

Estudo de tempos e métodos, cálculo de capacidades de produção e identificação de oportunidades de melhoria

Jorge Daniel Teixeira Costa

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Manuel Pina Marques

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2023-06-29

Resumo

O presente projeto aborda alguns temas fundamentais relacionados com gestão de processos a nível industrial. A procura constante pela melhoria é algo fundamental para o sucesso de uma empresa.

Assim, o tema principal deste projeto foi o estudo de tempos de produção e métodos, que é uma ferramenta amplamente utilizada para analisar e aumentar a eficiência de um processo. Foi realizado um levantamento detalhado de tempos de cada etapa de cada processo, visando identificar *bottlenecks* e oportunidades de melhoria.

Foi desenvolvida neste projeto uma ferramenta para o cálculo de capacidades, que tem como objetivo permitir avaliar a capacidade atual da unidade de produção, e fazer um planeamento de produção mais adequado à capacidade instalada.

Outra etapa fundamental deste projeto, foi o cálculo de necessidade de recursos humanos, visto ser fundamental o dimensionamento correto de mão de obra afeta a cada processo.

Por fim, como suporte aos temas desenvolvidos no projeto, foram realizados quatro *dashboards* que comparam o plano de produção e a capacidade atual, e permitem calcular a necessidade de recursos humanos tendo em conta o plano de produção. Outro *dashboard* permite a inserção manual de quantidades a produzir e comparar com as capacidades e fazer o cálculo de necessidades de recursos humanos. Por último foi desenvolvido um prototipo inicial para o cálculo de indicadores de gestão da produção, que permite calcular esses indicadores tendo em conta perdas, tais como, paragens por avaria, trocas de *setup*, entre outras, ocorridas no período de tempo definido.

Este projeto apresenta uma abordagem abrangente para uma melhoria de processos de produção em ambientes industriais. Ele combina o estudo de tempos e métodos, cálculo de capacidades e cálculo da necessidade de recursos humanos, com o desenvolvimento de *dashboards* de apoio à tomada de decisão por parte do departamento de engenharia industrial.

Abstract

Study of production time and methods, calculation of production capacities and identification of improvement opportunities

This project addresses some fundamental issues related to process management at industrial level. The constant search for optimization is fundamental for the success of a company.

Therefore, the central theme of this project was the study of production times and methods, which is a widely used tool to analyse and optimise the efficiency of a process. A detailed time study of each process step was carried out to detect improvements and identify bottlenecks.

The calculation of capacities was another tool developed in this project, with the main objective of allowing the evaluation of the current capacity of the production unit and making a production planning more adequate to the installed capacity.

Another fundamental stage of this project was the headcount calculation since it is fundamental to correctly size the workforce assigned to each process.

To support the themes developed in the project, four dashboards were created, which provide a comparison between the production plan and the current capacity, and allow the headcount to be calculated considering the production plan. Another dashboard allows the manual insertion of quantities to be produced and compare the resulting loadwork with the capacities, and to calculate the headcount. An initial prototype was developed for the calculation of production management indicators, which allows these indicators to be calculated, taking into account the losses that occurred in the defined period time.

In general, this project presents a broad approach for an improvement of production processes in industrial environments. It combines the study of production times and methods, capacity calculation and headcount calculation, with the development of dashboards to support decision-making by the industrial engineering department.

Agradecimentos

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos às pessoas que permitiram a conclusão desta dissertação:

Primeiramente, agradecer aos meus pais, irmão, noiva e amigos pelo incentivo e suporte incondicionais durante todo o processo de realização deste trabalho.

Agradeço ao meu Orientador/Professor Manuel Pina Marques pela ajuda e transmissão de sabedoria ao longo de todo o processo de desenvolvimento do projeto. As suas sugestões foram fundamentais para a conclusão bem sucedida deste trabalho.

Sou grato às pessoas que generosamente compartilharam o seu tempo, conhecimento e recursos para me ajudar na realização deste trabalho. Refiro-me nomeadamente ao meu orientador, Eng. Fernando Simões e ao Eng. Pedro Nogueira e a todo o Departamento de Engenharia Industrial, bem como a todas as pessoas que trabalham na unidade onde foi realizado o projeto, porque sem o apoio deles, este trabalho não seria possível.

Para finalizar, gostaria de agradecer a todas as pessoas que me apoiaram de alguma forma durante este projeto. Os seus pensamentos positivos e palavras de coragem, foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Obrigado.

Jorge Daniel Teixeira Costa

"The meticulous study of time, methods, and motions is the essence of industrial production."

Henry Ford

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	Empresa de acolhimento	2
1.3	Objetivos do projeto	4
1.4	Estrutura da dissertação	5
2	Contextualização teórica	6
2.1	Estudo de tempos e métodos	6
2.2	Melhoria contínua	8
2.2.1	Análise ABC	8
2.2.2	Indicadores de desempenho	9
2.3	Ferramentas de tratamento de dados	10
3	Apresentação do problema proposto	11
3.1	Departamento de Engenharia Industrial	11
3.2	Cenário atual da unidade de produção	11
3.2.1	Produção <i>Seal</i>	12
3.2.2	Produção <i>Silent</i>	13
3.3	Principais desafios encontrados	14
4	Resultados do estudo	15
4.1	Estudo inicial de todos processos	15
4.1.1	Análise ABC dos artigos planeados para produção	16
4.2	Estudo de tempos e métodos e cálculo de capacidades	17
4.2.1	Processos sem recolha de dados <i>online</i>	18
4.2.2	Processos com recolha de dados <i>online</i>	30
4.3	Desenvolvimento de <i>dashboards</i> utilizando <i>PowerBI</i>	31
4.4	Discussão dos resultados	34
4.5	Principais melhorias identificadas	35
4.6	Estudo adicional	36
5	Conclusões	38
A	Tabelas cálculo de fadiga	41
B	Tempo total de avarias por máquina	48
C	Flowchart de toda a unidade de produção	49

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

KPI Key Performance Indicator

CMIP Continental Mabor, Indústria de Pneus SA

SUV's Sport Utility Vehicles

DEI Departamento de Engenharia Industrial

OEE *Overall Equipment Effectiveness*

TEEP *Total Effectiveness Equipment Performance*

LAV *Máquina de lavar pneus*

APL *Robot de aplicação de composto*

LAS *Máquina de gravação laser (Engraving)*

Lista de Figuras

1.1	Instalações da Continental Mabor em Lousado fonte: (Vieira, 2023)	3
3.1	Pneu ContiSeal fonte: (Continental, 2023a)	13
3.2	Pneu ContiSilent fonte: (Continental, 2023b)	13
4.1	<i>Dashboard</i> com análise de artigos a produzir	16
4.2	<i>Dashboard</i> com cálculo de necessidades de recursos humanos	32
4.3	<i>Dashboard</i> com análise da capacidade VS plano de produção	33
4.4	<i>Dashboard</i> com análise da capacidade e necessidade de recursos humanos com produção inserida manualmente	34
4.5	<i>Flowchart</i> , onde se verifica a ligação entre linhas, à saída da lavagem de pneus	35
4.6	<i>Dashboard</i> cálculo de OEE e TEEP	36
4.7	Lista de falhas por máquina	37
A.1	Tabelas para calculo de fadiga (Arezes and Costa, 2003)	47
B.1	Gráfico com registo das avarias nos últimos 3 meses	48
C.1	<i>Flowchart</i> de toda a unidade de produção	50

Lista de Tabelas

4.1	Exemplo Tabela de anotação de tempos de cronometragem	17
4.2	Exemplo de validação de dados quanto ao n° de amostras	17
4.3	Exemplo de validação de dados quanto à identificação de <i>outliers</i>	18
4.4	Tempos de ciclo do processo de operação logística	19
4.5	Tempo padrão e capacidades da operação de logística	19
4.6	Tempos de ciclo do processo de abastecimento	20
4.7	Tempo padrão e capacidades do processo de abastecimento	20
4.8	Tempos de ciclo do processo de LAV1 e LAV2	21
4.9	Tempos de ciclo do processo de LAV3 e LAV4 e LAV5	22
4.10	Tempo padrão e capacidades do processo de abastecimento	23
4.11	Tempo padrão e capacidades do túnel de secagem	23
4.12	Tempos de ciclo do processo de APL1 e APL2	24
4.13	Tempos de ciclo do processo APL3	25
4.14	Tempos de ciclo do processo de e APL4 e APL5	25
4.15	Tempo padrão e capacidades do processo de aplicar composto (APL)	26
4.16	Tempos de ciclo do processo de pintura	27
4.17	Tempo padrão e capacidades do processo de pintura	27
4.18	Tempos de ciclo do processo de <i>Engraving</i>	28
4.19	Tempo padrão e capacidades do processo de <i>Engraving</i>	29
4.20	Tempos de ciclo do processo de paletização	30
4.21	Tempo padrão e capacidades do processo de paletização	30
4.22	Tempo padrão e capacidades do processo de Inspeção Visual	31
4.23	Tempo padrão e capacidades do processo de aplicação de espuma	31

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo inicial serão abordados a motivação e enquadramento do projeto, objetivos e uma breve descrição da estrutura do relatório.

Este projeto surge no seguimento da realização da Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, e da necessidade da empresa de acolhimento realizar um estudo de tempos e métodos, cálculo de capacidades e necessidades de recursos humanos, numa das unidades de produção. O desenvolvimento do projeto decorreu durante o período do 2.º semestre do ano letivo de 2022/2023.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O sucesso de uma empresa está muito dependente da sua capacidade de acompanhar a evolução que acontece de dia para dia, tanto no mercado como a nível tecnológico. Existe uma necessidade de as empresas procurarem constantemente a otimização de processos.

Sendo assim, a importância de um estudo de tempos e métodos é muito elevada e vários autores destacam uma grande variedade de razões pela qual isso se verifica.

A flexibilidade e a agilidade, são dois aspetos importantes para conseguir uma resposta rápida às exigências do mercado, e com um estudo desta natureza é possível identificar novos métodos, mais eficientes, para a realização de tarefas. Niebel (2003) refere como a melhoria dos métodos de trabalho permite uma rápida e eficaz adaptação ao ambiente competitivo.

A aquisição de novas tecnologias está muitas vezes relacionada com este tipo de estudos. Ao analisar profundamente um processo, é possível detetar oportunidades de implementação de soluções inovadoras. É de grande importância considerar novas tecnologias durante todo o processo de estudo (Maynard, 2017).

Melhorias na qualidade são também abordadas por Maynard (2017), devido ao facto de estes estudos detetarem deficiências na padronização dos processos, levando a problemas de qualidade. Desta forma, é possível obter melhorias quanto à uniformização de processos e, consequentemente, resultados positivos na qualidade.

A redução de custos é outro aspeto que poderá ser otimizado com a realização deste projeto, uma vez que, tal como referiu Muther (1961), assim é possível identificar atividades que não acrescentam valor e eliminá-las.

Por último, o aumento da produtividade e eficiência são dois aspetos referidos por Barnes (2008) e Niebel (2003), como de grande importância para a eficiência operacional e a vantagem competitiva. Com a realização deste tipo de estudos é possível detetar *bottlenecks* e problemas de ineficiência.

Tal como disse Henry Ford, o estudo metuculoso de tempos e métodos é a essência da produção industrial e, como tal, este estudo é de uma elevada importância para o Departamento de Engenharia Industrial e para toda a Continental Mabor - Indústria de pneus SA (CMIP). Com este projeto foi possível fazer o cálculo de capacidades, o cálculo da necessidade de recursos humanos afetos a cada processo e, simultaneamente, identificar diversas melhorias com grande relevância para o desempenho da unidade de produção em estudo. De referir também, que nunca foi realizado um estudo desta natureza nesta unidade de produção, daí também a sua grande importância.

1.2 Empresa de acolhimento

A empresa Continental AG, foi fundada em 1871 na cidade de Hannover, na Alemanha. Nos seus primórdios fabricava pneus maciços para carruagens e bicicletas. Mais tarde, em 1898 iniciou a produção de pneus lisos.

Ao longo dos anos a empresa adquiriu outras empresas, tais como, em 2007 adquire a Siemens VDO Automotive AG, tornando-se assim um dos cinco maiores fornecedores da indústria automóvel do mundo. Sendo assim, o Grupo Continental tornou-se especialista na produção de sensores, tecnologias de transmissão de potência, sistemas de travagem, sistemas eletrónicos e controlos dinâmicos para viaturas.

O grupo está dividido em cinco grupos: Pneus, *Contitech*, *Chassis* e Segurança, Interior e *Powertrain*. Está representada em 56 países, em 427 locais diferentes e conta com 220 130 colaboradores.

A Continental Mabor, Indústria de Pneus SA (CMIP), local onde foi realizada a dissertação, surge em 1989, no seguimento da fusão entre uma reconhecida fábrica portuguesa de manufatura de borracha, a Mabor fundada em 1946, e a Continental AG reconhecida mundialmente.

A CMIP iniciou programa de reestruturação após a fusão, e tornou-se a empresa mais moderna do grupo. A constante procura pela melhoria e inovação, fez com que a produção tenha passado de 5000 pneus/dia em 1990, para 56000 pneus/dia, sendo que nos primeiros cinco anos após 1990 a produção quadruplicou.

Cerca de 98% da produção destina-se à exportação, sendo que o "mercado de substituição", representa cerca de 60% e os restantes 40% são distribuídos pelas linhas de montagem de prestígiados construtores da indústria automóvel.

Neste momento o leque de artigos produzidos é muito variado, nomeadamente pneus de diferentes tamanhos, para diversas marcas e finalidades, desde SUV's, pneus de alta performance, pneus agrícolas, pneus ContiSeal e pneus ContiSilent entre outros (Mabor, 2023).

Abaixo podemos observar, na Figura 1.1, uma fotografia aérea de todo o complexo industrial da CMIP (Vieira, 2023).



Figura 1.1: Instalações da Continental Mabor em Lousado fonte: (Vieira, 2023)

Unidade de Produção

Embora o foco principal da atividade da CMIP seja a produção de pneus, não foi em nenhum dos departamentos relacionados com a produção de um pneu que foi realizado o estudo, mas sim, numa unidade anexa à fábrica onde são produzidos os pneus antifuro, chamados ContiSeal, os antiruído, chamados ContiSilent, e os pneus com as duas tecnologias, chamados ContiSealSilent. Esta unidade visa transformar um pneu "normal", num pneu "especial", aplicando *seal* ou *silent* num pneu produzido inicialmente na unidade de produção de pneus da CMIP.

A necessidade de realização do estudo surgiu, devido ao facto de nunca ter sido estudado de uma forma aprofundada em termos de tempos e métodos a unidade de ContiSeal.

Quanto ao departamento onde foi realizado este projeto, o Departamento de Engenharia Industrial (DEI) da CMIP tem um variado leque de atividades a realizar em toda a fábrica, entre elas estão, estudar e calcular os tempos padrão, definir o "*layout*" fabril em conjunto com outros departamentos, calcular capacidades dos equipamentos, calcular indicadores fabris, propor sistemas de prémios e fazer o seu cálculo, propor necessidade de recursos humanos da produção, realizar estudos sobre os processos produtivos e participar em projetos de melhoria contínua (Mabor, 2023).

Com isto, percebemos que os encargos pelos quais o DEI está responsável são em grande número, daí a necessidade de ajuda para a realização de um estudo nesta unidade da fábrica.

Processos analisados

O estudo focou-se em todos os processos, desde que um pneu chega à unidade de produção, até que este é expedido para o armazém. Sendo assim, os processos estudados foram:

- Operação de logística, que consiste, num operador, fazer o carregamento e descarregamento de paletes, utilizando um empilhador;
- Abastecimentos da linha, onde o operador tem que colocar pneus na linha de forma manual;
- Lavagem, que consiste, como o nome indica, numa lavagem a água ou *laser*, com objetivo de limpar o interior do pneu para aplicação de um composto no processo seguinte;
- Túnel de secagem, utilizado para retirar a humidade dos pneus que efetuam a lavagem a água;
- Aplicação de composto, este processo é feito por robô, e consiste na aplicação de um composto de borracha, que irá tornar os pneus em pneus anti furo, ou então aplicar composto para posteriormente ser aplicada uma espuma de absorção de ruído;
- Pintura, utilizada apenas para os pneus *ContiSeal*, para diminuir a aderência do composto aplicado anteriormente;
- Engraving, processo onde é gravado a laser na parede exterior do pneu o logo "ContiSeal", "ContiSilent" ou "ContiSealSilent";
- Inspeção visual, tal como o nome indica, processo onde os operadores inspecionam os pneus;
- Aplicação de espuma, processo onde os operadores, com a ajuda de uma máquina, aplicam manualmente uma espuma nos pneus;
- Paletização, processo de colocar os pneus numa palete para expedição.

1.3 Objetivos do projeto

O projeto tem como principal objetivo a determinação dos tempos padrão dos vários processos produtivos presentes na unidade de ContiSeal, através do estudo de tempos e métodos. De uma forma mais pormenorizada, pretende-se:

- Definir os diferentes elementos de ciclo de cada processo;
- Obter os tempos de cada elemento de ciclo;
- Validar estatisticamente os tempos obtidos;
- Calcular a fadiga de cada processo;
- Analisar de perturbações;

- Identificar potenciais melhorias;
- Determinar capacidades;
- Determinar necessidades de mão de obra.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos.

O Capítulo 1 começa por fazer um enquadramento do projeto, descrevendo o panorama geral do estudo de processos, seguindo-se a apresentação da empresa e, dentro desta, a unidade de produção onde foi realizado o projeto e uma breve descrição dos processos estudados, passando depois a indicar quais os objetivos do projeto e, por fim, uma breve descrição da estrutura da dissertação.

Quanto ao Capítulo 2, são abordados os conceitos teóricos que serão a base para o desenvolvimento do projeto.

No Capítulo 3 é feita uma análise ao problema proposto, e é feito o aprofundamento dos processos estudados. São ainda apresentados os principais desafios encontrados.

No Capítulo 4 é apresentado todo o estudo que foi realizado, é feita uma discussão dos resultados, a apresentação das principais melhorias detetadas ao longo do projeto e é ainda apresentado um trabalho complementar que foi feito ainda no âmbito desta dissertação.

Para finalizar, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido.

Capítulo 2

Contextualização teórica

Este capítulo tem como objetivo fornecer uma contextualização teórica para o desenvolvimento do projeto.

Nele serão abordados os conceitos principais relacionados com estudo de tempos e métodos, cálculo de capacidades de produção e conceito de melhoria contínua, como pilares fundamentais para desenvolvimento constante da empresa. Será também abordado o tema sobre ferramentas de tratamento de dados, utilizadas na realização do projeto.

2.1 Estudo de tempos e métodos

O estudo de tempos e métodos continua a ser uma ferramenta essencial para analisar e identificar potenciais melhorias em diversos processos produtivos. Mesmo no contexto atual, quando surgem diariamente novas tecnologias para análise de dados, este tipo de estudos continuam a ser fundamentais (Maynard, 2017).

Quanto ao estudo de tempos, este pode ser efetuado de uma forma direta, recorrendo a cronómetro ou máquina de filmar, ou então através de bases de dados que recolhem informações sobre a produção em tempo real. Estas últimas podem também contribuir para uma monitorização em tempo real da eficiência de um processo (José and Guimarães, 2018).

Para efetuar a medição direta das tarefas é fundamental conseguir dividir os processos em tarefas que sejam possíveis de medir. Caso exista um tempo de máquina e um tempo de operador, é fundamental separar estes dois elementos, e tudo o que sejam perturbações terão que ser contabilizadas como tal (José and Guimarães, 2018).

Tempo de ciclo: Tempo de ciclo é o tempo medido desde o início de uma atividade, até se iniciar a próxima, sendo que este pode ser dividido em etapas como na expressão abaixo (Nahmias, 2015).

$$\text{Tempo de ciclo} = \text{tempo da etapa 1} + \text{tempo da etapa 2} + \dots \quad (2.1)$$

Tempo padrão: É o tempo de ciclo afetado das componentes de descanso, fadiga e perturbações.

$$\text{Tempo padrão} = \frac{\text{Tempo de ciclo}}{1 - (\text{Descanso} + \text{Fadiga} + \text{Perturbações})} \quad (2.2)$$

Validação estatística dos dados

É de grande importância a validação estatística dos dados recolhidos, independentemente da forma como são obtidos. Apenas com esta validação é possível perceber a consistência desses mesmos dados, e perceber se podem ser considerados representativos do processo em estudo (Montgomery et al., 2012).

Validação do tamanho da amostra:

Quando se trata de um estudo de cronoanálise, a validação do tamanho da amostra é um passo fundamental para a verificação da representatividade da amostra. Este tamanho da amostra depende do nível de confiança e do erro desejado. Uma forma de calcular o tamanho da amostra é por via de uma estimativa da média e desvio padrão populacionais (Montgomery, 2017):

$$n = \left(\frac{Z \cdot \sigma}{E} \right)^2 \quad (2.3)$$

n - tamanho da amostra desejado;

Z - valor crítico associado ao nível de confiança desejado;

σ - desvio padrão amostral;

E - margem de erro desejada.

Deteção de outliers:

A Regra de Tukey é uma regra que considera um valor como *outlier* caso ele esteja abaixo do limite inferior ($Q1 - 1,5 * IQR$) ou acima do limite superior ($Q3 + 1,5 * IQR$), onde Q1 e Q3 são o primeiro e o terceiro quartis e IQR é a amplitude interquartil (Tukey, 1977).

Z - Score é outra medida estatística dada pela diferença entre um determinado valor X e a respetiva média, a dividir pelo desvio padrão, ver expressão (2.4). Valores com Z - Score alto (positivo ou negativo) são considerados outliers, sendo que regra geral acima de 3 ou abaixo de -3 são frequentemente considerados *outliers* (Montgomery et al., 2012).

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (2.4)$$

X - valor observado;

μ - média;

σ - desvio padrão.

Distância de Mahalanobis é uma medida que tem em consideração a correlação entre variáveis. Esta distingue-se da distância euclidiana, uma vez que, considera as correlações do conjunto de dados e é invariante à escala. Na expressão 2.5 é possível observar a formula para o calculo (Mahalanobis, 1936). Definição dos valores que são ou não *outliers* pode variar dependendo do tipo de aplicação.

$$D = \sqrt{(x - \mu)^T \cdot \Sigma^{-1} \cdot (x - \mu)} \quad (2.5)$$

D - Distância de Mahalanobis;

x - vetor de valores da observação;

μ - vetor de médias;

Σ - matriz de covariância.

T - vetor transposto

2.2 Melhoria contínua

Quando falamos em fazer um estudo de tempos e métodos numa unidade industrial ou num processo, o conceito de melhoria contínua está sempre presente, uma vez que este conceito é muito abrangente e tem como objetivo melhorar a eficiência, a produtividade e a qualidade. Quando aplicado em conjunto com o estudo de tempos e métodos permite identificar possíveis melhorias e a otimização de processos. Este tipo de estudo é a base fundamental para a melhoria contínua. Só assim, é possível identificar *bottlenecks*, problemas de falta de eficiência ou de desperdícios. Desta forma é possível implementar medidas específicas para melhorar processos. Tudo isto funciona como um ciclo, em que os problemas ou melhorias são detetadas e posteriormente corrigidas, e de seguida acompanhadas para verificar se os resultados foram alcançados. Aplicando-se assim melhoria contínua (Deming, 1986).

2.2.1 Análise ABC

A análise ABC é uma ferramenta utilizada frequentemente para a análise de custos. No entanto, pode ser utilizada como apoio inicial para um estudo de tempos e métodos. Este tipo de análise permite classificar atividades ou produtos, tendo em conta a sua relevância.

Esta análise permitirá organizar o estudo de tempos e métodos, uma vez que a quantidade de produtos diferentes a serem produzidos será muito elevado.

A classificação ABC é baseada no princípio de Pareto (Friedman, 1999), também conhecido como "regra 80/20", que diz que aproximadamente 80% dos efeitos são resultado de 20% das causas.

No contexto do projeto, a análise ABC pode ser aplicada para classificação dos tipos de pneus a produzir em função da sua importância relativa. Produtos classificados como A, são produtos de elevada relevância, onde geralmente representam cerca de 20% do total mas contribuem com 80% do resultado. Produtos classificados como B, têm uma importância moderada, geralmente

representam 30% do total e contribuem com aproximadamente 15% dos resultados. Os produtos classificados como C, são produtos de importância reduzida, que geralmente representam 50% do total, mas contribuem com apenas 5% para os resultados (Slack et al., 2019).

Após a realização desta análise é possível perceber quais os pneus mais produzidos na unidade ContiSeal e aqueles que representam um maior impacto na produção.

2.2.2 Indicadores de desempenho

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*):

Utilizando ferramentas de tratamentos de dados, é possível calcular de uma forma automática algumas medidas de desempenho (*Key Performance Indicator* - KPI), sendo o OEE um deles, e de elevada importância para a indústria. Este indicador de desempenho permite calcular o desempenho global do processo tendo em conta aspetos como a disponibilidade, o desempenho e a qualidade (Nakajima, 1988). O OEE é calculado através da multiplicação de três indicadores, sendo eles a disponibilidade, o desempenho e a qualidade. A qualidade mede a taxa de produtos que conseguiram obedecer aos parâmetros de qualidade definidos, o desempenho compara a taxa de produção teórica com a taxa de produção prática e a disponibilidade mede o tempo em que efetivamente houve disponibilidade do equipamento para produção (Moura and Gomes, 2019).

Fórmula para cálculo do OEE:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (2.6)$$

Embora a fórmula seja igual, existem abordagens diferentes para o cálculo dos diferentes parâmetros. Duas abordagens possíveis são:

Calculo do OEE com base no tempo total, em que a disponibilidade é calculada através do cociente entre o tempo de produção efetivo e o tempo total disponível, e o desempenho é calculado através do cociente entre a taxa de produção real e a taxa de produção teórica. Enquanto que no caso do OEE com base no tempo de operação, a disponibilidade é calculada como cociente entre o tempo de produção efetivo e o tempo de operação e o desempenho é obtido pelo cociente entre a taxa de produção real e a taxa de produção máxima alcançável (Nakajima, 1988) (Moura and Gomes, 2019). Cada empresa deverá adotar o cálculo que a seu ver está de acordo com a realidade da sua organização (Nakajima, 1988).

TEEP (*Total Effectiveness Equipment Performance*):

Este indicador de desempenho mede a capacidade de um equipamento tendo em conta, não só o tempo disponível, mas também o tempo de paragens planeadas e não planeadas, ou seja, considera a disponibilidade como total.

É composto por três parâmetros, tal como o OEE, que são disponibilidade, desempenho e qualidade (Nakajima, 1988).

2.3 Ferramentas de tratamento de dados

A quantidade de dados gerados a todo o momento é enorme, e as empresas estão a acumular dados recolhidos de diferentes fontes como, por exemplo, sensores presentes em máquinas, ou de qualquer outro tipo de atividade. Associado a esta realidade surge o desafio de transformar todos estes dados em informações valiosas, permitindo um maior controlo e eficiência de processos, ou ainda como auxílio à tomada de decisão (Silva and Souza, 2018). É, assim, possível criar *dashboards* que irão apresentar de forma intuitiva uma grande quantidade de informação, utilizando para esse efeito indicadores de desempenho (KPI) representados em gráficos e tabelas, permitindo aos utilizadores monitorizar o desempenho de processos.

Capítulo 3

Apresentação do problema proposto

O conceito de melhoria contínua está presente na filosofia da Continental Mabor (CMIP), chegando a todos os colaboradores, incentivando-os a procurar por melhorias através do programa ContiNova. Este programa desafia todos os seus colaboradores a apresentarem melhorias que serão posteriormente analisadas pelo DEI. Ao longo deste capítulo serão também apresentados alguns pontos de melhoria relacionados com o DEI. No entanto, o grande objetivo deste projeto está relacionado com a unidade de ContiSeal, e procura estudar aprofundadamente todos os processos presentes nesta unidade, em termos de tempos e métodos, cálculo de capacidade e de recursos humanos. A deteção de possíveis melhorias está inerente a este tipo de estudo.

3.1 Departamento de Engenharia Industrial

Na CMIP, cada departamento organiza-se de forma diferente, tendo em conta a sua atividade ou o processo a que está afeto. No caso do DEI, este está presente em todos os processos de produção, sendo responsável pelo cálculo de indicadores como o OEE, alterações de *layout*, cálculos de capacidades e necessidade de recursos humanos, cálculo de prémios, entre outros. Este estudo vem auxiliar o DEI em algumas destas tarefas, visto que a unidade de ContiSeal nunca foi considerada de extrema importância e, por isso, nunca foi objeto de um estudo aprofundado. Quanto ao dia a dia no departamento, este começa com o cálculo dos indicadores para apresentação na reunião diária, chamada *Business Team*, onde estão presentes pessoas de todos os departamentos, e são aqui discutidos todos os assuntos relacionados com a sua área. Todo o resto do dia, será para tratar de todas as tarefas que são necessárias fazer, que já foram enumeradas no capítulo 1.

3.2 Cenário atual da unidade de produção

Atualmente, é a unidade de ContiSeal, que recebe pneus para a aplicação do composto *seal*, e/ou a aplicação de uma espuma para tornar os pneus em pneus anti furo ou anti ruído, respetivamente. Esta unidade trabalha em três turnos, parando apenas no primeiro turno de quinta feira para manutenção preventiva. As equipas de cada turno estão organizadas da seguinte forma: um

coordenador, operadores responsáveis pelas máquinas de lavar e máquinas de aplicar o composto nos pneus, inspetores que fazem a inspeção final, operadores que aplicam espuma, e operadores responsáveis pela recepção e envio de pneus, abastecimento da linha e paletização. Tendo em conta os processos apresentados no capítulo 1, alguns deles são comuns à produção de pneus *seal* e *silent*, mas outros apenas estão presentes num dos tipos. Começando por listar aqueles que são comuns a ambos os tipos:

- Operação de logística, em que um operador é responsável pela recepção e envio de pneus, recepção de matérias primas para produção do composto, e organização do armazém;
- Abastecimento da linha, processo em que os operadores colocam pneus para alimentar a linha;
- *Engraving*, processo no qual uma máquina laser faz a gravação do logótipo *ContiSeal* ou *ContiSilent* ou de ambos;
- Inspeção visual, processo em que os operadores inspecionam todos os pneus;
- Condutor de empilhador de abastecimento de linha e paletização, em que este processo é normalmente uma tarefa realizada por algum operador do abastecimento ou da paletização, mas caso a produção seja muito elevada ele terá que estar grande parte do tempo a realizar esta tarefa;
- Paletização, processo em que os operadores colocam os pneus numa paleta para expedição.

Estes são os processos em comum para produção de qualquer tipo de pneu. Existe outro aspeto importante, que será aprofundado mais à frente, que é o facto de existirem duas linhas de produção que começam no mesmo local e acabam no mesmo local, mas no seu interior dividem-se. Atualmente, a produção é feita utilizando a linha A para produzir pneus *seal* e a linha B para produzir pneus *silent*.

3.2.1 Produção *Seal*

Os pneus *ContiSeal* (Figura 3.1), são atualmente produzidos na linha A, que é uma linha menos automatizada. A opção de colocar nesta linha os pneus *ContiSeal* justifica-se pelo facto de se produzir em menor número referências diárias do que os *ContiSilent*, logo, existem menos trocas de *setup*. No caso da produção *seal* (linha A) eles passam pelos seguintes processos:

- Inicialmente são lavados, e aqui têm três hipóteses: entrar na LAV1 (máquina de limpeza a água), ou na LAV2 (máquina de limpeza a água) ou LAV3 (máquina de limpeza a laser);
- De seguida passam obrigatoriamente por um túnel de secagem; no entanto, apenas os pneus vindos das máquinas de limpeza a água necessitariam deste processo;
- Aplicadores do composto, sendo que na linha A têm três opções, APL1, APL2 e APL3;
- Pintura, onde é aplicado no pneu uma espécie de tinta, para diminuir a aderência.



Figura 3.1: Pneu ContiSeal fonte: (Continental, 2023a)

3.2.2 Produção *Silent*



Figura 3.2: Pneu ContiSilent fonte: (Continental, 2023b)

A produção de pneus *ContiSilent* (Figura 3.2) é neste momento e na sua totalidade na linha B, embora isso não fosse obrigatório. Sendo a principal diferença para os pneus *ContiSeal*, o de não necessitarem de pintura, mas sim de aplicação de espuma.

As etapas do processo exclusivas dos pneus *silent* são:

- LAV4 e LAV5, máquina de lavagem a laser;

- APL4 e APL5, aplicadores de composto nos pneus;
- Mastec 1, 2, 3 e 4 que são as máquinas onde os operadores aplicam a espuma.

Outro aspeto de relevância ao longo das linhas, são as zonas de rejeição de pneus. Estas zonas de rejeição consistem em locais onde o sistema de passadeiras consegue retirar um pneu da linha principal para um local onde um operador realiza a verificação do tipo de rejeição ocorrida. Estas zonas localizam-se após o abastecimento, caso haja algum erro no código de barras do pneu, posteriormente aos aplicadores caso tenha sido mal aplicado o composto, antes das máquinas de *Engraving*, caso o peso de composto aplicado não seja o correto e depois da saída das máquinas de *Engraving*, caso a máquina não detete o local de gravação. Após ser verificado o motivo de rejeição, o operador volta a colocar o pneu na linha, ou caso não consiga solucionar o problema, terá que levar o pneu para uma verificação mais pormenorizada.

Para uma melhor compreensão de toda a unidade de produção, consultar o Anexo C.

3.3 Principais desafios encontrados

Foram alguns os desafios encontrados, começando pela adaptação ao tamanho da fábrica da CMIP. Uma vez que, dada a sua grande dimensão, não é fácil entender tudo o que se passa nela.

Como o estudo seria realizado na unidade de *ContiSeal*, foi aí o principal foco desde o início e demorou algum tempo para entender todos os processos que acontecem naquela unidade e, mesmo assim, todos os dias foram uma constante aprendizagem.

Um dos maiores desafios inicialmente colocado foi a pesquisa dos dados de produção, planeamento, ou mesmo da base de dados com todas as informações de cada tipo de artigo produzido. Essa dificuldade deveu-se à desorganização e a localização de dados em diferentes locais. A agregação inicial dos dados foi complexa, tendo como objetivo realizar a análise ABC, para compreensão dos artigos mais relevantes a serem produzidos em 2023 na unidade de *ContiSeal*, e assim guiar de alguma forma o estudo de tempos e métodos.

Outro desafio foi, a velocidade de aplicação do composto e da lavagem dos pneus, que, segundo me fui apercebendo inicialmente era alterada manualmente pelos operadores responsáveis por essas máquinas. Isso fez com que se tornasse mais difícil a definição de capacidades desses mesmos processos e mais tarde se desenrolassem algumas ações para que isso deixe de ser possível.

Embora tenham surgido desafios de menor dificuldade de ultrapassar, estes foram os principais encontrados.

Capítulo 4

Resultados do estudo

Neste capítulo serão desenvolvidas e apresentadas detalhadamente todas as metodologias, fases do projeto e a forma como estas foram realizadas. De mencionar que, para além dos objetivos propostos, foi desenvolvido um *dashboard*, utilizando uma ferramenta de tratamento de dados, o *PowerBI*, com o objetivo de fazer o cálculo automático do OEE e do TEEP, e ainda de fazer a análise das principais perdas registadas, tudo isto de uma forma integrada com o sistema de monitorização da produção que está a ser instalado em todos os processos da unidade de produção. Serão também apresentadas algumas melhorias e feita uma discussão dos resultados obtidos.

4.1 Estudo inicial de todos processos

O projeto começou com um período inicial de duas semanas, em que se procurou aprender o máximo sobre toda a unidade de *ContiSeal*, desde a entrada até à saída de um pneu. Todos os percursos foram analisados, todos os processos foram apresentados de uma forma superficial por diferentes coordenadores de turno, todas as atividades necessárias para o funcionamento da unidade foram descritas, para que fosse possível ter uma visão global de tudo o que se fazia nesta unidade industrial. Foi durante este período e estudo inicial que foram registadas algumas restrições presentes em alguns processos como, por exemplo, a diferenciação entre a linha A e a linha B de produção, sendo a linha B totalmente automatizada, o que significa que, a mudança de artigo não tem que ser acompanhada por um operador, ao contrário da linha A, onde as máquinas de lavar LAV1, LAV2 e LAV3, APL1 e APL2 não detetam automaticamente o artigo. Apenas estava a ser agora implementado o sistema de monitorização da produção, e este estava a funcionar ainda com falhas em termos de deteção de perdas, na inspeção visual e máquinas de aplicação de espuma.

4.1.1 Análise ABC dos artigos planejados para produção

Tendo concluído o estudo inicial foi desenvolvido um estudo utilizando a ferramenta de tratamentos de dados *PowerBI*, com o objetivo de perceber quais os artigos mais relevantes, para mais tarde utilizar essa informação no estudo de cada processo.

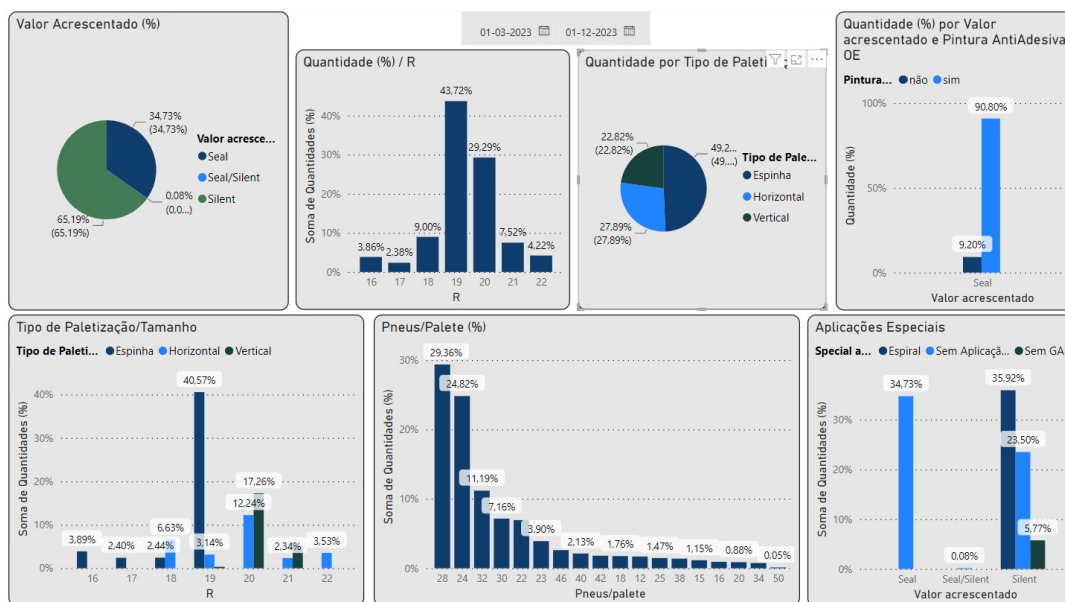


Figura 4.1: *Dashboard* com análise de artigos a produzir

Analisando este *dashboard* apresentado na Figura 4.1, é possível orientar o estudo de tempos e métodos para os artigos que realmente serão significativos para a produção no próximo ano. Conseguimos perceber que a produção do tipo *silent* será superior à produção *seal*, sendo que a produção de *Seal/Silent* é residual quando comparada com as outras duas.

Conseguimos perceber que pneus de jante R19 e R20 representam cerca de 70% da produção, ou seja, observar pneus com estas dimensões será algo importante de fazer, independentemente do processo.

O terceiro gráfico, na parte superior do *dashboard*, será importante para o estudo da paletização, em que neste gráfico foram agregados diversos tipos de paletização, obtendo apenas três tipos, horizontal, vertical e em espinha, para que fosse possível realizar o estudo. Existe um tapete automático que conecta a unidade de produção à inspeção final de toda a fábrica; no entanto, apenas 90% dos pneus em espinha são enviados por esse meio, pois os restantes são paletizados manualmente por um operador.

No quarto gráfico, na parte superior, podemos ver que dos pneus *seal* (apenas estes são pintados), 90% terão que efetuar essa pintura, sendo que 10% estão dispensados desse processo.

O primeiro gráfico, na parte inferior, relaciona o tipo de paletização com o tamanho de jante.

O gráfico que se encontra no meio, da parte inferior do *dashboard*, é fundamental para o estudo do operador responsável por descarregar e carregar o camião (operação de logística), uma vez que conseguimos perceber a quantidade média de pneus que chegarão numa paleta.

O último gráfico representa alguns casos especiais de aplicação do composto nos pneus *silent*, chamado de espiral, onde a aplicação é significativamente mais rápida. Outro caso especial representado, é o facto de quando é aplicada a espuma num pneu, o início e o fim da espuma ficarem sem qualquer distância entre si, algo que não acontece com outros pneus.

Sendo assim, foi fundamental este estudo inicial que, embora tenha tido muitas contrariedades devido à má organização das bases de dados, foi algo muito importante para o estudo.

4.2 Estudo de tempos e métodos e cálculo de capacidades

O estudo de tempos e métodos é o foco principal deste projeto, e foi nele que foi despendido uma parte significativa do tempo da dissertação.

Algumas análises realizadas a todos os processos serão aqui apresentados e explicados desde a forma como os dados foram recolhidos, como foram calculados os tamanhos das amostras, bem como a identificação de *outliers*. Será também explicado o "fator de descanso" e o "fator de ritmo observado" que é aplicado aos processos que envolvem operadores. No caso das "perturbações", estas serão explicadas para cada um dos processos.

Na Tabela 4.1 é apresentado um exemplo de como foram registados os dados cronometrados, tanto através de observação direta como de vídeo.

Tabela 4.1: Exemplo Tabela de anotação de tempos de cronometragem

Tarefa	Tempo Inít	Medição 1				Medição 2				Medição 3				Medição 4						
		Min.	Seg.	Fator	T1 (s)	Min.	Seg.	Fator	T2 (s)	Min.	Seg.	Fator	T3 (s)	Min.	Seg.	Fator	T4 (s)			
Entrada pneu	0	14.7	0.14.714	80	5.205	0	35.9	0.35.935	80	5.506	1	3.1	1.3.053	80	5.372	1	29.2	1.29.155	80	5.105
Ajuste inicial laser	0	10.5	0.10.51	80	1.301	0	41.4	0.41.441	80	1.702	1	4.0	1.3.957	80	1.368	1	30.1	1.30.09	80	1.968
Posicionamento do pneu (centrar)	0	14.7	0.14.714	80	1.935	0	43.3	0.43.333	80	1.859	1	8.4	1.8.435	80	1.901	1	34.3	1.34.26	80	1.869
Retorno posição inicial (centrar)	0	16.6	0.16.649	80	0.306	0	43.3	0.43.333	80	0.298	1	10.3	1.10.336	80	0.301	1	36.1	1.36.129	80	0.281
Scanner pneu (perda antes scanner)	0	16.6	0.16.649	80	7.308	0	43.6	0.43.598	80	7.219	1	10.6	1.10.637	80	6.807	1	36.4	1.36.41	80	7.441
Fecho de portas	0	16.6	0.16.649	80	2.903	0	50.8	0.50.817	80	3.069	1	17.1	1.17.143	80	2.870	1	43.6	1.43.57	80	2.970
Engraving	0	19.6	0.19.552	80	4.037	0	46.1	0.46.112	80	4.004	1	13.2	1.13.206	80	4.071	1	39.1	1.39.099	80	4.004
Abertura portas (perda antes)	0	28.0	0.27.994	80	3.670	0	54.0	0.54.821	80	3.904	1	21.2	1.21.214	80	3.637	1	47.6	1.47.574	80	3.803
Saída pneu	0	21.9	0.21.898	80	2.836	0	58.7	0.58.725	80	3.036	1	24.9	1.24.851	80	2.903	1	51.4	1.51.377	80	3.003

Tal como foi referido na contextualização teórica, o tamanho da amostra escolhida foi feita através de uma estimativa da média e desvio padrão populacionais, tal como se mostra na Tabela 4.2:

Tabela 4.2: Exemplo de validação de dados quanto ao nº de amostras

Tarefa	Tméd (s)	Tméd (min)	Grau de confiança		Média Amostra	Desvio padrão	GL = n-1	T(alpha/2;GL)	IC - Inferior	IC - Superior	K - observado	n necessário	n arredondado
			95%	5%									
Subida transportador	2.452	0.041	95%	5%	2.452	0.017	2.000	4.30	2.41	2.49	3%	0.2	1
Entrada do pneu	1.621	0.027	95%	5%	1.621	0.041	2.000	4.30	1.52	1.72	13%	2.1	3
Descida do transportador	6.151	0.103	95%	5%	6.151	0.107	2.000	4.30	5.88	6.42	9%	1.0	2
Aperto do pneu com as roldanas superiores	4.193	0.070	95%	5%	4.193	0.051	2.000	4.30	4.07	4.32	6%	0.5	1
Aperto do pneu pelo transportador	1.946	0.032	95%	5%	1.946	0.051	2.000	4.30	1.82	2.07	13%	2.3	3
Recuo do transportador	7.363	0.123	95%	5%	7.363	0.084	2.000	4.30	7.15	7.57	6%	0.4	1
Abertura das roldanas superiores	3.537	0.059	95%	5%	3.537	0.067	2.000	4.30	3.37	3.70	9%	1.2	2
Saída do Pneu	1.073	0.018	95%	5%	1.073	0.007	2.000	4.30	1.06	1.09	3%	0.1	1

Para a identificação de *outliers*, foi utilizada a regra de Tukey, que consiste em considerar *outliers* os valores que estejam a baixo do limite superior ou a cima do limite superior. Um exemplo de como foi realizado na realização do projeto encontra-se na Tabela 4.3:

Tabela 4.3: Exemplo de validação de dados quanto à identificação de *outliers*

Q1	Q3	IQR (Q3-Q1)	Lsuperior	Linferior
7,27	7,44	0,17	7,61	7,11
3,47	3,60	0,13	3,74	3,34
1,07	1,08	0,01	1,09	1,05
2,40	2,50	0,10	2,59	2,29
1,60	1,63	0,03	1,67	1,57
6,14	6,27	0,13	6,38	5,98
4,21	4,34	0,13	4,47	4,07
1,94	2,04	0,10	2,13	1,83
9,58	9,58	0,00	9,58	9,58
3,37	3,47	0,10	3,58	3,28

No caso da fadiga, esta foi calculada para cada processo tendo em conta a Tabela presente no Anexo A (Arezes and Costa, 2003).

O valor atribuído para o descanso é igual para toda a fábrica e é de 6%. Este valor foi aplicado logo na Tabela de anotação das cronometragens quando se consideram operações feitas por operadores.

O tempo para almoço definido pela fábrica é de 40 minutos e foi contabilizado em todos os processos que envolvem operadores.

4.2.1 Processos sem recolha de dados *online*

Neste subcapítulo estão representados os estudos de processos em que foi efetuada a medição de tempos por observação direta ou cronometragem, através de vídeo.

Operação de logística:

Na Tabela 4.4 estão representados, como exemplo, os tempos padrão do turno C para realização de cada tarefa associada ao processo de operação de logística, na última linha da Tabela 4.4, o tempo padrão, ou seja, já contabilizado descanso e fadiga, sendo que as perturbações serão contabilizadas na Tabela 4.5.

Tabela 4.4: Tempos de ciclo do processo de operação logística

Tarefas operação de logística (turno C)	Tempo (min)
Abrir a porta do armazém	0,40
Descarregar palete para zona de inspeção (junto camião)	4,68
Preenchimento de guia para camião	0,36
Verificação da carga (picar tipo paletes de pneus)	2,66
Armazenar a carga recebida (zona de inspeção para armazém)	10,23
Carregamento de produto acabado	9,10
Tempo padrão / operação	27,42

Na CMIP o tempo padrão é calculado na forma de "tempo/pneu", sendo assim, depois de calculado o tempo padrão para a operação de logística foi dividido pelo número de pneus médio por camião (aproximadamente 437 pneus).

Na Tabela 4.5 é apresentado o tempo padrão/pneu e as capacidades, quer por turno, quer por dia. O tempo padrão está afetado com 8,5% de perturbações, calculadas através de observações. É de salientar, que foram observados vários operadores de diferentes turnos e foi excluído um deles no cálculo final, visto que, realizava as tarefas com uma velocidade elevada, constituindo um perigo de segurança.

Tabela 4.5: Tempo padrão e capacidades da operação de logística

Operação de Logística	
Tempo padrão/pneu (min)	0,06
Capacidade pneus/turno(440min)	7309,5
Capacidade pneus/dia(1320min)	21928,5

Abastecimento de linha:

Passando para o processo de abastecimento de linha que é feito de forma manual utilizando um manipulador para mover cargas, são apresentados na Tabela 4.6 dois exemplos, um para os pneus mais pequenos e outro para um dos pneus maiores; no entanto, foram realizadas observações para outros tamanhos de pneus.

Tabela 4.6: Tempos de ciclo do processo de abastecimento

Abastecimento da Linha (Pneu R16)	Tempo (min)
Retirar/e levar pneu da paleta	0,08
Pousar pneu na linha	0,07
Deslocação entre linhas (acontece de 5 em 5 pneus)	0,01
Tempo padrão/pneu	0,16
Abastecimento da Linha (Pneu R21)	Tempo (min)
Retirar/e levar pneu da paleta	0,12
Pousar pneu na linha	0,09
Deslocação entre linhas (acontece de 5 em 5 pneus)	0,01
Tempo padrão/pneu	0,22

Na Tabela 4.7 encontra-se o tempo padrão/pneu e as capacidades que foram calculados tendo em conta as perturbações observadas pelo mesmo método referido anteriormente, utilizando cálculos de fadiga com valor de 13%, e fazendo uma média ponderada entre a quantidade de pneus por tamanho a produzir ao longo do ano e o tempo padrão associado a cada um desses tamanhos.

Tabela 4.7: Tempo padrão e capacidades do processo de abastecimento

Abastecimento	
Tempo padrão/pneu (min)	0,20
Capacidade pneus/turno(440min)	2231,1
Capacidade pneus/dia(1320min)	6693,3

Processo de lavagem de pneus:

No processo de lavagem dos pneus, é importante considerar três fatores: a LAV1, a LAV2 e a LAV3 pertencem a uma linha e a LAV4 e a LAV5 pertencem a outra; a automatização dos processos, em que a LAV1, a LAV2 e a LAV3 não são automáticas e a LAV4 e a LAV5 são automáticas; por último, que a LAV1 e a LAV2 são lavagens a água e a LAV3, LAV4 e LAV5 são a laser, sendo que as de lavagens a água necessitam de túnel de secagem. Com isto, os artigos que saem da LAV3 são obrigados a passar por um túnel de secagem, quando não necessitavam disso. Um fator também importante a referenciar, é o facto de os operadores conseguirem alterar o tempo de limpeza dos pneus, o que dificulta o cálculo de capacidades.

Na Tabela 4.8 é apresentado os tempos de ciclo para a LAV1 e o mesmo se aplica para a LAV2, sendo realizados nestas máquinas dois processos, um de lavagem e outro de secagem. Isso é identificado com cor de fundo cinzenta na Tabela 4.8. Sendo assim, os dois processos são muito idênticos em termos de tempo, sendo a secagem da máquina o que define o tempo de ciclo.

Tabela 4.8: Tempos de ciclo do processo de LAV1 e LAV2

LAV 1	
Etapas Processo R19	Tempo (s)
Entrada de pneu	2,08
Posição horizontal para vertical	0,98
Ajustar pneu	1,14
Fecho do transportador	0,92
Transporte até à lavagem	1,49
Fecho da máquina de lavar	2,11
Abertura do transportador	0,63
Ajuste máquina de lavar	0,85
Transportador volta ao início	1,67
Lavagem	26,45
Transportador da secagem vazio desloca-se à lavagem	1,83
Lavagem solta o pneu	1,04
Fecho do transportador de saída	1,34
Lavagem solta o pneu por completo	2,10
Transportador da secagem regressa à posição inicial	1,78
Zona de secagem apanha o pneu	4,42
Transportador larga pneu	1,30
Zona de secagem volta à posição inicial	5,11
Secagem	25,41
Saída do pneu	2,10
Secagem volta posição inicial	1,79
Tempo de ciclo	40,1

No caso da LAV3, LAV4 e LAV5, elas efetuam uma lavagem a seco, com tempos de ciclo muito próximo do exemplo da Tabela 4.9. No caso destas máquinas as etapas com fundo branco são internas ao ciclo, ou seja, são realizados enquanto as etapas a cinzento estão a ser realizadas.

Tabela 4.9: Tempos de ciclo do processo de LAV3 e LAV4 e LAV5

LAV4	
Etapas Processo R22	Tempo (s)
Entrada de pneu	3,36
Descida do pickpod	1,23
Subida do pickpod	0,77
Rotação	2,00
Descida para laser	0,78
Ajuste para limpeza laser	0,75
Limpeza a laser	26,06
Subida do pickpod	2,15
Descida do pickpod	1,43
Subida do pickpod (vazio)	0,71
Saída do pneu	1,45
Tempo Ciclo	31,7

Na Tabela 4.10 apresenta-se um resumo para tempos padrão e cálculo de capacidades para as cinco máquinas. O cálculo de perturbações foi efetuado de uma forma diferente para o caso das máquinas, em que foi considerado todo o tempo de paragens não planeadas nos últimos 3 meses (ver anexo B), tempo que a fábrica esteve parada de forma planeada, limpezas planeadas, produção de pneus especiais, que não estão incluídos na produção normal. Desta forma, foi possível obter tempo de perturbações para cada uma das máquinas tendo em conta o histórico. Este valor de perturbações ronda em média os 7,5%.

Tabela 4.10: Tempo padrão e capacidades do processo de abastecimento

LAV1	
Tempo padrão/pneu (min)	0,80
Capacidade pneus/turno(480min)	596,3
Capacidade pneus/dia(1440min)	1788,9
LAV2	
Tempo padrão/pneu (min)	0,77
Capacidade pneus/turno(480min)	616,3
Capacidade pneus/dia(1440min)	1848,9
LAV3	
Tempo padrão/pneu (min)	0,71
Capacidade pneus/turno(480min)	669,9
Capacidade pneus/dia(1440min)	2009,6
LAV4	
Tempo padrão/pneu (min)	0,58
Capacidade pneus/turno(480min)	829,1
Capacidade pneus/dia(1440min)	2487,4
LAV5	
Tempo padrão/pneu (min)	0,57
Capacidade pneus/turno(480min)	839,9
Capacidade pneus/dia(1440min)	2519,6

Túnel de secagem:

O túnel de secagem é um processo pelo qual os pneus passam num túnel aquecido para que sequem depois da lavagem. Este apresenta uma velocidade constante de 0,020 m/s e, tanto o tempo padrão/pneu como as capacidades são apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11: Tempo padrão e capacidades do túnel de secagem

Túnel	
Tempo padrão/pneu (min)	0,16
Capacidade pneus/turno(480min)	3226,6
Capacidade pneus/dia(1440min)	9679,9

Aplicação de composto:

A aplicação de composto nos pneus é feita neste processo, utilizando um robô. Da forma como a fábrica está a operar atualmente, APL1, APL2 e APL3 apenas produzem pneus *ContiSeal*, no entanto, o APL3 também poderia produzir pneus *ContiSilent*, ao contrário do APL4 e do APL5 que apenas produzem pneus *ContiSilent*, mas poderiam produzir pneus *ContiSeal*. Outro aspeto importante que distingue os robôs, é o facto de o APL3, o APL4 e o APL5 possuírem dois locais

onde é aplicado o composto nos pneus. Por outras palavras, isto significa que, em simultâneo com a aplicação do composto, o pneu seguinte está a ser colocado no outro local de aplicação, para que quando o ciclo anterior termine, o pneu seguinte já estar pronto para receber a aplicação. No caso dos APL1 e APL2, quando termina a aplicação de um pneu, existe um tempo superior de espera, correspondente à entrada do pneu seguinte.

Quanto a tempos de ciclo, estes são diferentes: se aplicam composto num pneu *ContiSeal*, o tempo de ciclo é definido pelo tempo de aplicação do composto, mais o tempo de trocar de pneu; caso a aplicação seja num pneu *ContiSilent*, o tempo de aplicação é definido pela entrada do pneu no local de aplicação de composto.

Na Tabela 4.12 podemos ver o exemplo do APL1, em que o tempo de ciclo é definido pelo tempo de aplicação mais o deslocamento para a aplicação; neste caso, a entrada do pneu não conta para o tempo de ciclo.

Tabela 4.12: Tempos de ciclo do processo de APL1 e APL2

APL1 - Deslocamento entre aplicação	
Etapas Processo	Tempo (s)
Entrada do pneu para aplicador	1,41
Ajuste para aplicação do Seal	2,95
Avanço	1,28
Recuo	1,33
Saída do Aplicador	4,59
Tempo Ciclo	11,6

APL1	
Tempo aplicação	50,81
Tempo Ciclo	50,8

APL1 - Tempo ciclo atual (só seal)	
Tempo Ciclo	62,4

Na Tabela 4.13 podemos verificar que o tempo de deslocamento no APL3 é muito inferior ao do APL1 e do APL2, tal como explicado anteriormente. Neste caso, o tempo de aplicação também não é definido pelo tempo de entrada, uma vez que ele se encontra apenas a produzir pneus *ContiSeal*.

Tabela 4.13: Tempos de ciclo do processo APL3

APL3 - Deslocamento entre aplicação	
Etapas Processo	Tempo (s)
Deslocamento entre dois pontos de aplicação	4,03
Tempo Ciclo	4,0

APL3	
Tempo aplicação	50,81
Tempo Ciclo	50,8

APL3 - Tempo ciclo atual (só seal)	
Tempo Ciclo - Esquerda	54,8
Tempo Ciclo - Direita	54,8

No caso dos APL4 e APL5, que produzem pneus *ContiSilent*, o tempo de ciclo é definido de uma forma muito diferente, visto que o tempo de aplicação de composto é muito reduzido, o que faz com que o tempo de ciclo seja definido pelo tempo de entrada do pneu em cada um dos locais de aplicação de composto. Na Tabela 4.14 apresenta-se o exemplo do APL4, onde conseguimos observar lado a lado o tempo de entrada de um pneu em cada um dos dois locais de aplicação de composto. O tempo de ciclo é definido pela entrada de pneu mais longa, sendo que é possível constatar diferenças entre uma entrada e a outra, uma vez que o tempo de ciclo é contabilizado de forma diferente para um lado e para o outro (a cinzento estão representadas as etapas que influenciam o tempo de ciclo). Isto deve-se, ao facto da simultaneidade das etapas serem diferentes.

Tabela 4.14: Tempos de ciclo do processo de e APL4 e APL5

APL4 - Entrada de Pneus			
APL4 - Entrada de Pneu Esquerda		APL4 - Entrada de Pneu Direita	
Etapas Processo	Tempo (s)	Tempo (s)	Etapas Processo
Subida do transportador	2,45	2,42	Subida transportador
Entrada do pneu	1,88	2,14	Entrada do pneu
Descida do transportador	4,25	4,20	Descida do transportador
Aperto do pneu com as roldanas superiores	5,26	3,55	Aperto do pneu com as roldanas superiores
Aperto do pneu pelo transportador	1,88	2,03	Aperto do pneu pelo transportador
Recuo do transportador	1,55	1,58	Recuo do transportador
Abertura das roldanas superiores	2,81	2,92	Abertura das roldanas superiores
Saída do Pneu	3,94	4,23	Saída do Pneu
Tempo de Ciclo	19,3	19,5	Tempo de Ciclo

O cálculo dos tempos padrão foram efetuados tendo em conta as perturbações, que foram calculadas da mesma forma que para as máquinas de lavar, tendo chegado a um valor por aplicador que ronda os 11%. No caso dos pneus *ContiSeal*, o tempo de aplicação varia em função do pneu, e isso foi tido em conta quando calculados os tempos padrão. Na Tabela 4.15 são apresentados os tempos padrão, tal como as capacidades.

Tabela 4.15: Tempo padrão e capacidades do processo de aplicar composto (APL)

APL1	
Tempo padrão/pneu (min)	1,17
Capacidade pneus/turno(480min)	410,9
Capacidade pneus/dia(1440min)	1232,7
APL2	
Tempo padrão/pneu (min)	1,19
Capacidade pneus/turno(480min)	403,2
Capacidade pneus/dia(1440min)	1209,6
APL3	
Tempo padrão/pneu (min)	1,02
Capacidade pneus/turno(480min)	470,2
Capacidade pneus/dia(1440min)	1410,5
APL4	
Tempo padrão/pneu (min)	0,36
Capacidade pneus/turno(480min)	1336,7
Capacidade pneus/dia(1440min)	4010,2
APL5	
Tempo padrão/pneu (min)	0,47
Capacidade pneus/turno(480min)	1007,3
Capacidade pneus/dia(1440min)	3021,8

Processo de pintura:

Os tempos de ciclo são definidos pelos parâmetros a cinzento na Tabela 4.16.

Tabela 4.16: Tempos de ciclo do processo de pintura

Pintura	
Etapas Processo	Tempo (s)
Entrada do pneu	2,60
Transportador agarra o pneu	3,09
Rotação	2,42
Pintura	7,05
Largar o pneu	2,19
Limpar o transportador	4,51
Tempo entre final da pintura e rotação	2,10
Tempo de Ciclo	11,6

O tempo padrão para a pintura foi definido tendo em conta as perturbações calculadas da mesma forma que para as máquinas de lavar e os aplicadores, com um valor de 5,4%.

Na Tabela 4.17 é apresentado o tempo padrão e as capacidades.

Tabela 4.17: Tempo padrão e capacidades do processo de pintura

Pintura	
Tempo padrão/pneu (min)	0,20
Capacidade pneus/turno(480min)	2354,0
Capacidade pneus/dia(1440min)	7061,9

Processo de *Engraving*:

As máquinas de gravação a laser apresentam um tempo de ciclo (Tabela 4.18) definido pelos parâmetros a cinzento, apresentando as quatro máquinas modos de funcionamento idênticos. Algumas oportunidades de melhorias foram detetadas, mas serão apresentadas mais à frente neste relatório.

Tabela 4.18: Tempos de ciclo do processo de *Engraving*

LAS3	
Etapas Processo	Tempo (s)
Entrada do pneu	6,57
Ajuste inicial do laser	1,35
Posicionamento do pneu (centrar)	1,83
Regresso à posição inicial (centrar)	0,23
Scanner do pneu	7,88
Fecho das portas	2,97
Engraving	5,76
Abertura das portas	3,84
Saída do pneu	2,86
Tempo de Ciclo	28,7

Para o cálculo dos tempos padrão (Tabela 4.19) foram calculadas as perturbações, da mesma forma que para as máquinas anteriores, com um ponto em particular, que é o facto de existirem perturbações extra de 23% e 11% à saída dos laser 2 e 1 respetivamente. Isto deve-se ao facto de no tapete de saída acontecer repetidas vezes de as máquinas não conseguirem colocar pneus na linha por estarem outros pneus a passar.

Tabela 4.19: Tempo padrão e capacidades do processo de *Engraving*

LAS1	
Tempo padrão/pneu (min)	0,45
Capacidade pneus/turno(480min)	1038,7
Capacidade pneus/dia(1440min)	3116,1
LAS2	
Tempo padrão/pneu (min)	0,55
Capacidade pneus/turno(480min)	804,7
Capacidade pneus/dia(1440min)	2414,1
LAS3	
Tempo padrão/pneu (min)	0,48
Capacidade pneus/turno(480min)	989,8
Capacidade pneus/dia(1440min)	2969,3
LAS4	
Tempo padrão/pneu (min)	0,46
Capacidade pneus/turno(480min)	1044,4
Capacidade pneus/dia(1440min)	3133,3

Processo de paletização:

Em termos de paletização, os tempos de ciclo foram observados para diferentes tipos de paletização e tamanhos de pneus (Tabela 4.20).

Tabela 4.20: Tempos de ciclo do processo de paletização

Paletização - Horizontal	Tempo/pneu (min)
Colocar o pneu na palete	0,085
Tempo de picagem	0,013
Tempo de deslocação entre linhas	0,010
Tempo padrão/pneu	0,107

Paletização - Vertical	Tempo/pneu (min)
Colocar o pneu na palete	0,067
Tempo de picagem	0,013
Tempo de deslocação entre linhas	0,010
Tempo padrão/pneu	0,090

Paletização - Espinha	Tempo/pneu (min)
Colocar o pneu na palete	0,055
Tempo de picagem	0,013
Tempo de deslocação entre linhas	0,010
Tempo padrão/pneu	0,078

Quanto ao cálculo do tempo padrão (Tabela 4.21), este inclui 6% de descanso e 16% de fadiga, uma vez que os operadores têm que elevar o pneu e colocá-lo na palete. As perturbações foram calculadas através de observações, como efetuado para o abastecimento de linha.

Tabela 4.21: Tempo padrão e capacidades do processo de paletização

Paletização	
Tempo padrão/pneu (min)	0,10
Capacidade pneus/turno(440min)	4403,9
Capacidade pneus/dia(1320min)	13211,6

4.2.2 Processos com recolha de dados *online*

Neste subcapítulo são apresentados os estudos de tempos e métodos dos dois processos objeto de análise, utilizando dados recolhidos do sistema de monitorização de produção utilizado pela CMIP. Este sistema permitiu recolher tempos de ciclo de todos os pneus produzidos desde a data de implementação e, através do tratamento desses dados, foram retirados os valores anormais. Foi assim possível tirar conclusões muito mais fiáveis do que as obtidas através de observações e cronometragens. Os valores retirados foram posteriormente verificados fazendo algumas filmagens, com o objetivo de comparar com os tempos coletados pelo sistema de monitorização.

Processo de inspeção visual:

A Tabela 4.22 apresenta o tempo padrão e as capacidades do processo de inspeção visual. A este processo foi também adicionado o descanso de 6%, fadiga de 14% e perturbações de 13%, medidos por observação, que incluem outras tarefas feitas pelos inspetores, tais como mudança de

mesa de composto da extrusora, deslocação à zona de rejeição de pneus, verificar porque os pneus foram rejeitados e voltar a colocá-los na linha.

Tabela 4.22: Tempo padrão e capacidades do processo de Inspeção Visual

VI x4	
Tempo padrão/pneu (min)	0,12
Capacidade pneus/turno(440min)	3569,1
Capacidade pneus/dia(1320min)	10707,3

Processo de aplicação de espuma:

A Tabela 4.23 apresenta o tempo padrão e capacidades nas máquinas de aplicar espuma. A este tempo padrão está aplicado um descanso de 6%, fadiga de 14% e perturbações de 11% medidos através de observações e contabilizando perturbações como preenchimento de *checklist* de mudança de lote de espumas, ou também o fecho de lotes de espumas que não foram utilizadas.

Tabela 4.23: Tempo padrão e capacidades do processo de aplicação de espuma

Mastec x4	
Tempo padrão/pneu (min)	0,15
Capacidade pneus/turno(440min)	2991,1
Capacidade pneus/dia(1320min)	8973,3

4.3 Desenvolvimento de dashboards utilizando PowerBI

Cálculo da necessidade de recursos humanos

Durante a realização do estudo de tempos e métodos, foi sendo desenvolvido um *dashboard* em *PowerBI* com o objetivo de fazer o cálculo de recursos humanos para cada processo, tendo em conta o plano de produção diário.

Na Figura 4.2 é apresentado o resultado desse *dashboard*, sendo que todos os valores a baixo do título "*Headcount* Turno" representam a necessidade de recursos humanos para os processos em questão.



Figura 4.2: Dashboard com cálculo de necessidades de recursos humanos

É possível perceber que para a produção de 8400 pneus serão necessários 16 pessoas. De referir que existem posições que são rotativas entre elas, ou seja, os operadores rodam de postos de trabalho durante o turno. Isto acontece nos processos de inspeção visual e aplicação de espuma (mastec), no entanto, os operadores destinados à paletização, abastecimento e empilhador de abastecimento de linha não podem ser rotativos com os da inspeção visual e aplicação de espuma (estes dois últimos são considerados trabalhos especializados). Em momento algum a paletização, abastecimento e empilhador de abastecimento de linha podem estar sem recursos humanos.

No caso do operador para descarregar e carregar o camião, é necessário estar sempre disponível, uma vez que os camiões não podem esperar devido a custos adicionais. No entanto, esta pessoa pode, principalmente nos períodos de refeições, fazer o lugar de um qualquer outro elemento de outro posto.

Existem três pessoas que são indispensáveis no dia a dia: o coordenador, que é o responsável máximo pelas operações que acontecem num turno, e é uma das pessoas que participa diariamente nas reuniões matinais para discussão do dia anterior com responsáveis de todos os departamentos; os outros dois são os responsáveis por assegurar o funcionamento das máquinas que não necessitam de operadores, que são o caso dos aplicadores de composto, máquinas de lavar e máquinas de gravação a laser (*Engraving*). Estes três elementos estão também habilitados para a realização de algumas operações de manutenção, tanto preventivas como corretivas, visto que não existe nesta unidade industrial uma equipa efetiva de manutenção durante os três turnos do dia. Para além destas tarefas, são também responsáveis pelo plano de controlo, que consiste na análise do primeiro pneu de cada *setup*, tanto na lavagem, como aplicação de composto, como nas máquinas de gravação laser.

A obtenção dos indicadores de recursos humanos foram obtidos através das capacidades obtidas em *Excel* do estudo de tempos e métodos, e com a programação em *DAX* de algumas fórmulas

de cálculo.

Dashboard capacidade VS plano de produção:

Como complemento a este estudo foram desenvolvidos dois *dashboards* para utilização diária ou como simulação de cálculo de capacidades, que permitem uma melhor visualização dos cálculos obtidos no estudo realizado.

Na Figura 4.3 é apresentado um *dashboard* em que é possível comparar a capacidade instalada com o plano de produção. É também possível ver o número de *setups* a realizar num determinado dia, assim como o número total de pneus que terão que ser paletizados efetivamente na unidade de produção, uma vez que 90% dos paletizados em espinha irão pelo transporte automático (como explicado no Capítulo 4, em análise ABC). É possível ver também em mais detalhe a percentagem de ocupação dos aplicadores, tendo em conta o tempo exato de aplicação do composto para as referências de artigos produzidos num determinado dia.

Olhando para o *dashboard* é possível perceber que, caso fosse necessário produzir mais pneus *ContiSilent* e menos pneus *ContiSeal*, isso seria possível. Para se verificar essa situação, teria que se produzir toda a quantidade *seal* pretendida, e a partir de certo momento, parar a aplicação no APL1 e no APL2 e utilizar as máquinas de lavar da linha A, visto que as da linha B são o *bottleneck*.

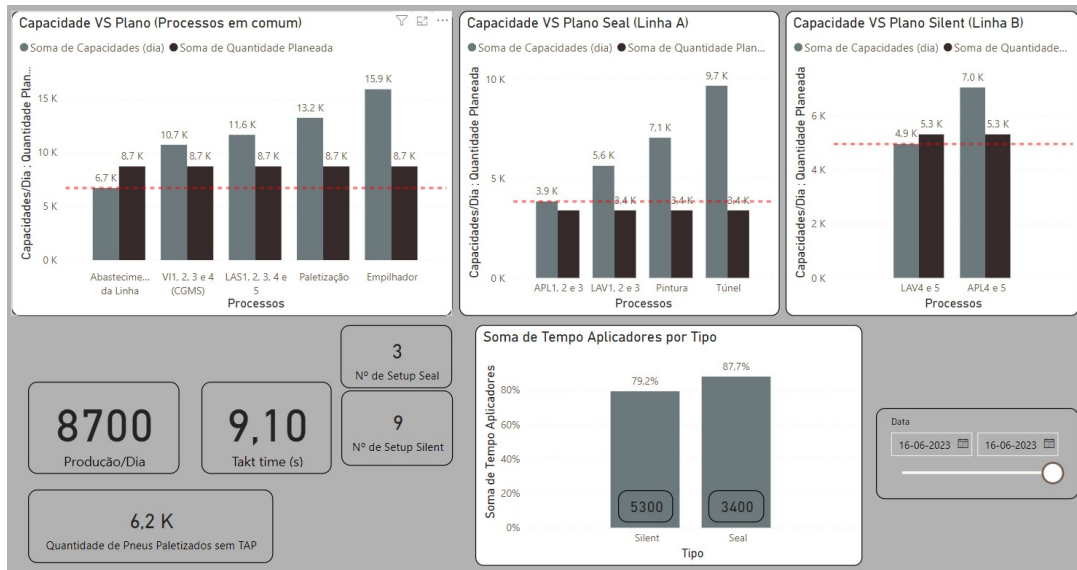


Figura 4.3: *Dashboard* com análise da capacidade VS plano de produção

Dashboard capacidade VS quantidade a produzir manual:

O *Dashboard* da Figura 4.4 mostra a mesma comparação; no entanto, a quantidade de pneus a produzir de cada tipo são inseridas manualmente.

Neste *Dashboard* é também possível fazer uma estimativa da necessidade de recursos humanos.

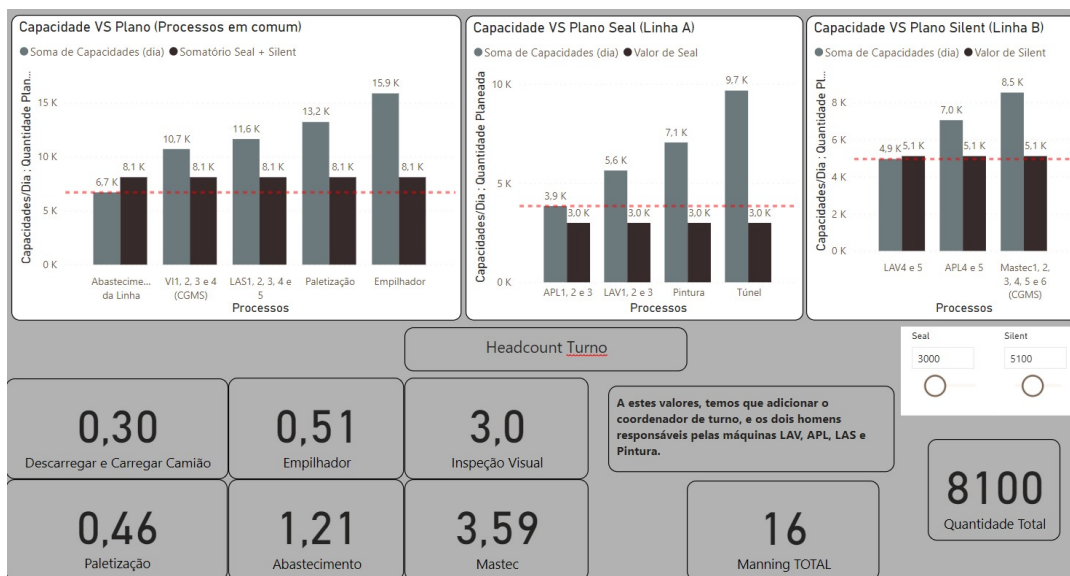


Figura 4.4: *Dashboard* com análise da capacidade e necessidade de recursos humanos com produção inserida manualmente

4.4 Discussão dos resultados

Através da análise dos resultados obtidos é possível concluir que, da forma como está organizada a unidade de produção, a linha A apenas produz pneus *ContiSeal* e a linha B apenas pneus *ContiSilent*. O *bottleneck* para pneus *ContiSeal* são os aplicadores, ou seja, apenas com melhorias nos tempos de aplicação seria possível aumentar a produção deste tipo de pneus. No caso da linha B, o *bottleneck* são as máquinas de lavar pneus, ou seja, apenas uma melhoria no tempo de lavagem de pneus faria aumentar a capacidade produtiva.

Para aumentar a capacidade da unidade, a distribuição do tipo de pneus pelas linhas teria que ser feita de uma forma menos rígida. Assim, como existe uma ligação através de passadeira entre todos os aplicadores (ver Figura 4.5), num cenário ideal, seria aproveitada toda a capacidade de lavagem, algo que não acontece na linha A, e seria aproveitada toda a capacidade de aplicação do APL4 e do APL5. Se tal fosse possível realizar, existiria um aumento de 16% na capacidade de produção. Tal não se verifica, porque as máquinas não são automáticas na linha A, à exceção do APL3, e principalmente devido ao plano de controlo, que obriga à verificação do primeiro pneu de cada lote, ou seja, sempre que entra uma nova referência de pneu, este tem que ser avaliado.

Algo que pode ser explorado, caso haja necessidade de aumentar a produção de pneus *ContiSilent*, é o facto de se conseguir parar o APL1 e o APL2 (que apenas produzem pneus *ContiSeal*) utilizar a capacidade de lavagem da linha A, em conjunto com a linha B e produzir pneus *ContiSilent* com o APL3 (que está preparado para os dois tipos de pneus), o APL4 e o APL5. Neste

cenário teria que se diminuir a produção de pneus *ContiSeal*, pois a linha A seria utilizada para produzir pneus *ContiSilent*.

Outro problema identificado, foram algumas ações que podem pôr em causa a qualidade dos artigos produzidos ou a integridade das máquinas. Em particular, o facto da alteração das velocidades de limpeza dos pneus e da velocidade de aplicação de composto, podendo ter variações de 50% relativamente ao definido. Foi possível detetar melhorias, que serão referidas mais tarde, que só com um estudo de tempos e métodos é possível detetar. Foi igualmente concluído que é possível uma redução de recursos humanos em 11%.

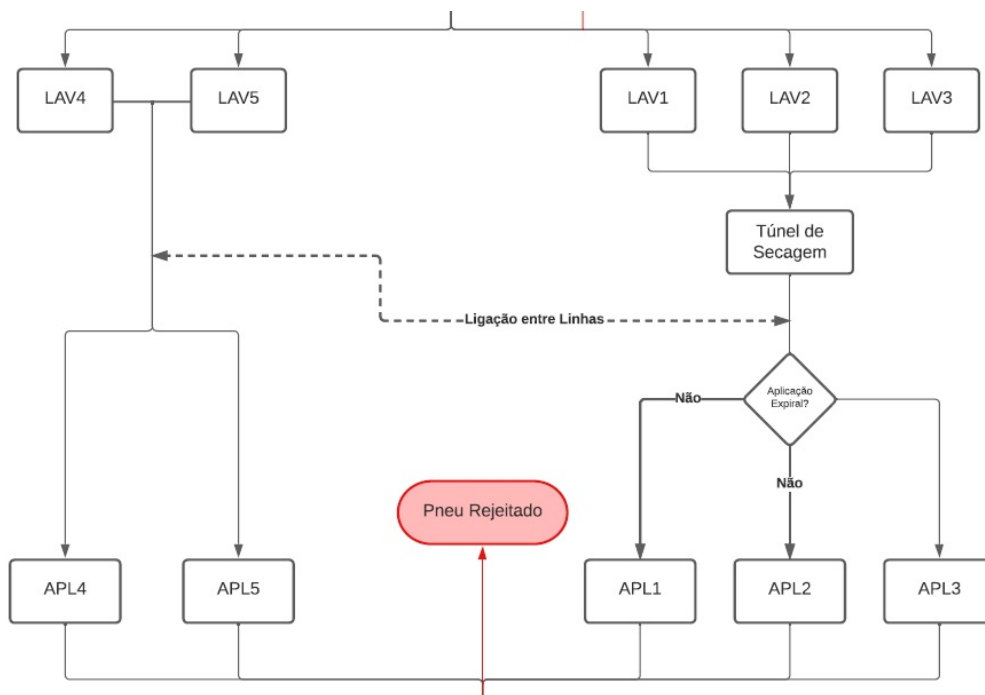


Figura 4.5: *Flowchart*, onde se verifica a ligação entre linhas, à saída da lavagem de pneus

4.5 Principais melhorias identificadas

As principais melhorias identificadas foram:

- Melhorar a organização das bases de dados, tanto para artigos, como para inserir dados da produção;
- Definir velocidades fiáveis, tanto ao nível de qualidade como ao nível de manutenção das máquinas. Esta melhoria já começou a ser discutida com o Departamento de Engenharia do Processo;
- Otimização do ajuste para limpeza a laser nas LAV4 e LAV5, alternadamente, demora 1,5 segundos ou 3 segundos. Caso passe a fazer sempre 1,5 segundo haverá um aumento de 1,23% na produção;

- Otimizando a entrada de pneu no APL5, colocando como APL4, teremos uma redução de 6s ao tempo de ciclo, equivalente a um aumento de 24% de produção no APL5;
- Eliminando o tempo de entrada, e tempo de espera entre entrada e saída em todas as máquinas de *Engraving*, ou seja, entrada em simultâneo com a saída, teremos um aumento de 15,5% de produção;
- Eliminar a perturbação gerada à saída das máquinas de *Engraving* 1 e 2, através da criação de um *buffer* de saída e alteração do tipo de passadeira de saída, irá fazer com que se elimine as perturbações de 11% e 23% nas máquinas 1 e 2.

Foram estas as principais melhorias detetadas durante todo o estudo, e são estas as que representam um ganho mais significativo, tendo em conta o *bottleneck* da fábrica.

4.6 Estudo adicional

Neste subcapítulo é apresentado um prototipo de *dashboard* com o cálculo automático de dois KPI fundamentais para o controlo de um processo industrial. Neste caso ele foi desenvolvido para os processos de inspeção visual e aplicação de espuma, que são os dois processos já com monitorização *online* de produção. É apresentado na Figura 5.4 um desses *dashboards*, onde é possível ver o valor de TEEP e OEE, tendo em conta os fatores de disponibilidade, *performance* e qualidade. Em termos práticos, o que o *dashboard* faz é, através de uma folha *Excel* onde são colocados automaticamente todas as perdas e quantidades produzidas, incluindo quantidade rejeitadas em termos de qualidade, e calcular todos os componentes necessários para o cálculo final dos KPI. É possível ver as falhas ocorridas, os tipos de falha, e os valores dos três componentes, disponibilidade, *performance* e qualidade de cada máquina.

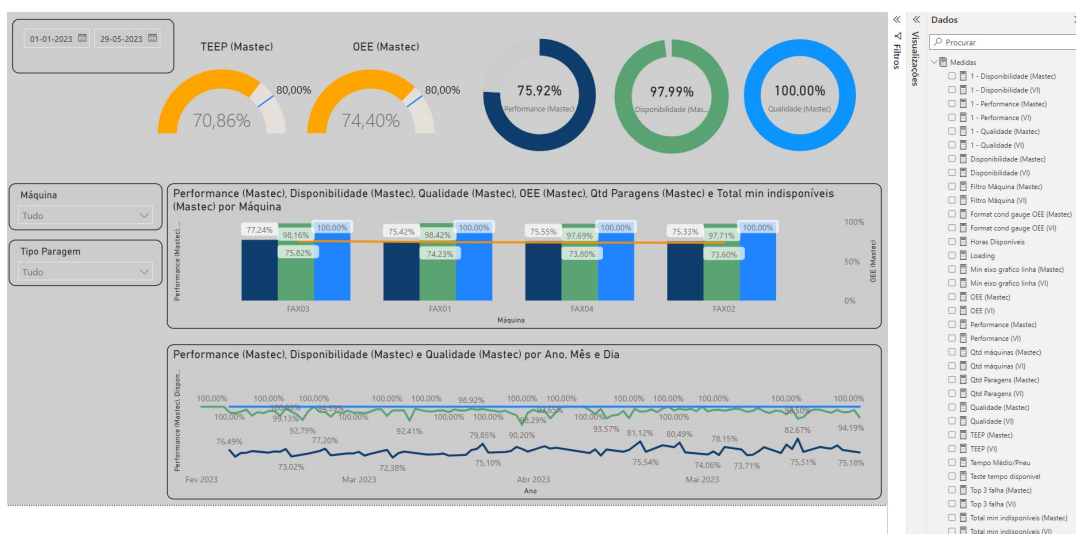


Figura 4.6: *Dashboard* cálculo de OEE e TEEP



Falhas da Máquina FAX01

Máquina	Tipo de Paragem	Ano	Mês	Dia	Nº de Paragens	Minutos de Paragem (total)
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	março	1	18	48,28
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	fevereiro	24	17	44,15
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	fevereiro	10	16	52,93
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	fevereiro	28	16	66,62
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	maio	12	16	43,21
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	fevereiro	17	15	34,04
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	abril	15	14	40,87
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	abril	17	14	47,30
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	maio	9	14	38,47
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	abril	5	13	30,45
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	maio	5	13	32,72
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	fevereiro	7	12	32,99
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	fevereiro	19	12	34,17
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	março	29	12	34,77
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	abril	18	12	30,11
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	abril	23	12	38,86
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	fevereiro	25	11	27,74
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	março	10	11	27,81
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	abril	4	11	24,82
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	maio	15	11	31,91
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	maio	28	11	30,31
FAX01	Unknown (Automatic)	2023	fevereiro	12	10	22,01
Total					916	3.383,73

Figura 4.7: Lista de falhas por máquina

Apesar de poder vir a ser muito útil no futuro, neste momento ainda tem algumas falhas, devido ao facto de o sistema de monitorização da produção estar a ser implementado e devido à falta de rigor por parte dos operadores no momento de seleccionar o tipo de paragem.

Capítulo 5

Conclusões

Finalizado este projeto, em que o problema proposto, tinha como objetivo calcular as capacidades e necessidades de recursos humanos de cada processo, na unidade de produção *ContiSeal*, é notória a importância, mesmo atualmente, da realização sistemática deste tipo de estudos. Inclusive com a tecnologia em constante desenvolvimento, que permite um controlo em tempo real de todos os processos (algo que foi fundamental para o estudo de alguns dos processos), não deixa de ser fundamental andar no terreno e ver com os próprios olhos, fazer cronometragens e estudos de perturbações e, principalmente, ouvir aqueles que trabalham todos os dias no chão de fábrica. Tudo isso foi fundamental para a realização do estudo e é fundamental para uma melhoria contínua e sustentada.

Cada vez mais, este tipo de estudos será de menor duração, quando se dispuser de *triggers* capazes de fornecer dados de todas as etapas de um tempo de ciclo e, dessa forma, monitorizar tudo o que se está a passar no chão de fábrica. Mesmo assim, para encontrar melhorias e procurar otimizar ao máximo todos os recursos, será preciso observar e estudar pormenorizadamente, como o efetuado durante a realização do projeto.

Cada vez mais a otimização dos recursos que as empresas dispõem é que ditará se a empresa terá sucesso ou não. E as melhorias detetadas podem não parecer de grande relevância à primeira vista. No entanto, numa empresa da dimensão da CMIP, qualquer melhoria terá um impacto muito significativo a nível financeiro.

Normalmente o ambiente industrial é muito dinâmico, e as ferramentas desenvolvidas durante este projeto, irão servir de base para algumas tomadas de decisões rápidas que possam acontecer. E poderão servir de base para desenvolvimentos futuros mais sustentados.

Bibliografia

- Arezes, P. and Costa, N. (2003). The importance of human factors for the success of quality management systems. *Total Quality Management & Business Excellence*, 14(2):143–152.
- Barnes, R. M. (2008). *Motion and Time Study: Design and Measurement of Work*. John Wiley & Sons.
- Continental (2023a). Contiseal. *Website Continental*. <https://www.continental-tires.com/pt/pt/b2c/car/continental-tire-technologies/contiseal.html>.
- Continental (2023b). Contisilent. *Website Continental*. <https://www.continental-tires.com/pt/pt/b2c/car/continental-tire-technologies/contisilent.html>.
- Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*. Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study.
- Friedman, H. H. (1999). *The Pareto Principle: A Theory of Human Choice*. Springer.
- José, B. and Guimarães, L. (2018). *Slides de apoio à disciplina de Gestão da Produção*. Gestão da Produção.
- Mabor, C. (2023). O grupo continental. *Intranet Continental*. <http://contimaboronline.tiretech2.contiwan.com/gca/?id=405>.
- Mahalanobis, P. C. (1936). On the generalised distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, 2(1):49–55.
- Maynard, H. B. (2017). *Maynard's Industrial Engineering Handbook*. McGraw-Hill Education.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., and Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis*. John Wiley & Sons.
- Moura, A. C. and Gomes, C. F. (2019). A comparative analysis of oee calculation methods. *International Journal of Production Research*, 57(18):5754–5771.
- Muther, R. (1961). *Systematic Layout Planning*. Industrial Press.
- Nahmias, S. (2015). *Production and Operations Analysis*. McGraw-Hill Education.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Niebel, B. W. (2003). *Methods, Standards, and Work Design*. McGraw-Hill.

- Silva, J. A. and Souza, C. A. (2018). Data cleaning: Um estudo sistemático da literatura. In *Simpósio Brasileiro de Banco de Dados (SBBDD)*.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., and Johnston, R. (2019). *Administração da Produção*. Editora Atlas.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley.
- Vieira, J. (2023). Continental mabor comemora o 30º aniversário. *Revista dos Pneus*. <https://revistadospneus.com/pt/2020/07/08/continental-mabor-comemora-o-30o-aniversario/>.

Anexo A

Tabelas cálculo de fadiga

A. ESFORÇO FÍSICO RESULTANTE DA NATUREZA DO TRABALHO

A1 – Força Desenvolvida Média	
<ul style="list-style-type: none">• Toma-se em consideração a integridade do elemento de trabalho ou do intervalo de tempo para o qual é necessário fixar um complemento de repouso e determina-se a força desenvolvida média.• O número de pontos atribuídos à força desenvolvida média varia conforme o tipo de esforço produzido pela operação. Esse esforço pode ser enquadrado numa das seguintes categorias:	
<p><u>Esforço Médio:</u> Para actividades do tipo (1) transportar ou suportar fardos, (2) padejar, martelar e realizar outros movimentos rítmicos. Esta categoria engloba a maior parte das operações.</p>	
<p><u>Esforço Fraco:</u> Para actividades que implicam essencialmente esforços tais como: (1) transferir o peso do corpo para exercer uma força, tal como acontece quando se acciona um pedal, exerce todo o peso do corpo sobre um objecto contra um tampão, (2) suportar ou transportar cargas bem equilibradas fixadas ao corpo por meio de uma correia ou suspensas das espáduas, permanecendo os braços e mãos livres.</p>	
<p><u>Esforço Elevado:</u> Para actividades que implicam essencialmente esforços que consistem em: (1) levantar fardos, (2) exercer uma força utilizando continuamente músculos dos dedos ou braços, (3) levantar ou suportar cargas em posições incómodas ou manipular pesos importantes em posições desconfortáveis, (4) efectuar operações a temperaturas elevadas: trabalhar metais a quente, etc.</p>	

ESFORÇO MÉDIO - pontos atribuídos à força desenvolvida média

Kg	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
0	0	0	0	0	3	6	8	10	12	14
5	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33
15	34	35	36	37	38	39	39	40	41	41
20	42	43	44	45	46	46	47	48	49	50
25	50	51	51	52	53	54	54	55	56	56
30	57	58	59	59	60	61	61	62	63	64
35	64	65	65	66	67	68	69	70	70	71
40	72	72	72	73	73	74	74	75	76	76
45	77	78	79	79	80	80	81	82	82	83
50	84	85	86	86	87	88	88	88	89	90
55	91	92	93	94	95	95	96	96	97	97
60	97	98	98	98	99	99	99	100	100	100
65	101	101	102	102	103	104	105	106	107	108
70	109	109	109	110	110	111	112	112	112	113

ESFORÇO FRACO - pontos atribuídos à força desenvolvida média

Kg	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
0	0	0	0	0	3	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18
10	19	19	20	21	22	22	23	23	24	25
15	26	26	27	27	28	28	29	30	31	31
20	32	32	33	34	34	35	35	36	36	37
25	38	38	39	39	40	41	41	42	42	43
30	43	43	44	44	45	46	46	47	47	48
35	48	49	50	50	50	51	51	52	52	53
40	54	54	54	55	55	56	56	57	58	58
45	58	59	59	60	60	60	61	62	62	63
50	63	63	64	65	65	66	66	66	67	67
55	68	68	68	69	69	70	71	71	71	72
60	72	73	73	73	74	74	75	75	76	76
65	77	77	77	78	78	78	79	80	80	81
70	81	82	82	82	83	83	84	84	84	85

ESFORÇO ELEVADO - pontos atribuídos à força desenvolvida média

Kg	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
0	0	0	0	3	8	11	13	15	17	18
5	20	21	22	24	25	29	28	29	30	32
10	33	34	35	37	38	39	40	41	43	44
15	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55
20	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
25	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
30	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84
35	85	86	87	88	88	89	90	91	92	93
40	94	94	95	96	97	98	99	100	101	101
45	102	103	104	105	105	106	107	108	109	110
50	110	111	112	113	114	115	115	116	117	118
55	119	119	120	121	122	123	124	124	125	126
60	127	128	128	129	130	130	131	132	133	134
65	135	136	136	137	137	138	139	140	141	142
70	142	143	143	144	145	146	147	148	148	149

A2 – Posição de Trabalho

- Critérios de atribuição dos pontos: o trabalhador está sentado, de pé, debruçado ou dobrado sobre si próprio? Ele pode manipular a carga facilmente ou de maneira incômoda?

Comodamente sentado.	0
Sentado de forma incômoda ou meio sentado meio de pé.	2
De pé ou andando sem entraves.	4
Sobe ou desce uma escada sem transportar carga.	5
De pé ou andando com uma carga.	6
Sobe/desce escada, debruça-se/levanta-se/estica-se para alcançar/lançar objectos periodicamente.	8
Levanta de forma incômoda, padeja cascalho num cesto.	10
Debruça-se, levanta, estica-se ou lança constantemente.	12
Extraí carvão com uma picareta, deitado num veio estreito.	16

A3 – Vibrações	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: impacto das vibrações ou de uma série de choques ou sacudidelas no corpo, nos membros ou nas mãos, esforço mental suplementar provocado pelas vibrações. 	
Padejar matérias leves.	1
Máquina de costura eléctrica. /	2
Prensa hidráulica ou tesoura, se o operador segura a matéria a cortar ou embutir.	2
Cortar em bocados. / Padejar cascalho. / Berbequim eléctrico portátil accionado por uma mão.	4
Cavar.	6
Berbequim eléctrico (accionado por ambas as mãos).	8
Desfazer um piso de betão com martelo pneumático.	15

A4 – Ciclo Curto			
<ul style="list-style-type: none"> • Para trabalhos muito repetitivos, se uma série de elementos muito curtos forma um ciclo que se repete continuamente durante um período relativamente longo. Os pontos são atribuídos de acordo com a seguinte tabela, para compensar a falta de possibilidade de variar o leque de músculos utilizados. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Tempo médio do ciclo (em centiminutos) 		<ul style="list-style-type: none"> • Tempo médio do ciclo (em centiminutos) 	
16 - 17	1	8 - 9	6
15	2	7	7
13 - 14	3	6	8
12	4	5	9
10 - 11	5	Menos que 5	10

A5 – Vestuário de Trabalho Incómodo	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: influência do peso do vestuário de protecção sobre o esforço e o movimento, redução eventual da ventilação e da capacidade respiratória do trabalhador. 	
Luvras de Borracha finas - luvas cirúrgicas.	1
Luvras de Borracha para trabalhos caseiros / Botas de Borracha	2
Óculos de Rectificador.	3
Luvras industriais de borracha ou de couro.	5
Máscara facial (por exemplo, para pintura à pistola).	8
Vestuário de protecção em amianto ou capa de tela encerada.	15
Combinação de protecção que entrava os movimentos e o aparelho respiratório	20

B1 – Concentração/Ansiedade	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: o que sucederá se o operador relaxar a atenção, responsabilidade confiada ao executante, necessidade de respeitar as exigências de tempo para cada movimento, precisão ou exactidão requerida. 	
Trabalhos simples e usuais de montagem / Padejar cascalho	0
Trabalhos usuais de embalagem / Lavador de veículos	1
Conduzir um pequeno carro ao longo de corredores desimpedidos.	1
Alimentar uma prensa conservando a mão afastada da prensa.	2
Re-nívelar uma bateria de acumuladores.	2
Pintar paredes.	3
Reunir objectos para formar lotes simples e de pequena importância, sem reflectir muito.	4
Coser com uma máquina de orientação automática.	4
Recolher materiais pedidos ao armazém com um pequeno carro. / Controlo simples.	5
Carregar e descarregar uma prensa à mão. / Pintura de materiais à pistola.	6
Adicionar algarismos. / Controlar pequenas peças soltas.	7
Gravar e polir.	8
Guiar à mão uma peça numa máquina de costura.	8
Embarcar e escolher um sortido de chocolates segundo uma disposição que o executante deve memorizar e os chocolates em função dessa orientação. Trabalho de montagem demasiado complexo para permitir ao executante a aquisição de automatismos.	10
Soldar peças sustidas por uma montagem.	10
Conduzir um autocarro num nevoeiro espesso ou quando a circulação é intensa.	15
Marcação minuciosa ou muito precisa.	15

B2 – Monotonia	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: grau de estímulo mental, existência eventual de laços de camaradagem, de espírito de competição, de um fundo musical, etc. 	
Dois trabalhadores trabalhando por empreitada.	0
Limpar sapatos durante meia hora.	3
Operador executando trabalho repetitivo. / Operador executando sozinho um trabalho não repetitivo.	5
Controlo de rotina.	6
Adicionar colunas de algarismos parecidos.	8
Operador executando sozinho um trabalho altamente repetitivo.	11

B3 – Esforços Visuais	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: condições de iluminação, encandeamento, luzes intermitentes, nível de iluminação, cor e proximidade da peça a maquinar, duração do esforço exercido. 	
Trabalho industrial normal.	0
Controlo/deteção de defeitos facilmente discerníveis. Trabalho industrial em más condições de iluminação.	2
Classificar por cores objectos de cores diferentes.	2
Controlo a intervalos diversos: detecção de pequenos defeitos. / Escolha de maçãs.	4
Ler jornal num veículo em movimento.	8
Soldar a arco com utilização de máscara. Controlo visual contínuo (tecido saindo de um tear).	10
Gravar utilizando uma lupa.	14

B4 – Ruído	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: o ruído afecta a concentração? Se se trata de um ruído de fundo, produz-se regularmente ou de forma imprevisível? É irritante, ou, pelo contrário, calmante? 	
Trabalho num gabinete calmo, sem que disperse a atenção. Fábrica montagem de elementos leves.	0
Trabalho num gabinete na cidade, tendo o ruído contínuo da circulação exterior como ruído de fundo.	1
Oficina de mecânica ligeira.	
Gabinete ou oficina de montagem na qual o ruído constitui uma fonte de distração.	2
Oficina de carpintaria industrial.	4
Accionar um martelo pilão com uma forja.	5
Rebitar num estaleiro de construção naval.	9
Desfazer o solo com um martelo pneumático.	10

C. ESFORÇO FÍSICO OU TENSÃO MENTAL RESULTANTE DA NATUREZA DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO

C1 – Temperatura e Grau Higrométrico				
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: condições atmosféricas gerais de temperatura e humidade, que se classificam numa das categorias do seguinte quadro. Escolher de acordo com a temperatura média. 				
Grau Higrométrico (%)	Temperatura			
	até 14°C	14,1 - 25 °C	25,1 - 32 °C	Acima de 32,1 °C
Até 75 %	0	1 - 5	6 - 9	10 - 16
de 76% até 85%	1 - 3	4 - 7	8 - 12	13 - 23
Acima de 86%	4 - 6	7 - 11	12 - 17	18 - 36

C2 – Ventilação	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: qualidade e frescura do ar, circulação do ar por climatização ou por ventilação natural. 	
Escritórios.	0
Fábricas com condições de trabalho análogas às dos escritórios.	
Oficinas em que a ventilação é conveniente, mas com algumas correntes de ar.	1
Oficinas expostas a fortes correntes de ar.	3
Trabalhar em esgotos.	14

C3 – Fumos e Vapores	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: natureza e concentração dos fumos e vapores: são tóxicos e nocivos para a saúde? são irritantes para os olhos, o nariz, a garganta, a pele? Têm um cheiro desagradável? 	
Trabalho no torno com líquidos refrigerantes.	0
Pintura emulsionada / Cortar com maçarico / Colagem com resinas.	1
Gás de escape de um motor de veículo a funcionar numa pequena oficina de reparações.	5
Aplicação de tinta celulósica.	6
Fundidor enchendo um molde de metal em fusão.	10

C4 – Poeira	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: o volume e natureza da poeira. 	
Escritório / Operações de montagem de elementos leves / Oficina de prensas.	0
Operações de rebolo ou de polir com uma boa aspiração de poeiras.	1
Serrar madeira.	2
Despejar cinzas.	4
Alisar soldaduras com abrasivo.	6
Despejar carvão em vagões ou cestos.	10
Descarregar cimento.	11
Demolir um imóvel.	12

C5 – Sujidade	
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de atribuição dos pontos: natureza do trabalho e desagregações provocadas pela sua natureza sujadora. Este complemento cobre o "tempo de lavagem" quando ele é pago (ou seja quando se lhe atribui aos executantes 3 ou 5 minutos para se lavar). Não atribuir simultaneamente tempo e pontos. 	
Trabalho de escritório. / Operações normais de montagem. / Trabalho de duplicador.	0
Varrer.	1
Desmontar um motor de combustão interna.	4
Trabalho realizado numa viatura velha.	5
Descarregar sacos de cimento.	7
Trabalho de mineiro. / Limpar uma chaminé com vassoura.	10

C6 – Humidade	
• Critérios de atribuição dos pontos: efeito cumulativo da exposição a este factor durante longo período.	
Operações industriais normais. / Trabalho no exterior, por exemplo de carteiro.	1
Trabalho permanente em meio húmido.	2
Limpar com água superfícies murais.	4
Manipulação contínua de objectos molhados.	5
Lavandaria / tinturaria, trabalho a vapor, na humidade, num solo coberto com água, com as mãos molhadas.	10

TABELA DE CONVERSÃO DOS PONTOS

Percentagem de correcção de repouso
correspondente ao total de pontos atribuídos

Pontos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11
10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
20	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
30	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
40	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
50	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
60	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36
70	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44
80	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53
90	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
100	64	65	66	68	69	70	71	72	73	74
110	75	77	78	79	80	82	83	84	85	87
120	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100
130	101	103	105	106	107	109	110	112	113	115
140	116	118	119	121	122	123	125	126	128	130

Exemplo: Se o total de pontos atribuídos aos diversos esforços soma 37 pontos:

- na coluna situada na extremidade esquerda da tabela, referenciar a linha do número 30;
- percorrer esta linha da esquerda para a direita e parar na coluna 7;
- ler a correcção de repouso correspondente a 37 pontos, ou seja, 18%.

Figura A.1: Tabelas para cálculo de fadiga (Arezes and Costa, 2003)

Anexo B

Tempo total de avarias por máquina

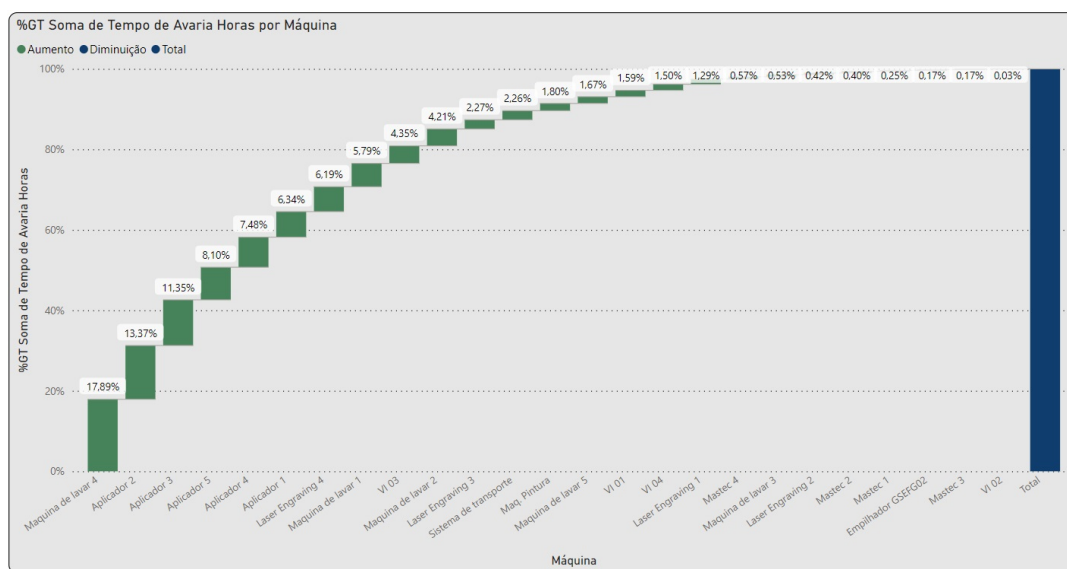


Figura B.1: Gráfico com registo das avarias nos últimos 3 meses

Anexo C

***Flowchart* de toda a unidade de produção**

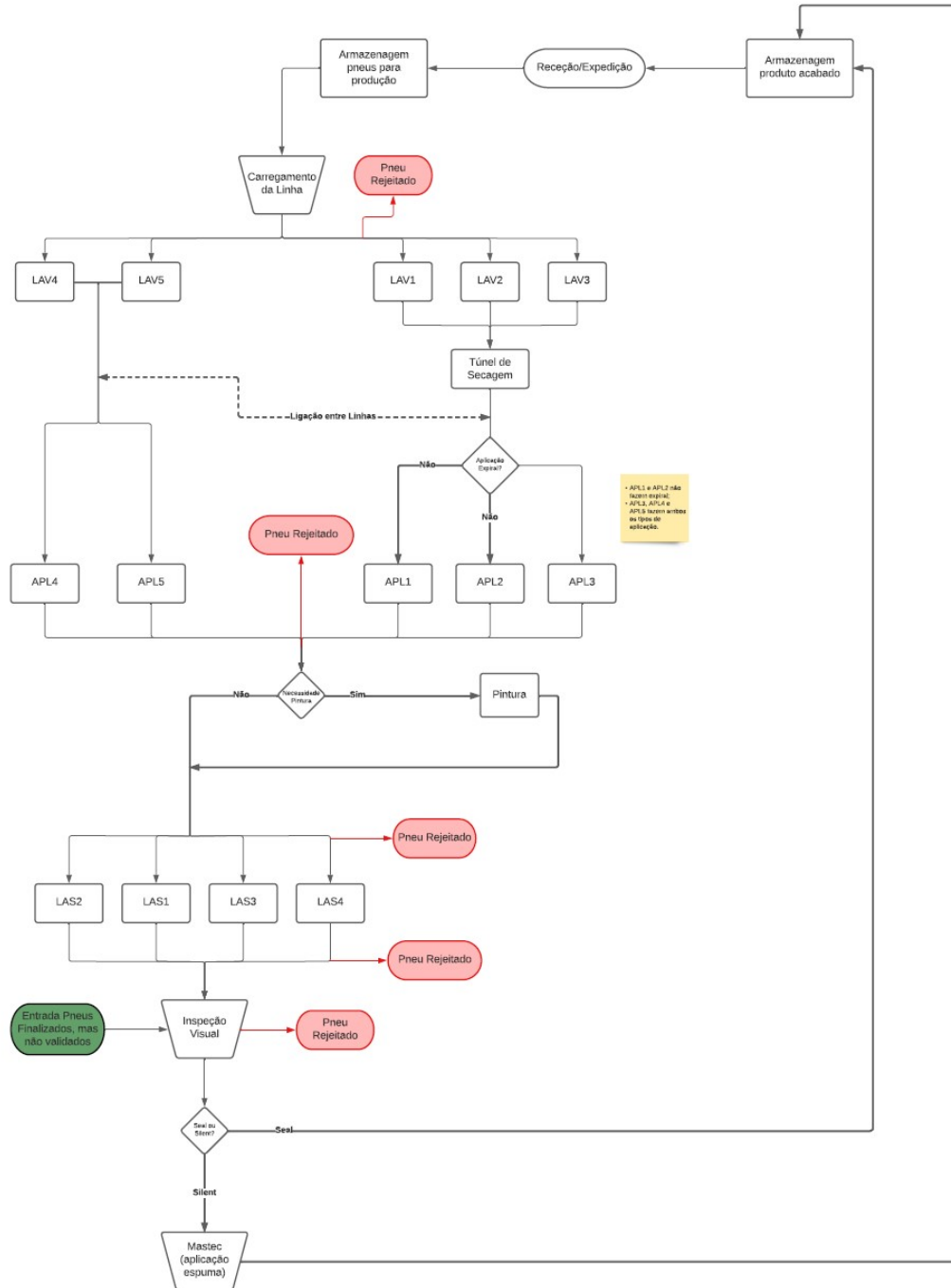


Figura C.1: Flowchart de toda a unidade de produção