



AUMENTO DA CAPACIDADE NOS EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

INÊS PEREIRA ESTEVES

Junho de 2023

AUMENTO DA CAPACIDADE NOS EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

Inês Pereira Esteves, 1181125

Estágio

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

Orientadora: Maria Teresa Ribeiro Pereira

Orientadora: Marisa João Guerra Pereira de Oliveira

isen

P.PORTO

AUMENTO DA CAPACIDADE NOS EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

Inês Pereira Esteves

1181125

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira e da Doutora Marisa João Guerra Pereira de Oliveira.

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e a todos professores com quem tive o privilégio de me cruzar, por todos os ensinamentos e conhecimentos que me transmitiram. Em especial, à Eng. Maria Teresa Pereira e à Eng. Marisa Oliveira, agradeço a disponibilidade e apoio no decorrer do estágio. Foram sem dúvida um exemplo de profissionalismo, competência e confiança, acredito que não só para mim, mas para todos os alunos com quem se encontraram.

Ao meu orientador da empresa, o Eng. Tiago Moutinho, agradeço a prontidão e o auxílio com que me recebeu e acolheu na organização. A par disso, gratifico pela oportunidade de desenvolver o meu projeto de estágio na empresa e pela ajuda no desenrolar deste, desde o momento inicial às mais diversas situações diárias com que tivemos de lidar.

Um agradecimento generalizado, a todos os colaboradores da organização, que direta ou indiretamente colaboraram comigo nas mais diversas áreas. Sem eles, não teria sido tão fácil a integração e o entendimento da linha de produção.

Por fim, um agradecimento especial aos meus amigos e familiares e, em particular à minha mãe, pelo suporte, incentivo e tranquilização nos dias mais difíceis. Seguramente, que o percurso é mais bonito quando partilhado.

RESUMO

O presente projeto consiste na aplicação de ferramentas de melhoria contínua, numa empresa do setor aeronáutico, com o intuito de aumentar a disponibilidade e a eficiência dos equipamentos refletindo-se numa melhoria do *Overall Equipment Effectiveness*. Em simultâneo, também se objetiva uma redução dos custos energéticos.

Os equipamentos definidos para melhoria contínua são identificados como de menor produtividade face aos restantes, tendo também em conta a escassez de dados e documentação relativos a estes, o que dificulta a sua análise para um melhor conhecimento. Para tal, procedeu-se à análise dos processos nos postos de trabalho definidos (Autoclave, Surtec, CNC's, Ultrassons e Pintura), e à recolha de dados com o intuito de, posteriormente, se aplicarem ferramentas *lean* para aumento da eficiência em 10% e otimizar a capacidade produtiva dos equipamentos em 20%.

Nesse sentido, estuda-se os fundamentos do *lean* originários do *Toyota Production System*, a partir do qual resulta o *Lean Production* que tem como objetivo a eliminação de sete tipos de desperdícios. Com essa finalidade, recorre-se a ferramentas e metodologias *lean* como o *Single Minute Exchange of Die*, *Value Stream Mapping*, 5S e *Standard Work*. A par disso, o *Lean Manufacturing* também se auxilia de práticas *kaizen* como a criação de equipas multifuncionais, descentralização das responsabilidades, aplicação do sistema *pull* e o *Just-in-Time*, que atuam em sinergia com as ferramentas. Como suporte às implementações recorre-se à metodologia *Plan-Do-Check-Act*, auxiliada pela metodologia do *Hoshin Kanri*, que possibilita a sequenciação das ações e a validação das concretizações. Paralelamente, é abordada a evolução da indústria aeronáutica com o intuito de incrementar correlações com as práticas *lean*.

Tendo isso em consideração, foram realizados estudos de métodos e tempos, essencialmente nos postos de trabalho das autoclaves, máquinas de controlo numérico computadorizado, ultrassons e pintura, que viriam a auxiliar na identificação de desperdícios e consequentes ações de melhoria a implementar em cada posto. Para cada um foram delineadas estratégias com vista no aumento da eficiência dos *setups*, na disponibilidade e ocupação dos equipamentos, ou ambos, alicerçados numa metodologia/ferramenta que se enquadrasse com o seu propósito e necessidade. No caso particular do posto de trabalho da pintura, desenvolveu-se um modelo matemático para a otimização da estufa que permitiu atingir melhorias em mais do que um dos indicadores chave, a par de uma repercussão transversal na planta produtiva.

Através da aplicação destes métodos, considerou-se, com base nos dados obtidos no diagnóstico inicial, um incremento de 17%, 55%, 31%, e 42% na eficiência dos *setups* nas autoclaves, máquinas de controlo numérico computadorizado, ultrassons e pintura, respetivamente, o que em todos excede o objetivo de 10%. Quanto ao aumento da disponibilidade dos equipamentos, também se obtiveram resultados relevantes face à meta dos 20%, tendo-se reduzido cerca de 45h/ano nas autoclaves em dois ciclos a par de um ganho de 19% da ocupação da *surtec* e 40% da estufa de pintura.

PALAVRAS-CHAVE

Indústria Aeronáutica; *Kaizen*; *Lean Manufacturing*; Melhoria contínua; OEE; SMED.

ABSTRACT

The present project consists of the application of continuous improvement tools in a company of the aeronautical sector, with the purpose of increasing the availability and efficiency of the equipment, reflecting an improvement of the Overall Equipment Effectiveness. Simultaneously, it also aims to reduce energy costs.

The equipment defined for optimization is identified as having lower productivity than the others, given the scarcity of data and documentation on this equipment, which hinders its analysis for a better understanding. For this, the processes at the defined workstations (Autoclave, Surtec, CNC's, Ultrasound and Painting) were analyzed, and data were collected to subsequently apply lean tools to increase efficiency by 10% and optimize the productive capacity of the equipment by 20%.

In this sense, we study the fundamentals of lean originating in the Toyota Production System, which results in Lean Production that aims to eliminate seven types of waste. To this end, lean tools such as the Single Minute Exchange of Die, Value Stream Mapping, 5S, and Standard Work are used. In addition, Lean Manufacturing is also aided by kaizen practices such as creating cross-functional teams, decentralizing responsibilities, applying the pull system, and Just-in-Time, which act in synergy with the tools. Implementation is supported by the Plan-Do-Check-Act methodology, aided by Hoshin Kanri, which enables the sequencing of actions and validation of accomplishments. In parallel, the evolution of the aeronautical industry is addressed to increase correlations with lean practices.

Taking this into consideration, studies of methods and times were conducted, essentially at the workstations of the autoclaves, computerized numerical control machines, ultrasound, and painting, which would help in the identification of waste and consequent improvement actions to be implemented at each station. For each one, strategies were outlined to increase the efficiency of setups, availability, and occupancy of equipment, or both, based on a methodology/tool that fit its purpose and need. In the particular case of the painting workplace, a mathematical model was developed for the optimization of the oven, which allowed improvements to be achieved in more than one of the key indicators, along with a transversal repercussion in the production plant.

Through the application of these methods, it was considered, based on the data obtained in the initial diagnosis, an increase of 17%, 55%, 31%, and 42% in the efficiency of setups in autoclaves, computerized numerical control machines, ultrasound, and painting, respectively, which in all exceeded the goal of 10%. As for the increase in equipment availability, relevant results were also obtained compared to the 20% target, having reduced about 45h/year in autoclaves in two cycles along with a gain of 19% in the occupancy of the surtec and 40% in the paint shop.

KEYWORDS

Aeronautic Industry; Continuous Improvement; Kaizen; Lean Manufacturing; OEE; SMED.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	IX
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS	XI
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Contextualização	13
1.2. Objetivos	14
1.3. Metodologia	14
1.4. Apresentação da Empresa	16
1.5. Estrutura do Relatório	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Indústria Aeronáutica	17
2.1.1. Indústria Aeronáutica em Portugal	19
2.2. <i>Toyota Production Systems (TPS)</i>	19
2.2.1. <i>Lean Production</i>	21
2.2.2. <i>Lean Maintenance</i>	22
2.3. <i>Kaizen</i>	22
2.4. <i>Hoshin Kanri</i>	23
2.5. 5S.....	24
2.6. Ferramentas <i>Lean Production</i>	25
2.6.1. <i>Single Minute Exchange of Die</i>	25
2.6.2. <i>Standard Work</i>	26
2.6.3. <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	26
2.6.4. <i>Value Stream Mapping</i>	27
3. Planeamento das ações	29
3.1. Diagnóstico do processo produtivo	29
3.2. Autoclave.....	31
3.3. <i>Surtec</i>	33
3.4. CNC's	34
3.5. Ultrassons.....	36
3.6. Pintura	37
4. Implementação das ações.....	43
4.1. Autoclave.....	43
4.2. <i>Surtec</i>	49
4.3. CNC's	50
4.4. Ultrassons.....	54
4.5. Pintura	56

5. Diagnóstico e verificação	63
5.1. Autoclave.....	63
5.2. <i>Surtec</i>	64
5.3. CNC's	65
5.4. Ultrassons.....	68
5.5. Pintura	69
6. Resultados.....	73
6.1. Discussão dos Resultados	73
7. CONCLUSÃO	75
7.1. Conclusões finais	75
7.2. Limitações e trabalhos futuros	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICE A.....	79
ANEXO A.....	81
ANEXO B.....	82
ANEXO C.....	83
ANEXO D.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Calendarização.....	15
Figura 2 - Volume aéreo de passageiros (IATA, 2020)	18
Figura 3 - Visão Geral do Mercado Aéreo de Passageiros, em abril de 2020 (IATA, 2020)	18
Figura 4 - Número de voos em 2019 vs. 2020 (OCDE, 2020)	18
Figura 5 – TPS House (Liker & Morgan, 2006)	20
Figura 6 - Elementos do Lean Production (Karlsson & Hlström, 1996)	22
Figura 7 - Processo "Catchball" (Mazur, 1998)	24
Figura 8 – Fluxo de produção	29
Figura 9 - Quadro Kaizen	30
Figura 10 - Escala do modelo de desempenho, Sistema Bedaux	30
Figura 11 – Definição dos parâmetros no software da autoclave	31
Figura 12 - Quadro do Planeamento Semanal do Autoclave	32
Figura 13 - Ocupação Atual Surtec	33
Figura 14 – Legenda dos processos Diagrama Homem-Máquina.....	34
Figura 15 - Diagrama Homem-Máquina, Situação Atual	35
Figura 16 – Cuba de ultrassons.....	36
Figura 17 - Fluxo de Pintura BBSS/2.24	38
Figura 18 - Fluxo de Pintura CC, NCC e Ducts	38
Figura 19 – Ocupação Atual da Estufa da Pintura.....	40
Figura 20 - Standard do Ciclo PT-AU04 na AU1	45
Figura 21 - Layout atual para a carga do ciclo PT-AU09	46
Figura 22 - Layout para a carga do ciclo PT-AU09, Opção B	46
Figura 23 - Layout para a carga do ciclo PT-AU09, Opção C	47
Figura 24 - Situação Atual do armazenamento das mangueiras	48
Figura 25 - Fixação das mangueiras nos carros da AU e das extensões dos termopares com manga térmica.....	49
Figura 26 - Ocupação Atual da Surtec	49
Figura 27 - Carro para 2.08 Layup	50
Figura 28 - Carro para 2.08 Desmoldagem	50
Figura 29 - Standardised Work Chart Atual	51
Figura 30 - Standardised Work Chart Melhorado.....	51
Figura 31 - Arrumação das mantas antes vs. após	57
Figura 32 - Carro vertical para a pintura, Melhoria	57
Figura 33 - Grades para a estante da estufa c/pegas, Melhoria	57
Figura 34 - Estante para ocupação vertical da estufa, Melhoria	58
Figura 35 – Diagrama Homem-Máquina sem medição na CMI	67
Figura 36 - Resultado Modelo Matemático - Iteração 1	70
Figura 37 - Resultado Modelo Matemático - Iteração 2	70
Figura 38 - Resultado Modelo Matemático - Iteração 3	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Planeamento macro dos processos	15
Tabela 2 – Fases do 6S (Dhouchak, 2017)	25
Tabela 3 – Requisitos de Pintura, Aplicação e Secagem por material	39
Tabela 4 - TC e TR necessários por placa de cada programa	43
Tabela 5 - Ações de Melhoria no autoclave.....	48
Tabela 6 - Standard Work Corte 2.08	52
Tabela 7 - Standard Work Corte BBSS	52
Tabela 8 - Ações de Melhoria CNC's	52
Tabela 9 – Ações de Melhoria CMI	53
Tabela 10 - Standard Work Corte TEP	53
Tabela 11 - Ações de Melhoria UTS.....	54
Tabela 12 - Ações de Melhoria Pintura	56
Tabela 13 - Procura no Posto de Trabalho da Pintura	58
Tabela 14 - Ganhos Carga/Descarga ciclos AU	63
Tabela 15 - Cenários Ocupação Surtec	64
Tabela 16 - Resultados Ocupação Surtec	65
Tabela 17 - Ganhos CNC's.....	65
Tabela 18 - Ganhos CMI	65
Tabela 19 - Ganho disponibilidade CMI.....	66
Tabela 20 - Ganhos UTS Fase 1.....	68
Tabela 21 – Ganhos UTS Fase 3.....	69
Tabela 22 - Ganhos Pintura/Estufa.....	69
Tabela 23 - Resultados Obtidos em cada posto de trabalho	73

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

ACARE	Advisory Council for Aviation Research and Innovation
AICEP	Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal
CMM	Coordinate Measuring Machine
CNC	Controlo Numérico Computadorizado
CMI	Nome de uma máquina CNC
EASA	European Aviation and Safety Agency
ESA	European Space Agency
FAIR	Focus-Alignment-Integration-Review
HRM	Human Resource Management
IATA	International Air Transport Association
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	Just-in-Time
LM	Lean Manufacturing
LP	Lean Production
LT	Lean Thinking
OCDE	Organização de Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OP	Ordem de Produção
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PN	Part-Number
PTs	Postos de Trabalho
TC	Tempo de Ciclo
TEP	Nome de um programa em produção
TO	Tempo de Operação
TPM	Total Productive Management
TQM	Total Quality Management
VSM	Value Stream Mapping
VTOL	Vertical Take-Off and Landing
R	Recursos
RCM	Reliability Centered Maintenance
SAP	Systems, Applications and Products in Data Processing
SOP	Standard Operating Procedure
SMED	Single Minute Exchange of Die
TA	Temperatura Ambiente
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System

TQM	Total Quality Management
UE	União Europeia
UTS	Ultrassons
WIP	Work-in-Progress
5S	Seiri (Seleção), Seiton (Organização), Seiso (Limpeza), Seiketsu (Sistematização) e Shitsuke (Disciplina)

Lista de Símbolos

m	Massa	kg
	Dimensões	m
	Dimensões	cm
T	Temperatura	$^{\circ}C$
	Vácuo manométrico	mmHg
p	Pressão Manométrica	Psig
	Rampa de Aquecimento/Arrefecimento	$^{\circ}C/min$
t	Tempo	min

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda o contexto da emergência do tema ao longo dos tempos, relevando a pertinência do projeto de forma abrangente, mas, fundamentalmente na empresa onde se desenvolveu. Nesse seguimento, também é apresentada a empresa, os objetivos pressupostos e a metodologia adotada para os alcançar. Por fim, expõe ainda a estrutura do relatório onde descreve todos os capítulos presentes no mesmo.

1.1. Contextualização

A indústria aeronáutica é considerada um setor de grande importância para os países, dada a forte componente tecnológica e de inovação, que tem reflexo na economia destes. Contudo, não é só a nível económico, pois o setor da aviação também infere grandes benefícios à sociedade, uma vez que modificou a perceção de tempo e distância. Em acréscimo, a aeronáutica representa o ponto alto da manufatura, refletindo-se na criação empregos qualificados e na evolução de políticas direcionadas ao desenvolvimento industrial e à inovação tecnológica. Desta forma, as previsões são de constante crescimento e, o setor aeronáutico é identificado como uma atividade estratégica económica, social e cultural tanto na Europa como nos EUA (Fujita, 2010).

No seguimento desse crescimento, atualmente assiste-se a uma globalização da indústria onde o ênfase está no cliente e nas suas expectativas, pelo que a qualidade, o custo, a variedade e a rapidez de entrega são fatores diferenciadores cruciais aquando da comparação com a concorrência. Daí, que os ambientes industriais modernos se concentram em tornar os processos mais flexíveis e eficientes, na tentativa de evitar desperdícios em atividades que não produzam valor (Godina et al., 2018).

Contudo, as adaptações a estas mudanças representam, por vezes, alguns pontos críticos nos processos produtivos, face a operações que não adicionam valor ao produto, mas que são indispensáveis para a produção (Silva et al., 2020).

Nessa sequência, e no âmbito da Unidade Curricular Dissertação/Projeto do Mestrado em Engenharia Mecânica no ramo de Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), desenvolveu-se esta dissertação com o tema “Aumento da capacidade nos equipamentos industriais”.

O tema foi proposto por uma empresa do setor aeronáutico, no seguimento da necessidade de melhoramento da disponibilidade dos equipamentos produtivos, da capacidade produtiva e da redução dos tempos de *setup*. A redução dos custos energéticos também é um dos pontos incidentes do projeto, tendo em conta o aumento dos custos em Portugal.

Esta empresa opera na produção de componentes compósitos e, na montagem de aeroestruturas de pequena e média dimensão. O projeto tem a duração de 7 meses, de outubro de 2022 a abril de 2023.

A realização do projeto de estágio, integrou a área de Produção, no departamento Melhoria Contínua, existindo, contudo, uma grande sinergia com os restantes departamentos da empresa, ao longo de todo o período, para uma melhor contextualização e para a obtenção de dados históricos e averiguação de metodologias implementadas.

O setor aeronáutico tem uma estrutura de produção rígida dada a complexidade e o rigor exigido no fabrico dos componentes das aeronaves tendo a missão de garantir exigência com a melhoria contínua dos processos e tecnologias para satisfazer as necessidades dos clientes de forma competitiva e sustentada.

1.2. Objetivos

O projeto tem como objetivo a melhoria da capacidade produtiva dos equipamentos industriais com vista a atingir assim uma melhoria da produção de acordo com os seguintes objetivos intermédios:

- Melhoria de 20% na disponibilidade dos equipamentos;
- Melhoria de 10% na eficiência *setup*;
- Redução de custos associados à energia;
- Medição e comprovação de tempos em processos.

Posto isto, formularam-se as seguintes hipóteses: Como é que as práticas *lean* afetam a disponibilidade dos equipamentos e a eficiência de *setup*? De que forma se podem aplicar ferramentas de melhoria contínua para diminuir o desperdício e a variabilidade dos processos ao longo da linha de produção, no sentido de atingir os níveis de produtividade pretendidos?

1.3. Metodologia

A adoção de metodologias necessita de um estudo prévio dos processos em que se centra o projeto, por intermédio do seguimento e da observação destes em chão de fábrica e da realização de uma Revisão Bibliográfica para aprofundar o tema. Desta forma, adquire-se um bom *know-how* da componente prática e teórica necessárias para a escolha da melhor metodologia a adotar, seguindo uma abordagem de abdução, que combina as abordagens dedutiva e indutiva. Esta começa com a observação de uma situação para a qual, posteriormente, se elabora uma teoria explicativa através da criatividade e da inovação.

Como tal, e com a finalidade de alcançar os objetivos traçados recorreu-se à metodologia PDCA que se divide em quatro fases: *Plan*, *Do*, *Check*, *Act*, tendo por base a metodologia *Hoshin Kanri*, usada no planeamento estratégico da empresa.

Na primeira fase, Planeamento, procede-se à análise de diferentes processos e ao planeamento de atuação em cada um, Tabela 1, seguindo-se o levantamento dos dados atuais de produção (tempos de ciclo, OEE, produtividade) e, conseqüentemente, à análise destes.

Tabela 1 - Planeamento macro dos processos

Id.	FASE	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL
1	Autoclave + surtec							
2	CNC's							
3	UTs							
4	Pintura							
5	Validação das Ações nos PTs							

Na segunda fase, Desenvolvimento, inicia-se a implementação do plano nos pontos de incidência detetados na fase de análise.

Na terceira fase, Verificação, procede-se novamente à análise dos processos com o intuito de validar se os desenvolvimentos cumpriram os objetivos previstos que foram delineados na primeira fase. Caso não cumpram, é necessário reavaliar e identificar a causa.

Por último, a fase de Ação, é o momento em que é perceptível de verificar o impacto das soluções implementadas e de melhorar as falhas que ainda persistem nos processos planeados.

No seguimento da utilização da ferramenta Ciclo PDCA e, tendo em conta, o objetivo principal do projeto, delineou-se na primeira fase a calendarização deste como é possível analisar na Figura 1.

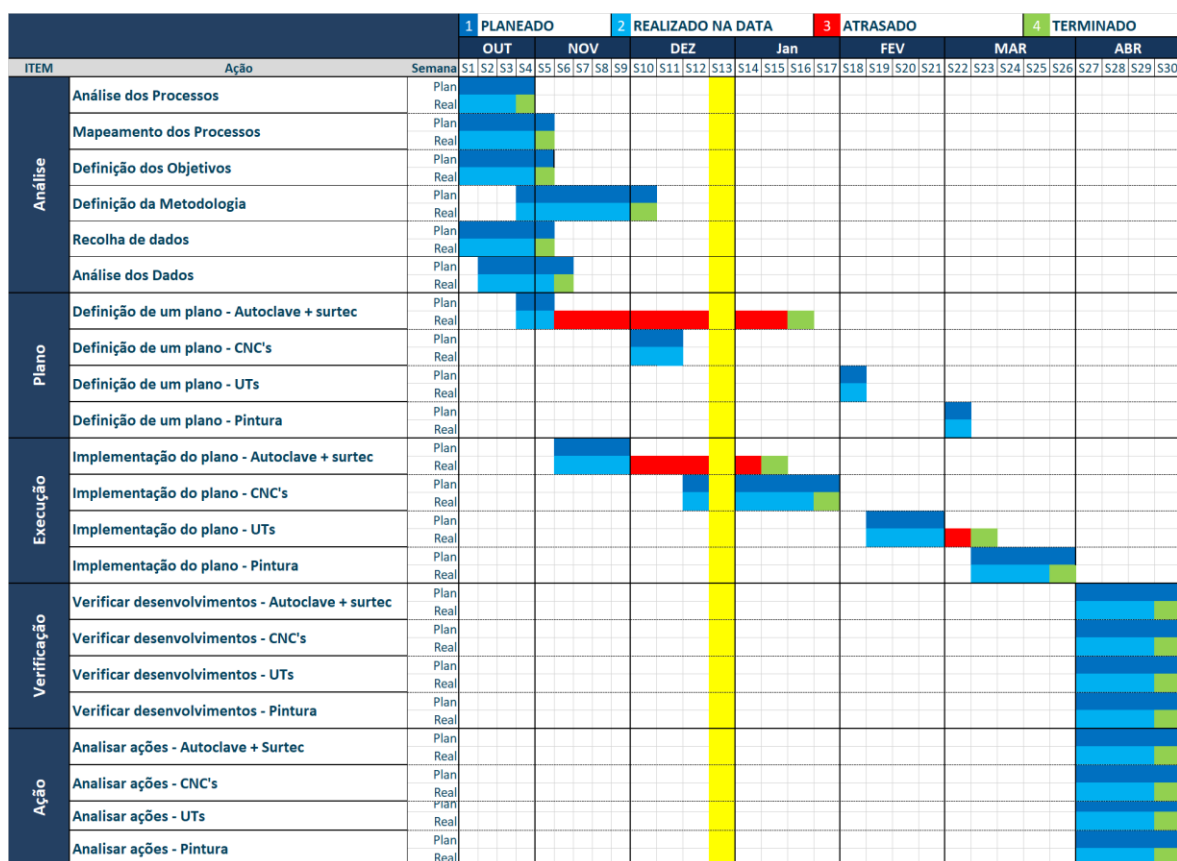


Figura 1 – Calendarização

1.4. Apresentação da Empresa

A Empresa do setor Aeronáutico, fundada no início da década 10, começou por integrar programas para aviões militares e para programas civis de última geração. E, poucos anos depois, juntou-se a um dos principais fornecedores aeronáuticos *Tier 1* da Europa, responsáveis pela produção e montagem de secções das aeronaves, para fornecimento de empresas do topo da cadeia de abastecimento que procedem à montagem final e à venda das aeronaves.

Esta é especializada no fabrico de componentes metálicos e compósitos e na montagem de aeroestruturas de pequena e média dimensão, para aeronaves e veículos espaciais fixando-se como uma empresa de média dimensão que oferece aos seus clientes uma maior flexibilidade, com um tempo de resposta curto e um grau de eficiência muito elevado.

Está inserida num grande grupo que abrange várias áreas de negócio - Importação e Distribuição, Montagem e Produção, Serviços, Mobilidade - com mais de 100 empresas estabelecidas na Europa, América do Sul e África, onde emprega mais de 6000 colaboradores.

A organização garante o cumprimento das normas como a *Internacional Organization for Standardization (ISO) 9001* e *European Standard (EN) 9100*, pelas quais é certificada.

1.5. Estrutura do Relatório

O presente relatório é composto por sete capítulos de acordo com a divisão dos conteúdos descritos de seguida.

O Capítulo 1, Introdução, aborda o contexto do projeto, ou seja, o âmbito em que se insere, os objetivos traçados para este e, ainda, as metodologias utilizadas bem como a calendarização das tarefas. Também relata a organização do relatório e descreve a empresa onde se desenvolve o projeto.

O Capítulo 2, Revisão Bibliográfica, explora diversos temas e conceitos diretamente relacionados com o tema do projeto de dissertação. A Revisão Bibliográfica tem o intuito de servir de base teórica para, posteriormente, aplicar como ferramentas e métodos de apoio à decisão.

O Capítulo 3, Planeamento das Ações (*Plan*), relata a análise dos processos e do estudo dos tempos realizados, que servem de suporte ao planeamento de ações de melhoria.

O Capítulo 4, Implementação das Ações (*Do*), descreve as ações implementadas de acordo com o planeamento.

O Capítulo 5, Diagnóstico (*Check*) e Verificação (*Act*), compara o estado inicial com o estado atual dos processos, após a implementação das ações de melhorias, com o intuito de validar se os desenvolvimentos planeados e efetuados para os pontos de incidência atingiram as melhorias desejadas. Para as ações que não originaram melhorias são projetados novos planos de ação.

O Capítulo 6, Resultados, realiza uma análise global das ações planeadas e desenvolvidas, com base nos indicadores.

Posto isto, no Capítulo 7, Conclusões e Trabalho Futuro, são reunidas as principais conclusões do projeto, a par da apresentação de propostas de desenvolvimento futuras. Para finalizar, é ainda feita uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda diversos temas e conceitos fundamentais para a base empírica do projeto. Inicia-se com um contexto sobre a evolução da indústria aeronáutica, seguindo para uma análise do conceito *Lean*, desde a sua origem às suas filosofias atuais, bem como das ferramentas e das metodologias que advém deste, como o *Kaizen*, *Single Minute Exchange of Die (SMED)*, *Value Stream Mapping (VSM)*, 5S, entre outras.

2.1. Indústria Aeronáutica

A indústria aeronáutica representa um importante setor económico nos países tendo em conta que pressupõe um elevado e complexo nível tecnológico, alta inovação e um elevado custo de investimento com retorno a longo prazo (ECORYS Macro & Sector Policies, 2009). Desta forma, a aeronáutica abrange vários setores tendo influência no volume de negócios e, consequentemente na criação de postos de trabalho de alta qualificação.

De acordo com a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), o setor apresenta uma tendência crescente de procura, dado que os fabricantes de aeronaves são altamente dependentes da procura dos setores ascendentes de transporte aéreo e dos aeroportos. Desta interligação resulta a indústria de aviação, que reflete assim, uma previsão de crescimento (OCDE, 2020).

Em 2019, a aeronáutica civil é dos setores de alta tecnologia da União Europeia (EU) e líder mundial na produção de aeronaves civis, incluindo helicópteros, motores de aeronaves, peças e componentes, empregando 405.000 pessoas, e obtendo receitas de 130 mil milhões de euros e 109 mil milhões de euros em exportações (European Commission, 2019).

Em 2020, a fim de responder às necessidades da sociedade e de manter a liderança global europeia na aeronáutica, o Comissário *Busquim* em 2000 lançou a Visão Europeia para a Aeronáutica e o Transporte Aéreo, que conduziu à formação da ACARE, Conselho Consultivo para Pesquisa Aeronáutica na Europa, para definir uma agenda de pesquisa estratégica e tornar a visão uma realidade (Fujita, 2010).

Contudo, durante as últimas décadas, a indústria aeroespacial sofreu algumas quebras devido a alguns acontecimentos como, por exemplo, o 11 de setembro de 2001 que assombrou as populações, causando uma redução de voos, a crise financeira em 2008 e, mais recentemente, em abril de 2020, a pandemia de COVID-19, como é visível na Figura 2 (IATA, 2020; International Air Transport Association (IATA), 2011; Ito & Lee, 2005).

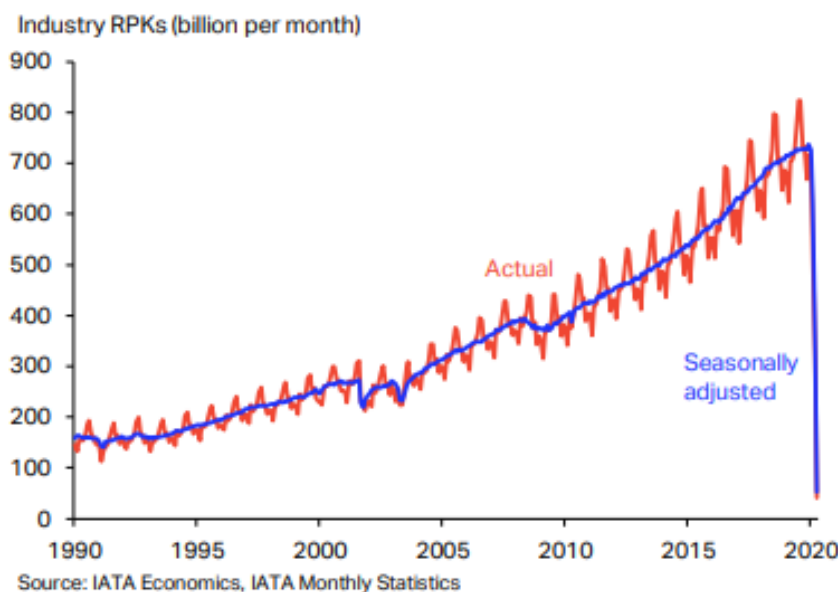


Figura 2 - Volume aéreo de passageiros (IATA, 2020)

De acordo com a Associação Internacional de Transportes Aéreos (IATA, 2020), o fecho total das fronteiras em 75% dos países que rastreiam e a proibição de entrada ou exigência de quarentena obrigatória aquando da chegada ao país em 19% dos países, resultou numa queda de 94% da receita de passageiro-quilómetro em abril de 2020 e, ainda 75% em agosto do mesmo ano, nos transportes aéreos de passageiros, como se pode verificar na Figura 3 e Figura 4.

	<i>World share</i> ¹	April 2020 (% year-on-year)				% year-to-date			
		RPK	ASK	PLF (%-pt) ²	PLF (level) ³	RPK	ASK	PLF (%-pt) ²	PLF (level) ³
TOTAL MARKET	100.0%	-94.3%	-87.0%	-46.6%	36.6%	-41.9%	-33.8%	-9.9%	71.5%
International	63.8%	-98.4%	-95.1%	-55.3%	27.5%	-42.7%	-37.1%	-7.1%	73.7%
Domestic	36.2%	-86.9%	-72.1%	-44.3%	39.5%	-40.4%	-27.9%	-14.4%	68.2%

¹% of industry RPKs in 2019

²Year-on-year change in load factor

³Load factor level

Figura 3 - Visão Geral do Mercado Aéreo de Passageiros, em abril de 2020 (IATA, 2020)

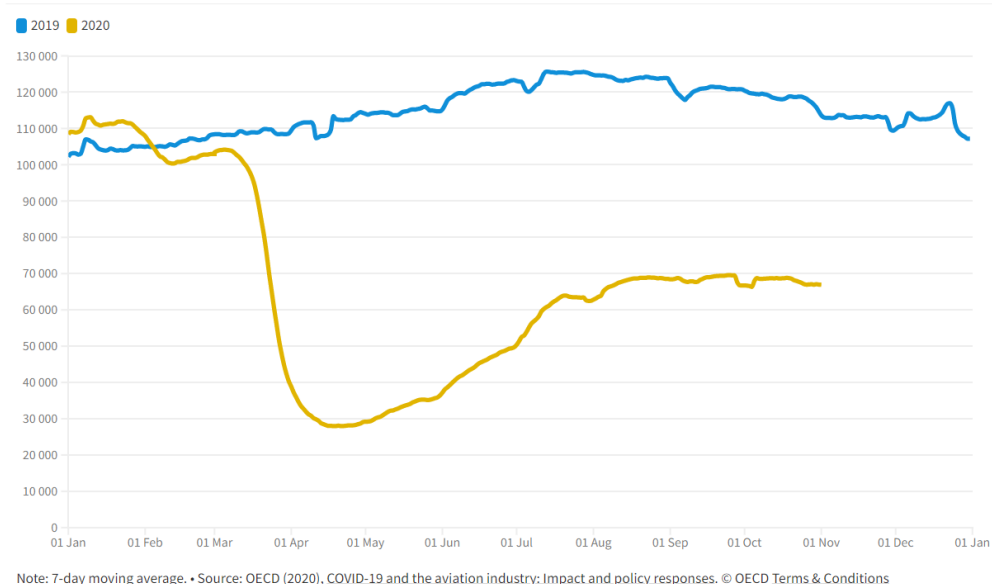


Figura 4 - Número de voos em 2019 vs. 2020 (OCDE, 2020)

Apesar dos períodos mais conturbados, a perspetiva do setor é de crescimento da componente de inovação tecnológica, porém está sujeito a fatores externos como o impacto do desenvolvimento da sociedade, o crescimento populacional, o uso de recurso energéticos, o modelo de negócios futuros e o estilo de vida das pessoas. De acordo com a (AgustaWestland, 2014), uma empresa anglo-italiana produtora de helicópteros, assume a inclusão da mobilidade aérea vertical, *Vertical Take-Off and Landing (VTOL)*, no horizonte até 2050, a par de um crescimento do setor europeu de helicópteros com o objetivo de a Europa aumentar a competitividade internacional, sendo que já é líder mundial, assegurando mais de 50% do mercado global.

A competitividade tem implícita a capacidade de inovação a fim de fabricar produtos mais confortáveis, seguros, eficazes e ecológicos, a menor custo, de forma a corresponder às expectativas dos passageiros e às exigências das empresas. Para tal, são usadas grande parte das receitas para Investigação & Desenvolvimento (I&D), cerca de 8 mil milhões de euros em 2019, de acordo com a Comissão Europeia (European Commission, 2019).

2.1.1. Indústria Aeronáutica em Portugal

Segundo a Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal (AICEP), a indústria aeronáutica é uma área de desenvolvimento prioritário para o Governo português nas próximas décadas. Nesse sentido, o crescimento da indústria requer a oferta de tecnologias complexas, de distintas capacidades de manufatura e do desenvolvimento de sistemas e de manutenção. Boas escolas de engenharia e de programas de qualificação, a par de uma forte presença na R&D aeroespacial internacional e em programas de inovação (*European Space Agency, ESA*, e *European Aviation and Safety Agency, EASA*) bem como, a envolvimento em conceituados programas aeronáuticos mundiais como, por exemplo, o *Embraer KC-390*, *AgustaWestland AW609 tilt-rotor* e *EADS-CASA C-295* também são alguns dos fatores fundamentais para impulsionar esse crescimento.

Porém, Portugal está envolvido num projeto vencedor, na categoria de conceitos visionários, do prémio *Crystal Cabin Awards 2012*. O projeto tem como objetivo a criação de soluções funcionais e técnicas para o desenvolvimento e manufatura de interiores do *aircraft* eco eficientes, leves e confortáveis com designs inovadores, em colaboração com 4 empresas (Couro Azul, SET, Amorim Cork Composites) e uma instituição (INEGI), com a participação do *Almadesign* a *Embraer* (AICEP, 2013).

2.2. Toyota Production Systems (TPS)

O Sistema de Produção Toyota (TPS) tem origem na década de 1950, numa empresa automóvel japonesa, Toyota, que veio revolucionar o mundo da indústria com a entrega de produtos de alta qualidade a par da redução de desperdícios, custos e ainda, tempo de resposta. Desta forma, o sistema criado por *Eiji Toyoda* e *Taichi Ohno*, tem o intuito de combater as quebras nas vendas da Toyota e, por consequente os elevados níveis de stock, através da aplicação do conceito de redução de custos por meio da eliminação de desperdícios e maximização da capacidade dos trabalhadores (Ohno, 1988). Assim, é explorada a estratégia de mudança da política de redução de desperdício no chão de fábrica que, na década de 1990, dá origem o conceito *Lean Production*, pela investigação de (Womack et al., 1990).

O TPS é usualmente identificado como a casa *Toyota Production System*, sendo suportada pelas metodologias *Standard Work*, *Heijunka* e *Kaizen*. Como pilares, a casa TPS recorre ao sistema *Just-in-Time* (JIT) e *Jidoka* e, no centro do sistema, estão os recursos humanos, responsáveis pela eliminação de desperdícios e pela melhoria contínua. Desta forma, o bom funcionamento do processo depende de cada componente da *TPS House* representados na Figura 5 (Liker & Morgan, 2006).

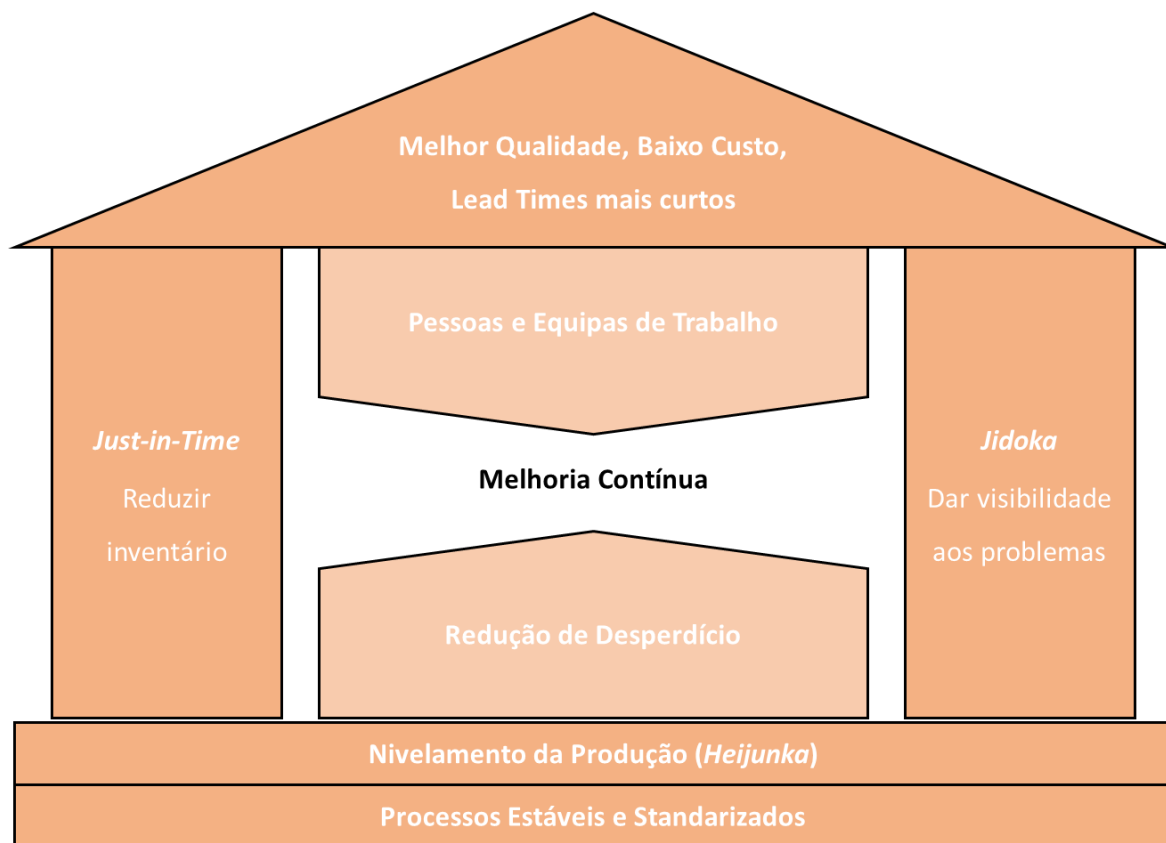


Figura 5 – TPS House (Liker & Morgan, 2006)

Just-in-Time: Constitui um fluxo contínuo do material que, associado à rapidez de um processo, permite que a parte certa, esteja no lugar certo, no momento certo. Ou seja, resulta na criação de uma célula de fabrico em que a matéria-prima segue uma sequência de operações sem interrupções.

Jidoka: Representa uma “máquina com inteligência artificial humana” que proporciona a deteção de desvios face ao padrão, procedendo autonomamente à interrupção do processo até ao momento em que um operador detete o sinal e prossiga com a análise e resolução da falha. Desta forma, a metodologia evita o fabrico de peças não conformes, contribuindo para melhoria contínua do processo.

Heijunka/ Stable and Standardized Processes: As metodologias que suportam a casa têm a função de nivelamento da produção. Para que consigam obter este nivelamento, recorrem à criação de um fluxo nivelado de ordens e a uma carga de trabalho nivelada, através da qual é possível, posteriormente, alcançar processos *standard*. Para além disso, também auxiliam na deliberação do nível de inventários dos “supermercados” com o intuito de prevenir faltas de material.

Com base nestes recursos e metodologias, é possível baixar o *lead time*, aumentar a qualidade dos produtos/serviços e motivar e assegurar a satisfação e segurança da organização.

2.2.1. *Lean Production*

Krafcik (1988) salientou o termo *Lean*, como resultado de um estudo entre os sistemas de produção automóveis Japoneses e Americanos para globalizar os princípios de limitação de stocks e excesso de trabalhadores, em oposição à abordagem de “*buffered*” de outros fabricantes (Hopp & Spearman, 2004). Contudo, este termo, em 1996, evolui para *Lean Thinking (LT)* através de novos estudos realizados por (Womack & Jones, 1996), onde se concluiu que é necessário tornar transversal para novas áreas de negócio a implementação do *Lean* nas organizações.

Na sequência desse estudo, infere-se que o *Lean Thinking* identifica os desperdícios como todas as atividades que não atribuem valor para o produto, sustentado nos seguintes princípios: Identificar valor; eliminar desperdício; gerar um processo de valor para o cliente (Melton, 2005).

Com base nestes conceitos, segundo Womack & Jones (1996), os princípios *Lean*, a nível estratégico, subdividem-se em cinco categorias:

- Valor (*Value*) – Consiste na identificação de valor do produto, para cada cliente em específico;
- Fluxo de Valor (*Value Stream*) – Identifica todos os processos que concebem valor acrescentado na obtenção de um produto, eliminando, sempre que possível, as etapas que não criam valor (Transportes, Inventário, Tempos de Espera, Sobre produção, Sobre processo e Defeitos);
- Fluxo (*Flow*) – Representa a sequenciação de atividades e recursos, com o mínimo de interrupções possíveis, ou seja, com baixos tempos de espera;
- Puxar (*Pull*) – Constitui um sistema que apenas inicia o processo de produção quando do pedido do cliente;
- Perfeição (*Perfection*) – Elemento com foco da melhoria contínua de todo o processo, com vista na redução de desperdícios, previamente identificados, até que seja alcançado o estado de perfeição (Staats et al., 2011).

Em conformidade, (Karlsson & Hlström, 1996), refere-se ao *Lean Production* como a união dos conceitos de *Lean Development*, *Lean Procurement*, *Lean Manufacturing* e *Lean Distribution*, dos quais se pretende ressaltar *Lean Manufacturing*, Figura 6.

À vista disso, (Karlsson & Hlström, 1996) alude que a metodologia *Lean Manufacturing* compreende conceitos multifacetados o que confere a possibilidade de aplicação em diversas áreas. Em virtude, atualmente, é aplicada em muitas empresas de diferentes indústrias com intuito manter o seu ritmo de competitividade e aprimorar os resultados. Este conceito assenta em várias práticas como a eliminação de desperdício, melhoria contínua, equipas multifuncionais, zero defeitos (JIT), sistemas de informação vertical, descentralização de responsabilidades e sistema *pull vs. push*, que atuando em sinergia, resultam na eliminação dos sete tipos de desperdícios, segundo (Ohno, 1988): sobreprodução, produtos defeituosos, tempos de espera, transportes desnecessários, excesso de

stock, sobre processamento e movimentações desnecessárias. Por conseguinte, a filosofia *do Lean Manufacturing*, apresenta como maior fonte de desperdício o *Work in Progress (WIP)*.

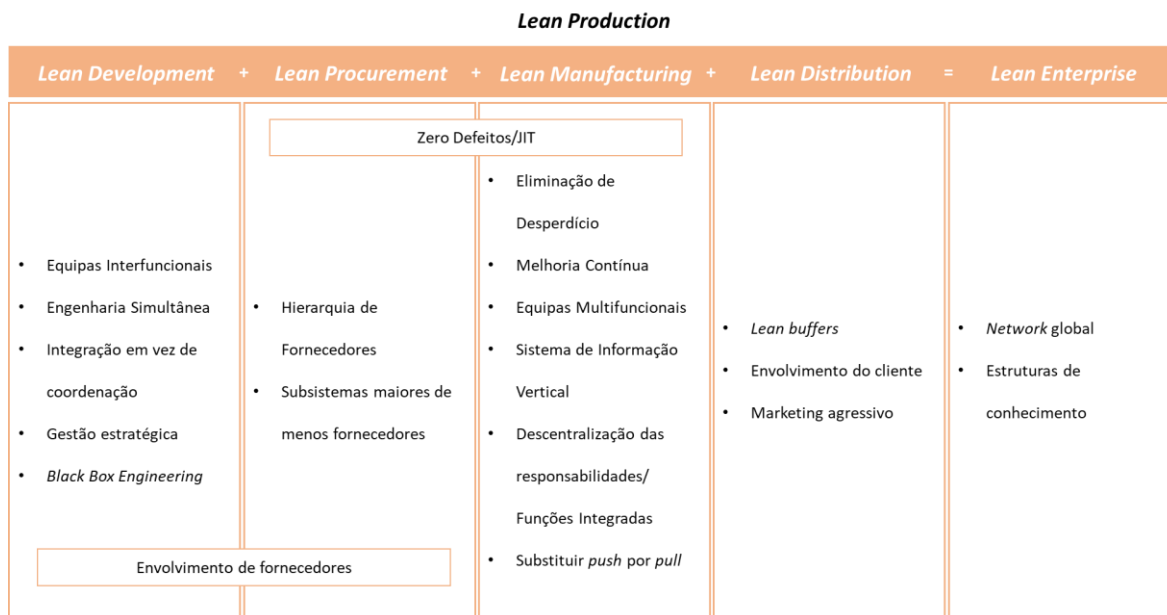


Figura 6 - Elementos do Lean Production (Karlsson & Hlström, 1996)

Suportado por evidências empíricas de um estudo realizado por (Shah & Ward, 2003), os *bundles* do LM são os seguintes: *Just in Time (JIT)*, *Total Quality Management (TQM)*, *Total Productive Maintenance (TPM)* e *Human Resource Managment (HRM)*. TQM, TPM e JIT têm objetivos idênticos associados à melhoria contínua e à redução de desperdícios. Em relação ao HRM, as suas principais funções são direcionadas para a prática de múltiplas tarefas, estrutura hierárquica da organização e motivação dos colaboradores.

Para além das práticas e dos princípios do LM descritos, estes sistemas têm ainda como pré-requisito o *Lean Maintenance*, que é considerado o principal pilar da performance organizacional (Demeter & Matyusz, 2011).

2.2.2. Lean Maintenance

O termo *Lean Maintenance* surge a meio da década 20 como uma operação de manutenção proativa, com atividades planeadas e agendadas, através da prática de Manutenção Produtiva Total (TPM). De anuência com Smith & Hawkins (2004), estas aplicam estratégias de manutenção desenvolvidas através da aplicação de decisões lógicas com base na Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) e na prática de empoderamento de ações de equipa.

As ações de manutenção são realizadas com recurso a ferramentas metodologias *lean* como, por exemplo, *VSM*, *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, *Kaizen*, *Poka-Yoke*, *Kanban*, entre outras.

2.3. Kaizen

Imai (1986) introduz a filosofia *Kaizen*, através do livro "*Kaizen – The key to Japan's Competitive Success*". A palavra *Kaizen* tem origem japonesa, sendo que *kai* significa mudança e *zen* significa melhorar, ou seja, "mudar para melhorar". Nesse sentido, o conceito de *kaizen*, segundo Imai, é

“melhoria constante de toda a gente, todos os dias, em todo o lado” e, tal é feito, com recurso aos eventos *kaizen* (Chiarini et al., 2018).

Os eventos *kaizen* são momentos de formação em equipa, que abrange desde o operador à gestão de topo, e que têm como foco o desenvolvimento de capacidades de resolução de problemas dos funcionários, cujo objetivo final é a aplicação de transformações e melhorias nas áreas de trabalho. Estes devem ser seguidos de uma avaliação com recurso, por exemplo, ao ciclo PDCA que é uma metodologia frequentemente usada nestes eventos como forma de avaliar se as melhorias implementadas permanecem em execução e alcançam o objetivo estabelecido em prol da melhoria contínua (Farris et al., 2009).

2.4. *Hoshin Kanri*

No início dos anos 60, tem origem no Japão a técnica *Hoshin Kanri* com o conceito de Gestão por Objetivo. Esta traduz-se numa ferramenta organizacional de gestão estratégia que tem como propósito a integração dos objetivos de gestão de topo nas operações diárias. Dada a sua transversalidade, é vista com uma associação entre as práticas de *Total Quality Management (TQM)* e *Lean Production* (Akao, 2004).

O *Hoshin Kanri* desenvolve-se em concordância com o modelo “FAIR”, que surgiu de uma adaptação do Ciclo PDCA e, que se divide em quatro fases primárias:

1. *Focus* - Foco na direção da organização através da priorização anual de estratégias.
2. *Alignment* - Alinha as prioridades estratégias com os planos e programas locais.
3. *Integration* - Integra as prioridades estratégicas com a gestão diária.
4. *Responsiveness* - Fornece uma revisão estruturada do progresso das prioridades estratégicas.

O sucesso da aplicação do *Hoshin Kanri* depende do planeamento e da implementação sendo que o planeamento é elaborado com base no que o cliente tem idealizado para um período entre 5 e 10 anos, com o intuito de exceder as suas necessidades (Witcher & Butterworth, 1999).

Entre as etapas do *Hoshin Kanri*, destaca-se a implementação do processo “*catchball*” que representa a correlação entre objetivos e as medidas *Hoshin*, por parte de equipas de gestão interfuncional, sendo crucial para o sucesso da implementação. Desta forma, através da ligação entre a estratégia empresarial e o planeamento anual, é possível garantir a implementação dos objetivos com recurso aos meios existentes, em todos os níveis da organização e, assim, assegurar o *feedback* em horizontes multidirecionais (Tennant & Roberts, 2001).

Em consonância, na Figura 7, podemos ver que os objetivos são definidos de acordo com os resultados esperados, para cada nível, e que os recursos são as diretrizes para alcançar esses objetivos tanto a curto como longo prazo (Asan & Tanyaş, 2007).

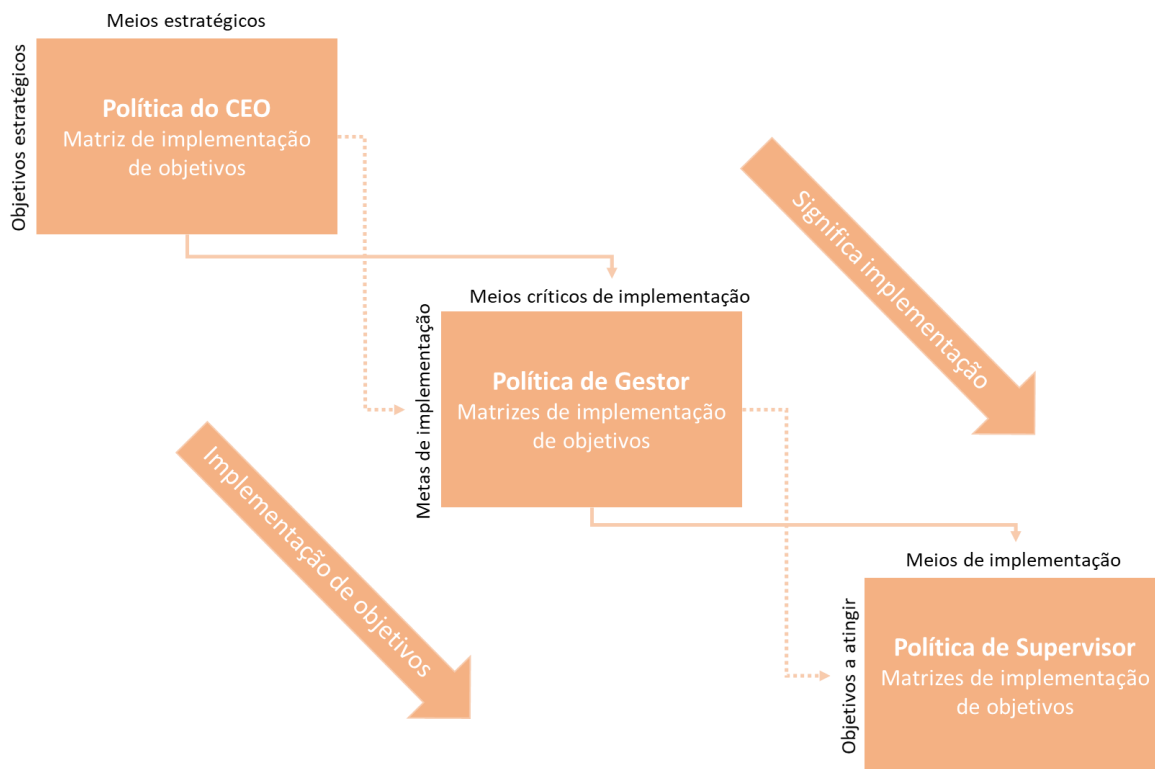


Figura 7 - Processo "Catchball" (Mazur, 1998)

2.5. 5S

Os 5S é uma das primeiras metodologias *lean* a ser implementada pelas empresas quando da decisão da aplicação de um sistema de produção *lean*, dado que produz um efeito positivo, a curto prazo, na produtividade de qualquer tipo de organização. A sua aplicação reparte-se numa sequência de cinco etapas, que representam as palavras japoneses: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, uma vez que tem origem na *Toyota*, no Japão, em 1970, pela intervenção de *Hiroyuki Hirano* (Dhouchak, 2017).

A invenção desta técnica tem o intuito melhorar a qualidade e o desempenho das organizações, contudo, sofreu uma atualização para 6S, com a interpelação da segurança na lista de conceitos prioritários, a par da qualidade e do desempenho (Hirano, 1996).

Face ao novo cenário, as etapas do método 6S estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Fases do 6S (Dhouchak, 2017)

Etapas	Descrição
<i>Sorting (Seiri)</i>	Consiste na eliminação de materiais desnecessários da área de trabalho.
<i>Set in Order (Seiton)</i>	Compreende a arrumação e organização de materiais em locais específicos para facilitar o acesso e otimizar o fluxo produtivo.
<i>Shine (Seiso)</i>	Abrange a limpeza de todas as máquinas, equipamentos e áreas de trabalho de forma regular e sistemática.
<i>Standardize (Seiketsu)</i>	Comporta a definição e sequenciação de tarefas no local de trabalho, tornando-as <i>standard</i> .
<i>Sustain (Shitsuke)</i>	Admite a execução regular das tarefas definidas anteriormente.
<i>Safety</i>	Garante a segurança dos equipamentos e obriga à utilização dos equipamentos de proteção na área de trabalho.

2.6. Ferramentas *Lean Production*

De acordo com a filosofia *Lean*, o sucesso das suas implementações depende do envolvimento da organização, mas também de ferramentas como: *SMED*, *Standard Work* e *VSM*, que são utilizadas no envolvimento deste projeto. Estas técnicas são maioritariamente identificadas como fontes de redução de desperdícios, contudo, são consideradas por alguns autores como práticas de maximização do valor do produto através da minimização do desperdício (Sundar et al., 2014).

2.6.1. *Single Minute Exchange of Die*

A metodologia *Single Minute Exchange of Die (SMED)*, desenvolvida por *Shigeo Shingo*, pressupõe técnicas de redução de tempos de preparação, afinação e substituição de equipamentos, e tem como principal objetivo diminuir o tempo de perda de eficiência causada pela alteração de referência na produção, denominada por tempos de *setup*. Os tempos de *setup* correspondem ao período desde o último produto conforme da ordem de produção anterior até ao primeiro produto conforme da nova ordem de fabrico (van Goubergen & van Landeghem, 2002).

Contudo, a utilização do *SMED* não se resume apenas à sua aplicabilidade na indústria, mas também, em processos de manufatura, serviços de administração e operações de montagem (Almomani et al., 2013).

A sua aplicação desenvolve-se em cinco etapas:

1. Estudo do Trabalho – consiste num registo cronométrico ou fotográfico dos elementos.
2. Separação do Trabalho Interno e Externo – divisão das operações de *setup* que podem ser realizadas apenas com máquina parada (trabalho interno) que obrigam à interrupção da produção, das que podem ser efetuadas durante o período de funcionamento da máquina (trabalho externo).

3. Transformação do Trabalho Interno em Externo – por exemplo, ações de pré-aquecimento, pré-montagem e regulações prévias.
4. Redução de Trabalho Interno – eliminação de ajustes e afinações, com recurso a apertos rápidos e fixações, e implementação de trabalho em paralelo.
5. Redução de Trabalho Externo – melhorias de logísticas de transporte, de manutibilidade e de instrução dos colaboradores.

Destas implementações resultam importantes benefícios como a limitação da capacidade do *bottleneck* do processo e maximização da capacidade produtiva da linha sem a introdução de novas máquinas. Além disso, origina aumento da qualidade e consequente redução de produtos para sucata ou retrabalho, redução dos tamanhos dos lotes e do inventário, maior flexibilidade de resposta ao cliente e minimização dos custos (van Goubergen & van Landeghem, 2002).

Para tal, de acordo com (Shingo, 1985), o principal fundamento do SMED é a execução, sempre que possível, de atividades em simultâneo do funcionamento do equipamento, com o intuito de combater os tempos desperdiçados em mudanças. Assim, este pressupõe a obtenção de uma redução de 90% dos tempos de *setup* com um investimento moderado.

Contudo, com base na convencional técnica SMED originada por *Shingo*, é proposta uma nova abordagem para a terceira fase de implementação denominada por *Multiple Criteria-Making Techniques (MCDM)*. Esta abordagem aprovisiona procedimentos sistemáticos com o intuito de melhorar a seleção de técnicas alternativas tendo em consideração fatores relacionados com o custo, a energia, o *layout* das instalações, a qualidade e a manutenção destes sistemas.

2.6.2. *Standard Work*

O *Standard Work* é um dos elementos fundamentais do *Lean Thinking* considerando o pressuposto de normalização da sequência e da execução de atividades de um processo de trabalho (Antoniolli et al., 2017).

À vista disso, assegura a eficácia da realização de um trabalho no mais curto tempo repetível com recurso a pessoas, máquinas e materiais, ou seja, auxilia na organização do trabalho de acordo com flutuação do tempo e da procura.

Para a padronização de trabalhos recorre-se a ferramentas de análise que resultam num conjunto de *Standard Operating Procedures (SOPs)*, que abrangem os processos de trabalho do operador como, por exemplo, etapas de processo, sequências de trabalho, *work in progress (WIP)*, tempo de ciclo e controlo de processo (Sundar et al., 2014).

Desta forma, a partir dos resultados de um trabalho padronizado é possível controlar e melhorar os processos de trabalho de acordo com a variação da procura, assegurando a melhoria contínua.

2.6.3. *Overall Equipment Effectiveness*

O *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* surgiu como uma métrica quantitativa, a partir do conceito de *Total Productive Maintenance (TPM)* lançado por (Nakajima, 1988), para medir a produtividade dos equipamentos fabris.

Este identifica e mede as perdas de disponibilidade, desempenho e qualidade dos equipamentos com o intuito de melhorar a eficácia e a produtividade do equipamento. Estas perdas são atividades que absorvem recursos, mas que não criam qualquer valor (Pintelon et al., 2000).

Segundo Jonsson & Lesshammar (1999), as perdas têm origem em perturbações crónicas ou esporádicas. As perturbações crónicas estão muitas vezes encobertas e têm causas simultâneas. Em oposição, as perturbações esporádicas são perceptíveis dado que ocorrem repentinamente e provocam grandes desvio do estado habitual.

Contudo, segundo a literatura, o OEE mede o grau de conformidade dos resultados do processo com os requisitos, ou seja, a eficácia. Ao invés, a alusão à eficiência que corresponde ao grau em que o processo produz a produção necessária ao custo mínimo de recursos (Muchiri & Pintelon, 2008).

O cálculo das perdas é medido através do OEE, ver equação 1:

$$OEE = Disponibilidade (D) \times Eficiência (E) \times Qualidade (Q) \quad (1)$$

Sendo que cada componente do OEE é calculado pelas equações 2, 3 e 4, respetivamente:

$$D = \frac{\text{Tempo de Operação} - \text{Tempo Paragem Planeadas}}{\text{Tempo Disponível} - \text{Tempo Produção Não Planeada}} \quad (2)$$

$$E = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal}}{\text{Tempo de Ciclo Teórico}} \quad (3)$$

$$Q = \frac{\text{Nº Unidades Conformes}}{\text{Total de unidades produzidas}} \quad (4)$$

2.6.4. Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping (VSM)* é uma das ferramentas fundamentais para a aplicação da filosofia *Lean Production* (Chiarini, 2014; Rother & Shook, 2003). Esta consiste num método de representação visual de todas as atividades envolvidas num processo, desde a manufatura à distribuição dos produtos aos clientes. Desta forma, o VSM facilita a perceção e a identificação das atividades que adicionam e não adicionam valor.

Desta forma, a implementação ocorre essencialmente em três fases. Numa fase inicial, desenha-se o mapeamento do estado atual do processo com base em informação do chão de fábrica. Este fluxo expõe dados de inventário, tempo de processo, *lead time* e tempos de espera que são analisados com o intuito de identificar as ações que não agregam valor ao produto e, particularmente, o *bottleneck*. Estas fontes de desperdício são eliminadas ou reduzidas, numa segunda fase, com o mapeamento do futuro fluxo do processo, com base nas causas identificadas. Na última fase, sustentada na informação representada no VSM, é momento de validar a decisão e implementar a ferramenta *Lean* (Sundar et al., 2014).

3. PLANEAMENTO DAS AÇÕES

O presente capítulo descreve a análise à situação atual dos processos produtivos escolhidos para o âmbito do projeto. A partir disso, será detalhado o planeamento das ações a implementar no seguimento do diagnóstico inicial e do estudo de métodos e tempos.

A par disso, são descritos os programas atualmente em produção e as normas pelas quais vigora.

3.1. Diagnóstico do processo produtivo

Atualmente a empresa dedica-se exclusivamente à fabricação de compósitos, com diferentes programas aeronáuticos, pelo que segue o fluxo de produção representado na Figura 8.

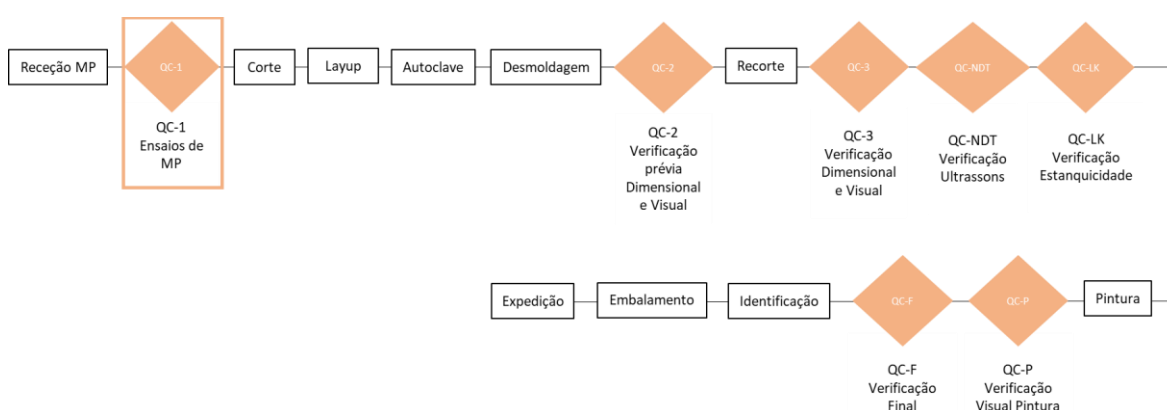


Figura 8 – Fluxo de produção

Esta é certificada pela norma EN 9100, que estabelece requisitos de gestão da qualidade específicos para a indústria aeronáutica. Baseia-se na ISO 9001, tendo requisitos comuns com esta e requisitos adicionais, essencialmente referentes à produção, dando especial enfoque às questões da qualidade, segurança e tecnologia em todas as vertentes da indústria e ao longo de toda a cadeia de fornecimento.

Relativamente aos seus processos, como representado no planeamento macro do projeto, no Capítulo 1, os postos de trabalho sujeitos a análise são os seguintes: Autoclave (AU), *Surtec*, Ultrassons (UTS), Máquinas de Controle Numérico Computadorizado (CNC's) e Pintura.

Todavia, houve uma envolvimento generalizada por parte de todo processo produtivo, da qual se pode apurar a prática da metodologia *kaizen* em toda a planta produtiva, começando pela existência de quadros *kaizen*, Figura 9, em todos os postos, com os seguintes dados: plano de trabalho semanal, plano de ações, *kamishibai*, indicadores, folha de presença, registo de incidências, matriz de riscos, entre outras informações. Estes servem de suporte às reuniões de painel diárias de cada secção.

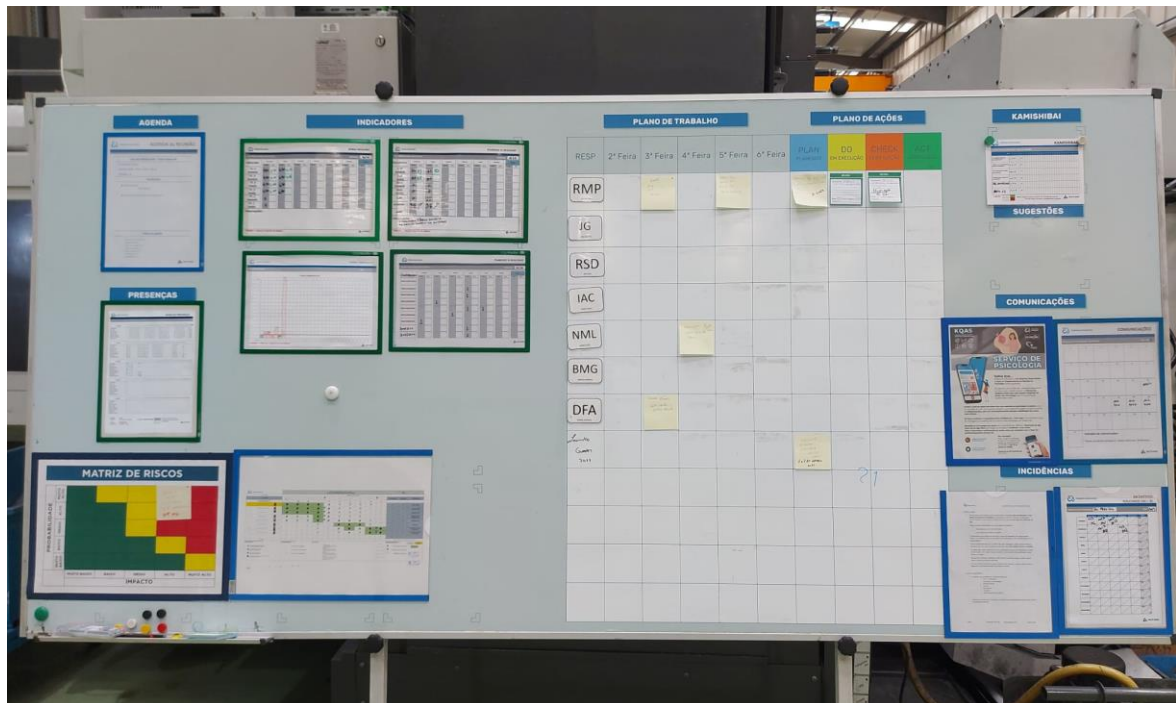


Figura 9 - Quadro Kaizen

Considerando toda a planta de produção, optou-se por aplicar umas das ferramentas do *Lean Manufacturing* estudadas, o *VSM*, representada no Anexo A. Este método permitiu obter um maior conhecimento do fluxo do material, a par de possibilitar a realização de uma análise visual sobre todas as etapas relevantes do processo produtivo.

Relativamente ao intento de medição e comprovação de tempos em processos, é de salientar que o estudo se auxiliou do Sistema *Bedaux*, que é um método utilizado pela empresa que tem por objetivo a medição de trabalho humano através da determinação do tempo de execução de uma tarefa. Este aplica um modelo de valorização do desempenho de um qualquer operador, igual ao que fazem as escalas centesimais, ou de 75 – 100.

Na cronometragem do tempo deve incluir-se o descanso necessário para que o trabalho se possa repetir quantas vezes seja necessário, sem detrimento da saúde ou faculdades do trabalhador, tendo-se assim em conta não só o fator ritmo, mas também de fadiga, necessidades pessoais, entre outros suplementos.

Para medir a atividade, estabelece-se uma escala numérica que começa em 0 e é progressiva de 5 em 5 unidades, em que 0 corresponde ao repouso absoluto e 80 com a atividade ótima, como representado na Figura 10 .

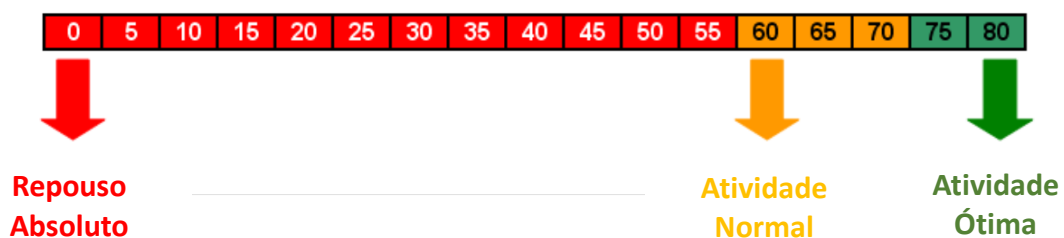


Figura 10 - Escala do modelo de desempenho, Sistema Bedaux

3.2. Autoclave

O processo de cura das peças nas autoclaves foi definido como prioritário dada a inexistência de qualquer registo histórico e de diagnóstico. Como tal, iniciou-se um estudo dos programas abrangidos por cada ciclo e concluiu-se que este compreende cinco ciclos, PT-AU01, PT-AU02, PT-AU04, PT-AU09 e PT-AU10, que corresponde aos programas Sandwich, Monolítico, Conformados, TEP e Plataformas, respetivamente. A par disso, considerou-se a existência de duas autoclaves, AU1 e AU2, com as dimensões 8 m x 3,5 m e 16 m x 3,5 m, respetivamente.

Este é um processo de eliminação de resíduos e porosidades no qual as peças estruturais de aviões fabricadas em materiais compósitos são expostas a altas temperaturas e a altas pressões numa atmosfera inerte. Este processo é importante para garantir a resistência das peças a ambientes agressivos e a utilizações pesadas, como é o caso do mercado de aviação civil.

Para cada ciclo, o cliente define os parâmetros de ciclo de cura em autoclave, Anexo B, com os seguintes critérios: Vácuo Manométrico (mmHg); Pressão Manométrica (psig); Rampa de Aquecimento (°C/min); Temperatura de Cura (°C); Tempo de Estabilização (min); Rampa de Arrefecimento (°C/min); Temperatura de Desmoldagem (°C). Estes parâmetros são registados no *software* da autoclave, como está evidenciado na Figura 11.

					Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 4
FOL	TEMPERATURA	Pieza	Máxima temperatura	°C	00.00	185.00	60.00	60.00
			Mínima temperatura	°C	00.00	175.00	30.00	30.00
			Setpoint temperatura	°C	00.00 ✓	183.00 ✓	40.00 ✓	40.00 ✓
		Máxima diferencia	Piezas (TC) Autoclave (TTA)	°C	50.00000	50.00000	80.00000	80.00000
			TC Max Pieza TC Min Pieza	°C	30.00	30.00	50.00	50.00
		Rampa	Mínima velocidad	°C/min	00.00	00.70	02.00	02.00
			Presión de inicio	psig	No	45.00	No	No
			Setpoint velocidad	°C/min	00.00	02.70	03.00	03.00
		Alarmas	Seleccionar		Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
			Tiempo límite	min	00.00	60.00	00.00	00.00
		Termopar de paso	Seleccionar		TC Min ✓	TC Min ✓	TC Max ✓	TC Max ✓
		Tiempo	Mantenimiento	min	00.00	120.00	00.00	00.00
	PRESIÓN	Autoclave	Despresurización natural		No	No	Yes	No
			Setpoint presión	psig	45.00 ✓	45.00 ✓	26.00 ✓	00.00 ✓
		Máxima diferencia	Setpoint p. Autoclave (PTA)	psig	05.00	05.00	20.00	01.00
		Rampa	Setpoint velocidad	psig/min	07.00	07.00	05.00	05.00
			Temperatura de inicio	°C	00.00	00.00	00.00	00.00
	Vacio	Piezas	Presión de venteo (PTA)	psig	20.00	20.00	10.00	00.00
			Setpoint vacio	mbar	-333.00	-333.00	-333.00	00.00
		Rampa	Seleccionar		No	No	No	No
			Setpoint velocidad	mbar/min	00.00	00.00	00.00	00.00
		Alarms	En caso de rotura de bolsa		Abort cycle	Abort cycle	Continue cycle	Continue cycle
Factor	Rampa	Temperatura	Temperatura límite (TC Max)	°C	60.00	60.00	00.00	00.00
			FOL factor (Ramp)		00.00	02.00	02.00	02.00
		Limit value	Limit value (cooling ramp)	°C	00.00	05.00	30.00	30.00
			Limit value (heating ramp)	°C	00.00	205.00	60.00	60.00
		FOL factor	FOL factor (Dwell)		00.00	02.00	02.00	02.00
			Maximum temperature	°C	00.00	205.00	60.00	60.00
		Mantenimiento	Minimum temperature	°C	00.00	05.00	30.00	30.00

Figura 11 – Definição dos parâmetros no software da autoclave

Para além do estudo dos programas foi necessário observar o operador no decorrer de alguns ciclos para um maior entendimento e conhecimento do processo e da sequenciação de tarefas associadas a este para, posteriormente, facilitar o estudo de tempos.

O estudo dos tempos foi realizado com recurso a um cronómetro ou uma câmara de filmar e suportado por uma folha de registo do estudo dos processos, Anexo C, recorrentemente usada pela empresa, à semelhança de outros documentos fornecidos pelo Instituto *Kaizen*. Nas situações em que se recorreu à câmara, posteriormente efetuou-se a análise dos vídeos.

Nesse registo consta o tempo de carga, o tempo de cura em autoclave e o tempo de descarga de cada ciclo, sendo que os tempos de carga/descarga são contabilizados como tempos de *setup* com recurso a um operador e o tempo de cura é tempo de máquina.

Tendo em conta os objetivos do projeto, melhoria na eficiência dos *setups* e na disponibilidade dos equipamentos, no caso da autoclave, começou-se por identificar ações de melhoria para as tarefas de carga/descarga que demoram mais tempo e não constituem valor acrescentado. A partir disso, estimou-se uma redução de tempo com a implementação dessas ações de melhoria. Porém, não será possível auxiliar do indicador de OEE porque este não é calculado neste posto de trabalho.

Relativamente à ocupação/disponibilidade do autoclave projetaram-se duas abordagens: ocupação do ciclo vs. número de válvulas (TR) e termopares (TC) disponíveis; Tempo de ciclo de cura por programa. Para o desenvolvimento destas planeia-se recolher os dados dos ciclos realizados numa semana nas duas autoclaves com o intuito de estudar, por ciclo, o número que peças curadas, a percentagem de TR e TC ocupados, o tempo de ciclo, tempo de aquecimento/arrefecimento, entre outros parâmetros, que serviram de suporte para identificar possíveis ações de melhoria.

O planeamento dos ciclos nas autoclaves é feito, semanalmente, pelo chefe de secção, no início de cada semana, num quadro, Figura 12, onde são colocados os cartões dos respetivos ciclos a realizar de acordo com o planeamento semanal de produção realizado pela equipa de Planeamento e Gestão de Programas (UGV). Este quadro também possui um escalonamento dos horários, por cores, de acordo com a tarifa tri-horária, com o intuito de controlar os custos de azoto.

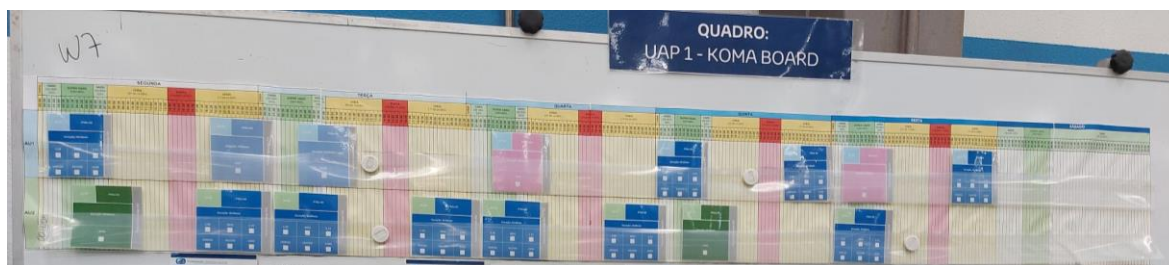


Figura 12 - Quadro do Planeamento Semanal do Autoclave

3.3. *Surtec*

Surtec é a estufa que serve de auxílio ao posto de trabalho da desmoldagem, quando estes não desmoldam as peças após o término dos ciclos em autoclave, tendo necessidade de aquecer os moldes novamente antes de as desmoldar. Para além disso, por vezes também há necessidade de aquecer moldes para entrarem em *layup*.

Neste posto, o maior desafio detetado incide na ocupação, dado que apenas se ocupa um 1º nível com carros, Figura 13. Contudo, também surgiram algumas questões relativamente à contabilização do tempo de aquecimento dos moldes e ao tempo de funcionamento da estufa.



Figura 13 - Ocupação Atual Surtec

Quanto à ocupação considerou-se duas opções, tendo em conta as peças que necessitam de ir à estufa para desmoldar ou para seguirem para o *layup*. Para a desmoldagem planeia-se construir um imponente carro em altura com capacidade para cinco placas, enquanto, para o *layup*, dado que necessita de efetuar deslocações deve ser algo leve e fácil de transportar, desenharam-se carros duplos de encaixe, com capacidade para duplicar o número de placas para aquecer.

Relativamente ao planeamento do tempo de funcionamento da estufa e do tempo de aquecimento dos moldes constatou-se que o mais viável passaria apenas por planejar, em um quadro idêntico ao utilizado para o planeamento dos ciclos em AU, os moldes que necessitam de aquecer para se deslocarem para o *layup*. Para tal, foi necessário incluir um estudo acerca do tempo de aquecimento dos moldes vs. temperatura da *surtec*, onde se averiguou que as placas necessitam de aquecer durante 30 min a uma temperatura de 60°C. No final de cada ciclo de aquecimento, a estufa emite um sinal luminoso verde.

3.4. CNC's

O posto de trabalho das CNC's é atualmente constituído por quatro máquinas, CNC001, CNC002, CNC003 e CMI Durango, das quais se destinam diariamente para o corte dos programas 2.08 e BBSS a CNC001 e CNC003 e a CMI para o corte de TEP e Omegas. A CNC002 é apenas utilizada para o corte dos programas 2.08 e BBSS quando alguma das que está em funcionamento sofre alguma avaria.

Como tal, restringiu-se a observação do processo de corte em duas secções, máquinas A (CNC001 e CNC003) e a CMI. Em cada uma, planeou-se realizar um estudo de tempos a par da identificação de ações de melhoria nos *setups*.

Com base nessa análise, nas máquinas A observaram-se várias deslocações fora da área de trabalho para operações de manutenção, a par de alguns problemas ergonómicos resultantes do esforço que um operador para duas máquinas, sendo que estas não se encontram ao mesmo nível. Face a este diagnóstico planeia-se efetuar alteração do *layout* do posto de trabalho.

Relativamente ao método como é calculada a produtividade do operador de CNC's e o OEE das máquinas constatou-se que é através de um registo manual das horas máquinas, retiradas destas no final de cada turno, o que, posteriormente, requer a passagem dos dados para um ficheiro pelo chefe de secção, o que implica um retrabalho. Consultaram-se estes dados e recolheu-se que o OEE das duas máquinas CNC's diariamente em produção é, em média, 58%.

No caso da CMI também foi proposta a realização de um estudo de métodos e tempos para o programa TEP, o único atualmente em corte. Contudo, a empresa prepara-se para introduzir o corte de Omegas, pelo que se propôs desenvolver um diagrama homem-máquina com o intuito analisar de que forma se pode introduzir o novo programa, a par de identificar o tempo improdutivo. Paralelamente, planeou-se desenvolver ações com base na metodologia 6S com vista na eliminação de materiais desnecessários, na limpeza e arrumação do posto de trabalho e na *standardização* da sequência de etapas do processo.

O primeiro diagrama homem-máquina elaborado encontra-se representado na Figura 15, segundo a legenda da Figura 14, e tem o intuito de avaliar a ocupação atual da CMI, para posteriormente, servir de base para o escalonamento de ações de melhoria e o planeamento de cenários futuros.

CMI	Troca MAP TEP	15min
	Setup TEP	15min
	Corte TEP	30min
	Acabamentos TEP	10min
	Setup NEO 3PN	25min
	Corte NEO (3)	70min
	Troca MAP NEO	60min
	Medição Laser NEO	20min
	Setup Laser	5min
Recanteio	Acabamentos NEO	20min

Figura 14 – Legenda dos processos Diagrama Homem-Máquina

1º Turno					2º Turno				
Horário	Min	Horas	Homem	CMI	Horário	Min	Horas	Homem	CMI
8h	5	0,08	Troca MAP NEO	Paragem	16h	485	8,08	Setup TEP	Paragem
	10	0,17				490	8,17		
	15	0,25				495	8,25		
	20	0,33				500	8,33	Paragem	Corte TEP 3
	25	0,42				505	8,42		
	30	0,50				510	8,50		
	35	0,58				515	8,58		
	40	0,67				520	8,67		
	45	0,75				525	8,75		
	50	0,83				530	8,83		
	55	0,92		535	8,92	Setup TEP	Paragem		
9h	60	1,00		540	9,00				
	65	1,08	Setup NEO (3PN)	Paragem	17h	545	9,08	Acabamentos 3	Corte TEP 4
	70	1,17				550	9,17		
	75	1,25				555	9,25		
	80	1,33				560	9,33	Paragem	
	85	1,42				565	9,42		
	90	1,50	Paragem	Corte NEO (3PN)		570	9,50	Acabamentos 4	
	95	1,58				575	9,58		
	100	1,67				580	9,67	Setup Laser	
	105	1,75				585	9,75		
	110	1,83				590	9,83	Medição Laser NEO 1	Medição Laser NEO 1
	115	1,92	PAUSA	Corte NEO (3PN)		595	9,92		
Pausa 10h	120	2,00				18h	600	10,00	Medição Laser NEO 2
	125	2,08	Paragem	Paragem		605	10,08		
	130	2,17				610	10,17		
	135	2,25				615	10,25		
	140	2,33				620	10,33		
	145	2,42				625	10,42		
	150	2,50				630	10,50		
	155	2,58				635	10,58		
	160	2,67			Setup NEO (3PN)	Paragem		640	10,67
	165	2,75						645	10,75
	170	2,83						650	10,83
	175	2,92		655			10,92		
11h	180	3,00		19h			660	11,00	Medição Laser NEO 3
	185	3,08	Paragem	Corte NEO (3PN)		665	11,08		
	190	3,17				670	11,17		
	195	3,25				675	11,25		
	200	3,33				680	11,33		
	205	3,42				685	11,42		
	210	3,50				690	11,50		
	215	3,58				695	11,58		
	220	3,67				700	11,67		
	225	3,75				705	11,75		
	230	3,83				710	11,83		
	235	3,92		715	11,92	Medição Laser NEO 6	Medição Laser NEO 6		
12h	240	4,00		20h	720			12,00	
	245	4,08	Setup NEO (3PN)	Paragem				725	12,08
	250	4,17						730	12,17
	255	4,25						735	12,25
	260	4,33				740	12,33		
	265	4,42				745	12,42		
12:30h	270	4,50		20:30h	750	12,50	Setup Laser	Paragem	
	275	4,58	Paragem	Corte NEO (3PN)		755			12,58
	280	4,67				760	12,67		
	285	4,75				765	12,75		
	290	4,83				770	12,83		
	295	4,92				775	12,92		
13h	300	5,00	Pausa Almoço	Corte NEO (3PN)	21h	780	13,00	Medição Laser NEO 7	Medição Laser NEO 7
	305	5,08				785	13,08		
	310	5,17				790	13,17		
	315	5,25				795	13,25		
	320	5,33				800	13,33		
	325	5,42	Paragem	Corte TEP 1		805	13,42		
	330	5,50				810	13,50		
	335	5,58				815	13,58		
	340	5,67				820	13,67		
	345	5,75				825	13,75		
	350	5,83	Troca MAP TEP	Paragem		830	13,83		
	355	5,92				835	13,92		
14h	360	6,00			Setup TEP	Paragem	22h	840	14,00
	365	6,08						845	14,08
	370	6,17						850	14,17
	375	6,25		855			14,25		
	380	6,33		860			14,33		
	385	6,42	Paragem	Corte TEP 2		865	14,42		
	390	6,50				870	14,50		
	395	6,58				875	14,58		
	400	6,67				880	14,67		
	405	6,75				885	14,75		
	410	6,83	Setup TEP	Paragem		890	14,83		
	415	6,92				895	14,92		
15h	420	7,00				23h	900	15,00	
	425	7,08			Acabamentos 1	Corte TEP 3		905	15,08
	430	7,17						910	15,17
	435	7,25		915			15,25		
	440	7,33		920			15,33		
	445	7,42		925			15,42		
	450	7,50	Acabamentos 2	Paragem		930	15,50		
	455	7,58				935	15,58		
	460	7,67				940	15,67		
	465	7,75				945	15,75		
	470	7,83				950	15,83		
	475	7,92	Troca MAP TEP	Paragem		955	15,92		
	480	8,00				00h	960	16,00	
16h	485	8,08	Paragem	Paragem					
Paragens (min)			225	215				200	240
Paragens (hrs)			3,750	3,583				3,33	4,00
% Tempo Parada			47%	45%				42%	50%
% Ocupação			53%	55%				58%	50%

Figura 15 - Diagrama Homem-Máquina, Situação Atual

Como resultado, observou-se que tanto a ocupação do operador como de máquina ronda os 50% e, que ocorre um desperdício de ocupação de máquina com o processo de Medição Laser NEO, o que inviabiliza ainda mais a disponibilidade desta, dado que este não necessita de ser realizado no interior da CMI. Nesse sentido, planeou-se avaliar os processos que sucedem ao corte na CMI, tanto nas peças do programa TEP como Omegas. A partir dessa avaliação, no caso dos TEP, observou-se que o operador da CMI efetua os acabamentos das peças preparando-as para seguirem para a inspeção visual dimensional e para verificação na *Coordinate Measuring Machine (CMM)*, consumado por um operador certificado. Porém, as Omegas, após o corte na CMI, seguem para acabamentos, realizados pelos operadores do recanteio, que posteriormente devolvem as peças para a medição com recurso a laser na CMI.

Com base nos indicadores resultantes deste diagnóstico, planearam-se algumas ações que serão testadas na próxima etapa e descritas no próximo capítulo.

3.5. Ultrassons

O processo de inspeção automática é feito com recurso ao sistema de ultrassons que permite realizar a inspeção de determinada família de peças com o intuito de identificar não conformidades internas.

Para tal, a empresa dispõe de uma cuba, dividida em três fases, com a finalidade de realizar a inspeção a peças de diferentes programas. Na primeira fase, é feita a inspeção a peças do programa BBSS e 2.09, na segunda fase, a cuba está preparada para efetuar a inspeção às Omegas e, na terceira fase, é feita a inspeção às peças COMMON-COWLS (CC) e NON-COMMON COWLS (NCC), como está representado na Figura 16.



Figura 16 – Cuba de ultrassons

As fases possuem uma dependência dado que existe apenas uma cabeça e três cabeçais, um para cada fase, limitando dessa forma a inspeção. Contudo, entre a fase 1 e a fase 2, existe uma divisão entre estas para que fosse possível efetuar a carga/descarga da cuba numa fase, em simultâneo da execução da inspeção da outra fase. Porém, o mesmo não acontece com a fase 3, dado que se pode efetuar a carga/descarga desta durante a inspeção nas fases 1 e 2, mas não o inverso, ou seja, durante o funcionamento da fase 3, não é possível ocorrer movimentação nas restantes fases.

Com base nesse diagnóstico, propôs-se a aplicação da metodologia SMED, começando pelo registo cronométrico, avançando para a separação dos trabalhos internos dos externos, com vista na possibilidade de transformar trabalhos internos em externos. Por fim, será momento de projetar a redução tanto de trabalhos internos como externos.

Apoiado nisso, delineou-se como principal ação a criação de subdivisões independentes na fase 1 para possibilitar a inspeção de grupos mais pequenos de peças reduzindo o tempo de inspeção e de *setup* em cada ciclo. Desta forma, os *setups* seriam mais curtos e, em simultâneo da inspeção automática realizada nas restantes subdivisões, alcançando o objetivo de transformar trabalhos internos em externos. Assente nesse estudo, recomendou-se ainda a criação da independência das fases 1 e 2 da fase 3.

Na fase inicial da aplicação da metodologia, referente ao registo cronométrico, estendeu-se o estudo às três fases do sistema de ultrassons e ao acompanhamento de todas as etapas, desde a carga, à inspeção automática, à análise dos relatórios, terminando com a descarga da mesma. A partir deste identificaram-se vários desenvolvimentos que poderiam ser feitos para aumentar a eficiência dos *setups*, fundamentalmente na carga/descarga da fase 1 e 3. Alguns destes foram implementados na etapa que se segue, como se encontra detalhado no próximo capítulo.

3.6. Pintura

Para a fase final do projeto de estágio, planeou-se o acompanhamento do processo de pintura. Este foi desde logo sinalizado como de exigência mais elevada dado que já havia sido sujeito a vários diagnósticos e ao planeamento de ações de melhoria que não haviam sido bem-sucedidas. Nesse sentido, procurou-se estabelecer uma abordagem diferente.

Nesta fase de análise, um ponto fulcral que se destacou de antemão foi a falta de um planeamento minucioso, ou seja, apenas existia um planeamento macro diário de pintura de 21 peças do programa 2.24, 24 BBSS e 11 CC, NCC e *Ducts*. E, uma vez que, existem 11, 9, 172, 36 e 64 *part-numbers* de cada programa, respetivamente, e que, o envio para o cliente, se faz com aviões completos, o planeamento deveria ser mais específico de forma a formar *kits* e aviões completos. Por exemplo, no caso das BBSS, dado que um avião necessita de duas peças de cada RIB, dever-se-iam pintar três peças de quatro RIBs e duas peças das restantes seis RIBs, de forma variada para não existir em stock um número superior de peças apenas de quatro RIBs específicas. Para os restantes programas seria ideal seguir o mesmo conceito.

No decorrer do diagnóstico inicial, seguiu-se todas as etapas do processo de pintura dos principais programas em produção, identificadas nos fluxogramas da Figura 17 e Figura 18, tendo em consideração os requisitos, Tabela 3.

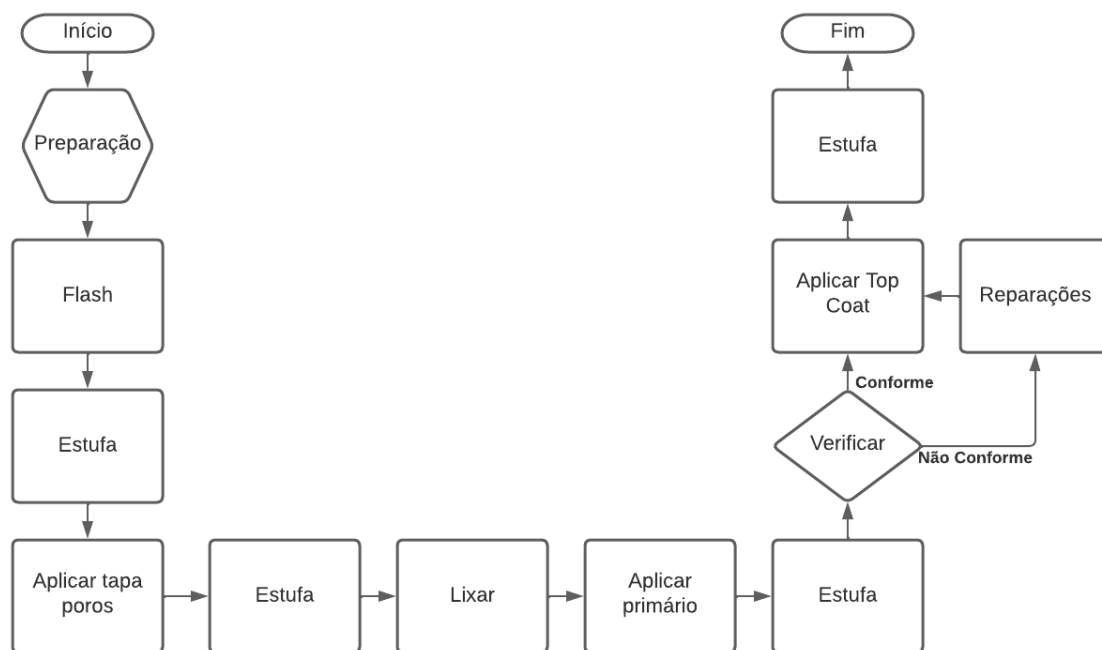


Figura 17 - Fluxo de Pintura BBSS/2.24

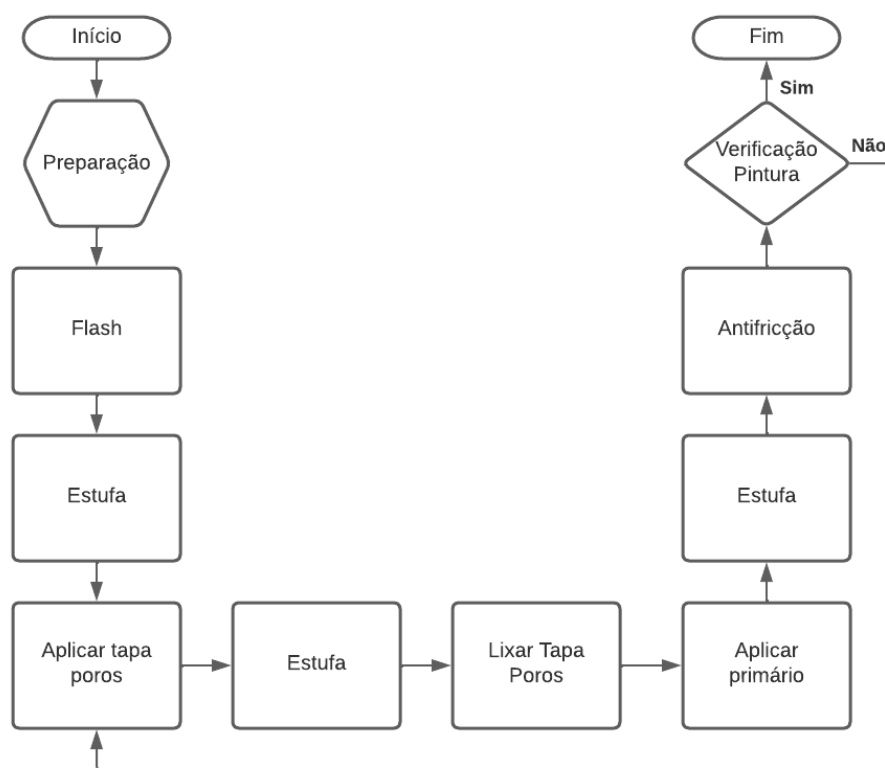


Figura 18 - Fluxo de Pintura CC, NCC e Ducts

Na Tabela 3, encontram-se definidos os parâmetros por material, ou seja, por cada tipo de pintura e, associados a estes estão os requisitos de tempos e temperatura, dos quais destacamos para o estudo, o tempo de secagem e a respetiva temperatura.

Tabela 3 – Requisitos de Pintura, Aplicação e Secagem por material

Material	Tempo de Reação Mistura	Tempo de Secagem	Caducidade de Mistura	Tempo entre capas	Tempo de Evaporação
Z12.129 Flash/Primário	30min	1h, 80°C	8h	NA	30min, TA
Z12.211 Tapa Poros	-	1h, 80°C	-	-	-
Z12.380 Top Coat	NA	1h, 80°C	8h	30min	30min, TA
Z12.520 Antifricção	NA	30min, 60°C	1h	60-120min	15min, TA
Z12.145 Primário (exceção)	NA	30min, 60°C	2h	NA	15min, TA
Z12.394 Top Coat (exceção)	NA	12h, TA	4h	NA	NA

Tendo em consideração que o posto de trabalho da pintura trabalha a dois turnos, foi delineado que no turno 1 (manhã) se deveria dar prioridades às tarefas de preparação e de pintura de primário. Consequentemente, no turno 2 (tarde) procede-se com a pintura de *flash*, tapa poros e *top coat*. O antifricção, dependendo da necessidade, tanto pode ser distribuído pelo turno 1 como pelo turno 2.

Nesse sentido a estufa da pintura é ligada no turno da manhã, estabilizando nos 80°C, até ao final do turno da tarde (meia-noite), caso não haja peças CC, NCC ou Ducts que requeiram a pintura de antifricção e, posteriormente a secagem a 60°C. Caso contrário, quando há produção desses programas, o turno da tarde desce a temperatura da estufa estabilizando-a nos 60°C, até ao final deste. Averiguou-se que partindo da temperatura ambiente, a estufa demora cerca de 30 min a atingir os 80°C, e depois 20 min para descer os 80°C para 60°C.

Tendo em conta os requisitos necessário para a pintura de cada programa e, após um diagnóstico inicial, no programa CC, NCC e Ducts identificou-se como operação mais crítica a preparação, que consiste no mascaramento das secções das peças que não podem ser pintadas. Este é feito com recurso a uma manta, papel e a fita cola, pelo que é algo demorado, fundamentalmente nas peças de maior dimensão dado que é necessário efetuar vários recortes de acordo com o formato destas. Após o isolamento, os pintores lixam a peça a fim de as preparar para a pintura. Comprovado que é a etapa mais longa do processo, e que é um *setup* que não se traduz em valor acrescentado, foram escaladas duas ações de melhoria para estas operações, que serão identificadas no capítulo referente às implementações das mesmas.

No caso das BBSS, também é necessário o isolamento de algumas secções, contudo, tendo em consideração que as dimensões são muito inferiores, também o tempo despendido é muito menor, não havendo necessidade de planeamento de nenhuma ação extraordinária, à exceção da alteração

do tamanho do rolo das etiquetas de *tedlar*. Esta ação permite um ganho de tempo no corte do *tedlar* em excesso, mas também uma redução no desperdício e custo deste.

Para as restantes etapas do processo, foi realizado um estudo dos tempos para o programa CC, NCC e *Ducts*, pois não existia em sistema SAP dados relativos a estes ou se encontravam desatualizados.

Desta forma, este estudo possibilitou um aprimoramento do planeamento da produção, a par da atualização da eficiência dos colaboradores e do método de incentivos.

Paralelamente, constatou-se que a estufa da pintura, de acordo com o *layout* atual, se encontra na sua ocupação máxima de acordo com os recursos existentes, contudo a sua capacidade máxima é muito superior se recorrermos à ocupação da estufa em altura, Figura 19. A somar a esse fator, averiguou-se que esta não serve unicamente de suporte ao posto de trabalho da pintura, mas também à inspeção e, a par disso, contabilizou-se um elevado número de reparações às peças após o processo de pintura, o que prejudica o *standard* diário. Com o intuito de otimizar a capacidade da estufa e de estabelecer um *standard* diário estabeleceram-se algumas ações com vista no aumento da ocupação da estufa, na vertical, e, na redução do número de reparações, que serão testadas na próxima fase.

Como auxílio no cumprimento do objetivo planeia-se o desenvolvimento de um modelo matemático que permita maximizar a ocupação da estufa e, em simultâneo, distribuir as peças pelos carrinhos e pelas estantes que se vão criar.



Figura 19 – Ocupação Atual da Estufa da Pintura

Considerando ainda a ocupação da estufa, e sabendo que o consumo energético desta é de 505 kWh, estando ligada numa média de 16 h/dia, ou seja, a dois turnos, avaliamos a potência desta em 31,57 kW/dia.

Tendo estes dados como ponto de partida, pode-se ainda, com conhecimento do número médio diário de peças que secam na estufa (53 peças), estimar que o consumo médio por peça é de 9,53 kWh.

$$\text{Consumo Energético por peça} = \frac{505 \text{ kWh}}{53 \text{ peças}} = 9,53 \text{ kWh/peça}$$

Assim, após o desenvolvimento do modelo matemático de otimização da ocupação da estufa será possível avaliar não só o parâmetro da ocupação, como também, a redução de consumo energético por peça.

4. IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES

No presente capítulo são descritas as ações implementadas com base no diagnóstico e no plano das ações melhoria delineado.

4.1. Autoclave

Tendo em consideração a disponibilidade e a ocupação das autoclaves, delineou-se duas abordagens, como já havia mencionado no capítulo anterior.

Na primeira abordagem fez-se uma análise da taxa de ocupação dos termopares na AU1 e AU2, com o intuito de avaliar se o ciclo se encontra na sua capacidade máxima. Caso não se confirmasse, estudou-se a causa, sendo que esta pode ter três fundamentos: falta/atrasos na produção, limitação da ocupação dos carros ou falta de termopares disponíveis.

Para tal, recorreu-se ao registo dos ciclos realizados na semana 42, nas duas autoclaves e, extraíram-se os dados representados no Gráfico 1 e Gráfico 2, que exibem a percentagem de termopares ocupados por programa, em cada ciclo, dessa semana.

Previamente foi ainda necessário recolher a informação sobre o número de termopares e válvulas usadas por placa/molde de cada programa, Tabela 4, e assumir que a AU1 possui 80 termopares, 40 válvulas de vácuo e 40 válvulas de registos. Assim estão reunidos os dados e as condições para se prosseguir com o estudo de carga/capacidades das autoclaves.

Tabela 4 - TC e TR necessários por placa de cada programa

Ciclo	Programa	Nº de Termopares	Nº Válvulas de Vácuo	Nº Válvulas de Registo
PT-AU01	CC	8	2	2
PT-AU02	2.08	6	2	2
PT-AU02	2.09	4	2	2
PT-AU02	BBSS	6	2	2
PT-AU02	OMEGAS	10	5	2
PT-AU02	2.24	4	2	2
PT-AU07	F4X	4	4	2
PT-AU08	NCC/Ducts	4	2	2
PT-AU09	TEP	8	4	2
PT-AU10	Plataformas	8	2	2

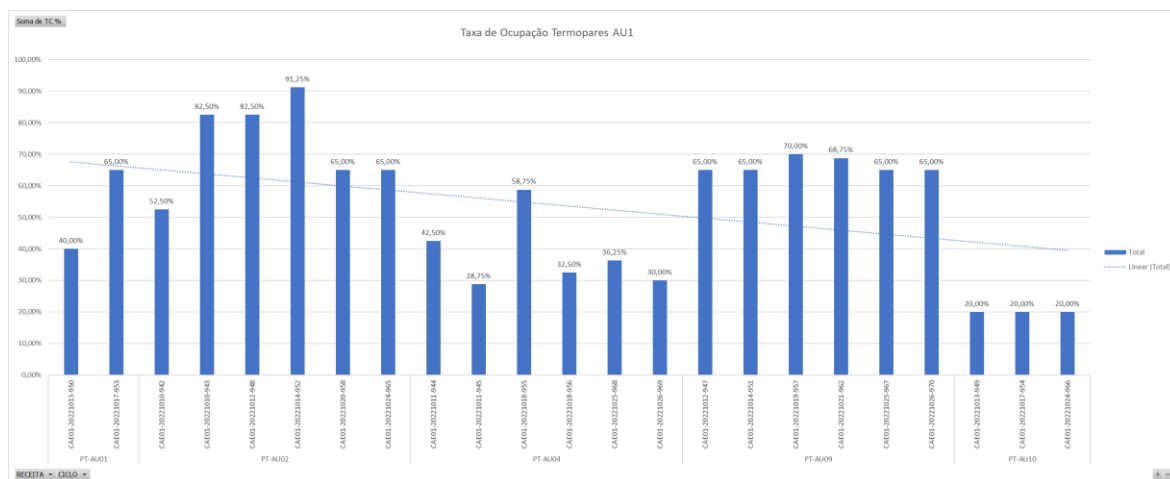


Gráfico 1 – Taxa de Ocupação Termopares AU1

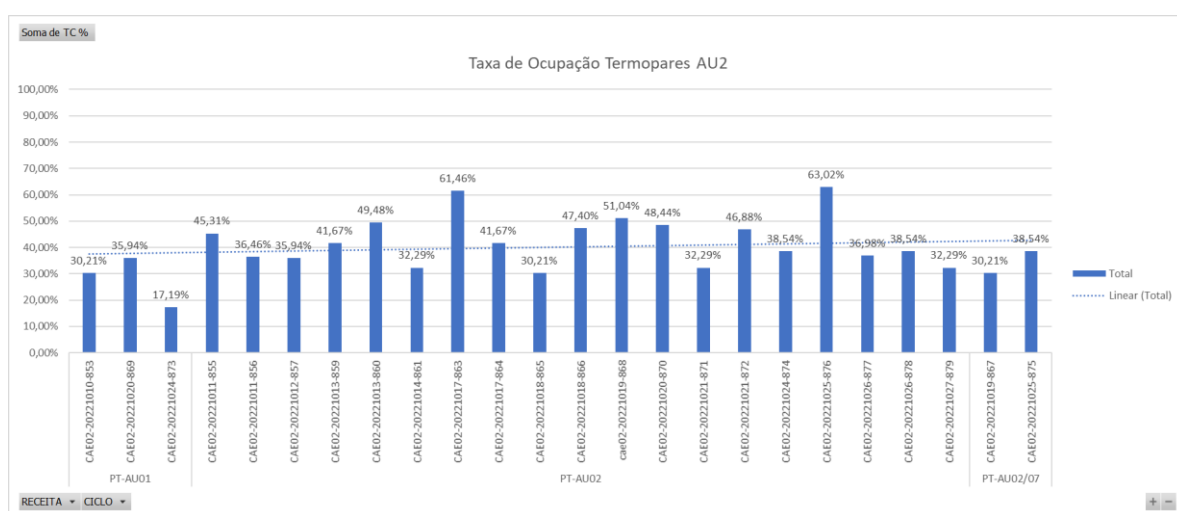


Gráfico 2 - Taxa de Ocupação Termopares AU2

Com base nos gráficos, começamos por ver que na AU1 se realizam os ciclos PT-AU01, PT-AU02, PT-AU04, PT-AU09 e PT-AU10 e na AU2 apenas se curam os ciclos PT-AU01, PT-AU02 e PT-AU02/07. O ciclo PT-AU04 apenas se realiza na AU1 porque foi desenvolvido um estudo em que se averiguou que os parâmetros de aquecimento e as tolerâncias deste não eram atingidas na AU2 tendo em conta a sua rampa de aquecimento elevada e a elevada dispersão de calor dada a dimensão da autoclave face à sua carga. Nesse seguimento, também se constatou que, de acordo com a procura dos programas TEP e Plataformas, os ciclos PT-AU09 e PT-AU10 não têm a necessidade de realizar a sua cura na AU2.

Conhecidas as condições para a cura dos ciclos, seguiu-se para a análise da ocupação de cada um nas respetivas autoclaves. Na AU1, o ciclo PT-AU01 apresenta a utilização de apenas 40% e 65% dos termopares que é justificável pela dimensão dos moldes deste programa. Estes são de grandes dimensões, o que se reflete na obtenção da capacidade máxima da autoclave, com recurso a poucos termopares. Porém, a variação de 25% também se deve às diferentes dimensões das peças do programa, o que faz com que por vezes permita carregar mais ou menos moldes, a par de variações de procura e de atrasos na produção. O mesmo ocorre com o ciclo PT-AU04, como é visível no posicionamento *standard* desenhado para as peças deste ciclo, representados na Figura 20. Contudo, ambos se encontram na sua máxima eficiência, tendo em conta as condições atuais avaliadas.

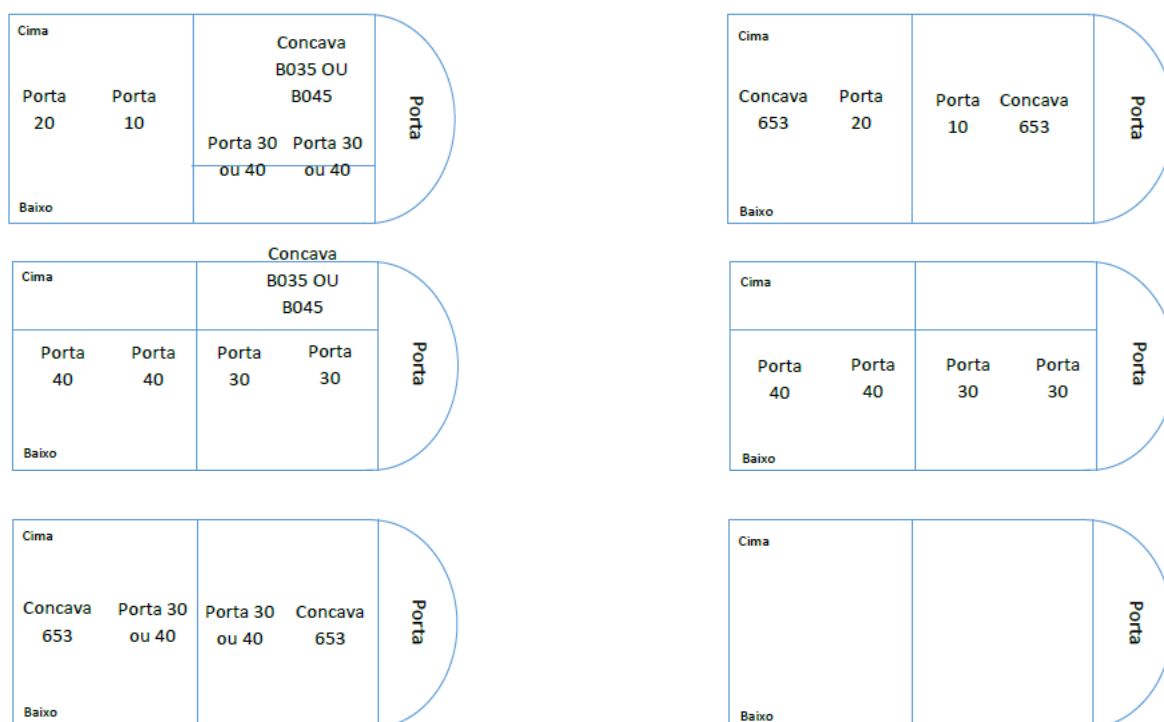


Figura 20 - Standard do Ciclo PT-AU04 na AU1

No caso do ciclo PT-AU02 na AU1 assumimos que a sua capacidade máxima corresponde ao ciclo que apresenta uma ocupação de 91,25% dos termopares dado que a autoclave tem 80 TC dos quais se encontram em funcionamento 72, o que faz reduzir a capacidade deste. Assim, concluiu-se que este está abaixo da sua capacidade, o que pode ser solucionado com a reparação ou o acréscimo de termopares. A par disso também se constatou, tendo em consideração o tamanho dos moldes, que havia a possibilidade de aumentar a capacidade do ciclo, tanto na AU1 como na AU2, se fosse acrescentada uma mesa a cada um dos carros.

Relativamente ao ciclo PT-AU09, a taxa de ocupação dos termopares é bastante homogénea dada a procura constante de um avião, o que corresponde a seis moldes. Nesse sentido, validamos que a cura deste na AU1, com recurso a dois carros duplos corresponde à sua capacidade máxima, deixando desocupados os restantes termopares. Contudo, caso houvesse um aumento da procura para dois aviões poder-se-ia efetuar a cura na AU02 ou preparar a utilização de carros triplos, com duas mesas. Paralelamente desenvolveu-se um estudo de tempos, onde se constatou que este ciclo requer um cumprimento rigoroso da sequenciação da saída dos moldes de *layup*, de modo a seguir o *layout* atual de carga deste ciclo, Figura 21, para que não haja tempos de espera no processo de carga, o que ocorre em várias circunstâncias. Com o intuito de colmatar esses tempos, considerou-se o desenho de novos *layouts*, Figura 22 e Figura 23, para o posicionamento dos moldes, como forma de adaptação perante atrasos na produção.

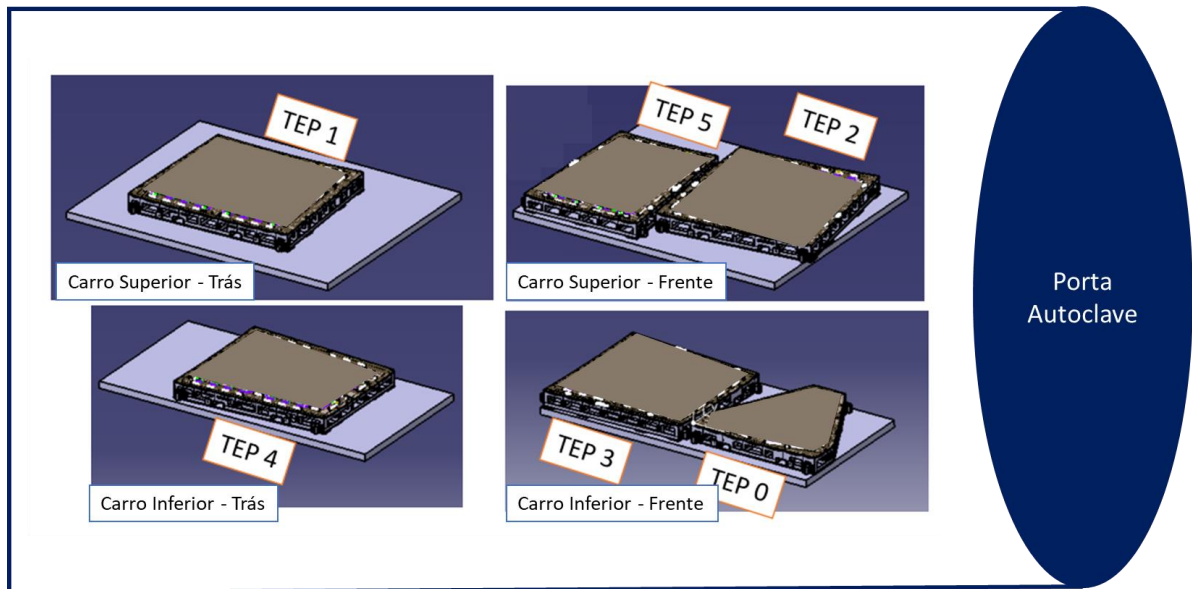


Figura 21 - Layout atual para a carga do ciclo PT-AU09

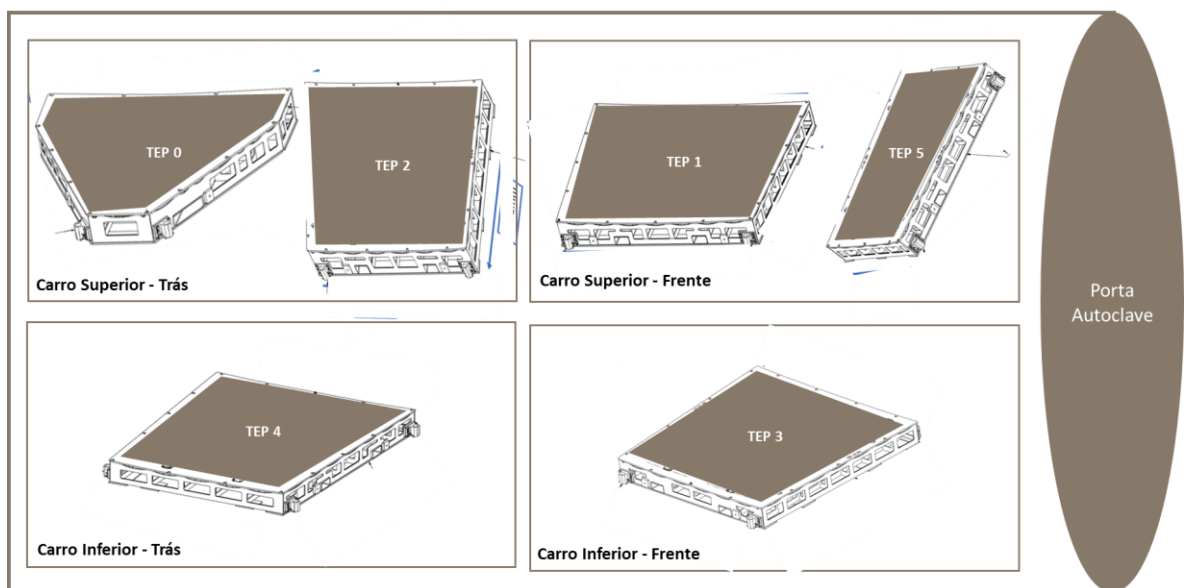


Figura 22 - Layout para a carga do ciclo PT-AU09, Opção B

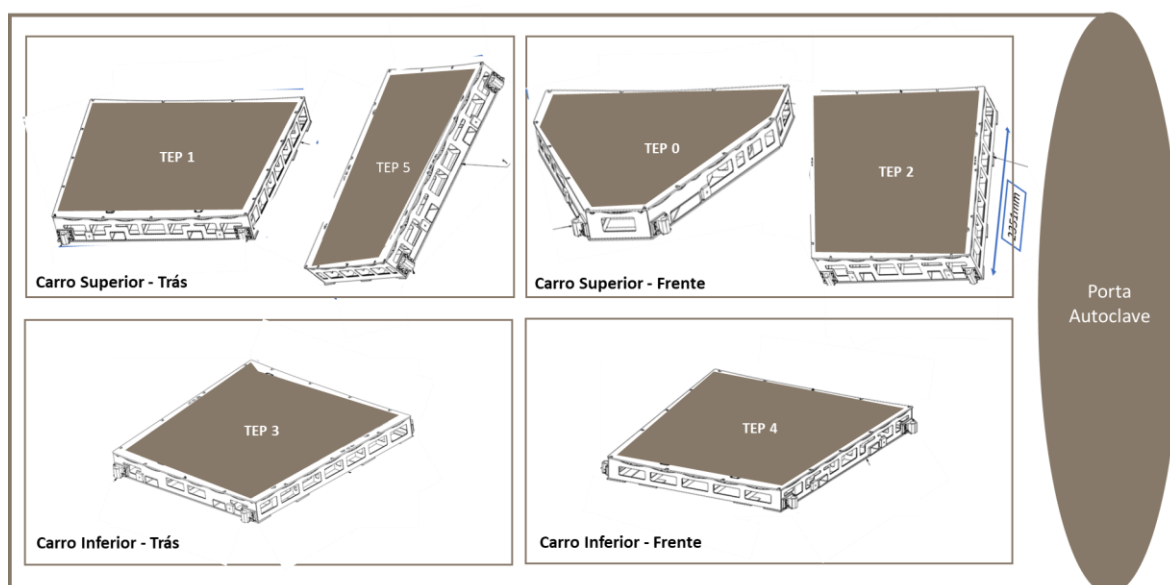


Figura 23 - Layout para a carga do ciclo PT-AU09, Opção C

Por último, o ciclo PT-AU10, de acordo com o Gráfico 1, apresenta uma taxa de ocupação de TC muito baixa, 20%, consequência da baixa procura e da dimensão dos moldes. Gráfico 1 – Taxa de Ocupação Termopares AU1

Após essa análise estudou-se a possibilidade de fusão dos ciclos PT-AU09 e PT-AU10, tendo em consideração, as baixas taxas de ocupação destes e, identificou-se que estes possuem parâmetros idênticos o que suscitou a hipótese de agrupação de ambos num único, na AU2, como já ocorre com o PT-AU02/PT-AU07. Nesse sentido, sugeriu-se ao cliente a possibilidade estabilizar os parâmetros dentro dos intervalos aceitáveis por ambos, com vista no objetivo de aumentar a disponibilidade dos autoclaves e redução de custos de azoto. Porém, dado que é um tema de exigência elevada e que requer avaliações exaustivas, tanto interna como externamente, prevê-se que apenas será passível de validar a longo prazo.

Avaliado cada ciclo realizado na AU1, prosseguiu-se com a análise do Gráfico 2, relativo aos ciclos realizados na AU2, a partir do qual foi desde logo perceptível as taxas de ocupação muito baixas em todos os ciclos. Tal é justificável pelo modelo de carga/capacidade adotado pela empresa, que privilegia o ajuste da produção às pessoas ao invés das máquinas. Nesse sentido, mantêm uma ocupação das pessoas muito próxima de 100% e, neste caso, a autoclave a 50%.

Nesse sentido, propôs-se um ajustamento desse modelo com a implementação de um escalonamento dos postos de trabalho a três turnos, em que o *layup* produzia no turno da manhã e da tarde, a desmoldagem desmoldava no turno da manhã e a cura em autoclave era feita no turno da noite de forma a curar ciclos com as autoclaves na sua capacidade máxima. Contudo, esta situação mostrou-se desde logo inviável no imediato dado que a empresa não tem moldes suficientes disponíveis para aglomerar a produção no turno da manhã e da tarde. Contudo, a melhoria ficou registada para a longo prazo se seguir este escalonamento.

Na segunda abordagem, relativa ao tempo de ciclo, observou-se que os tempos da rampa de aquecimento, nos ciclos PT-AU09 e PT-AU10, estavam muito elevados face aos restantes. Como tal, testou-se aumentar a velocidade de aquecimento de 0,7°C/min para 1,2°C/min e, averiguar se desta ação não resultavam efeitos negativos nas peças. Assim, caso as peças retiradas se

mantenham em conformidade, pode-se assegurar uma redução do tempo de programa e, consequente, aumento da disponibilidade dos autoclaves.

Direcionando o foco para a eficiência dos *setups*, com base no estudo dos tempos realizado identificaram-se e implementaram-se várias ações de melhoria que foram registradas no documento '*Kaizen List*', Anexo D, do qual ressalto algumas das principais, Tabela 5.

Tabela 5 - Ações de Melhoria no autoclave

Problema	Indicador	Ação Corretiva	Ganho	Prioridade	Estado
Agilidade movimentação mangueiras; deterioração	na das Tempo/Custos	Fixar mangueiras nos carros da AU; substituir suporte de mangueiras.	186h/ano	1	Concluída
Movimentação mesas carga/descarga	da Tempo	Aumentar carris; ter mais carros para as autoclaves.	4,2min/ciclo 201h/ano	1	Por iniciar
Ligação/Remoção termopares carga/descarga 2.09	da Tempo	Implementação de TC curtos e extensões para o programa 2.09.	21h/ano	2	Concluída
Ligação/Remoção termopares carga/descarga TEP	da Tempo	Implementação de extensões de TC no programa TEP.	96h/ano	2	Concluída
Ligação/Remoção termopares carga/descarga Plataformas	da Tempo	Implementação de extensões de TC no programa Plataformas.	16h/ano	2	Concluída
Disponibilidade da AU	Disponibilidade	Redução do tempo ciclo do PT-AU09 e PT-AU10.	45h/ano	2	Concluída



Figura 24 - Situação Atual do armazenamento das mangueiras



Figura 25 - Fixação das mangueiras nos carros da AU e das extensões dos termopares com manga térmica

4.2. Surtec

De acordo com o diagnóstico realizado na *surtec*, evidenciou-se o tema da ocupação, para a qual se propuseram duas ações, tendo em consideração as peças do programa 2.08 que seguiam para a desmoldagem ou para o *layup*.

Como é visível na Figura 26, há muito espaço por ocupar em altura pelo que se implementou a ocupação em altura com carros de encaixe para suporte de duas placas 2.08 ou quatro placas BBSS para o *layup*, Figura 27, e um carro com as medidas 231 cm x 100 cm x 266 cm para suporte de cinco placas 2.08 para a desmoldagem, Figura 28.



Figura 26 - Ocupação Atual da Surtec



Figura 27 - Carro para 2.08 Layup



Figura 28 - Carro para 2.08 Desmoldagem

4.3. CNC's

Nas máquinas CNC's, como se planeou na etapa anterior, começou por se realizar um estudo de métodos e tempo onde, desde logo, se observou um elevado número de deslocações para a realização da manutenção das ferramentas, dado que a *Zoller*, máquina de medição e verificação de ferramentas, se encontrava numa secção fora do posto de trabalho, como é visível na Figura 29.

Com o intuito de eliminar o tempo das deslocações, cerca de 0,73 min por turno, seguiu-se a metodologia 6S para efetuar algumas alterações no *layout* no posto de trabalho, de forma, a incluir a *Zoller*, e a otimizar e organizar a área, Figura 30. Nesse contexto também se colocou uma estrutura ao nível das máquinas, com o intuito de melhorar as condições de trabalho dos operadores.

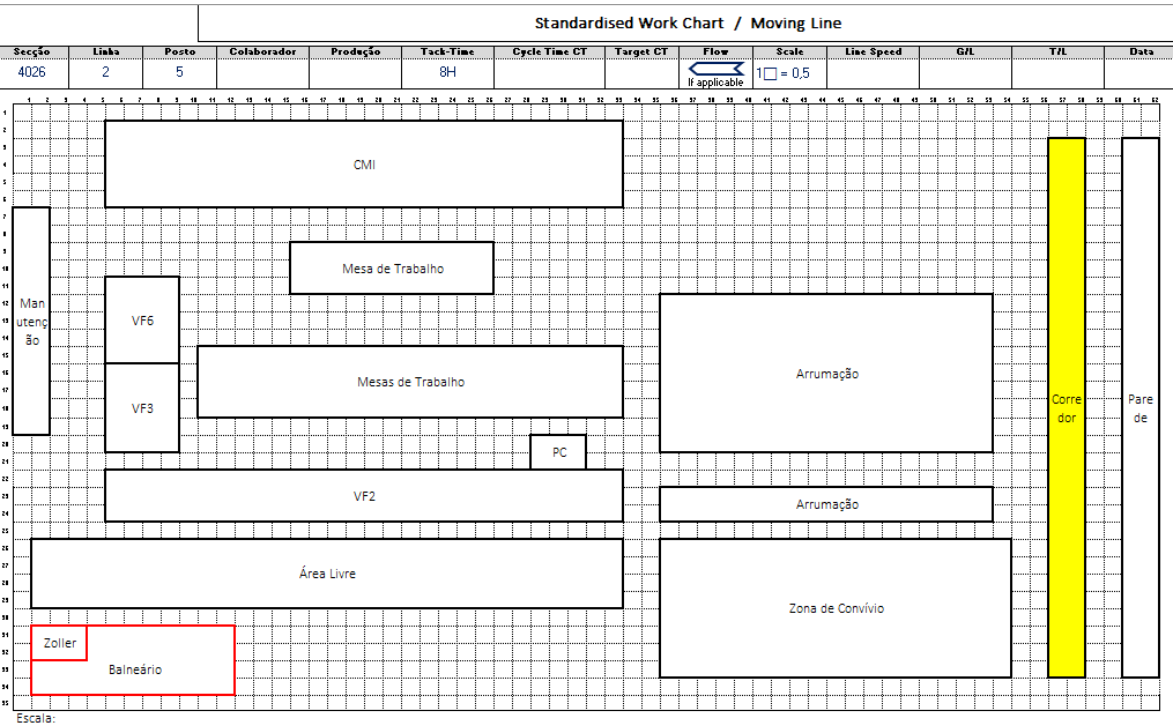


Figura 29 - Standardised Work Chart Atual

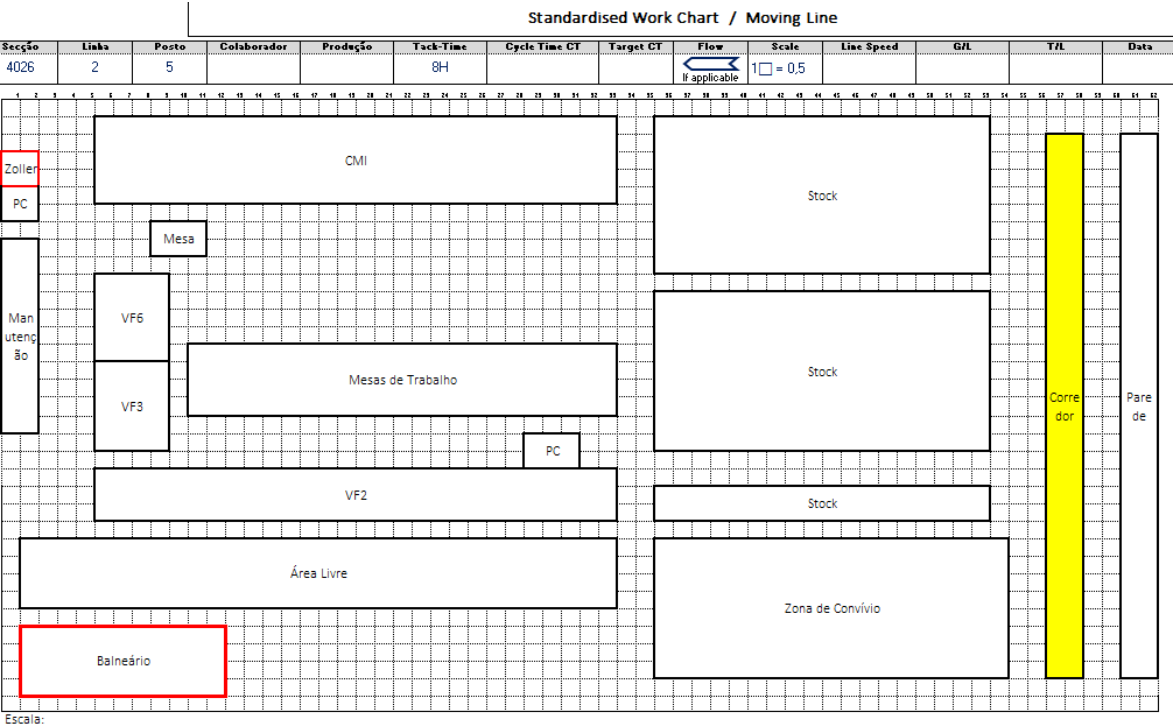


Figura 30 - Standardised Work Chart Melhorado

Baseado no estudo dos tempos também se definiu o *standard work* das tarefas para o programa 2.28 e BBSS, Tabela 6 e Tabela 7, respetivamente.

Tabela 6 - Standard Work Corte 2.08

Nº	Standard Work Corte 2.08	Tempos (s)
1	Pickar OP e verificar peça 3	23
2	Retirar peça 1 + Limpar MAP	15
2	Colocar peça 2 + Iniciar programa	14
3	Limpar peça 1 com pistola de ar	10
3	Dar acabamento <i>scotch</i> peça 1	18
3	Inspeção V/D	49
3	Carimbar OP da peça 1	20
4	Colocar 1 peça na estante	9

Tabela 7 - Standard Work Corte BBSS

Nº	Standard Work Corte BBSS	Tempos (s)
1	Pickar e verificar peça 3	17
2	Remover parafusos	14
2	Retirar peça 1 + Limpar MAP	61
2	Colocar peça 2 + Iniciar programa	19
3	Limpar peça 1 com pistola de ar	13
3	Carimbar OP da peça 1	11
2	Limpar peça 2 + Colocar parafusos + Retomar programa	21
4	Colocar peça 1 na estante	14

A par disso, foram desenvolvidas outras ações resultantes do diagnóstico efetuado no recorrer do estudo de tempos, Tabela 8.

Tabela 8 - Ações de Melhoria CNC's

Problema	Indicador	Ação Corretiva	Ganho	Prioridade	Estado
Deslocações	Tempo	Colocar <i>zoller</i> na área de trabalho das CNC's.	0,73min/turno	1	Concluída
Ergonomia	Tempo	Colocar plataforma ao nível das duas máquinas.	----	1	Concluída
Reduzir distâncias	Tempo	Colocar carrinhos de peças ao lado de cada máquina; colocar estantes com os moldes entre as duas máquinas.	----	1	Concluída
Retrabalho	Tempo	Digitalizar produtividade e automatizar cálculo do OEE.	----	1	Concluída

No caso da CMI, como se trata de uma máquina recente na empresa, observou-se que ainda não existe um *standard* de operações bem definido pelo que se observou um elevado número de ações a melhorar comparativamente às máquinas A. Nesse sentido começou-se com a implementação das ações de melhoria representadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Ações de Melhoria CMI

Problema	Indicador	Ação Corretiva	Ganho	Prioridade	Estado
Deslocações na troca de MAP	Tempo	Colocar uma estrutura com portas para evitar ter de sair da máquina.	0,75min/troca	1	Concluída
Arrumação dos MAPs dos TEP no chão	Organização	Preparar carro para os MAPs.	----	1	Concluída
Deslocação ao computador das máquinas A's para buscar programa para a CMI	Tempo	Conectar CMI à rede.	1,82min/PN	1	Concluída
Tempo de espera para a estabilização da temperatura	Tempo	Programar aquecimento.	60min/dia	1	Por iniciar
Deslocação para verificar vácuo da peça	Tempo/ Ergonomia	Utilizar manómetro portátil.	0,75min/peça	1	Concluída
Deslocação para buscar mangueira de pressão	Tempo	Fazer ligação da mangueira para o interior da CMI.	0,93min/peça	1	Concluída
Medição Laser NEO fora da CMI	Disponibilidade	Instalação do laser ao lado da CMI.	44%	1	Por iniciar
Impossibilidade de corte de 3PN de NEO seguidos	Tempo	Instalar bomba de vácuo.	A calcular	1	Em teste

Após a execução das ações e do estudo dos tempos para a programa TEP, criou-se o *standard* de operações, Tabela 10.

Tabela 10 - Standard Work Corte TEP

Nº	Standard Work Corte TEP	Tempos (s)
1	Troca de MAP	701
1	Selecionar programa na máquina	34
1	Buscar peça 1	104
1	Verificar tamanho dos furos da peça 1	14
1	Colocar peça 1 no molde e aparafusar	62
1	Ligar vácuo + Verificar vácuo + Retirar parafusos da peça	84
1	Iniciar programa	307

3	Acabamento + Limpeza peça 3 + Carimbar OP + Arrumar peça	327
-	Espera – Trabalhos Suplementares	580
1	Retirar material solto da peça 1	28
-	Espera	192
1	Aspirar carbono	68
1	Desligar vácuo	27
1	Retirar peça	21
2	Buscar peça 2	104
1	Acabamento + Limpeza peça 1	307

4.4. Ultrassons

No seguimento do diagnóstico realizado ao posto de verificação de ultrassons resultaram várias ações de melhoria para as Fases 1 e 3, que sustentadas no estudo dos tempos, foi desde logo possível estimar o ganho com essas implementações, Tabela 11.

Tabela 11 - Ações de Melhoria UTS

Problema	Indicador	Ação Corretiva	Ganho	Prioridade	Estado
Ferramentas pouco funcionais para efetuar a carga/descarga – Fase 1	Tempo	Criar uma ferramenta com pega ajustável para carregar qualquer peça.	10,77min/inspeção	1	Por iniciar
Difícil percepção dos limites da área útil da cuba – Fase 1	Tempo	Delinear no vidro da cuba os limites.	1min/inspeção	1	Concluída
Limpeza das peças – Fase 1	Tempo	Alertar desmoldagem pela má limpeza das peças.	1,67min/inspeção	1	Concluída
Desperdício de movimentações – Fase 1	Tempo	Colocar um computador na bancada junto à cuba para registrar as ordens de produção (OP's).	1,20min/ciclo	1	Concluída
Eliminação do registo de horário de início da ordem de trabalho no painel – Fase 1	Tempo	Registo efetuado em SAP.	0,35min/ciclo	1	Concluída
Colocação dos padrões na cuba a cada inspeção – Fase 1	Tempo	Aplicar selante nos padrões e deixá-los permanentemente na cuba.	1,5min/inspeção	1	Concluída
Pickagem duplicada das OPs	Tempo	Preenchimento do documento de layout a partir da pickagem em SAP.	10min/inspeção	1	Concluída

Redução do tempo de <i>setup</i> internos (máquina parada) – Fase 1	Disponibilidade	Divisão da cuba por secções, na fase 1, de forma a reduzir o tempo de inspeção e a possibilitar a carga/descarga nas restantes em simultâneo.	50%	2	Por iniciar
Má ocupação da área útil da cuba – Fase 1	Ocupação	Efetuar alterações no layout de posicionamento das peças.	10%	2	Concluída
Deslocação para buscar peças	Tempo	Colocar carros com as peças junto ao posto de trabalho.	1,89min/inspeção	1	Concluída
Elevado tempo para o posicionamento das peças – Fase 3	Tempo	Criar um layout para o posicionamento das peças.	5,79min/inspeção	1	Concluída
Elevado tempo para alinhar jatos das boquilhas	Tempo	Arranjar mecanismo para alinhar pressão das duas boquilhas.	1,5min/inspeção	3	Em teste
Definição das coordenadas a cada inspeção	Tempo	Fixar coordenadas na cuba e definir coordenadas.	8,87min/inspeção	1	Concluída
Defeitos induzidos e limpeza das peças	Tempo	Reduzir defeitos a um por cada espessura; Utilização de um alicate para proceder ao corte dos defeitos em cortiça.	8,40min/inspeção	1	Concluída
Custo de água	Tempo/Custo	Fixar tempo da limpeza das impurezas da água.	A calcular	3	Por iniciar

4.5. Pintura

Com base no diagnóstico realizado no posto de trabalho de pintura, projetou-se que as principais ações de melhoria incidiam tanto na ineficiência dos *setups* na fase de preparação como na ocupação da estufa, o que possibilita a abordagem aos dois indicadores alvo.

Com esse objetivo, implementaram-se algumas das ações deliberadas, tais como as representadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Ações de Melhoria Pintura

Problema	Indicador	Ação Corretiva	Ganho	Prioridade	Estado
Deslocações ao exterior da cabine de preparação para ir buscar uma manta.	Tempo/ Organização	Colocar caixas na cabine, Figura 31, com as mantas organizadas por PN.	1,4min /peça	1	Concluída
Mascaramento das peças CC, NCC; Ducts.	Tempo	Substituir isolamento com papel por moldes em fibra de vidro.	92%/ peça	1	Em teste
Desperdício de etiquetas <i>tedlar</i> e de tempo a cortar	Tempo/Custos	Reduzir ao tamanho do rolo de etiquetas <i>tedlar</i> .	50%	1	Concluída
Ocupação da estufa	Ocupação	Ocupação vertical da estufa com estantes; Pintura de peças em grades e colocação na parte inferior dos carros, Figura 33; Definição de zonas, Figura 34.	40%	1	Concluída
Interrupção do processo de secagem para pintura do verso das peças	Tempo	Desenvolvimento de um carro de pintura vertical para programas específicos, Figura 32.	1,2min /peça	1	Concluída

Considerando as ações identificadas na tabela anterior, seguem-se algumas imagens ilustrativas da situação inicial em que as cabines e a estufa se encontravam *versus* as alterações efetuadas, tendo por base a metodologia 6S. Além disso procurou-se ser criativo perante os desafios encontrados, como no caso das pegas para o transporte das prateleiras para a estante que se colocou na estufa, Figura 33, que impediu que os pintores que queimassem com a retirada destas do seu interior.

Nesse sentido desenhou-se ainda o carro vertical para a pintura de peças de menor dimensão, o que facilitou não só na pintura das peças de ambos os lados, sem interrupções, como na eficiência de colocação/retirada das peças da estufa apenas uma vez por cada camada.



Figura 31 - Arrumação das mantas antes vs. após



Figura 32 - Carro vertical para a pintura, Melhoria



Figura 33 - Grades para a estante da estufa c/pegas, Melhoria



Figura 34 - Estante para ocupação vertical da estufa, Melhoria

Relativamente à ação da ocupação da estufa, para além da implementação de estantes em altura, procurou-se desenvolver um modelo matemático com o objetivo de maximizar a sua capacidade.

Os dados utilizados na elaboração deste são representativos da procura média diária da família de peças BBSS e 2.24 e da procura elevada das peças *CC/NCC/Ducts* que é diariamente pintada, Tabela 13, e, que posteriormente segue para a estufa para secar entre pinturas.

Tabela 13 - Procura no Posto de Trabalho da Pintura

Programa	Número de Peças		
	Procura Baixa	Procura Média	Procura Elevada
2.24	18	24	36
BBSS	18	24	36
CC/NCC/Ducts	4	11	18

A par disso, considerou-se a disponibilidade de duas estantes, com três prateleiras cada uma, com as seguintes dimensões: 320 cm x 46,5 cm x 198 cm, o correspondente a 14880 cm² de área e, ainda, dezanove carrinhos de 103 cm x 103 cm x 90 cm, de 10609 cm² de área, com capacidade de servir de armazenamento às dezanove peças grandes estimadas para o estudo. É ainda relevante frisar que as prateleiras permanecem sempre no interior da estufa enquanto os carrinhos, dado que servem de base para a pintura das peças, entram/saem da estufa consoante as necessidades.

Depreendeu-se também que as peças de maior dimensão, pertencentes à família *CC*, *NCC* e *Ducts*, não conseguem ser alocadas às estantes devido ao seu tamanho, pelo que se definiu que estas apenas podem ser atribuídas aos carrinhos. Dessa forma, quando se calcula a área da estufa ocupada, no caso das peças grandes, considera-se a sua área ao invés da área dos carrinhos, dado que as peças são de dimensões superiores a estes. De salientar que cada carrinho só suporta uma peça grande.

No caso das peças pequenas, pretende-se priorizar a sua alocação às estantes, passando a ser distribuídas pelos carrinhos apenas no caso de já não haver espaço disponível nas prateleiras. Assim, o cálculo da área ocupada, no caso das peças pequenas, serve-se da área das prateleiras ou

dos carrinhos ocupados. Para tal, a atribuição das peças pequenas aos carrinhos é feita com recurso à condição de que a soma das áreas das peças alocadas a esse tem de ser inferior à área do carrinho. O mesmo acontece no caso da distribuição das peças pelas prateleiras, em que tem de ser inferior à área da estante.

Ressalta-se ainda que cada peça, seja grande ou pequena, só pode estar associada a um carrinho ou a uma estante de uma prateleira.

Com base nos pressupostos do problema, foi desenvolvido um modelo matemático para a maximização da estufa através do número de peças que são colocadas nas prateleiras e nos carrinhos.

Os conjuntos, parâmetros e variáveis de decisão associados ao modelo são apresentados de seguida tendo em consideração as melhorias apresentadas.

MODELO MATEMÁTICO PARA OTIMIZAÇÃO DA ESTUFA DA PINTURA

Parâmetros

I: Número total de peças

Sendo $I = nA + nB + m$

nA: número de peças pequenas da família BBSS

nB: número de peças pequenas da família 2.24

m: número de peças grandes da família CC, NCC, Ducts

J: Número total de carrinhos

E: Número total de estantes

P_e : Número de prateleiras da estante e

F: Área da estufa

a_i : Área da peça i, $i = \{1, 2, \dots, I\}$

a_j : Área do carrinho j, $j = \{1, 2, \dots, J\}$

a_{pe} : Área da prateleira p da estante e, $p = \{1, 2, \dots, P_e\}$, $e = \{1, 2, \dots, E\}$

Variáveis de Decisão

$$x_{ipe} = \begin{cases} 1, & \text{se a peça do tipo } i \text{ for colocada na prateleira } p \text{ da estante } e \\ i = \{1, \dots, nA + nB\}, p = \{1, \dots, P_e\}, e = \{1, \dots, E\} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se a peça do tipo } i \text{ for colocada no carrinho } j, i = \{1, \dots, nA + nB + m\}, j = \{1, \dots, J\} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{se o carrinho } j \text{ for usado com peças do tipo } nA \text{ ou } nB \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Função Objetivo

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^{nA+nB} \sum_{p=1}^{Pe} \sum_{e=1}^E x_{ipe} + \sum_{i=1}^{nA+nB} \sum_{j=1}^J x_{ij} + \sum_{i=nA+nB}^m \sum_{j=1}^J x_{ij} - \sum_{j=1}^J y_j$$

Restrições

- (1) Caso a peça seja do tipo nA ou nB, pode ser alocada a uma estante de uma prateleira ou a um carrinho.

$$(1) \quad \sum_{p=1}^{Pe} \sum_{e=1}^E x_{ipe} + \sum_{j=1}^J x_{ij} \leq 1, \quad \forall i=1, \dots, nA+nB$$

- (2) Caso a peça seja do tipo m só poderá ser alocada a um carrinho.

$$(2) \quad \sum_{j=1}^J x_{i,j} \leq 1, \quad \forall i=nA+nB, \dots, m$$

- (3) A cada carrinho só pode ficar alocada uma peça, caso seja do tipo m.

$$(3) \quad \sum_{i=nA+nB}^m x_{ij} \leq 1, \quad \forall j = 1, \dots, J$$

- (4) A soma do produto da área das peças pequenas por prateleira tem de ser igual ou inferior à área da prateleira.

$$(4) \quad \sum_{i=1}^{nA+nB} a_i * x_{ipe} \leq a_{pe}, \quad \forall p = 1, \dots, Pe, \forall e = 1, \dots, E$$

- (5) A soma das áreas das peças pequenas com a soma do produto das peças grandes por carrinho tem de ser igual ou inferior à área da estufa.

$$(5) \quad \sum_{p=1}^{Pe} \sum_{e=1}^E \frac{a_{pe}}{Pe} + \sum_{j=1}^J a_j * y_j + \sum_{i=nA+nB}^m a_i * \sum_{j=1}^J x_{ij} \leq F$$

- (6) A soma do produto da área das peças pequenas pelo número de peças por carrinho tem de ser igual ou inferior ao produto da área da peça pela área do carrinho.

$$(6) \quad \sum_{i=1}^{nA+nB} a_i * x_{ij} \leq a_j * y_j, \quad \forall j = 1, \dots, J$$

O modelo matemático foi resolvido com recurso ao suplemento *OpenSolver* do *Solver* do *Excel*. O valor da função objetivo é de 66 peças.

Relativamente aos ganhos resultantes da aplicação do modelo matemático, serão apresentados no próximo capítulo, que está reservado para o diagnóstico, de cada posto de trabalho, após as ações de melhoria desenvolvidas.

5. DIAGNÓSTICO E VERIFICAÇÃO

Pretende-se comparar o estado inicial com o estado atual dos processos, após a implementação das ações de melhorias, com o intuito de validar se os desenvolvimentos planeados e efetuados para os pontos de incidência atingiram as melhorias desejadas.

5.1. Autoclave

Avaliando as ações desenvolvidas nas autoclaves, no âmbito da eficiência dos *setups*, e tendo em conta o objetivo de aumento de 10%, segundo a Tabela 14, pode-se concluir que este foi alcançado nos programas analisados, resultando numa redução de 284 h/ano. Este ganho é passível de avaliar, por programa, no Gráfico 3.

Tabela 14 - Ganhos Carga/Descarga ciclos AU

Receita	Tempo (min)									
	Carga	Redução Carga	Redução Carga (%)	Descarga	Redução Descarga	Redução Descarga (%)	Total	Total Após Melhorias	Redução Total (%)	Redução /ano
PT AU09	116,20	10,88	9,36	97,17	7,69	7,92	213,37	194,80	9%	891,2
PT AU02	73,57	7,29	9,91	57,57	11,85	20,58	131,13	111,99	15%	9188
PT AU04	76,85	7,73	10,05	35,07	3,42	9,74	111,92	100,78	10%	1069,6
PT AU01	-	-	-	61,60	14,70	23,86	61,60	-	-	5913,6
Ganho Total										284,37

Tempo de Carga/Descarga Atual vs Após Melhorias

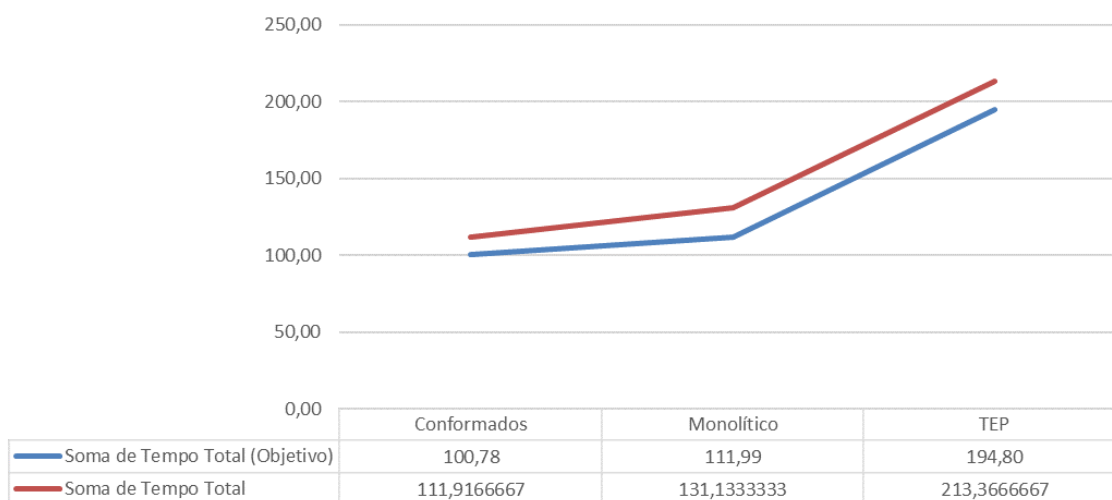


Gráfico 3 – Tempo de Carga/Descarga Atual vs. Após Melhorias

Totalizando na generalidade as ações implementadas nas autoclaves contabilizou-se um ganho de 364 h/ano, ou seja, 65% do ganho estimado inicialmente, tendo em consideração que ficou por desenvolver a ação do aumento dos carris dos carros. Deste ganho, 45 h/ano correspondem a um incremento na disponibilidade das autoclaves, enquanto as restantes são relativas a melhorias na eficiência dos *setups*.

5.2. Surtec

A avaliação da *surtec* tinha como propósito a otimização da sua ocupação, e tendo em consideração que se analisou que o seu desaproveitamento estava em altura, desenhou-se um carro vertical e carros duplos com vista no aumento da ocupação.

Tendo em consideração as dimensões da estufa, 4 m x 3,25 m x 3 m, esta possui 69,5 m² de área e 39 m³ de volume, sendo que, segundo o diagnóstico inicial, apenas 39,5 m² e 6,74 m³ estavam ocupados, ou seja, 57% e 17%, respetivamente da sua capacidade.

Tendo isso por base, desenhou-se um carro com as dimensões de 2,31 m x 1 m x 2,66 m com capacidade de armazenar 5 placas 2.08 e carros duplos que permitem o suporte de 2 placas 2.08.

A partir daí, e considerando que não existe um *standard* diário para a ocupação da *surtec*, criaram-se três cenários possíveis e comparou-se a situação observada no diagnóstico inicial com o diagnóstico da situação atual após a implementação de melhoria, Tabela 15.

Tabela 15 - Cenários Ocupação Surtec

Diagnóstico Inicial	Diagnóstico Atual após melhorias	
3 placas 2.08 Desmoldagem	5 placas	com Carro Vertical (CV)
1 placa	8 placas 2.08 SL	com 4 carros duplos
2 placas	12 placas BBSS	com 3 carros duplos
Total: 6 placas	Total: 25 placas	CV + 7 Carros duplos
OU		
3 placas 2.08 Desmoldagem	5 placas	com Carro Vertical (CV)
1 placa	6 placas 2.08 SL	com 3 carros duplos
2 placas	16 placas BBSS	com 4 carros duplos
Total: 6 placas	Total: 27 placas	CV + 7 Carros duplos
OU		
3 placas 2.08 Desmoldagem	5 placas	com Carro Vertical (CV)
1 OMEGA	2 OMEGA	
2 placas	10 placas 2.08 SL	com 5 carros duplos
Total: 6 placas	Total: 17 placas	CV + 5 Carros duplos

Após a simulação com os cenários e da utilização diária dos carros desenvolvidos, estimou-se que as ações desenvolvidas resultaram num aumento de 19%, em volume, correspondente a 41% em área, da ocupação da *surtec*, Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados Ocupação Surtec

	Área (m^2)		Volume (m^3)	
	Atual	Futura	Atual	Futuro
Ocupação	39,05	67,79	6,74	14,01
Taxa de Ocupação (%)	56%	98%	17%	36%
Aumento (%)	41%		19%	

Desta forma, com a utilização destes carros a área da *surtec* teve um incremento de $28 m^2$, passando a conseguir atingir $67,79 m^2$, o correspondente 98% da sua capacidade máxima.

5.3. CNC's

O plano de ações de melhoria desenvolvido para as máquinas CNC's foi amplamente bem-sucedido, tendo-se conseguido otimizar a eficiência dos *setups* de manutenção em 23%, Tabela 17, com a eliminação de deslocações fora do perímetro do posto de trabalho.

Tabela 17 - Ganhos CNC's

Ações CNC's	Tempo Ganho (seg)	Tempo Ganho (min)	Tempo Total Ganho (min)	Setup (Atual)	Setup (Futuro)	Redução (%)
Deslocação à <i>zoller</i>	44	0,73	0,73	3,2	2,47	23%

No caso da CMI, no seguimento das implementações efetuadas e discriminadas no capítulo anterior, conseguiu-se concretizar todas as ações convencionadas, obtendo um aumento da eficiência dos *setups* na ordem dos 42%, Tabela 18, e um ganho de 37% na disponibilidade da máquina, Tabela 19.

Tabela 18 - Ganhos CMI

Ações CMI	Tempo Ganho (seg)	Tempo Ganho (min)	Total Ganho (min)	Setup + Acabamentos (Atual)	Setup + Acabamentos (Futuro)	Redução (%)
Cortar pinos	50	0,83	5,13	15,87	10,74	32%
Buscar peças à caixa, desembalar e embalar	104	1,73				
Deslocação ao pc para retirar programa	109	1,82				
Deslocação para verificar o vácuo da peça ao calcar	45	0,75				
Deslocação para buscar mangueira de pressão	56	0,93	1,68	16,98	15,30	10%
Deslocação na troca de MAP por não haver porta	45	0,75				

Os resultados relativos à ocupação da CMI sugeriram do desenvolvimento um novo diagrama homem-máquina, onde é possível averiguar um aumento significativo da disponibilidade da máquina e também do operador, no turno 2, onde é possível verificar que a sua ocupação se tornou praticamente nula, Figura 35.

A partir disso, pondera-se a ampliação de um novo plano de ações, numa fase futura, que reduza a ocupação tanto do operador como da máquina em mais 6 a 7%, com o intuito de suprimir esse turno e assim, reduzir custos.

Contudo, considerando o cenário atual alcançado, reconhece-se o sucesso das ações planejadas, tendo sido atingido o proposto.

Tabela 19 - Ganho disponibilidade CMI

		1º Turno		2º Turno	
		Homem	CMI	Homem	CMI
Ocupação Atual	Paragens (min)	225	215	200	240
	Paragens (hrs)	3,750	3,583	3,33	4,00
	% Tempo Parada	47%	45%	42%	50%
	% Ocupação	53%	55%	58%	50%
Ocupação com Medição Laser fora da CMI	Paragens (min)	65	190	445	450
	Paragens (hrs)	1,083	3,167	7,42	7,50
	% Tempo Parada	14%	40%	93%	94%
	% Ocupação	86%	60%	7%	6%
Ganho		39%	9%	-51%	-44%

1º Turno				2º Turno						
Horário	Min	Horas	Homem	CMI	Horário	Min	Horas	Homem	CMI	
8h	5	0,08	Troca MAP	Paragem	16h	485	8,08	Setup TEP	Paragem	
	10	0,17	NEO				490			8,17
	15	0,25					495	8,25		
	20	0,33					500	8,33		
	25	0,42	Setup NEO (3PN)				505	8,42		
	30	0,50		Corte NEO (3PN)		510	8,50	Acabamentos 3	Corte TEP 4	
	35	0,58					515			8,58
	40	0,67					520	8,67		
	45	0,75	Setup Laser				525	8,75		
	50	0,83	Medição				530	8,83		
	55	0,92	Laser NEO 1 (dia anterior)				535	8,92		
9h	60	1,00			Corte NEO (3PN)	17h	540	9,00	Acabamentos 4	
	65	1,08						545		
	70	1,17	Medição					550	9,17	
	75	1,25	Laser NEO 2 (dia anterior)					555	9,25	
	80	1,33					560	9,33		
	85	1,42					565	9,42		
	90	1,50					570	9,50		
	95	1,58	Paragem				575	9,58		
	100	1,67					580	9,67		
	105	1,75	PAUSA				585	9,75		
	110	1,83		Corte NEO (3PN)		590	9,83			
	115	1,92					595		9,92	
Pausa 10h	120	2,00	Setup NEO (3PN)		Paragem	18h	600		10,00	
	125	2,08					605		10,08	
	130	2,17			Corte NEO (3PN)		610		10,17	
	135	2,25							615	10,25
	140	2,33	Medição						620	10,33
	145	2,42	Laser NEO 3 (dia anterior)						625	10,42
	150	2,50							630	10,50
	155	2,58							635	10,58
	160	2,67	Medição				640	10,67		
	165	2,75	Laser NEO 4 (dia anterior)				645	10,75		
	170	2,83					650	10,83		
	175	2,92		Corte NEO (3PN)			655	10,92		
11h	180	3,00	Medição		19h	660	11,00			
	185	3,08	Laser NEO 5 (dia anterior)			665	11,08			
	190	3,17				670	11,17			
	195	3,25				675	11,25			
	200	3,33				680	11,33			
	205	3,42	Paragem			685	11,42			
	210	3,50				690	11,50			
	215	3,58	Setup NEO (3PN)		Paragem		695	11,58		
	220	3,67				700	11,67			
	225	3,75		Corte NEO (3PN)		705	11,75	Paragem		
	230	3,83				710	11,83			
	235	3,92				715	11,92			
12h	240	4,00	Medição		20h	720	12,00			
	245	4,08	Laser NEO 6 (dia anterior)			725	12,08			
	250	4,17				730	12,17			
	255	4,25	Setup Laser			735	12,25			
	260	4,33	Medição			740	12,33			
	265	4,42	Laser NEO 7 (dia anterior)		20:30h	745	12,42			
12:30h	270	4,50				750	12,50			
	275	4,58		Corte NEO (3PN)		755	12,58			
	280	4,67	Medição			760	12,67			
	285	4,75	Laser NEO 8 (dia anterior)			765	12,75			
	290	4,83				770	12,83			
	295	4,92				775	12,92			
13h	300	5,00			21h	780	13,00			
	305	5,08	Pausa Almoço		785	13,08				
	310	5,17				790	13,17			
	315	5,25				795	13,25			
	320	5,33				800	13,33			
	325	5,42				805	13,42			
	330	5,50	Troca MAP	Paragem		810	13,50			
	335	5,58	TEP			815	13,58			
	340	5,67				820	13,67			
	345	5,75	Setup TEP	Corte TEP 1		825	13,75			
	350	5,83				830	13,83			
	355	5,92				835	13,92			
14h	360	6,00	Medição		22h	840	14,00			
	365	6,08	Laser NEO 9 (dia anterior)			845	14,08			
	370	6,17			850	14,17				
	375	6,25			855	14,25				
	380	6,33	Paragem		860	14,33				
	385	6,42			865	14,42				
	390	6,50			870	14,50				
	395	6,58	Setup TEP	Paragem		875	14,58			
	400	6,67		Corte TEP 2		880	14,67			
	405	6,75	Acabamentos 1			885	14,75			
	410	6,83				890	14,83			
	415	6,92				895	14,92			
15h	420	7,00	Paragem		23h	900	15,00			
	425	7,08			905	15,08				
	430	7,17		Paragem		910	15,17			
	435	7,25	Troca MAP			915	15,25			
	440	7,33	TEP			920	15,33			
	445	7,42				925	15,42			
	450	7,50	Setup TEP			930	15,50			
	455	7,58				935	15,58			
	460	7,67				940	15,67			
	465	7,75	Acabamentos 2		Corte TEP 3		945	15,75		
	470	7,83				950	15,83			
	475	7,92	Paragem			955	15,92			
16h	480	8,00			00h	960	16,00			
Paragens (min)			65	190				445	450	
Paragens (hrs)			1,083	3,167				7,42	7,50	
% Tempo Parada			14%	40%				93%	94%	
% Ocupação			86%	60%				7%	6%	

Figura 35 – Diagrama Homem-Máquina sem medição na CMI

5.4. Ultrassons

No posto de trabalho dos ultrassons fez-se a análise a cada uma das fases, pelo que se estabeleceu ações e objetivos para cada uma de forma individualizada. Nesse sentido, efetuou-se a análise dos resultados da mesma forma, por fases.

Na Fase 1, como descrito no capítulo anterior delinearam-se várias ações com o intuito de aumentar a eficiência dos *setups*. A partir dessas estimou-se uma redução de 7%, contudo nem todas as ações foram implementadas no decorrer do período estipulado, alcançando-se apenas uma redução de 5%, o correspondente a 11 min por inspeção, como está representado na Tabela 20.

Tabela 20 - Ganhos UTS Fase 1

Ações Planeadas	Ações UTS	Tempo Atual (min)	Ganho Estimado (min)	Ganho Total Estimado (min)	Setup Atual	Setup Estimado	Redução (%)
Setups Fase 1	Carga + <i>Pickagem</i> + Carimbo	142,83	12,12	14,39	198,05	183,66	7%
	Descarga	55,22	2,27				
Ações Concretizadas	Ações UTS		Tempo Ganho (min)	Tempo Total Ganho (min)	Setup Atual	Setup Futuro	Redução (%)
Setups Fase 1	Delimitar limites da área útil da cuba		1	10,49	198,05	187,56	5%
	Limpeza das peças		1,67				
	Desperdício de movimentações		1,20				
	Colocação dos padrões na cuba a cada inspeção		1,50				
	Copiar <i>pickagem</i> em SAP para o ficheiro		5,12				

As restantes ações de melhoria planeadas para a fase 1, não foram passíveis de implementar de imediato, pelo que ficou para trabalhos futuros.

Para a Fase 2, não foram programadas quaisquer ações de melhoria, dado que se considerou o processo eficiente.

O mesmo não sucedeu com a Fase 3, para a qual foram escaladas ações de melhoria, com uma estimativa de ganho de 26,45 min por inspeção, o que corresponde a uma redução de 27% do tempo. Após a concretização das ações, verificou-se que se conseguiu atingir uma diminuição de 26%, correspondente a 24,95 min por inspeção, Tabela 21. Apenas não se alcançou a redução estimada dado que a ação referente à programação do circuito de limpeza das impurezas da água ficou por implementar. Porém, o objetivo foi alcançado.

Tabela 21 – Ganhos UTS Fase 3

Ações Planeadas	Ações UTS	Tempo Atual (min)	Ganho Estimado (min)	Ganho Total Estimado (min)	Setup Atual	Setup Estimado	Redução (%)
Setups Fase 3	Setups	96,72	26,45	26,45	96,72	70,27	27%
Ações Concretizadas	Ações UTS	Tempo Atual (min)	Tempo Ganho (min)	Tempo Total Ganho (min)	Setup Atual	Setup Futuro	Redução (%)
Setups Fase 3	Buscar peças	3,78	1,89	24,95	96,72	71,78	26%
	Numerar peças e colocar defeitos induzidos	7,83	3,92				
	Posicionar peças	11,58	5,79				
	Dar coordenadas	9,85	8,87				
	Limpar números e cortiça	8,97	4,49				

5.5. Pintura

Na pintura, tendo por base o diagnóstico inicial a todas as etapas relativas ao processo da pintura e consequentemente, ao plano de ações elaborado, podemos agora concluir que se obteve o ganho esperado nas ações implementadas, Tabela 22.

Tabela 22 - Ganhos Pintura/Estufa

Setups	Ações Pintura	Tempo Atual (min)	Tempo Ganho (min)	Tempo Total Ganho (min)	Redução (%)
Preparação	Buscar mantas	1,4	1,4	1,40	5%
	Mascaramento das peças				92%
Preparação BBSS	Desperdício de etiquetas tedlar e de tempo a cortar				50%
Pintura	Interrupção do processo de secagem para pintura do verso das peças	1,2	1,20	1,20	21%
Ocupação	Ações Estufa	Ganho			
Ocupação	Ocupação vertical da estufa com estantes		40%		

RESULTADOS DO MODELO MATEMÁTICO DE OTIMIZAÇÃO DA ESTUFA DA PINTURA

Relativamente ao modelo matemático elaborado, realizaram-se três iterações até alcançar a maximização da estufa.

Na primeira iteração considerou-se a existência de 32 peças, 9 BBSS, 9 2.24 e 16 CC/NCC/Ducts. No caso das peças das famílias BBSS e 2.24 corresponde a uma peça de cada *part-number* enquanto nas restantes se optou por introduzir um valor se que encontra entre a procura média, 11, e a procura elevada, 18, dessa família, dado que esta possui 272 *part-numbers*, e que o objetivo do

modelo é ser apenas demonstrativo e representativo das necessidades diárias. Assumiu-se ainda a disponibilidade de seis carrinhos e de duas estantes. Daí, a função objetivo resultou em 22 peças, o que correspondente a uma ocupação de 101899 cm^2 dos 419150 cm^2 de área da estufa. Contudo, o valor resultante da função objetivo não tem uma correlação direta com o número de peças. A função objetivo, como representado na equação, no modelo matemático apresentado no capítulo anterior, corresponde à diferença entre a soma das variáveis binárias. Desta forma, caso não haja peças pequenas atribuídas aos carrinhos, o valor da função objetivo corresponde ao número de peças colocadas na estufa, caso contrário, será inferior. Relativamente a esta iteração, conclui-se que a estufa ainda tem área útil disponível, contudo não havia mais carros onde alocar as peças grandes. Nesse seguimento prosseguiu-se para o desenvolvimento de uma nova iteração.

FO	Max Z =	22
101899	<=	419150

Figura 36 - Resultado Modelo Matemático - Iteração 1

Na segunda iteração, introduziu-se um número de peças correspondente à procura média diária das famílias BBSS e 2.24, que se traduz também na formação de um avião e um avião e meio completo, respetivamente, como se havia identificado como ação de melhoria com vista na criação de um *standard* diário. Assim, os dados utilizados passaram a ser de 24 BBSS, 24 2.24 e manteve-se as 19 peças CC/NCC/Ducts. A par do incremento para 64 peças, aumentou-se ainda o número de carrinhos disponíveis para 16. A partir desta iteração, obteve-se um acréscimo da função objetivo para a alocação de 63 peças, com uma ocupação de 383215 cm^2 da área da estufa.

FO	Max Z =	63
383215	<=	419150

Figura 37 - Resultado Modelo Matemático - Iteração 2

Tendo em consideração que ainda restam 35935 cm^2 de área da estufa por ocupar prosseguiu-se para a terceira intenção, como tentativa de alcançar um melhor resultado. Nesta iteração manteve-se o número de peças BBSS e 2.24, face os dados já se encontrarem estáveis de acordo com a procura diária e a formação de kits completos e, aumentou-se apenas para 19 o número de peças da família CC/NCC/Ducts, o que correspondente à procura elevada. Assim, estabilizou-se o modelo considerando 67 peças e 19 carrinhos, obtendo-se uma ocupação de 419015 cm^2 face 419150 cm^2 disponíveis, não sendo necessário continuar para mais nenhuma iteração.

FO	Max Z =	66
419015	<=	419150

Figura 38 - Resultado Modelo Matemático - Iteração 3

Como resultado do modelo matemático desenvolvido para a maximização da ocupação da estufa, obteve-se que a sua capacidade máxima suporta 66 peças das quais 24 são BBSS, 24 2.24 e, as restantes 18 peças *CC/NCC/Ducts*. Este número de peças, no caso da família de peças BBSS e 2.24 está ajustada à sua procura média. Em contraste, suporta uma carga de *CC/NCC/Ducts* que corresponde à procura elevada, dado que a procura média seria apenas de 11 peças. De salientar que estas peças são consideradas prioritárias, o que fortalece o resultado alcançado tendo em conta que se conseguiu obter, através do modelo, uma solução que permite aglomerar a procura destas mesmo quando esta é acima da média.

Desta forma, e em comparação com a análise feita numa fase inicial, constatou-se um aumento da capacidade da estufa em 13 peças, face às iniciais 53 peças, o que corresponde a um incremento de 20%. Nesse seguimento, considerando a área ocupada, resultou numa ampliação de 40%, que adveio do acréscimo das estantes, que permitiram uma ocupação da estufa em altura.

Em última análise, pode-se validar uma redução do consumo energético por peça para 7,65 kWh, corresponde a uma diminuição de 20%.

$$\text{Consumo Energético por peça (com base no modelo matemático)} = \frac{505kWh}{66 \text{ peças}} = 7,65 \text{ kWh/peça}$$

Com base nestes indicadores averigua-se a viabilidade da concretização das ações desenvolvidas, particularmente do modelo matemático incrementado, do qual surtiram consequências muito positivas face à meta de redução do consumo energético, do aumento da disponibilidade, ou seja, da otimização da ocupação da estufa e ainda, no fluxo produtivo porque a recorrente utilização do modelo auxilia na diminuição de possíveis atrasos na expedição de peças no processo da pintura.

Na eventualidade de a empresa necessitar de efetuar alterações ao modelo, como forma de se adaptar a novas necessidades, ou no caso de ambicionar um novo incremento, após o *standard* atualmente implementado, o modelo encontra-se facilmente preparado para sofrer alterações e melhorias, a longo prazo, como forma de satisfazer as carências e melhorar alguns pontos mais críticos que surjam.

6. RESULTADOS

Concluída a fase de verificação das implementações, é momento de proceder à análise das ações que não surtiram melhorias, com base nos indicadores, com o intuito de preparar novos métodos de atuação. Paralelamente faz-se um retrato global dos resultados obtidos nos postos de trabalho estudados.

6.1. Discussão dos Resultados

No início do trabalho, a questão de investigação levantada assentava essencialmente na avaliação de ferramentas de melhoria contínua que permitissem diminuir o desperdício, minimizando os tempos de *setups* e a disponibilidade dos equipamentos, bem como a criação de um *standard* de operações associadas a estes.

Nesse sentido, e perante os resultados enunciados previamente, foram aplicadas ferramentas e metodologias *Lean*, como o *SMED*, *Standard Work 5S* e *VSM*, que permitiram com base na cultura *Kaizen*, alcançar os objetivos propostos.

Para proceder à discussão dos resultados relembramos o ponto de partida em que se tinha como objetivo o aumento de 20% da disponibilidade dos equipamentos e uma melhoria de 10% na eficiência dos *setups*. Tendo isso por base, e recorrendo às ações desenvolvidas em cada posto de trabalho, detalhadas no capítulo anterior, procedeu-se a uma análise global dos resultados obtidos e elaborou-se a Tabela 23, que representa de forma visual os postos em que se atingiu o propósito, a verde e, a amarelo, os que se aproximaram do desejado.

Tabela 23 - Resultados Obtidos em cada posto de trabalho

Objetivo	Equipamento	Aumento de 20% na Disponibilidade	Aumento de 10% na Eficiência de Setup
Resultados	Autoclave	45h/ano	17%
	Surtec	41%	-
	CMI	39%	32%
	CNC's	-	23%
	UTS - Fase 1	Criar independência entre a Fase 1 e 3; Criar subdivisões Fase 1	5%
	UTS - Fase 3	Aumentar aos suportes; Fazer dois corredores ou aumentar em altura	26%
	Pintura	40%	42%

Com base no sumário podemos assumir o sucesso do projeto na maioria dos postos de trabalho, em acréscimo das ações de melhoria que ficaram planeadas para serem desenvolvidas ao longo prazo com ganhos bastante significativos. Por exemplo, no caso das autoclaves estima-se um ganho de 201 h/ano aquando da ampliação dos carris para facilitar a movimentação dos carros e permitir aumentar ao atual número de carros, com o intuito de possibilitar a carga destes, em simultâneo da cura de outros ciclos, com vista na transformação do trabalho interno em externo assente na metodologia *SMED*.

Relativamente ao posto de trabalho dos ultrassons, onde é visível que se traduziu na secção onde foi mais desafiante atingir melhorias no imediato, essencialmente no parâmetro da disponibilidade, é justificável pela maior complexidade de efetuar alterações de *layout* herméticas e dispendiosas no decorrer dos meses de produção.

Em contraste, na pintura conseguiu-se extrair melhorias substanciais, tanto ao nível da otimização da ocupação da estufa como do aproveitamento do consumo energético nos períodos em que esta se encontra ligada. Tal foi possível através do modelo matemático de otimização da estufa desenvolvido que motivou a repercussões muito positivas no fluxo de toda a planta produtiva, dado que corroborou na redução de atrasos que habitualmente ocorriam neste processo.

Contudo, o facto de se tratar de uma linha complexa, com uma produção muito variável, a par da entrada de novos programas em produção, exigiu uma abordagem diferente e delicada na análise dos fluxos produtivos e na implementação das ações.

Porém, em resposta a esses desafios, a aplicação das ferramentas *Lean* escolhidas e o método de estudo de tempos permitiram uma intervenção a nível global muito positiva na produção, que possibilitou a deteção de fontes de desperdício que antes não eram visíveis.

7. CONCLUSÃO

Neste capítulo são sintetizados os objetivos e as metodologias adotadas para os alcançar. A par disso, sumariou-se os principais conceitos e ferramentas aplicadas no desenvolvimento das ações de melhoria identificadas, bem como, os resultados alcançados.

7.1. Conclusões finais

O trabalho realizado compreendeu um estudo sobre o tema, que serviu de base para a definição dos objetivos e das metodologias a adotar. Nesse seguimento, decidiu-se que a metodologia PDCA, auxiliada do *Hoshin Kanri*, seriam ideais para um projeto que tem o intuito de melhorar a capacidade produtiva de equipamentos industriais.

Para além disso, foi necessário conhecer o contexto em que o projeto seria desenvolvido e, como tal, procedeu-se a uma análise da indústria aeronáutica e da sua evolução a nível nacional e mundial. Tendo isso em consideração, prosseguiu-se para uma pesquisa sobre o *Lean* e, mais especificamente, o *Lean Production* e a sua evolução. Nesse sentido, foi também imprescindível avaliar as ferramentas de melhoria contínua adequadas para aplicar neste contexto de forma aumentar a eficiência e a disponibilidades das máquinas. A par disso, também se pretendia uma redução de custos energéticos associados.

Desta forma, concretizou-se um estudo aprofundado desde as metodologias a adotar, à filosofia *Lean* e às suas ferramentas que, de seguida, viriam a ser implementadas nos equipamentos identificados como mais críticos com o intuito de reduzir os desperdícios, os tempos de *setup* e assim, melhorar a produtividade.

Considerando as metodologias e as ferramentas estudadas, procedeu-se à análise dos postos de trabalho e estabeleceu-se uma correlação entre as necessidades identificadas destes com o método de aplicação.

A partir disso, desenvolveram-se múltiplas ações de melhoria nos postos de trabalho previamente definidos. Os melhores resultados advirão das autoclaves, tanto ao nível da eficiência dos *setups* como da disponibilidade, onde se totalizou uma redução de 364h/ano. Nas máquinas CNC's também resultou numa melhoria da eficiência significativa e, especificamente na CMI um aumento de 39% da disponibilidade, o que se traduz quase a redução de um turno. Nesse sentido, assinala-se para trabalho futuro a redução de mais 6% da ocupação da máquina para conceder esse objetivo posteriormente delineado.

De salientar ainda, os objetivos alcançados no posto de trabalho da pintura, com uma redução de 92% do tempo na fase de preparação/mascaramento das peças. A somar, atingiu-se uma redução de 20% do consumo energético por peça, que se traduz também num incremento de 40% da ocupação da estufa, em metros quadrados. Estas melhorias resultaram do desenvolvimento de um modelo matemático para a otimização da estufa, o que potencializou não só a sua ocupação como também o consumo de energia.

A nível global é possível concluir que os objetivos estabelecidos inicialmente foram cumpridos, tendo em conta os dados que resultaram das ações de melhoria implementadas em cada posto de trabalho. Simultaneamente, já é perceptível um aumento gradual do OEE em alguns postos, contudo,

este indicador ainda não se encontra operacional em todos dado que no diagnóstico inicial foi logo identificada a não utilização deste, o que impossibilitou o recurso a este indicador na generalidade dos postos de trabalho.

Porém, tendo em consideração os dados existentes, e outros indicadores utilizados já é possível indicar que as melhorias surtiram efeito positivo.

7.2. Limitações e trabalhos futuros

No decorrer do trabalho efetuado, existiram alguns obstáculos, um dos quais está relacionado com o estudo da indústria aeronáutica, dado que é um setor em desenvolvimento e recente, em comparação com outras indústrias. Particularmente, em Portugal, é ainda um setor com poucas organizações a laborar. Contudo, prevê-se uma priorização no investimento no setor aeronáutico, o que permitirá obter um maior conhecimento, tendo também em conta que é uma indústria em expansão.

Em termos práticos, o principal desafio prendeu-se à variabilidade da procura o que dificultava a criação de *standards* nos postos de trabalho. Aliado a isso, considerando que o rigor e a qualidade são características das quais o setor aeronáutico não pode descurar, existe também um obstáculo associado ao elevado número de peças *scrap*. Isto traduz-se na existência de não conformidades que por vezes provocam atrasos na produção, o que não corrobora com a criação de um *standard* diário de produção.

Uma outra limitação está relacionada com a alteração do *layout* da cuba dos ultrassons, tanto na fase 1 como na fase 3. Desde o início existiu a intenção de criar duas subdivisões na fase 1 de forma a diminuir o tempo de inspeção e a promover a transformação de trabalho interno em externo, com base na aplicação da metodologia SMED, permitindo a execução dos *setups* de carga/descarga em simultâneo da inspeção na divisão ao lado. Porém, devido a limitações orçamentais e de interrupção da produção não foi possível efetuar a melhoria no decorrer do período do projeto. Do mesmo modo, a criação de um circuito ou o incremento de novos suportes em altura para a fase 3 ficaram por realizar.

Associadas a estas existem também outras oportunidades de melhoria, designadamente o desenvolvimento de uma ferramenta para efetuar a carga/descarga das peças na fase 1 da cuba de UTS, que iria reduzir significativamente o tempo de *setup*.

Neste seguimento, nas autoclaves planeou-se desenvolver como trabalho futuro, a extensão dos carris para os carros, bem como o acréscimo de uma mesa por carro, de forma a formar carros triplos ao invés dos duplos já existentes.

Assim, estas são as principais ações de melhoria identificadas que poderiam servir de ponto de partida para um trabalho futuro, de forma a melhorar a eficiência dos *setups* e o aumento da disponibilidade e capacidade dos equipamentos.

Paralelamente, é essencial efetuar um planeamento rigoroso para cada posto de trabalho e seguir o rastreamento das peças, para auxiliar na continuidade da aplicação dos *standards* desenvolvidos. Este fator, associado à redução do número de reparações e peças *scrap*, bem como, do prosseguimento da utilização das ferramentas e os métodos adotados, resultará progressivamente em incrementos a nível global na produção.

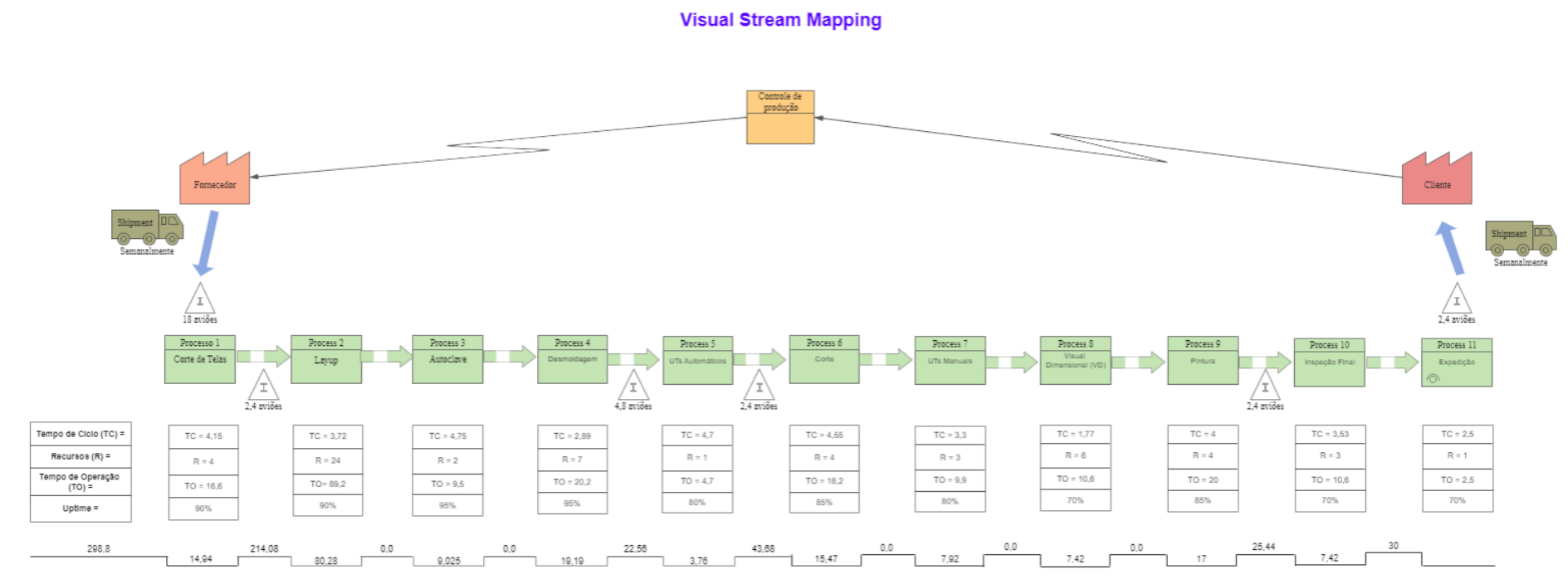
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AgustaWestland. (2014). *The Role of Rotorcraft and the Enhancement of Opportunities Provided by Vertical Flight*.
- AICEP. (2013). *Aeronautic Sector 2013 Why Portugal aicep Portugal Global Content*.
- Akao, Y. (2004). *Hoshin Kanri: Policy Deployment for Successful TQM*.
- Almomani, M. A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., & Mumani, A. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers and Industrial Engineering*, 66(2), 461–469. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.07.011>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Asan, Ş. S., & Tanyaş, M. (2007). Integrating Hoshin Kanri and the balanced scorecard for strategic management: The case of higher education. *Total Quality Management and Business Excellence*, 18(9), 999–1014. <https://doi.org/10.1080/14783360701592604>
- Chiarini, A., Baccarani, C., & Mascherpa, V. (2018). Lean production, Toyota Production System and Kaizen philosophy: A conceptual analysis from the perspective of Zen Buddhism. *TQM Journal*, 30(4), 425–438. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2017-0178>
- Demeter, K., & Matyusz, Z. (2011). The impact of lean practices on inventory turnover. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.031>
- Dhouchak, D. (2017). *REVIEW OF 6S METHODOLOGY*. <http://www.journalijdr.com>
- ECORYS Macro & Sector Policies. (2009). *FWC Sector Competitiveness Studies-Competitiveness of the EU Aerospace Industry*.
- European Commission. (2019). *EU Aeronautics Industry*. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-aeronautics-industry_en
- Farris, J. A., van Aken, E. M., Doolen, T. L., & Worley, J. (2009). Critical success factors for human resource outcomes in Kaizen events: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 117(1), 42–65. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.051>
- Fujita, S. (2010). *Aeronautics and Air Transport A Background Document from ACARE (The Advisory Council for Aeronautics Research in Europe)*. <http://ec.europa.eu/research/research-eu>
- Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends. *Procedia Manufacturing*, 17, 783–790. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.129>
- Hirano, H. (1996). *5S for Operators - 5 Pillars of the visual workplace*.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To pull or not to pull: What is the question? *Manufacturing and Service Operations Management*, 6(2), 133–148. <https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>
- IATA. (2020). *Air Passenger Market Analysis_2020*.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*.
- International Air Transport Association (IATA). (2011). *vision-2050*.
- Ito, H., & Lee, D. (2005). *Assessing the impact of the September 11 terrorist attacks on U.S. airline demand*.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - The role of OEE. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 19, Issue 1, pp. 55–78). <https://doi.org/10.1108/01443579910244223>

- Karlsson, C., & Hlström, P. (1996). Assessing changes towards lean production. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 16, Issue 2, pp. 24–41).
<https://doi.org/10.1108/01443579610109820>
- Kracik, J. F. (1988). *Triumph Of The Lean Production System*.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. In *Academy of Management Perspectives* (Vol. 20, Issue 2, pp. 5–20).
Academy of Management. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Mazur, G. (1998). *Policy Management: Quality Approach to Strategic Planning*.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673.
<https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535.
<https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance*. 1988.
- OCDE. (2020). *COVID-19 and the aviation industry: Impact and policy responses*. <http://oe.cd/stan>.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System - Beyond Large Scale Production*.
- Pintelon, L., Gelders, L., & Puyvelde, F. van. (2000). *Maintenance management*.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. In *Journal of Operations Management* (Vol. 21).
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing The SMED System*.
- Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, 51, 1355–1362.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.189>
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*.
- Staats, B. R., Brunner, D. J., & Upton, D. M. (2011). Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider. *Journal of Operations Management*, 29(5), 376–390. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.11.005>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Tennant, C., & Roberts, P. (2001). Hoshin Kanri: Implementing the Catchball Process. In *long range planning* (Vol. 34). www.lrpjournal.com
- van Goubergen, D., & van Landeghem, H. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. In *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* (Vol. 18).
- Witcher, B., & Butterworth, R. (1999). *Hoshin Kanri: How Xerox Manages*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. 1996.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*.

APÊNDICE A

ANEXO A



ANEXO B

PT-AU	Rev. Issue	Descrição Description	Pág. Page
PT-AU09	A	Definição de parâmetros de ciclo de cura em autoclave Definition of the parameters for autoclave curing cycle	2/3

Ciclo de Cura | Cure Cycle

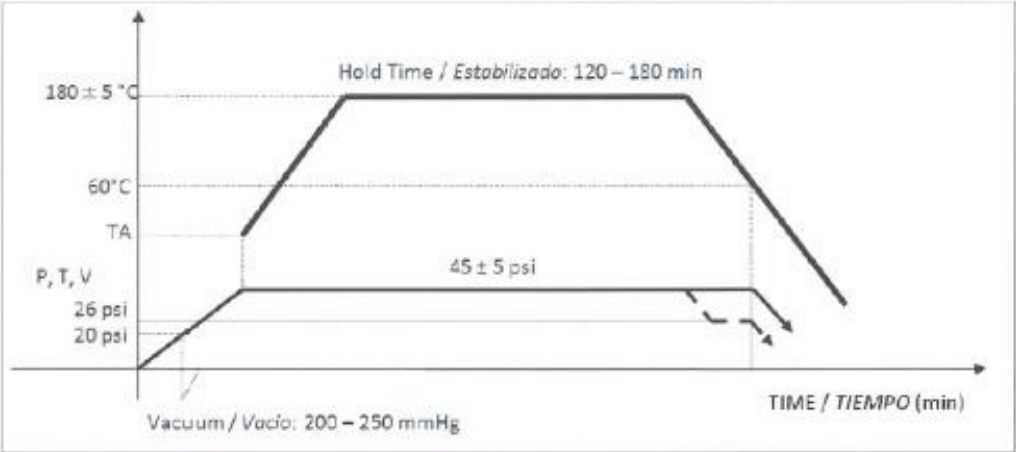


Figura 1 - Gráfico representativo.
Figure 1 - Representative graphic.

Parâmetros de Ciclo / Cure cycle parameters	Valores / Values
Vácuo manométrico (mmHg) / Manometric vacuum (mmHg)	200 - 250 (2)
Pressão manométrica (psig) / Manometric pressure (psig)	45 ± 5 (1)
Rampa de Aquecimento (°C/min) / Heat-up rate (°C/min)	0,6 - 2,7
Temperatura de Cura (°C) / Cure temperature (°C)	180 ± 5
Tempo de estabilização (min) / Hold time (min)	120 - 180
Rampa de Arrefecimento (°C/min) / Cool-down rate (°C/min)	≤ 2,7
Temperatura de Desmoldagem (°C) / Demoulding temperature (°C)	≤ 60

Tabela 2 - Parâmetros de ciclo e respetivos valores.
Table 2 - Cycle parameters and their values.

Notas / Notes

1. A ventilação externa é permitida quando a pressão da autoclave atinge 20 psig.
2. É permitida uma queda natural de pressão mantendo um mínimo de 26 psig durante o arrefecimento.
1. Vent outside is allowed when the autoclave pressure reaches 20 psig.
2. It is allowed a natural drp off pressure maintaining a minimum of 26 psig during the cool-down rate.

Qualquer entrada de pressão > 50 KPa (7psi) acima do vácuo estabelecido no ciclo, será considerada uma discrepância e deverá ser estabelecida a NC correspondente, caso o ciclo não tenha atingido metade do tempo mínimo do "tempo de estabilização".
Any leak pressure > 50 kPa (7 psi) above the vacuum established in the cycle, if the cycle has not reached half of the minimum hold time of latest step, will be considered as a discrepancy and shall be established the corresponding NCS.

ANEXO C

KAIZEN POINT / ABNORMALITY	Class	NO	ELEMENT NAME	START POINT	STOP POINT	Min	Secs	Element Time	Cumul
	IW	1	Abrir porta				48,00	48,00	48,00
	IW	2	Descer plataforma				39,00	39,00	87,00
	IW	3	Retirar ligações			3,00	37,00	217,00	304,00
	M	4	Arrumar mangueiras				49,00	49,00	353,00
	IW	5	Retirar ligações no AUT			1,00	22,00	82,00	435,00
	IW	6	Retirar carro 1 do AUT				33,00	33,00	468,00
	M	7	Retirar mangueiras			1,00	39,00	99,00	567,00
	IW	8	Movimentar carro 1				15,00	15,00	582,00
	IW	9	Retirar ligações no AUT			1,00	17,00	77,00	659,00
	M	10	Retirar mangueiras				15,00	15,00	674,00
	IW	11	Retirar ligações no AUT			1,00	13,00	73,00	747,00
	IW	12	Retirar carro 2 do AUT				35,00	35,00	782,00
	M	13	Retirar mangueiras			2,00	17,00	137,00	919,00
	M	14	Arrumar mangueiras				11,00	11,00	930,00
	IW	15	Buscar OPs			1,00	3,00	63,00	993,00
	M	16	Retirar mangueiras e arrumar				46,00	46,00	1039,00
	IW	17	Movimentar carro 1 com o empilhador				46,00	46,00	1085,00
	IW	18	Retirar 1 molde do carro 2 + Deslocação à desmoldagem			2,00	19,00	139,00	1224,00
	IW	19	Arrumar blocos + mover carro 2				57,00	57,00	1281,00
	M	20	Arrumar mangueiras				53,00	53,00	1334,00
	IW	21	Retirar e arrumar 1 molde do carro 2 (não havia sitio na desmoldagem)			1,00	38,00	98,00	1432,00
	IW	22	Retirar blocos e arrumar				23,00	23,00	1455,00
	IW	23	Retirar materiais (válvulas?) do AUT e arrumar			2,00	57,00	177,00	1632,00
	IW	24	Movimentar carro 1				23,00	23,00	1655,00
	IW	25	Buscar Ops e colocar nos moldes				51,00	51,00	1706,00
	IW	26	Mover carro 1 com empilhador				32,00	32,00	1738,00
	IW	27	Retirar molde do carro 1 superior + deslocação à desmoldagem			2,00	53,00	173,00	1911,00
	IW	28	Retirar molde do carro 1 inferior + deslocação à desmoldagem			1,00	17,00	77,00	1988,00
	IW	29	Retirar molde do carro inferior + deslocação à desmoldagem			1,00	56,00	116,00	2104,00
					TOTALS			2104,00	

ANEXO D

Colocação/retirada das mangueiras; maior deteriorização das mangueiras	Tempo/Manutenção		Fixar mangueiras nos carros; As restantes mangueiras devem ser colocadas em de acordo com a imagem "DEPOIS" ou em carrinhos	20,43 min	SIM	RF	1	4	Done
Degradação dos termopares	Manutenção		Colocar mangas térmicas (900euros/30m)		SIM	RF	2	5	Done
Deslocação do operador ao quadro para planeamento dos UTS's	Tempo/Organização		Digitalizar planeamento para a equipa do AUT; renovar etiquetas		SIM	IE	3	45	Done
Ocupação dos TEP	Ocupação	EXCEL	Criação de mais opções de layout para a carga dos TEP	Mais opções de layout possibilitando alterações no carregamento dos TEP de acordo com variações de produção	SIM	IE	2	45	Done
Tempo descarga e danificação	Tempo/Manutenção		Implementação termopares curtos/extensões móveis para os TEP, plataformas e 2.09	10min	SIM	RF	1	48	Done
Movimentação das mesas	Tempo		Aumentar carris e acrescentar carros do AUT	7min	?	TM			To do
Ineficiência na descarga do AUT - espera por carrinhos ou descarregar e carregar em simultâneo	Tempo		Comprar carrinhos	8,4min	SIM	CC	1	48	Done
Baixa ocupação no programa PT-AU 10			Solicitar junção dos progrmas PT AU09 e PT AU 10		?	TM			A aguardar
Capacidade dos AUTs incompleta no programa PT-AU02	Ocupação		Carros de AUT verticais para as 2.08 e BBSS (AUT1 e AUT2); Aumento dos TC no AUT1		?	TM		48	Done
Disponibilidade do autoclave	Tempo/ Custos Energéticos		Redução do tempo de ciclo dos TEP (PT AU09); Aumento da velocidade de aquecimento	Redução da disponibilidade; Redução dos custos energéticos (30min)	SIM	HF	1	9	Done
5s	Organização		Melhorar identificação e organização do posto de trabalho			IE/RF/João		4	Done