., Galetto, F., Nakawala, H. C., Pozzi, G., & Zerbato, F. (2021). Enriching surgical process models by BPMN extensions for temporal durations. *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, 586–593. <https://doi.org/10.1145/3412841.3441939>
- Dumas, M. (2018). Fundamental Business Process Management. In *Lecture Notes in Business Information Processing* (Vol. 168)
- Frederico, G. F., Garza-Reyes, J. A., Anosike, A., & Kumar, V. (2020). Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. *Supply Chain Management*, 25(2), 262–282. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339>
- Gil-Vilda, F., Yagüe-Fabra, J. A., & Sunyer, A. (2021). From lean production to lean 4.0: A systematic literature review with a historical perspective. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app112110318>
- Hertle, C., Siedelhofer, C., Metternich, J. and Abele, E. (2015), "The next generation shop floor management – how to continuously develop competencies in manufacturing environments", The 23rd International Conference on Production Research 2015, p. 10.
- Intrigila, B., della Penna, G., & D'Ambrogio, A. (2021). A Lightweight BPMN Extension for Business Process-Oriented Requirements Engineering. *Computers*, 10(12), 171. <https://doi.org/10.3390/computers10120171>
- Kocbek, M., Jošt, G., Heričko, M., & Polančič, G. (2015). Business process model and notation: The current state of affairs. *Computer Science and Information Systems*, 12(2), 509-539.
- Lanteri, A. (2021). Strategic drivers for the fourth industrial revolution. *Thunderbird International Business Review*, 63(3), 273–283. <https://doi.org/10.1002/tie.22196>

- Lehnert, M., Linhart, A., & Roeglinger, M. (2017). Exploring the intersection of business process improvement and BPM capability development: A research agenda. *Business Process Management Journal*, 23(2), 275–292. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2016-0095>
- Moutaz Haddara, Ahmed Elragal (2015). The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future, *Procedia Computer Science*, Volume 64, Pages 721-728. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.598>.
- Morais, R. M. de, Kazan, S., Pádua, S. I. D. de, & Costa, A. L. (2014). An analysis of bpm lifecycles: From a literature review to a framework proposal. *Business Process Management Journal*, 20(3), 412–432. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2013-0035>
- Najwa, E., Bertrand, R., Yassine, M., Fernandes, G., Abdeen, M., & Souad, S. (2022). Lean 4.0 tools and technologies to improve companies' maturity level: the COVID-19 context. *Procedia Computer Science*, 196, 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.007>
- Pereira, Rui Pedro Ferreira – Sistema de Identificação de Câmaras de Combustão com Recurso a Machine Learning, Aveiro : Universidade de Aveiro, 2023. 107 p. Dissertação de Mestrado.
- Robert Bosch GmbH. (2019). *1886-1905: From first workshop to factory | Bosch Global*. History of Bosch Group. <https://www.bosch.com/stories/1886-1905-from-first-workshop-to-factory/>
- Robert Bosch GmbH. (2022). *BOSCH Portal| Bosch Global Net|Organization|Business Units*.
- Robert Bosch S.A. (2022). *A nossa empresa | Bosch em Portugal*. <https://www.bosch.pt/a-nossa-empresa/bosch-em-portugal/>
- Sader, S., Husti, I., & Daróczy, M. (2019). Industry 4.0 as a Key Enabler toward Successful Implementation of Total Quality Management Practices. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 27(2), 131–140. <https://doi.org/10.3311/PPSO.12675>
- Salvadorinho, J., & Teixeira, L. (2021). Stories told by publications about the relationship between industry 4.0 and lean: Systematic literature review and future research agenda. In *Publications* (Vol. 9, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/publications9030029>
- Torres, D., Pimentel, C. and Duarte, S. (2020), "Shop floor management system in the context of smart manufacturing: a case study", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 11 No. 5, pp. 823-848. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2017-0151>
- Vinitha, K., Ambrose Prabhu, R., Bhaskar, R., & Hariharan, R. (2020). Review on industrial mathematics and materials at Industry 1.0 to Industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 33, 3956–3960. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.06.331>

# ANEXOS

## Anexo A – Análise de Perdas de OEE do processo produtivo das Câmaras de combustão



## Anexo B – Tabelas para cálculo de incidências registradas no Forno 6

	Tipo Falha	FAMILIA	Qtd.
Abr - Maio	COMPACT 4 KME 11LTS - SERPENTINA AQ/ SAIA	Compact4 KME 11L	1191
	5L - SERPENTINA AF/ SAIA	5L	1084
	COMPACT 4 KME 11LTS - SERPENTINA AF/ SAIA	Compact4 KME 11L	718
	5L - INSERTO SERPENTINA AQ/ SAIA	5L	673
	5L - SOLDA ESCORRIDA NA SERPENTINA	5L	549
	16L - SERPENTINA AF / SAIA	16L	487
	COMPACT 4 KME 11LTS - LAMELA / SAIA - FALTA DE SOLDA	Compact4 KME 11L	472
	COMPACT 4 KME 11LTS - INSERTO SERPENTINA AQ/ SAIA	Compact4 KME 11L	425
Maio - Jun	LOWNOX 199 KBTU - PONTO 10 - BRASAGEM LAMELAS ANDAR INFERIOR	Lownox 199 KBTU	399
	COMPACT 4 KME 14LTS - SERPENTINA AQ/ SAIA	Compact4 KME 14L	398
	COMPACT 4 KME 11LTS - SERPENTINA AQ/ SAIA	Compact4 KME 11L	758
	COMPACT 4 KME 11LTS - SERPENTINA AF/ SAIA	Compact4 KME 11L	642
	LOWNOX 199 KBTU - PONTO 7 - BRASAGEM SERPENTINA SAIA	Lownox 199 KBTU	523
	5L - SOLDA ESCORRIDA NA SERPENTINA	5L	416
	LOWNOX 199 KBTU - PONTO 6 - BRASAGEM SERPENTINA SAIA	Lownox 199 KBTU	374
	LOWNOX 199 KBTU - PONTO 9 - BRASAGEM SERPENTINA SAIA	Lownox 199 KBTU	353
Jun - Jul	COMPACT 4 KME 14LTS - SERPENTINA AQ/ SAIA	Compact4 KME 14L	338
	16L - SERPENTINA AF / SAIA	16L	332
	16L - SERPENTINA AQ / SAIA	16L	325
	COMPACT 4 KME 11LTS - INSERTO SERPENTINA AQ/ SAIA	Compact4 KME 11L	324
	5L - EXCESSO DE SOLDA NO INSERTO	5L	631
	LOWNOX 199 KBTU - PONTO 7 - BRASAGEM SERPENTINA SAIA	Lownox 199 KBTU	624
	13L - SERPENTINA AF/ SAIA	13L	543
	LOWNOX 199 KBTU - PONTO 6 - BRASAGEM SERPENTINA SAIA	Lownox 199 KBTU	448
	5L - SOLDA ESCORRIDA NA SERPENTINA	5L	436
	13L - SERPENTINA AQ/ SAIA	13L	417
	5L - SERPENTINA AF/ SAIA	5L	408
	LOWNOX 199 KBTU - PONTO 9 - BRASAGEM SERPENTINA SAIA	Lownox 199 KBTU	395
	16L - INSERTO SERPENTINA AF / SAIA	16L	266
	16L - INSERTO SERPENTINA AQ/ SAIA	16L	263

FAMILIA		(Tudo)
Tipo de Falha	Soma de Qtd.	
13L - SERPENTINA AF/ SAIA	543	
13L - SERPENTINA AQ/ SAIA	417	
16L - INSERTO SERPENTINA AF / SAIA	266	8.49%
16L - INSERTO SERPENTINA AQ/ SAIA	263	
16L - SERPENTINA AF / SAIA	819	16.67%
16L - SERPENTINA AQ / SAIA	325	6.62%
5L - EXCESSO DE SOLDA NO INSERTO	631	
5L - INSERTO SERPENTINA AQ/ SAIA	673	
5L - SERPENTINA AF/ SAIA	1492	
5L - SOLDA ESCORRIDA NA SERPENTINA	1401	
COMPACT 4 KME 11LTS - INSERTO SERPENTINA AQ/ SAIA	749	6.33%
COMPACT 4 KME 11LTS - LAMELA / SAIA - FALTA DE SOLDA	472	
COMPACT 4 KME 11LTS - SERPENTINA AF/ SAIA	1360	11.50%
COMPACT 4 KME 11LTS - SERPENTINA AQ/ SAIA	1949	27.68%
COMPACT 4 KME 14LTS - SERPENTINA AQ/ SAIA	736	
LOWNOX 199 KBTU - PONTO 10 - BRASAGEM LAMELAS ANDAR INFERIOR	399	
LOWNOX 199 KBTU - PONTO 6 - BRASAGEM SERPENTINA SAIA	822	10.71%
LOWNOX 199 KBTU - PONTO 7 - BRASAGEM SERPENTINA SAIA	1147	14.95%
LOWNOX 199 KBTU - PONTO 9 - BRASAGEM SERPENTINA SAIA	748	9.75%
<b>Total Geral</b>	<b>15212</b>	

Familia	Prod.	Inc. %
Lownox 199 KBTU	7672	40.62%
Compact4 KME 11L	11831	38.29%
16L	4913	34.05%
Compact4 KME 14L	5601	13.14%
13L	7868	12.20%
5L	38729	10.84%

### Anexo C – Tabelas para cálculo de incidências e fugas registradas no Forno 3

Soma de Qtd Produzida	Referência					
Rótulos de Linha	8705406405	8705406407	8705406413	8738706822	8738708147	Total Geral
10L	270	239	75	76520		77104
13L					5616	5616
<b>Total Geral</b>	<b>270</b>	<b>239</b>	<b>75</b>	<b>76520</b>	<b>5616</b>	<b>82720</b>

Defeito	FUGAS DRY TEST
---------	----------------

Soma de Retrabalhos	Rótulos de Coluna		
Rótulos de Linha	10L	13L	Total Geral
COTOVELO / SERPENTINA	721	235	956
COTOVELO / TUBO EM U	318	55	373
FALSOS REJEITADOS	22		22
FUSÍVEL	1765	48	1813
RACORD / SERPENTINA AF	3898	193	4091
RACORD / SERPENTINA AQ	2327	115	2442
SERPENTINA AF	1		1
SERPENTINA AF/ TUBO EM U	768	15	783
SERPENTINA AQ	1		1
<b>Total Geral</b>	<b>9821</b>	<b>661</b>	<b>10482</b>

Defeito	INCIDÊNCIA VISUAL
---------	-------------------

Soma de Retrabalhos	Rótulos de Coluna		
Rótulos de Linha	10L	13L	Total Geral
EXCESSO DE SOLDA NO INSERTO	1422	433	1855
INSERTO SERPENTINA AQ / SAIA	187	200	387
INSERTO SERPENTINA AF / SAIA	102	3	105
LAMELA / SAIA - FALTA DE SOLDA	1412	46	1458
LAMELA / SAIA - SOLDA FORA DO SITIO	453	11	464
RACORD SERPENTINA AF / SAIA	9	11	20
RACORD SERPENTINA AQ / SAIA	102	10	112
SAIA ABERTO NO AGRAFO	1		1
SAIA RASGADA	15		15
SERPENTINA AF / SAIA	3845	1179	5024
SERPENTINA AQ / SAIA	3879	487	4366
<b>Total Geral</b>	<b>11427</b>	<b>2380</b>	<b>13807</b>

Soma de Retrabalhos	Rótulos de Coluna					
Rótulos de Linha	FUGAS DRY TEST	INCIDÊNCIA VISUAL	SUCATA	Total Geral	FUGAS%	INCIDÊNCIA%
10L	9821	11427	2271	23519	<b>12.74%</b>	<b>14.82%</b>
13L	661	2380	315	3356	<b>11.77%</b>	<b>42.38%</b>
<b>Total Geral</b>	<b>10482</b>	<b>13807</b>	<b>2586</b>	<b>26875</b>		

**Anexo D – Tabela de somatórios de paragens não planeadas registadas na C1 e C2, respetivamente**

Tipo de Paragem Não Planeada	Soma de Duração(h)
<b>CHANGE OVER</b>	<b>0.28</b>
<b>OPERAÇÕES EXTERNAS</b>	<b>0.273888889</b>
TEMPO ADICIONAL AO PLANEADO	0.273888889
<b>OPERAÇÕES INTERNAS</b>	<b>0.003055556</b>
TEMPO ADICIONAL AO PLANEADO	0.003055556
<b>EQUIPAMENTOS</b>	<b>116.22</b>
<b>AVARIA</b>	<b>116.2225</b>
ELÉTRICA	4.443888889
FERRAMENTA	6.933611111
MECÂNICA	8.3425
PEQUENAS PARAGENS (COLOCAR COMENTÁRIOS)	86.93916667
PNEUMÁTICA	0.308888889
PROCESSO	9.254444444
<b>ORGANIZACIONAIS</b>	<b>7.27</b>
<b>ABASTECIMENTO MATERIAL/ PLANO PRODUÇÃO</b>	<b>6.8875</b>
ALTERAÇÃO PLANO PRODUÇÃO	6.5
QUALIDADE MATERIAL COMPRA (MAT. PRIMA, P.EX.)	0.204166667
QUALIDADE MATERIAL SECÇÕES INTERNAS (FRENTES, ...)	0.183333333
<b>OPERAÇÃO</b>	<b>0.383055556</b>
TROCA DE MATERIAL (CAIXAS, CONTENTORES)	0.383055556
<b>Total Geral</b>	<b>123.77</b>

Tipo de Paragem Não Planeada	Soma de Duração(h)
<b>EQUIPAMENTOS</b>	<b>11.58</b>
<b>AVARIA</b>	<b>11.58333333</b>
ELÉTRICA	8.416666667
MECÂNICA	2
PROCESSO	1.166666667
<b>ORGANIZACIONAIS</b>	<b>18.57</b>
<b>ABASTECIMENTO MATERIAL/ PLANO PRODUÇÃO</b>	<b>18.31666667</b>
FALTA MATERIAL SECÇÕES	4
QUALIDADE PEÇAS SECÇÕES (CC'S 2ª VEZ)	14.31666667
<b>OPERAÇÃO</b>	<b>0.25</b>
AMOSTRAS NÃO PLANEADAS	0.25
<b>Total Geral</b>	<b>30.15</b>

**Anexo E – Tabelas de Perdas de OEE ao longo do segundo trimestre de 2022 no Forno 6 e Forno 3**

<b>FORNO 6</b>						
<b>Dia</b>	<b>Velocidade</b>	<b>Disponibilidade</b>	<b>Qualidade</b>	<b>OEE</b>	<b>Target</b>	
04/04/2022	96.74%	100.00%	31.14%	30.12%	70%	<b>ABRIL</b>
05/04/2022	148.20%	100.00%	47.17%	69.91%	70%	
06/04/2022	126.02%	97.04%	64.61%	79.01%	70%	
07/04/2022	112.44%	97.78%	55.87%	61.43%	70%	
08/04/2022	120.06%	100.00%	51.43%	61.74%	70%	
09/04/2022	138.59%	100.00%	50.04%	69.35%	70%	
10/04/2022	84.13%	100.00%	13.11%	11.03%	70%	
11/04/2022	101.90%	100.00%	28.09%	28.63%	70%	
12/04/2022	92.45%	100.00%	20.43%	18.89%	70%	
13/04/2022	85.76%	97.04%	30.39%	25.29%	70%	
14/04/2022	136.95%	94.81%	58.41%	75.84%	70%	
15/04/2022	83.20%	100.00%	65.18%	54.23%	70%	
19/04/2022	109.81%	100.00%	68.46%	75.17%	70%	
20/04/2022	111.31%	100.00%	72.51%	80.71%	70%	
21/04/2022	107.99%	100.00%	73.48%	79.35%	70%	
22/04/2022	95.98%	97.04%	60.28%	56.15%	70%	
23/04/2022	106.83%	100.00%	44.44%	47.47%	70%	
24/04/2022	98.00%	100.00%	75.35%	73.84%	70%	
26/04/2022	118.78%	100.00%	62.31%	74.01%	70%	
27/04/2022	82.37%	100.00%	63.58%	52.37%	70%	
28/04/2022	92.09%	100.00%	61.68%	56.80%	70%	
29/04/2022	122.39%	100.00%	72.67%	88.94%	70%	
30/04/2022	75.18%	96.74%	74.23%	53.99%	70%	
01/05/2022	75.11%	100.00%	86.34%	64.85%	70%	<b>MAIO</b>
02/05/2022	124.03%	100.00%	65.67%	81.45%	70%	
03/05/2022	124.35%	100.00%	55.07%	68.48%	70%	
04/05/2022	120.02%	100.00%	65.45%	78.55%	70%	
05/05/2022	117.71%	100.00%	76.07%	89.54%	70%	
06/05/2022	97.38%	100.00%	51.09%	49.75%	70%	
09/05/2022	109.76%	100.00%	62.08%	68.14%	70%	
10/05/2022	100.80%	100.00%	44.35%	44.71%	70%	
11/05/2022	121.30%	100.00%	57.03%	69.18%	70%	
13/05/2022	124.37%	100.00%	51.80%	64.43%	70%	
16/05/2022	58.56%	100.00%	6.26%	3.67%	70%	
17/05/2022	69.87%	100.00%	25.37%	17.73%	70%	
18/05/2022	68.41%	100.00%	25.36%	17.35%	70%	
19/05/2022	86.65%	100.00%	60.01%	52.00%	70%	
20/05/2022	93.16%	100.00%	76.63%	71.39%	70%	
23/05/2022	91.14%	70.37%	61.31%	39.32%	70%	
24/05/2022	90.70%	100.00%	50.83%	46.10%	70%	
25/05/2022	112.62%	100.00%	73.58%	82.87%	70%	
26/05/2022	76.16%	100.00%	78.12%	59.49%	70%	
27/05/2022	90.48%	100.00%	84.39%	76.36%	70%	
30/05/2022	76.98%	100.00%	86.98%	66.96%	70%	
31/05/2022	85.96%	100.00%	78.52%	67.50%	70%	



01/06/2022	79.72%	100.00%	76.75%	61.19%	70%	<b>JUNHO</b>
02/06/2022	87.80%	100.00%	75.71%	66.47%	70%	
03/06/2022	70.72%	100.00%	71.34%	50.45%	70%	
06/06/2022	80.26%	100.00%	45.26%	36.32%	70%	
07/06/2022	79.01%	100.00%	28.62%	22.62%	70%	
08/06/2022	116.42%	100.00%	81.26%	94.61%	70%	
09/06/2022	89.05%	100.00%	80.12%	71.35%	70%	
13/06/2022	86.96%	100.00%	76.10%	66.18%	70%	
14/06/2022	88.69%	100.00%	73.70%	65.37%	70%	
15/06/2022	79.35%	100.00%	51.33%	40.73%	70%	
17/06/2022	78.88%	100.00%	54.95%	43.34%	70%	
20/06/2022	85.94%	100.00%	29.01%	24.93%	70%	
21/06/2022	97.53%	100.00%	54.91%	53.56%	70%	
22/06/2022	95.29%	100.00%	51.68%	49.24%	70%	
23/06/2022	82.44%	100.00%	33.65%	27.74%	70%	
24/06/2022	77.35%	100.00%	68.44%	52.94%	70%	
27/06/2022	87.29%	100.00%	60.26%	52.60%	70%	
28/06/2022	93.15%	100.00%	67.85%	63.20%	70%	
29/06/2022	93.15%	100.00%	79.69%	74.22%	70%	
30/06/2022	53.35%	100.00%	65.74%	35.07%	70%	
01/07/2022	79.81%	100.00%	72.76%	58.07%	70%	<b>JULHO</b>

### FORNO 3

Dia	Velocidade	Disponibilidade	Qualidade	OEE	Target	<b>ABRIL</b>
04/04/2022	77.80%	45.47%	16.77%	5.93%	90%	
05/04/2022	89.47%	71.78%	64.61%	41.49%	90%	
06/04/2022	102.25%	70.88%	72.77%	52.74%	90%	
07/04/2022	95.06%	76.32%	71.75%	52.05%	90%	
08/04/2022	91.26%	83.95%	86.61%	66.36%	90%	
11/04/2022	120.47%	49.73%	78.71%	47.16%	90%	
12/04/2022	101.35%	68.38%	67.60%	46.85%	90%	
13/04/2022	90.23%	83.65%	66.29%	50.03%	90%	
14/04/2022	94.18%	70.40%	82.84%	54.93%	90%	
19/04/2022	102.67%	73.04%	83.87%	62.89%	90%	
20/04/2022	85.94%	94.28%	83.71%	67.83%	90%	
21/04/2022	119.19%	63.38%	82.29%	62.16%	90%	
22/04/2022	80.79%	93.37%	92.08%	69.46%	90%	
26/04/2022	85.97%	98.84%	87.33%	74.21%	90%	
27/04/2022	93.67%	88.90%	86.99%	72.45%	90%	
28/04/2022	118.13%	80.39%	85.44%	81.14%	90%	
29/04/2022	93.56%	81.93%	95.15%	72.94%	90%	

02/05/2022	126.39%	59.47%	85.84%	64.52%	90%	<b>MAIO</b>
03/05/2022	87.58%	95.12%	91.90%	76.56%	90%	
04/05/2022	95.39%	91.30%	87.88%	76.54%	90%	
05/05/2022	86.85%	96.53%	87.54%	73.39%	90%	
06/05/2022	89.75%	96.06%	88.94%	76.68%	90%	
09/05/2022	100.60%	98.29%	79.73%	78.83%	90%	
10/05/2022	92.83%	99.41%	74.37%	68.63%	90%	
11/05/2022	120.20%	88.72%	90.12%	96.10%	90%	
13/05/2022	104.64%	100.00%	90.83%	95.04%	90%	
16/05/2022	97.57%	83.79%	58.42%	47.76%	90%	
17/05/2022	116.98%	93.96%	86.53%	95.10%	90%	
18/05/2022	100.09%	95.35%	81.83%	78.09%	90%	
19/05/2022	102.06%	99.09%	81.42%	82.34%	90%	
20/05/2022	100.52%	100.00%	86.21%	86.66%	90%	
23/05/2022	98.98%	97.52%	86.68%	83.67%	90%	
24/05/2022	69.50%	94.44%	83.39%	54.74%	90%	
25/05/2022	105.41%	96.82%	89.44%	91.28%	90%	
26/05/2022	100.63%	95.98%	88.56%	85.54%	90%	
27/05/2022	87.68%	99.74%	89.91%	78.62%	90%	
30/05/2022	89.59%	95.64%	91.73%	78.60%	90%	
31/05/2022	84.09%	96.49%	91.00%	73.84%	90%	
01/06/2022	87.81%	100.00%	92.97%	81.63%	90%	<b>JUNHO</b>
02/06/2022	100.25%	99.60%	91.78%	91.64%	90%	
03/06/2022	86.33%	96.59%	92.55%	77.17%	90%	
06/06/2022	99.66%	97.83%	89.77%	87.53%	90%	
07/06/2022	95.32%	98.72%	93.59%	88.07%	90%	
08/06/2022	99.21%	99.53%	94.83%	93.65%	90%	
09/06/2022	108.02%	99.12%	95.08%	101.81%	90%	
13/06/2022	101.86%	86.80%	92.73%	81.98%	90%	
14/06/2022	98.32%	89.21%	83.20%	72.98%	90%	
15/06/2022	92.04%	95.96%	77.09%	68.09%	90%	
17/06/2022	102.79%	85.75%	91.08%	80.28%	90%	
20/06/2022	97.50%	91.75%	83.99%	75.13%	90%	
21/06/2022	89.79%	99.15%	73.76%	65.66%	90%	
22/06/2022	96.96%	86.11%	57.05%	47.63%	90%	
23/06/2022	93.41%	97.86%	73.40%	67.09%	90%	
24/06/2022	91.80%	87.96%	64.44%	52.03%	90%	
27/06/2022	114.22%	98.66%	75.72%	85.33%	90%	
28/06/2022	93.11%	92.78%	78.07%	67.44%	90%	
29/06/2022	92.80%	99.06%	84.74%	77.90%	90%	
30/06/2022	93.82%	100.00%	87.71%	82.29%	90%	
01/07/2022	95.19%	77.97%	94.11%	69.85%	90%	<b>JULHO</b>

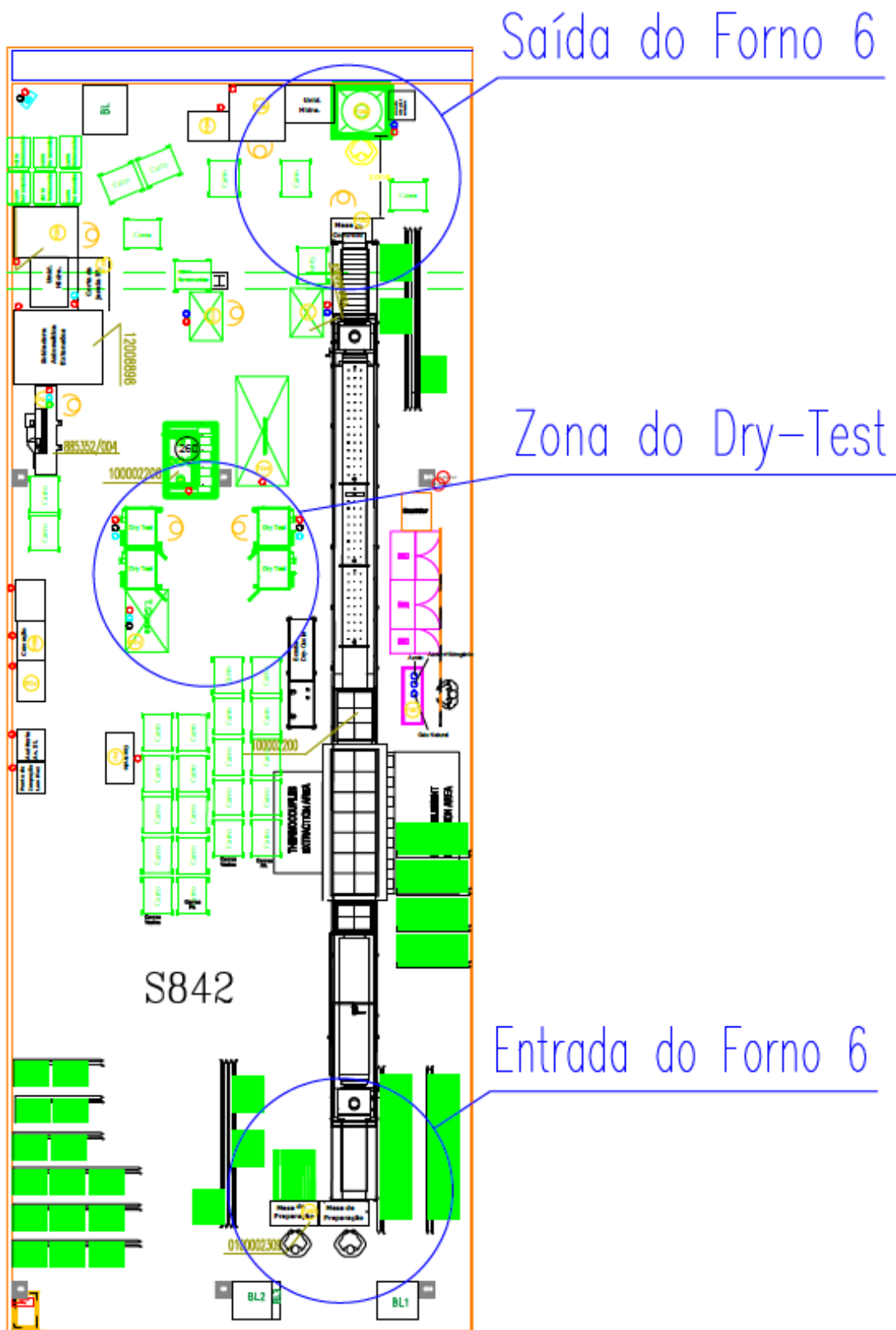
**Anexo F – Tabela de incoerências entre valores de fugas calculados vs reportados**  
(Forno 6, turno 1)

<b>Média de Valores Delta</b>	<b>2.7%</b>
<b>% de Valores Delta ≠ 0</b>	<b>71%</b>


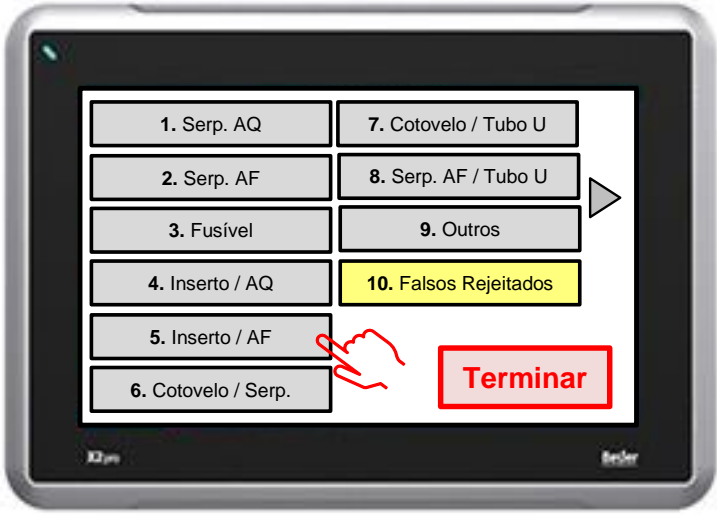
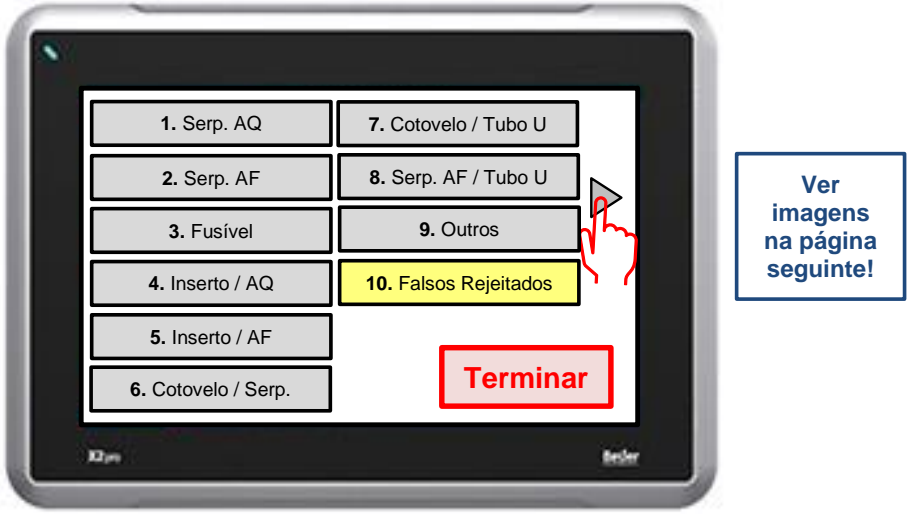
	<b>Dia</b>	<b>% Fugas Sistema</b>	<b>% Fugas Reportadas</b>	<b>Delta</b>
<b>ABRIL</b>	01/04/2022	109%	102%	<b>7.0%</b>
	02/04/2022	79%	76%	<b>2.7%</b>
	03/04/2022	106%	98%	<b>8.0%</b>
	04/04/2022	83%	82%	<b>1.0%</b>
	05/04/2022	65%	60%	<b>5.0%</b>
	06/04/2022	44%	44%	<b>0.0%</b>
	07/04/2022	55%	55%	<b>0.0%</b>
	08/04/2022	59%	57%	<b>2.0%</b>
	09/04/2022	44%	41%	<b>3.0%</b>
	10/04/2022	102%	98%	<b>4.0%</b>
	11/04/2022	89%	90%	<b>1.0%</b>
	12/04/2022	99%	95%	<b>4.0%</b>
	13/04/2022	85%	80%	<b>5.0%</b>
	14/04/2022	48%	48%	<b>0.0%</b>
	15/04/2022	45%	42%	<b>3.0%</b>
	19/04/2022	38%	38%	<b>0.0%</b>
	20/04/2022	35%	33%	<b>2.0%</b>
	21/04/2022	31%	31%	<b>0.0%</b>
	22/04/2022	48%	45%	<b>3.0%</b>
	23/04/2022	63%	62%	<b>1.0%</b>
	24/04/2022	33%	30%	<b>3.0%</b>
26/04/2022	46%	40%	<b>6.0%</b>	
27/04/2022	43%	43%	<b>0.0%</b>	
28/04/2022	45%	42%	<b>3.0%</b>	
29/04/2022	33%	31%	<b>2.0%</b>	
30/04/2022	30%	30%	<b>0.0%</b>	

<b>MAIO</b>	01/05/2022	21%	21%	0.0%
	02/05/2022	43%	43%	0.0%
	03/05/2022	55%	51%	4.0%
	04/05/2022	43%	42%	1.0%
	05/05/2022	30%	30%	0.0%
	06/05/2022	59%	53%	6.0%
	09/05/2022	47%	40%	7.0%
	10/05/2022	66%	64%	2.0%
	11/05/2022	52%	49%	3.0%
	13/05/2022	57%	57%	0.0%
	16/05/2022	112%	93%	19.0%
	17/05/2022	90%	84%	6.0%
	18/05/2022	91%	87%	4.0%
	19/05/2022	51%	49%	2.0%
	20/05/2022	29%	28%	1.0%
	23/05/2022	43%	44%	1.0%
	24/05/2022	57%	45%	12.0%
	25/05/2022	30%	30%	0.0%
	26/05/2022	27%	27%	0.0%
	27/05/2022	18%	18%	0.0%
30/05/2022	15%	15%	0.0%	
31/05/2022	25%	25%	0.0%	
<b>JUNHO</b>	01/06/2022	27%	26%	1.0%
	02/06/2022	30%	29%	1.0%
	03/06/2022	34%	31%	3.0%
	06/06/2022	63%	58%	5.0%
	07/06/2022	78%	76%	2.0%
	08/06/2022	23%	23%	0.0%
	09/06/2022	26%	25%	1.0%
	13/06/2022	30%	29%	1.0%
	14/06/2022	32%	29%	3.0%
	15/06/2022	99%	90%	9.0%
	17/06/2022	56%	53%	3.0%
	20/06/2022	89%	82%	7.0%
	21/06/2022	54%	53%	1.0%
	22/06/2022	59%	59%	0.0%
	23/06/2022	77%	74%	3.0%
	24/06/2022	42%	40%	2.0%
	27/06/2022	51%	42%	9.0%
	28/06/2022	39%	37%	2.0%
29/06/2022	25%	25%	0.0%	
30/06/2022	40%	40%	0.0%	


# Anexo G – Layout da Zona do Forno 6

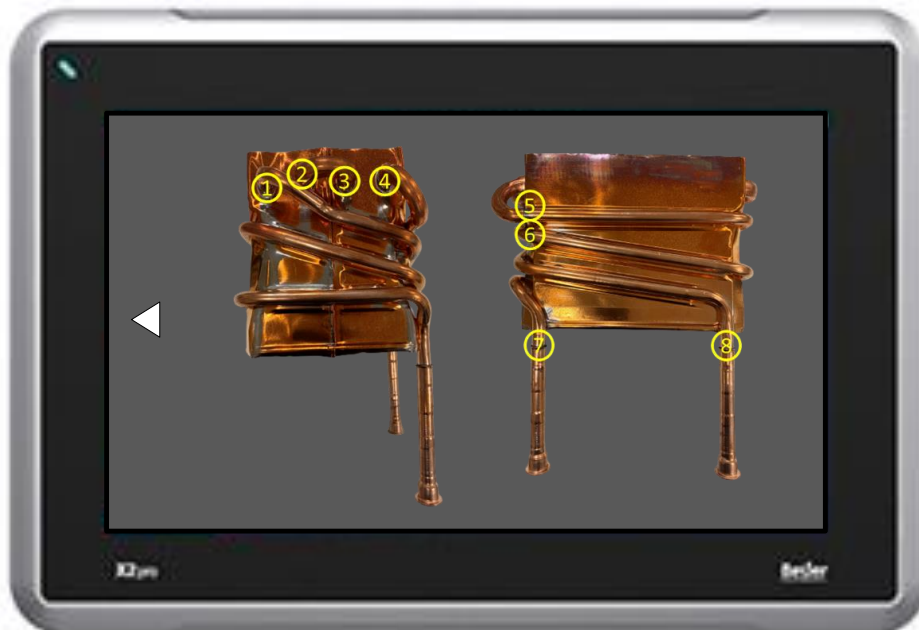


Anexo H – Instrução Visual do Processo de Registo de Fugas no HMI (pág. 1)

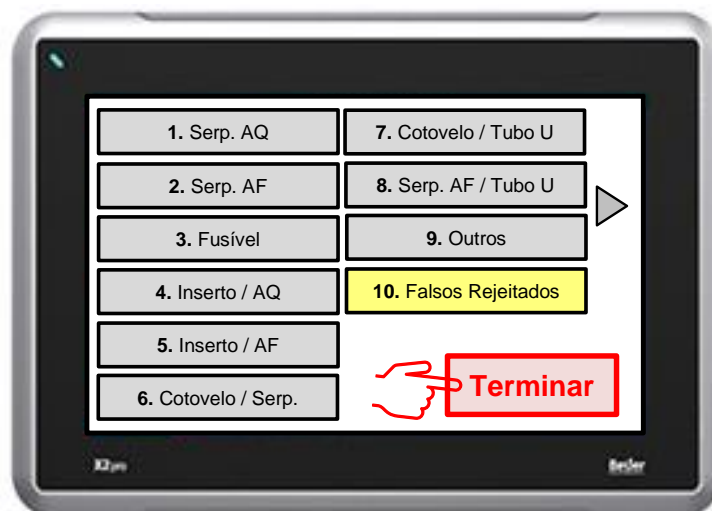
		<b>INSTRUÇÃO VISUAL</b>		<b>IV-1345</b>	
				Página 1 de 2	
SECÇÃO <b>S842</b>		<b>REGISTO DE RESULTADOS NOK DAS BANCAS 'DRY-TEST' DO FORNO 6</b>			N.º inventário: <b>12008899</b>
					Posto n.º: <b>226</b>
1. Após um resultado NOK do teste de estanqueidade, realizar o “teste de bolhas” para identificar o(s) tipo(s) de fuga.					
2. Seleccionar o(s) tipo(s) de fuga no painel HMI.					
(Exemplo com CC Compact4 10L)					
					
3. Para consultar imagens de suporte visual, clicar na seta à direita.					
					

Anexo H – Instrução Visual do Processo de Registo de Fugas no HMI (pág. 2)

 <b>BOSCH</b>		<b>INSTRUÇÃO VISUAL</b>		<b>IV-1345</b>	
				Página 2 de 2	
SECÇÃO <b>S842</b>	<b>REGISTO DE RESULTADOS NOK DAS BANCAS 'DRY-TEST' DO FORNO 6</b>			N.º inventário: <b>12008899</b>	
				Posto n.º: <b>226</b>	



4. Para dar fim ao ciclo, depois de seleccionada(s) a(s) fuga(s), carregar em "Terminar"




Revisão n.º	00				
Data	2022-07-27				
Responsável	MFO4 – J. CARVALHO				
Data	2022-04-22	Elaborado MFO1 – V. SILVA	Responsável MFO1 – D. COSTA	VS C. GONÇALVES	

## Anexo I – Ficheiro XML “DryTestF6.Settings”

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
2 <DryTestStations>
3   <Station Id="8423.226" Name="Secção 842 Forno 6 Dry Test" >
4     <Locations>
5       <Location TP="1" Name="Secção 842 Dry Test - 10L" Family = "10L" ProcessNo="10" >
23
24       <Location TP = "2" Name="Secção 842 Dry Test - 5L" Family = "5L" ProcessNo="10" >
34
35       <Location TP = "3" Name="Secção 842 Dry Test - 7L" Family = "7L" ProcessNo="10" >
38
39       <Location TP = "4" Name="Secção 842 Dry Test - 13L" Family = "13L" ProcessNo="10" >
62
63       <Location TP = "5" Name="Secção 842 Dry Test - LOWNOX 160 KBTU" Family = "LOWNOX 160 KBTU" ProcessNo="10" >
66
67       <Location TP = "6" Name="Secção 842 Dry Test - LOWNOX 199 KBTU" Family = "LOWNOX 199 KBTU" ProcessNo="10" >
70
71       <Location TP = "7" Name="Secção 842 Dry Test - COMPACT 4 - 10LTS" Family = "COMPACT 4 - 10LTS" ProcessNo="10" >
77
78       <Location TP = "8" Name="Secção 842 Dry Test - COMPACT 4 - 18LTS" Family = "COMPACT 4 - 18LTS" ProcessNo="10" >
81
82       <Location TP = "9" Name="Secção 842 Dry Test - COMPACT 4 - 5LTS" Family = "COMPACT 4 - 5LTS" ProcessNo="10" >
86
87       <Location TP = "10" Name="Secção 842 Dry Test - COMPACT 4 - 9LTS" Family = "COMPACT 4 - 9LTS" ProcessNo="10" >
92
93       <Location TP = "11" Name="Secção 842 Dry Test - COMPACT 4 KME - 11LTS" Family = "COMPACT 4 KME - 11LTS" ProcessNo="10" >
101
102       <Location TP = "12" Name="Secção 842 Dry Test - COMPACT 4 KME - 14LTS" Family = "COMPACT 4 KME - 14LTS" ProcessNo="10" >
108
109       <Location TP = "13" Name="Secção 842 Dry Test - COMPACT 4 KME - 17LTS" Family = "COMPACT 4 KME - 17LTS" ProcessNo="10" >
112
113       <Location TP = "14" Name="Secção 842 Dry Test - 16L" Family = "16L" ProcessNo="10" >
129
130       <Location TP = "15" Name="Secção 842 Dry Test - WORLD" Family = "WORLD" ProcessNo="10" >
138
139       <Location TP = "16" Name="Secção 842 Dry Test - 12LTS FP" Family = "12LTS FP" ProcessNo="10" >
143
144       <Location TP = "17" Name="Secção 842 Dry Test - 15LTS FP" Family = "15LTS FP" ProcessNo="10" >
148
149       <Location TP = "18" Name="Secção 842 Dry Test - 18LTS FP" Family = "18LTS FP" ProcessNo="10" >
153
154       <Location TP = "19" Name="Secção 842 Dry Test - BAXI" Family = "BAXI" ProcessNo="10" >
160
161       <Location TP = "20" Name="Secção 842 Dry Test - 6LTS ECO" Family = "6LTS ECO" ProcessNo="10" >
```



## Anexo J – Balanceamento do processo pós brasagem da CC

Folha de Trabalho Standard		Secção/Célula	Familia		Produto	BAL-0535		
		S842-Saída do Forno 6	Compact 4		9Lts			
Nr.	Sequência Operacional			Operadores [nº]	3	2		
				Observações [nº]				
				POT-T. Planeado Produção [m]	450	450		
				Capacidade Planeada [quant.]	1170	803		
				TcP-Tempo ciclo Planeado [s]	23.1	33.6		
				Eficiência Balanceamento [%]	89%	92%		
				Posto Operador	Tempo [seg]	Tempos Acumulados por Operador		
				D15085	Puxar câmara do forno para bancada	P262	1.62	1.60p1
	Retirar grelha para carro	2.52	4.14	4.1				
	Retirar câmara do gabarito	1.62	5.8	5.8				
C96200	Picar cartão kanban	0.35	6.1	6.1				
	Controlo visual à câmara incluindo manuseamento (12 ptos)	6.48	12.6	12.6				
D15085	Pousar câmara na mesa /buffer	0.90	13.5	13.5				
	Colocação do gabarito para carro	1.80	15.3	15.3				
C87537	Troca de carro gabaris cheio por vazio	0.81	16.1	16.1				
	Alcançar rolo	1.26	1.3	17.4				
C96199	Pegar e posicionar etiqueta	1.98	3.2	19.3				
	Passar a mão na etiqueta	0.36	3.6	19.7				
D15086	Deslocamento para o posto seguinte - Quando aplicável	1.80	5.4	21.5				
	Retirar câmara para carro	1.98	7.4	23.5				
C87825	Pegar e posicionar câmara no gabarito	4.14	11.5	27.6				
	Accionar bimanual + calibração da câmara (TM=6.84)	0.90	12.4	28.5				
D15087	Pegar em casquilho e confirmar incertos(2)	3.06	15.5	31.6				
D15088	Deslocamento para posto seguinte (a cada 8 Câmaras)	2.02	17.5	33.6Op1				
	Puxar tabuleiro para a zona do sistema de arrefecimento	2.16	19.7	2.2Op3				
C90524	Pegar e colocar câmara no tabuleiro	P260/P246	1.62	21.3	3.8			
	Empurrar tabuleiro com câmara		1.80	23.1	5.6			
C96036	Retirar ligações câmara do teste do gabarito	P261/P226	3.24	3.2Op3	8.8			
C96036	Retirar ligações câmara do teste do gabarito		3.24	6.5	12.1			
C96037	Retirar câmara testada para a posição intermédia ou carro		1.62	8.1	13.7			
C96038	Pegar e colocar câmara nova a testar		2.70	10.8	16.4			
C96046	Colocar tabuleiro no retorno do tunel de arrefecimento		1.98	12.8	18.4			
C96047	Colocar ligações para colocar a testar		3.24	16.0	21.6			
C96047	Colocar ligações para colocar a testar		3.24	19.3	24.8			
C96048	Accionar botoneiras + tempo de espera		0.90	20.2	25.7			
C96050	Tempo de ensaio dry test -- TM=23.9"		0.00	20.2	25.7			
C96037	Retirar câmara testada para a posição intermédia ou carro (1 vez a cada 2 câmaras)		1.62	21.8	27.4			
C96049	Colocar carro no supermercado		0.56	22.3Op3	27.9Op3			