



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Nuno Miguel Matos da Silva

Estudo e otimização do processo de vulcanização numa indústria de pneus

Dissertação de Mestrado do Ciclo de Estudos Integrados
Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia e Gestão
Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do(s)

Professores Pedro Miguel Ferreira Martins Arezes e José Dinis
Araújo Carvalho

Outubro de 2016

DECLARAÇÃO

Nome: Nuno Miguel Matos da Silva

Endereço eletrónico: nuno80@netcabo.pt

Telefone: [962919617](tel:962919617)

Número do Bilhete de Identidade: 11682906

Título da dissertação:

Estudo e otimização do processo de vulcanização numa indústria de pneus

Orientador(es):

Professor Pedro Miguel Ferreira Martins Arezes e Professor José Dinis Araújo Carvalho

Ano de conclusão: 2016

Designação do Mestrado:

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 21/11/2016

Assinatura (s)

Nuno Miguel Matos da Silva

AGRADECIMENTOS

A todos os que contribuíram de forma direta e indireta para a conclusão desta Dissertação de Mestrado.

Aos meus orientadores na Universidade do Minho, Professor Pedro Arezes e Professor Dinis Carvalho pela sua disponibilidade e ter participado de forma ativa neste projeto.

Ao meu orientador na empresa engenheiro Pedro Nogueira por toda o apoio prestado, assim como todas as pessoas na Engenharia Industrial por se terem mostrado disponíveis na partilha de conhecimentos.

A todas as pessoas que me ajudaram na empresa, chefias, diretor de departamento, operadores e aos meus colegas de estágio.

Aos meus colegas de trabalho.

Por fim, e mais importante, à minha esposa e à minha filha pelo apoio que sempre me deram apesar das ausências, não só durante este estágio, mas durante todo este período que estive a realizar o Mestrado

RESUMO

A presente dissertação apresenta os resultados obtidos através de um projeto de melhoria do desempenho da produção no processo de Vulcanização na empresa Continental Mabor S.A.

As empresas que queiram ser líderes de mercado, no sector automóvel, têm que ter, nas suas principais políticas e prioridades, a integração de novos produtos. Este fator obriga a que a empresa se reorganize e aplique metodologias de forma a avaliar e melhorar o seu desempenho. Os objetivos da aplicação destas metodologias passam por melhorar as condições de trabalho, aumentar a produtividade e melhorar o fluxo de materiais.

As duas principais metodologias utilizadas neste projeto foram o Estudo do trabalho e o SMED.

O projeto iniciou-se com a análise e diagnóstico da área a estudar e o levantamento de dados relativos à área da Vulcanização para organização e definição do *layout*.

O passo seguinte deste projeto passou pela definição dos tempos padrão por fila de prensas, tendo em conta as características das filas e dos pneus, considerando tarefas principais e auxiliares, aplicando correções para fadiga, descanso e perturbações, obtendo um tempo-padrão médio de 14,4 segundos. Com a obtenção do tempo-padrão (pneu/homem) foi possível fazer o balanceamento da área e apresentar três propostas distintas para a distribuição dos operadores na Vulcanização. Os principais indicadores usados para validar cada uma das propostas foram a taxa de ocupação, a carga manipulada por operador e o risco de lesões músculo-esqueléticas.

Por fim, foi aplicada a metodologia SMED nas mudanças de molde com o objetivo de reduzir o tempo de *setup*, com um ganho potencial de cerca de 40% através da redução dos tempos de espera com uma melhor organização das equipas nas mudanças de moldes e da conversão de tarefas internas em externas.

Palavras-Chave

Estudo do trabalho, Balanceamento, SMED, *Layout*.

ABSTRACT

The master dissertation reports the results obtained through the study that was done in the Vulcanization area, on the company Continental Mabor.

Those companies who wish to be market leader, in the automotive sector, must have, in their main politics and priorities, the new product introduction. This factor forces the company to constants arrangements e to apply methodologies in order to improve their performance.

The main methodologies that will be studied in this project are: work study and SMED.

This project begun with the analysis and diagnosis of the area to be studied e the lift of data regarding to the Vulcanization area in order to rearrangement and definition of the *layout*.

The next step of this project was to define the standard time for row of presses, considering the rows and tires characteristics, main tasks and auxiliaries, applying correction for rest, fatigue and disturbance, obtaining an average time of 14,4 sec. With the obtaining of the standard time (tire/man) it was possible to balance the area e to introduce three different proposals for the operation distribution in Vulcanization. The main indicators to validate each one of the proposals were the occupational rate, material manual handling and the risk ok low back disorder injuries.

In the end, it was applied the SMED methodology in the mold change with the purpose to optimize and reduce the *setup* time, obtaining a potential gain of 40% through the waiting time reduction with a better organization of the teams involved in the mold change and the conversion of the internals tasks in externals tasks.

Keywords

Work study, SMED, Line balancing, Layout.

Índice

| | |
|--|-----|
| Agradecimentos..... | v |
| Resumo..... | vii |
| Abstract..... | ix |
| Índice de Figuras..... | xv |
| Índice de tabelas..... | xix |
| Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos..... | xxi |
| 1 Introdução..... | 1 |
| 1.1 Enquadramento..... | 1 |
| 1.2 Objetivos..... | 1 |
| 1.3 Metodologia de Investigação..... | 2 |
| 1.4 Estrutura e organização..... | 2 |
| 2 Revisão Bibliográfica..... | 5 |
| 2.1 Estudo do trabalho..... | 5 |
| 2.2 Lean Manufacturing..... | 10 |
| 2.3 Balanceamento..... | 13 |
| 2.4 SMED..... | 15 |
| 2.5 Gestão Visual..... | 16 |
| 2.6 Manipulação de cargas..... | 16 |
| 3 A empresa..... | 21 |
| 3.1 Continental AG..... | 21 |
| 3.2 O Produto..... | 24 |
| 3.3 O processo produtivo..... | 25 |
| 4 Descrição e análise do processo..... | 33 |
| 4.1 Análise do processo de Vulcanização..... | 33 |
| 4.2 Análise do Layout..... | 34 |
| 5 Metodologia..... | 37 |
| 5.1 Metodologia para definição do Layout..... | 37 |
| 5.2 Metodologia para definição de Tempos-padrão..... | 38 |
| 5.3 Método utilizado no Balanceamento de operadores..... | 42 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 5.4 | Balanceamento com 17 e 18 operadores | 45 |
| 5.5 | Balanceamento por módulos..... | 45 |
| 5.6 | Metodologia SMED..... | 52 |
| 6 | Análise e discussão dos Resultados..... | 59 |
| 6.1 | Análise dos métodos de trabalho | 59 |
| 6.2 | Cálculo dos tempos padrão | 62 |
| 6.3 | Balanceamento..... | 70 |
| 6.4 | SMED | 87 |
| 6.5 | Propostas de melhoria | 99 |
| 7 | Conclusões e trabalho futuro..... | 101 |
| | Referências Bibliográficas | 103 |
| | Anexos | a |
| | Anexo I Equações para o cálculo das tarefas auxiliares –..... | b |
| | Anexo II –Tabela com cálculo do tempo Normalizado FILA E-L | d |
| | Anexo III– Tabela com cálculo do tempo Normalizado FILA M-O | e |
| | Anexo IV – Tabela com cálculo do tempo Normalizado FILA P-S | f |
| | Anexo V – Tabela com cálculo do tempo Normalizado FILA T | g |
| | Anexo VI – Tabelas com cálculo do tempo padrão para a Fila B e C | h |
| | Anexo VII – Tabelas com cálculo do tempo padrão para a Fila D e E..... | i |
| | Anexo VIII– Tabelas com cálculo do tempo padrão para a Fila F e G..... | j |
| | Anexo IX – Tabelas com cálculo do tempo padrão para a Fila H e I | k |
| | Anexo X – Tabelas com cálculo do tempo padrão para a Fila J e K..... | l |
| | Anexo XI – Tabelas com cálculo do tempo padrão para a Fila L e M | m |
| | Anexo XII – Tabelas com cálculo do tempo padrão para a Fila N e O | n |
| | Anexo XIII – Tabelas com cálculo do tempo padrão para a Fila P e Q | o |
| | Anexo XIV – Tabelas com cálculo do tempo padrão para a Fila R e S..... | p |
| | Anexo XV – Tabela com cálculo do tempo padrão para a Fila T | q |
| | Anexo XVI – Layout Excel operador 1 | r |
| | Anexo XVII – Layout Excel operador 2 | s |
| | Anexo XVIII- Layout Excel operador 3..... | t |
| | Anexo XIX- Layout excel operador 4..... | u |

| | |
|--|----|
| Anexo XX - Layout excel operador 5..... | v |
| Anexo XXI Layout excel operador 6..... | w |
| Anexo XXII - Layout excel operador 7..... | x |
| Anexo XXIII - Layout excel operador 8..... | y |
| Anexo XXIV- Layout excel operador 9..... | z |
| Anexo XXV - Layout excel operador 10..... | aa |
| Anexo XXVI- Layout excel operador 11..... | bb |
| Anexo XXVII - Layout excel operador 12..... | cc |
| Anexo XXVIII - Layout excel operador 13..... | dd |
| Anexo XXIX- Layout excel operador 14..... | ee |
| Anexo XXX - Layout excel operador 15..... | ff |
| Anexo XXXI- Layout excel operador 16..... | gg |
| Anexo XXXII- Layout excel operador 17..... | hh |
| Anexo XXXIII - Layout excel módulos A-G..... | ii |
| Anexo XXXIV - Layout excel módulos h-m..... | jj |
| Anexo XXXV - Layout excel módulos n-t..... | kk |
| AnexoXXXVI - Layout excel módulos O(b)-t(b)..... | ll |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Ciclo da metodologia investigação-ação (reproduzido de Susman & Evered,1978) | 2 |
| Figura 2-Correções aplicadas no tempo-padrão (reproduzido de Kanawaty,1992) | 10 |
| Figura 3 -Os 7 desperdícios (Reproduzida de Melton, 2005) | 12 |
| Figura 4-Fases do SMED (Adaptado de Shingo, 1985) | 16 |
| Figura 5-Distâncias consideradas na equação NIOSH'91 | 18 |
| Figura 6-Fórmula para cálculo do $\Sigma\Delta$ I.E. (reproduzido de Colim,2009) | 19 |
| Figura 7-Estrutura organizacional da Continental Mabor S.A. | 22 |
| Figura 8-Visão da empresa Continental Mabor..... | 22 |
| Figura 9-Valores da empresa Continental Mabor..... | 23 |
| Figura 10-Organograma do Departamento de Engenharia Industrial | 23 |
| Figura 11-Partes constituintes de um pneu (reproduzido de Roland et al., 2005) | 25 |
| Figura 12-Processo Produtivo | 26 |
| Figura 13- Pesagem de Pigmentos..... | 27 |
| Figura 14-Misturadores..... | 27 |
| Figura 15-Strainer..... | 28 |
| Figura 16- Máquina de Corte (esquerda) e Apex (direita) | 28 |
| Figura 17-Dpt III -Construção | 29 |
| Figura 18-Green Tyres Conveyors (GTC) | 29 |
| Figura 19-Carros de transporte "pneus em verde" | 30 |
| Figura 20–Organograma Dept IV-Vulcanização | 30 |
| Figura 21-Prensas Hidráulicas MHI com carregadores triplos e Prensas BOM com carregadores simples | 31 |
| Figura 22-Zona de repouso | 31 |
| Figura 23-Dpt V-Inspeção Final | 32 |
| Figura 24-Carros com 20 pneus e carros com 12 pneus | 33 |
| Figura 25- Layout atual Vulcanização | 33 |
| Figura 26-Partes constituintes da prensa..... | 34 |
| Figura 27-Barreiras de segurança debaixo do suporte (esquerda) e com espaço para o colaborador (direita) | 35 |

| | |
|--|----|
| Figura 28-Balanceamento das filas de carros | 37 |
| Figura 29-Folha para listagem das tarefas..... | 38 |
| Figura 30-Template da Recolha de dados das tarefas principais para a fila A-D..... | 39 |
| Figura 31-Referências para obter tempos normalizados tarefas auxiliares | 41 |
| Figura 32-template dos tempos observados nas tarefas auxiliares | 41 |
| Figura 33-Listagem do tempo de ciclo por medida nas Filas..... | 43 |
| Figura 34-Valores de In/Out por Fila | 44 |
| Figura 35-Layout em Excel com referências | 45 |
| Figura 36-Fila com carregadores simples e triplos..... | 46 |
| Figura 37-Dados sobre peso médio pneu/ turno em cada fila..... | 47 |
| Figura 38-Template para o cálculo da equação NIOSH para tarefas múltiplas | 51 |
| Figura 39-Organigrama das pessoas envolvidas nas mudanças de molde | 52 |
| Figura 40-Layout da vulcanização | 53 |
| Figura 41-Esquema representativo das várias etapas do plano de implementação do SMED. | 54 |
| Figura 42- Cabeçalho da tabela para registo das tarefas..... | 55 |
| Figura 43-Template do registo dos dados..... | 55 |
| Figura 44-Método A (Empilhadores alternados s\molde) | 56 |
| Figura 45- Método B (emp. paralelo s\molde)..... | 57 |
| Figura 46- Método C (Empilhadores alternados, 1c\ molde)..... | 57 |
| Figura 47-Empilhador usado nas mudanças de diafragmas | 58 |
| Figura 48- Dados sobre a Vulcanização..... | 59 |
| Figura 49-Layout atual da área da Vulcanização | 60 |
| Figura 50-Layout proposto para a Vulcanização..... | 60 |
| Figura 51-Layout proposto com marcação para filas para os 200 carros excedentes..... | 62 |
| Figura 52- Registo dos elementos principais e auxiliares..... | 63 |
| Figura 53- Tempo Normalizado para as filas A-D | 65 |
| Figura 54- Tempo Normalizado para as tarefas auxiliares..... | 66 |
| Figura 55- Dados obtidos em relação às falhas | 67 |
| Figura 56- Percentagem do tempo de falhas | 68 |
| Figura 57- Tabela com cálculo do tempo-padrão para a Fila A..... | 69 |
| Figura 58- Tabela de comparação do tempo-padrão | 70 |
| Figura 59-Distribuição dos operadores no Layout | 71 |

| | |
|--|----|
| Figura 60- Layout Excel para o operador 1 | 71 |
| Figura 61-Nº de prensas, taxa de ocupação e carga manipulada para 17 operadores | 72 |
| Figura 62- Gráfico da taxa de ocupação | 73 |
| Figura 63-Gráfico da Carga manipulada | 73 |
| Figura 64- Índice de elevação para 4 tarefas | 75 |
| Figura 65- Índice de elevação para 5 tarefas | 76 |
| Figura 66- Resultado final para o Risco de LMERT's | 76 |
| Figura 67-Taxa de ocupação nas desdobras | 77 |
| Figura 68- Distribuição dos operadores no Layout | 78 |
| Figura 69-Nº de prensas, taxa de ocupação e carga manipulada para 18 operadores | 78 |
| Figura 70- Gráfico da Taxa de ocupação..... | 79 |
| Figura 71-Gráfico da carga manipulada..... | 79 |
| Figura 72-Resultado final para o Risco de LMERT's | 81 |
| Figura 73-Layout do balanceamento por módulos | 82 |
| Figura 74-Gráfico taxa de ocupação | 83 |
| Figura 75-Gráfico carga manipulada..... | 83 |
| Figura 76-Quadro resumo das variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 4 tarefas | 84 |
| Figura 77-Quadro resumo das variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 5 tarefas | 84 |
| Figura 78-Resultado final para o Risco de LMERT's..... | 84 |
| Figura 79-Taxa de ocupação nas desdobras | 85 |
| Figura 80-Quadro resumo da comparação entre os cenários. | 85 |
| Figura 81-Quadro das tarefas com divisão das operações..... | 88 |
| Figura 82-Esquema da distribuição do tempo de esperas e das operações internas e externas na linha do tempo..... | 89 |
| Figura 83-Operações realizadas pela restante equipa | 89 |
| Figura 84-Operador removendo as torneiras..... | 90 |
| Figura 85-Setup para empilhador alternados s\ molde | 92 |
| Figura 86-Setup para empilhador alternados 1 c\ molde..... | 94 |
| Figura 87-Setup para empilhador em paralelo s\ molde..... | 95 |
| Figura 88- Esquema do estudo da ocupação dos operadores | 98 |
| Figura 89- Quadro resumo das oportunidades de melhoria na área da vulcanização | 99 |
| Figura 90- Análise do impacto e da dificuldade de implementação..... | 99 |

| | |
|--|----|
| Figura 91- Layout Excel operador 1 | r |
| Figura 92- Layout Excel operador 2 | s |
| Figura 93- Layout Excel operador 3 | t |
| Figura 94- Layout Excel operador 4 | u |
| Figura 95-Layout Excel operador 5 | v |
| Figura 96- Layout Excel operador 6 | w |
| Figura 97- Layout Excel operador 7 | x |
| Figura 98 - Layout Excel operador 8..... | y |
| Figura 99- Layout Excel operador 9 | z |
| Figura 100- Layout Excel operador 10..... | aa |
| Figura 101- Layout Excel operador 11..... | bb |
| Figura 102- Layout Excel operador 12..... | cc |
| Figura 103- Layout Excel operador 13..... | dd |
| Figura 104- Layout Excel operador 14..... | ee |
| Figura 105- Layout Excel operador 15..... | ff |
| Figura 106-Layout Excel operador 16..... | gg |
| Figura 107-Layout Excel operador 17 | hh |
| Figura 108- Layout Excel módulos A-G | ii |
| Figura 109-Layout Excel módulos H-M | jj |
| Figura 110-Layout Excel módulos N-T | kk |
| Figura 111- Layout Excel módulos O(B)-T(B) | ll |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1-Tabela para o cálculo do tempo-padrão..... | 42 |
| Tabela 2- Listagem dos parâmetros | 48 |
| Tabela 3 - Cálculo do Multiplicador de Frequência (MF) (Colim, 2009)..... | 49 |
| Tabela 4- Multiplicador de Pega (MP)(Colim, 2009)..... | 49 |
| Tabela 5-Cálculo da carga manipulada pelo operador 1..... | 72 |
| Tabela 6-Quadro resumo das variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 4 tarefas | 74 |
| Tabela 7-Quadro resumo das variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 5 tarefas | 75 |
| Tabela 8-Quadro resumo de variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 4 tarefas. | 80 |
| Tabela 9-Quadro resumo de variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 5 tarefas. | 81 |
| Tabela 10-Nº de prensas, taxa de ocupação e carga manipulada para o balanceamento por módulos | 82 |
| Tabela 11-T Valores usados para o cálculo do tempo normalizado fila E-L..... | d |
| Tabela 12- Valores usados para o cálculo do tempo normalizado fila M-O | e |
| Tabela 13- Valores usados para o cálculo do tempo normalizado fila P-S | f |
| Tabela 14- Valores usados para o cálculo do tempo normalizado fila T | g |
| Tabela 15- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila B | h |
| Tabela 16- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila C | h |
| Tabela 17- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila D | i |
| Tabela 18- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila E | i |
| Tabela 19- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila F..... | j |
| Tabela 20- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila G | j |
| Tabela 21-Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila H | k |
| Tabela 22- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila I | k |
| Tabela 23- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila J..... | l |
| Tabela 24- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila K | l |
| Tabela 25- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila L..... | m |
| Tabela 26- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila M..... | m |
| Tabela 27- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila N | n |
| Tabela 28- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila O | n |
| Tabela 29- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila P | o |

| | |
|--|---|
| Tabela 30- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila Q | o |
| Tabela 31- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila R | p |
| Tabela 32- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila S | p |
| Tabela 33- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila T..... | q |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

| | |
|------------|---|
| BB | Bucket Brigades |
| BT | Baton-Touch |
| CAD | Computer-aided design |
| CC | Constante de carga |
| DE | Departamento de Engenharia |
| I.E. | Índice de Elevação |
| I.E.C. | Índice de Elevação Composto |
| I.E.I.F. | Índice de Elevação Independente da Frequência |
| I.E.T.S. | Índice de Elevação Tarefas Simples |
| L.M.R.T. | Lesões Músculo-esqueléticas Relacionadas com o Trabalho |
| NIOSH | Nacional Institute for occupational Safety and Health |
| P.L.R. | Peso Limite Recomendado |
| P.L.R.I.F. | Peso Limite Recomendado Independente da Frequência |
| P.L.R.T.S. | Peso Limite Recomendado para Tarefas Simples |
| RC | Rabbit-Chase |
| SMED | Single Minute Exchange of Die |
| TPS | Toyota Production System |
| TSS | TSS - Toyota Sewing System |
| WB | Working Balance |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A Continental Mabor S.A. foi a empresa onde este trabalho foi realizado, no âmbito da conclusão do ciclo de estudos do Mestrado Integrado de Engenharia e Gestão Industrial. Num ambiente cada vez mais competitivo e globalizado é imperativo que as empresas como a Continental Mabor S.A. estejam constantemente a adaptar-se a novas necessidades, quer seja através da introdução de novos produtos no mercado ou do melhoramento de produtos já existentes no mercado (Olson et al., 1995), sendo muitas vezes necessário a reorganização dos processos e dos equipamentos existentes. Estas constantes mudanças obrigam a que sejam efetuados estudos e aplicadas metodologias para avaliar e melhorar o desempenho da organização. A necessidade de realização de um estudo na área da vulcanização da empresa prende-se, por um lado, pela filosofia de melhoria contínua instalada na empresa e por outro pelo recente descontentamento por parte dos operadores devido ao elevado número de lesões músculo-esqueléticas nesta área. Estes estudos, permitem à empresa recolher dados relativos à situação em que se encontra, nomeadamente, capacidade de produção, alocação e necessidade de mão-de-obra e cálculo de prémios de produção, para além de ser importante no entendimento de taxas de absentismo elevadas, de forma a poder aumentar a produtividade, evoluir e continuar a ser uma empresa de referência.

1.2 Objetivos

O estudo realizado na área da vulcanização tem como objetivos principais o aumento da produtividade, melhoramento das condições de trabalho dos operadores, do fluxo de materiais, estes objetivos principais são conseguidos através da utilização de metodologias que permitem a otimização destes objetivos. O estudo do trabalho que possui duas componentes principais, a definição dos métodos de trabalho, que poderá incluir a reorganização do *layout*, e a medida do trabalho cujo principal objetivo é a determinação do tempo-padrão e por fim a aplicação da metodologia SMED para a mudança de moldes. Para além disso, devido a um aumento do nível de absentismo e o aumento das queixas por parte dos operadores, surgiu a necessidade de realizar um estudo para entender as causas desse aumento. O cálculo do índice de risco de LMERT's, com a utilização do Guia NIOSH, foi a metodologia utilizada na realização deste estudo. Por fim, com a obtenção do tempo-padrão, foi possível apresentar algumas propostas de balanceamento dos operadores para esta área, considerando os seguintes indicadores: taxa de ocupação

e cargas manipuladas por operador de forma a tentar equilibrar a carga e a taxa de ocupação por todos os operadores.

1.3 Metodologia de Investigação

Para responder aos desafios e à necessidade de resolver problemas reais em ambiente industrial nesta dissertação será utilizada a metodologia investigação-ação. Neste tipo de abordagem o investigador está envolvido naquilo que está a estudar, facilitando a cooperação entre este e as pessoas ou o processo que está a ser estudado, sendo mais fácil obter conclusões e fazer mudanças na organização com o objetivo de aumentar a produtividade, qualidade ou melhorar as condições de trabalho (Kock, 2004).

A investigação ação é um processo cíclico com 5 fases distintas que são reguladas tanto pelo investigador como pela organização e por estes em conjunto (Susman & Evered, 1978). Na figura 1 é apresentado o ciclo da metodologia investigação-ação.

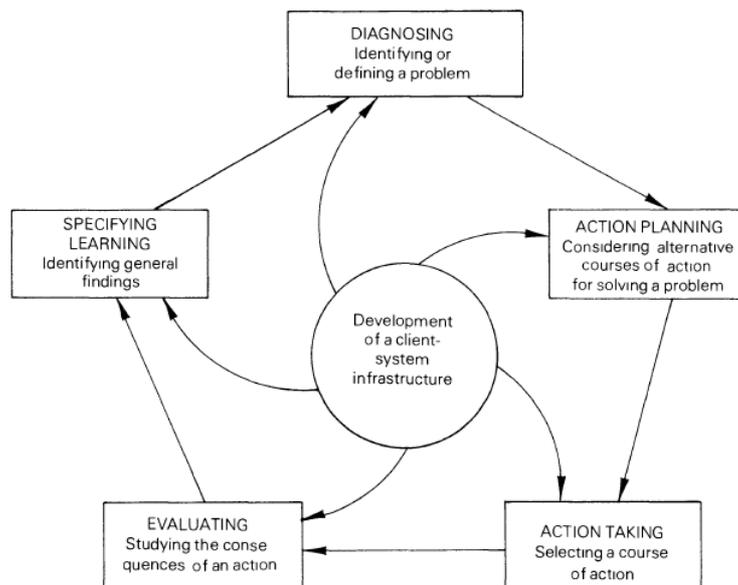


Figura 1 - Ciclo da metodologia investigação-ação (reproduzido de Susman & Evered, 1978)

1.4 Estrutura e organização

A dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos. A introdução é feita no primeiro capítulo onde é descrito o enquadramento, objetivos e metodologia utilizada neste projeto.

No segundo capítulo é feita a revisão bibliográfica que o autor desta dissertação utilizou para obter e rever informações relevantes sobre as temáticas *Layouts*, Estudo do Trabalho, designadamente métodos e estudo dos tempos, o Guia NIOSH, sistemas de produção e balanceamento e por fim sobre ferramentas Lean, mais propriamente SMED.

No capítulo 3 é feita uma apresentação da Empresa, a sua organização, visão, posicionamento no mercado e uma exposição da Engenharia industrial relativamente à estrutura e principais responsabilidades na Empresa. É também feito uma apresentação sobre o produto produzido na empresa e o processo produtivo, ou seja, os departamentos em que se divide a empresa dando principal destaque àquele onde incidiu o estudo.

No capítulo 4 são apresentadas as metodologias utilizadas para a definição do *Layout*, para o cálculo e definição dos tempos-padrão, o balanceamento dos operadores que tem em conta indicadores como: taxa de ocupação, manipulação de carga e índice de risco de LMERT's, assim como a apresentação de ferramentas utilizadas ao longo deste projeto.

No capítulo 5 faz-se a análise dos resultados obtidos com a aplicação das ferramentas e das metodologias.

No capítulo 6 são descritas as principais conclusões obtidas assim como a apresentação de propostas de melhoria e trabalho futuro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estudo do trabalho

O Estudo do trabalho é uma metodologia que começou a ser aplicada em 1880, na indústria por Frederick Taylor (Boundless, 2015). Os principais objetivos são a humanização do trabalho, através da eliminação de movimentos desnecessários, otimização do rendimento através da normalização do método de trabalho e aumento da produtividade (Roberta & Castro, 2012).

Os Métodos de trabalho e o Estudo dos tempos ou Medida do trabalho, são as duas áreas em que se dividem o Estudo do trabalho estando intrinsecamente ligadas uma à outra (Kanawaty, 1992).

Métodos de trabalho

O estudo do Método de trabalho caracteriza-se por encontrar a melhor forma de realizar determinada tarefa (Barnes, 1968). Segundo ele, este é um processo sistemático de resolução de problemas constituídos por 4 fases:

- Definição do problema;
- Pesquisa de soluções possíveis;
- Avaliação de alternativas;
- Recomendação para ações.

Os objetivos da realização de um estudo dos Métodos de trabalho passam por melhorar os procedimentos de realização de determinada tarefa, melhoramento do layout do posto ou em última instância do *layout* fabril, minimizar a fadiga dos operadores, maximizar a utilização dos recursos e por último melhorar o ambiente de trabalho (Gilbreth et al, 1911).

O processo de encontrar o Método de trabalho não é um procedimento estático, sendo até desejável ser projetado um método ideal, um método prático e por fim um que possa ser utilizado caso se consiga eliminar algumas restrições (Barnes, 1968).

Segundo este autor, os procedimentos fulcrais a que se deve dar principal atenção, durante o desenvolvimento do Método de trabalho são: a eliminação de todo o trabalho desnecessário, a combinação de operações ou elementos, a modificação na sequência das operações e a simplificação de todas as operações essenciais.

De forma a registar dados e standardizar os métodos de trabalho são utilizadas técnicas e ferramentas, principalmente gráficos e diagramas dependendo do objetivo a que se destina sendo que normalmente

os diagramas são normalmente utilizados para complementar a informação existente nos gráficos (Kanawaty, 1992).

Medida do trabalho

A Medida do trabalho ou Estudo dos tempos é uma das componentes do Estudo do trabalho. Tem como objetivo encontrar a quantidade de trabalho que um operador qualificado e treinado é capaz de produzir de acordo com um determinado método, sob determinadas condições, a um determinado ritmo, considera ainda correções para fadiga, necessidades pessoais e atrasos. O resultado obtido com a Medida do trabalho é o tempo-padrão (Pigage & Tucker, 1954).

O tempo-padrão é o valor numérico que permite quantificar o conteúdo de trabalho de uma tarefa ou operação estandardizada através do estudo dos métodos de trabalho, sendo fundamental para a definição dos recursos humanos e planeamento da produção (Gomes & Arezes, 2003).

O tempo-padrão é essencial e as suas aplicações são variadas. Segundo (Gilbreth et al., 1911) algumas destas aplicações são:

- Determinar o tempo-padrão para um conjunto de operações para determinar incentivos e prémios e produção;
- Estimar custos de produção com rigor;
- Determinar tempos de operação e prazos de entrega;
- Determinar o número máquinas por operador;
- Determinar o número ótimo de máquinas e operadores para satisfazer encomendas;
- Fornecer informação para planeamento de produção;
- Fazer a distribuição dos operadores por um determinado número de máquinas;
- Comparar a eficiência entre os operadores.

A quantidade de trabalho que pode ser levada a cabo por um operador pode ser medida individualmente ou através da combinação dos seguintes métodos (Kanawaty, 1992):

- A técnica de amostragem ou sondagem é um método usado para tarefas com uma variabilidade grande, não repetitivas e com ciclos longos, tratando-se de um método de avaliação direta extensiva (Gomes & Arezes, 2003), o resultado é obtido através de observações aleatórias com base na probabilidade destas refletirem a situação real com maior ou menor margem de erro;

- O sistema de dados de referência é usado quando não existe uma necessidade de obter tempos com demasiada precisão. Obtém ótimos resultados para ciclos de trabalho longos e variáveis. São normalmente obtidos através de bases de dados existentes na empresa ou em empresas da mesma área com o mesmo conteúdo de trabalho;
- Cronometragem é uma técnica de obtenção de tempos relativos a uma operação ou a um conjunto de elementos dessa operação, sob determinadas condições, quer para análise de dados sobre essa operação, como para obter o tempo necessário para a concluir a um determinado ritmo de trabalho (Kanawaty, 1992). A cronometragem deve ser conduzida por um analista experiente através da execução de quatro etapas, para obter o tempo-padrão: selecionar os elementos da operação, temporizar os elementos, determinar o tamanho da amostra, e por fim estabelecer o tempo-padrão, após a obtenção dos tempos cronometrados é necessário ajustar a performance do operador, com a percepção do analista do que seria uma performance normal e fazer correções para fadiga, repouso, demoras inevitáveis e outras correções ((Slack & Brandon-Jones, 2013). O equipamento necessário para a realização de um estudo dos tempos é um cronómetro, uma prancheta e um formulário (Kanawaty, 1992). Existem principalmente dois tipos de cronómetros, mecânicos e eletrónicos que podem ser de cronometragem contínua ou de retorno a zero. Os cronómetros de cronometragem contínua acumulam os tempos obtidos dos diversos elementos enquanto os de retorno a zero voltam a zero em cada elemento;
- A técnica de sistemas pré-determinados divide os elementos de cada operação em micromovimentos como pegar, mover, colocar em posição, que fazem parte do elemento. Esta técnica é bastante apropriada para operações com elementos de ciclo curto e bastante repetitivo.

A cronometragem é o método mais utilizado para determinação do tempo-padrão no Estudo do trabalho. O primeiro passo para realizar um estudo dos tempos passa por identificar e selecionar o conteúdo de trabalho a ser medido e estudado. Existe sempre um ou vários motivos que justifique estudar determinada operação, quer seja, por ser novo ou ser efetuado pela primeira vez, mudança de materiais ou métodos de trabalho, queixas dos operadores, *bottlenecks*, introdução de incentivos, comparar a eficiência de dois métodos diferentes e o custo de determinada operação parecer excessivo. Por isso, é necessário definir exatamente qual o método adequado a ser medido, para executar determinada operação.

A “aproximação” ao operador, ou seja, o propósito da realização do estudo deve ser explicado a todas as pessoas envolvidas no processo, quer sejam supervisores ou operadores, para que estas se sintam parte do estudo a ser realizado. O operador a ser selecionado, deverá ser alguém que adquiriu competências, conhecimentos e outros atributos para realizar determinado trabalho com a qualidade, quantidade e segurança pretendida (Kanawaty, 1992) .

O estudo dos tempos, segundo Kanawaty (1992), está dividido em 8 passos:

- Passo 1: Obter e registar todos os dados relativos à tarefa (identificação do estudo, do produto, o processo a ser estudado, departamento ou máquina onde se realizará o estudo, identificação do operador, duração do estudo e as condições de trabalho);
- Passo 2: Registo da descrição do método a ser utilizado e decomposição das operações em elementos. Um elemento é uma parte distinta de uma determinada operação para uma melhor percepção de observação, medição e análise do ciclo da operação. Existem oito tipos de elementos: repetitivos, ocasionais, constantes, variáveis, manuais, máquina, regente e estranho. Os elementos devem ter um início e um fim facilmente identificáveis, devem ser separados elementos executados pelo homem dos elementos executados pela máquina, assim como, elementos constantes de variáveis de constantes e ainda elementos que ocorrem em todos os ciclos ou operações de elementos dos que não o fazem. Todos os elementos devem ser observados em vários ciclos e registados antes de se iniciar a sua temporização;
- Passo 3: Examinar todos os elementos do método de trabalho e determinar o tamanho da amostra. O número de leituras necessárias para cada elemento depende do nível de confiança e da margem de erro que queremos para o nosso estudo. Quanto maior for a precisão desejada maior o número de amostras necessárias. O estudo de determinado elemento encontra-se concluído quando o número de amostras obtidas for superior ao número de observações necessárias, caso contrário será necessário continuar a realizar mais observações.

O número de ciclos necessários para se obter o tamanho da amostra pode ser obtido através do uso de tabelas ou de métodos estatísticos (Gilbreth et al., 1911).

Gomes & Arezes, (2003) sugerem a seguinte expressão para se obter o número de observações necessárias (N') para um elemento:

$$N' = \left(\frac{Z_{\alpha} * s}{\varepsilon * m} \right)^2$$

(Equação 1)

O valor de Z é obtido através de uma tabela de distribuição normal e depende do nível de confiança pretendido, sendo que normalmente é de 95%, s é o desvio-padrão da amostra, ε é a precisão pretendida, sendo aceite quase sempre um erro de 5% e m é a média dos valores obtidos.

- Passo 4: Cronometrar e registar os tempos de cada elemento com um cronómetro. Após a divisão das tarefas em elementos podem medir estes com o cronómetro que podem ser de retorno a zero ou contínuos. É importante realizar estudos e obter tempos dos elementos em diferentes horários, para podermos ter valores mais fiáveis do ciclo completo, pois os tempos obtidos no início do dia podem diferir daqueles obtidos no final;
- Passo 5: Julgamento da atividade. Paralelo ao passo 4, este consiste em avaliar a cadência com que o operador executa determinada tarefa, relativamente à conceção do ritmo que o observador tem para a realização da mesma. A esta conceção dada pelo observador é dada a classificação de 100 e definido como standard, ou seja, 100 é a classificação que um operador qualificado obtém, ao executar uma determinada tarefa de forma normal, durante um dia de trabalho, ao aplicar determinado método de trabalho, e com motivação. A performance com que o operador executa determinada tarefa designa-se por Fator de Atividade. Por ser um aspeto que não tem bases científicas e que depende do julgamento do observador este é um dos aspetos mais controversos do estudo dos tempos. Este julgamento da atividade serve para transformar o Tempo Observado em Tempo Normalizado;

$$T. Normalizado = T. Observado * \frac{\text{performance do operador}}{\text{standard performance}}$$

(Equação 2)

- Passo 6: Determinar e aplicar as correções ao Tempo Normalizado. Estas correções são outro aspeto controverso na determinação do tempo-padrão devido à dificuldade em aplicar estas correções. Os motivos principais estão relacionados com o operador, com o trabalho em si e ainda por razões relacionadas com o ambiente. As correções de repouso que incluem correções de base para a fadiga e para necessidades pessoais são as únicas que são essenciais para a inclusão no Tempo Normalizado. Estas correções têm o intuito de

proporcionar ao operador a oportunidade de recuperar de fadiga causada por efeitos psicológicos e fisiológicos ao executar determinada operação. Além destas, existem correções variáveis que são adicionadas às anteriores caso as condições de trabalho difiram das condições referidas anteriormente. A figura seguinte ilustra a aplicação das correções;

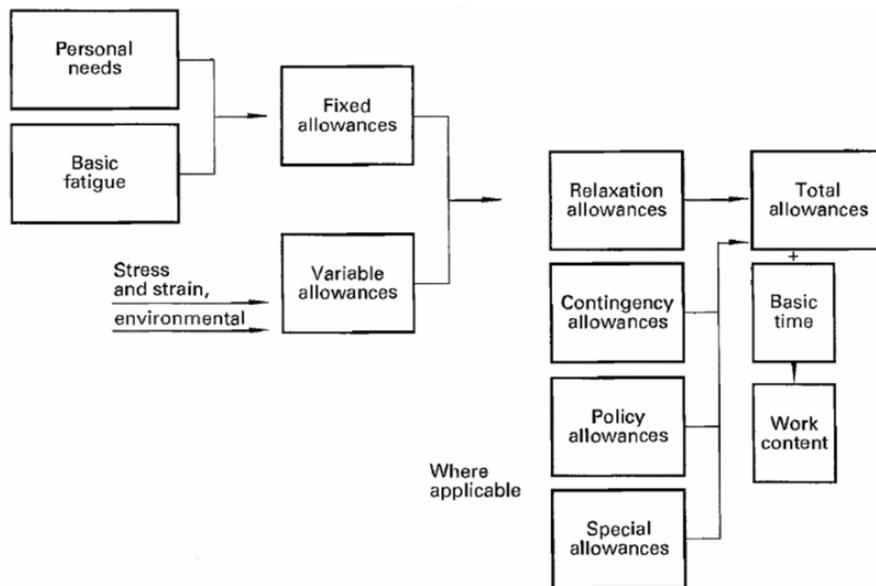


Figura 2-Correções aplicadas no tempo-padrão (reproduzido de Kanawaty, 1992)

- Passo 7: O tempo-padrão da operação. Este será a soma dos tempos de cada elemento, na sequência definida, realizado a um ritmo normal e com o incremento de correções, expressas em percentagem do Tempo Normalizado. Kanawaty (1992) define o tempo-padrão como: “Standard time is the total time in which a job should be completed at standard performance”. O tempo-padrão pode ser expresso em minutos ou em horas.

2.2 Lean Manufacturing

A filosofia Lean foi originalmente concebida na Toyota, empresa sediada no Japão por volta de 1940, dando início ao TPS (*Toyota Production System*). Os impulsionadores desta filosofia foram Taiichi Ohno e Eiji Toyoda (Shah & Ward, 2007).

Em 1978 Ohno publica “*Toyota Production System*” em japonês. Segundo este autor o princípio fundamental do TPS é a redução de custos através da eliminação de desperdícios. Recomenda a metodologia JIT (*just in Time*) como a mais adequada para o processo de fabrico (Shah & Ward, 2007).

Womack & Jones, (1996), referem pela primeira vez ao termo *Lean Production* no seu livro “*The Machine that changed the World*”, publicado nos EUA, onde refere as vantagens e a superior performance do TPS em termos de, por exemplo, qualidade e produtividade e explicando a razão do sucesso da indústria japonesa nos sistemas de produção em massa.

Os 5 princípios *Lean* a ser considerados são:

- Valor. Identificação do que é o valor na ótica do cliente;
- Cadeia de valor. Identificar fluxos e definir os processos que acrescentam valor para o cliente;
- Fluxo contínuo. Evitar estrangulamentos ao longo das etapas do processo;
- O sistema Pull. Aplica-se o conceito JIT (*Just in Time*) quem tem como princípio produzir o tipo de unidades necessárias, quando são necessárias e na quantidade necessária;
- Perfeição. Procura da melhoria contínua com vista a melhorar os seus processos e aumentar a satisfação do cliente.

Os benefícios na adoção destes princípios são (Melton, 2005)

- Diminuição do lead time;
- Redução de inventários;
- Melhoria no conhecimento dos processos;
- Diminuição dos desperdícios;
- Diminuição do *rework*;
- Redução de custos;

A identificação e conseqüente eliminação de desperdícios representa uma melhoria substancial para uma empresa (Melton, 2005). Existem 7 tipos de desperdícios como se pode observar na seguinte figura:



Figura 3 -Os 7 desperdícios (Reproduzida de Melton, 2005)

- Sobreprodução. Produzir mais que o necessário para o próximo processo ou mercado;
- Esperas. Ocorre quando pessoas, materiais ou equipamentos esperam pelo processamento;
- Transporte. Movimentar os materiais mais que o necessário;
- Inventário. Armazenamento de produtos acabados ou semiacabados em quantidades maiores que as suas necessidades;
- Sobre processamento. Realização de atividades desnecessárias e que não trazem valor acrescentado ao produto;
- Movimentos. O movimento excessivo de operadores a realizar operações no seu posto de trabalho;
- Defeitos. Ocorre quando um produto não possui as características de qualidade exigidas requerendo que seja produzido novamente ou melhorado.

As ferramentas utilizadas para combater estes desperdícios, designadas por ferramentas *lean*, são as numeradas abaixo:

- VSM;
- 5S;
- Heijunka;
- SMED;
- Poka-Yoke;
- 6 Sigma;

- Kanban;
- PDCA;
- Kaizen;
- Gestão Visual;
- TPM.

2.3 Balanceamento

O balanceamento de um sistema de produção tem por objetivo distribuir equitativamente a carga de trabalho pelos postos e pelos operadores, de forma a satisfazer determinada procura no período pretendido. Por esta razão, este deve ser analisado em termos de *layout*, processo e tempo de ciclo. (Lam et al., 2016). Os principais objetivos ou metas de um bom balanceamento passa por minimizar o número de postos de trabalho, minimizar os tempos mortos ou perdas de balanceamento e ainda distribuir estas pelos postos. Estes objetivos possuem restrições que podem ser tecnológicas ou de processamento e restrições de vizinhança (Silva, 2008).

Para a realização de um balanceamento precisamos de conhecer e ter em conta os seguintes pressupostos (Grzechca, 2015):

- O tempo-padrão da operação;
- O tempo de processamento;
- A taxa de produção, de forma a satisfazer a procura em determinado período;
- As restrições de precedência;
- Outras restrições que permitam otimizar outros objetivos.

Os Métodos Heurísticos tornaram-se bastante populares na resolução de problemas relacionados com o balanceamento de linhas de produção (Gupta, 2013). O método heurístico Kilbridge and Western é um método heurístico simples, onde as tarefas que são efetuadas pelo operador vão sendo alocadas aos postos de trabalho, tendo em consideração as precedências e o tempo-padrão, de forma a não exceder o tempo de ciclo (Eryuruk et al., 2008). Este método é um pouco redutor, pois tem apenas em consideração a otimização dos tempos padrão ou o número de postos de trabalho alocados a cada operador, descurando fatores tais como: ergonomia, aspetos tecnológicos e condições de trabalho (Gupta, 2013).

O número de operadores num sistema de produção depende da taxa de produção e da ocupação do operador em determinado posto de trabalho, por isso existe a necessidade de formular e reinventar novas

formas de utilização de mão-de-obra (Alves, 2007). Os modos operatórios mais utilizados neste âmbito são:

- Working balance (WB);
- Rabbit-chase (RC);
- Toyota sewing system (TSS);
- Baton-touch (BT);
- Bucket-brigades (BB).

O método operatório *working balance* (WB) é o mais utilizado e consiste em distribuir a carga manual e as tarefas de forma equitativa e afetar a cada um deles uma determinada zona de ação ou parte da seção de uma determinada área. Este modo operatório tem algumas limitações na sua utilização, nomeadamente a nível de equilíbrio na distribuição das tarefas, na flexibilidade de mão-de-obra por alterações de condições operatórias ou tecnológicas.

Rabbit-chase (RC) é uma metodologia que permite que todos os operadores executem todo o processo do princípio ao fim, de forma ordenada e sem ultrapassar o operador na sua frente, fazendo exatamente as mesmas tarefas de forma sucessiva. Este método obriga a um grau de polivalência total e que todos os operadores tenham um nível de desempenho equilibrado. As principais vantagens são: a redução da movimentação em vazio, o balanceamento e o equilíbrio de carga é maior entre os operadores, a fácil rastreabilidade da qualidade indexada aos operadores e a fácil reconfiguração operatória do sistema. No entanto, existem também alguns problemas na aplicação deste modo operatório, tais como: a possibilidade de conflitos entre operadores, a dificuldade de implementar um sistema de benefícios/incentivos de produção e o custo elevado de formação para os operadores (Alves, 2007).

Toyota sewing system (TSS) é um método onde os operadores passam o trabalho uns aos outros como se estivessem numa corrida de estafetas, este método é propício à criação de padrões de trabalho pelos operadores. Neste método os operadores fazem as operações no sentido contrário aos ponteiros do relógio até encontrarem uma máquina ocupada, movimentando-se depois no sentido dos ponteiros até encontrar uma peça ou máquina pronta para produzir e assim recomeçar todo o processo. Os operadores não possuem um número de tarefas ou máquinas fixas nem restringidos a uma área havendo algumas máquinas partilhadas entre os operadores. A auto-organização e autonomia no processo são as principais vantagens deste modo operatório. Quanto às desvantagens, estas prendem-se com o fato de existirem operadores com ritmo mais lento pode atrasar a produção, além de poder criar desequilíbrios nas operações afetas a cada um destes (Alves, 2007).

Baton-touch (BT) é um método de trabalho com semelhanças ao TSS, no sentido em que também permite aos operadores criar padrões de trabalho, a principal diferença é o fato de as operações a realizar não serem necessariamente em postos adjacentes, existindo um operador a assumir a liderança e realizando outras tarefas. O fato dos operadores poderem realizar tarefas em diversos postos, não necessariamente adjacentes, aproxima este método ao WB, podendo-se afirmar que este possui características do TSS e o WB (Alves, 2007).

Bucket-brigades (BB) segundo Bartholdi & Eisenstein (1996), neste método quando os operadores são sequenciados do mais lento para o mais rápido, independente de onde o operador inicia o seu percurso, a carga de trabalho é balanceada instintivamente. Os operadores fazem as suas tarefas sem restrições de área executando todas as operações sequencialmente até chegar a um posto ocupado, movimentando-se no sentido inverso até chegar ao posto onde está o seu antecessor, retomando o trabalho deste e levando-o até ao seu sucessor.

A movimentação dos operadores balancear a linha, a não afetação de tarefas dos operadores a postos fixos, o trabalho em equipa, polivalência dos operadores e flexibilidade destes são as principais vantagens deste sistema (Alves, 2007).

A principal desvantagem prende-se na necessidade de classificação do operador para afetação destes aos postos de trabalho e ainda na introdução de atraso (Alves, 2007).

2.4 SMED

Em 1950, Taichi Ohno desenvolveu o SMED na Toyota com o intuito de reduzir os tempos de mudança de uma forma mais rápida (Shingo, 1985).

Single Minute Exchange of Die (SMED) é uma das metodologias Lean utilizadas com o intuito de reduzir desperdícios e aumentar a flexibilidade, através da redução do tempo de mudança (McIntosh et al., 2007). Esta redução permite às empresas reduzir o tamanho dos lotes a produzir e melhorar o fluxo do processo. Esta necessidade deve-se ao fato do mercado exigir cada vez mais uma maior diversidade de produtos com ciclos de vida cada vez menor e com a necessidade das empresas reduzirem o seu inventário (Dave & Sohani, 2012).

Esta metodologia está dividida em quatro estágios:

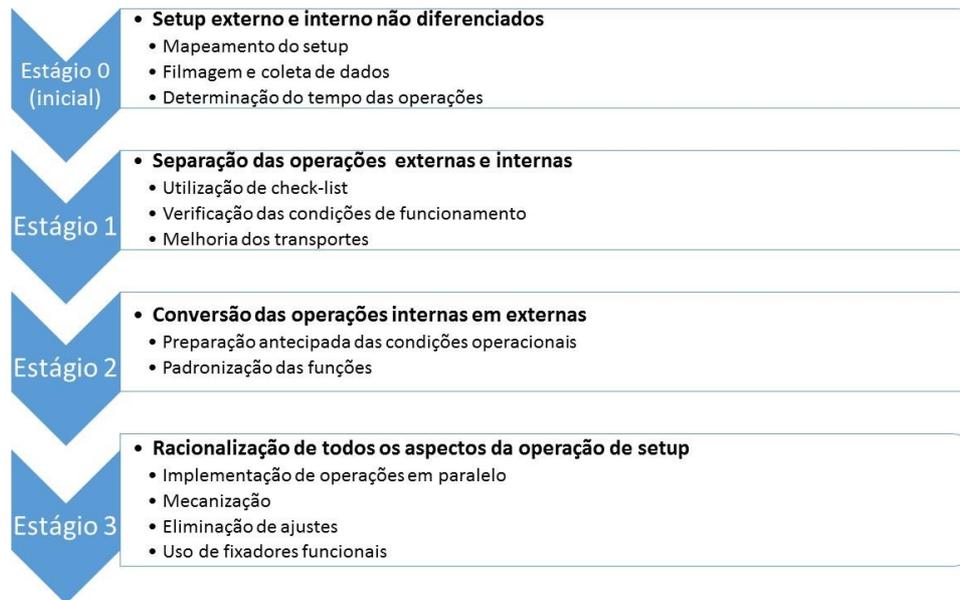


Figura 4-Fases do SMED (Adaptado de Shingo, 1985)

2.5 Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta que tem por objetivo dar a conhecer a todos os intervenientes a condição atual de determinada situação no posto de trabalho, de forma a tornar as coisas mais simples e tornar o processo de tomada de decisão mais fácil. Estas podem tomar a forma de cartões *Kanban*, caixa *heijunka*, sombras de ferramentas, marcas pintadas no chão e paredes e ainda quadros *Andon* com informação sobre o processo.

2.6 Manipulação de cargas

A manipulação manual de cargas tem sido um dos temas mais importantes em ergonomia biomecânica e outros assumptos relacionados nos últimos anos. Cada vez mais os processos são mecanizados e automatizados através do aumento da tecnologia. Apesar disto muitas das tarefas que são executadas nas indústrias ainda são realizadas manualmente. Este trabalho manual é um dos principais responsáveis por Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho (LMERT's). Sendo assim é importante reconfigurar estas tarefas de forma ergonómica e com segurança de um ponto de vista ético e económico de forma a que os acidentes incluindo as LMERT's sejam prevenidos (Chung & Kee, 2000). A legislação nacional estipula que, para manipulação manual de cargas, o limite máximo manipulado é de 30 kg para operações ocasionais e 20 kg para operações frequentes (*Decreto-lei nº 330/93 de 25 de Setembro da Autoridade para as Condições do Trabalho, 1993*).

Guia NIOSH

O aparecimento de novos métodos operatórios e sistemas de produção com a filosofia *Lean* mudou por completo a forma de trabalhar das organizações, deste modo, os efeitos destas mudanças na saúde, nomeadamente no risco de lesões, fez com que o seu estudo se tornasse válido (Shih et al., 2006).

O Guia NIOSH, publicado em 1991, é amplamente usado para identificar o risco de Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho (LMERT's). O National Institute for Ocupacional Safety (NIOSH) propôs uma equação que estima o Peso Limite Recomendado (PLR) para a qual uma atividade de manipulação de carga possa ser levada a cabo durante um determinado período de tempo por uma população saudável, sem risco de lesões (Arjmand et al., 2015).

O Guia NIOSH tem em consideração fatores biomecânicos, fisiológicos e psicofísicos (Waters et al., 1994). Este guia apenas poderá ser aplicado se existirem as seguintes condições:

- Elevações sem movimentos bruscos;
- Elevação se restrições à postura mais favorável;
- Boas condições mecânicas, asseguradas por um piso plano e sem obstruções, oferecendo uma boa aderência ao calçado;
- Condições térmicas e visuais favoráveis.

No cálculo do PLR são aplicados vários multiplicadores a uma constante de carga (CC) e cujo produto fornece o valor deste. As variáveis consideradas pelos multiplicadores são (Colim, 2009):

- A distância horizontal (H) entre as mãos e a linha vertical que passa pelos tornozelos no início da elevação;
- Distância vertical (V) das mãos ao solo no início da elevação;
- Distância vertical da elevação (D) desde o ponto de início até onde é depositada a carga;
- Assimetria (A), ou seja, ângulo de rotação do tronco, do movimento de elevação em relação ao plano sagital;
- Tipo de pegadas (P) existentes nos objetos a movimentar;
- Frequência média (F) das elevações;
- Duração do período de trabalho com tarefas de elevação (T).

Peso-limite recomendado: $PLR = CC \times MH \times MV \times MD \times MA \times MP \times MF \text{ kg}$

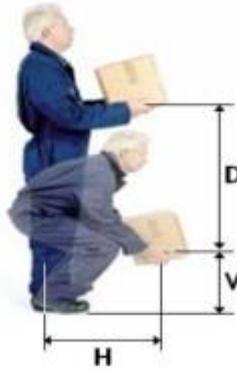


Figura 5-Distâncias consideradas na equação NIOSH'91.

Antes da utilização desta equação é necessário verificar se é necessário um controlo significativo no destino da carga e se existe diferenças nas variáveis, nas tarefas a executar, ou seja, se se trata de apenas uma tarefa (*single-task*) ou várias (*multi-task*). No caso de ser requerido um controlo significativo no fim da tarefa é necessário calcular o PLR para o início e para o fim da tarefa (Colim, 2009).

O índice de elevação (IE) é obtido através do quociente entre a carga real manipulada e o resultado da equação, ou seja, o Peso Limite Recomendado (PLR).

Para um resultado superior a 1, ou seja, $IE > 1$, o posto de trabalho precisa de ser reconfigurado, havendo um risco de lesão (Chung & Kee, 2000).

Para as tarefas onde existe uma diferença significativa deve começar por se analisar cada tarefa em separado e de seguida calcular o valor dos parâmetros (Waters et al., 1994). Os passos para o cálculo do Índice de Elevação Composto (IEC):

Passo 1: Cálculo do Peso Limite recomendado Independente da Frequência (P.L.R.I.F.), ou seja com $MF=1$, para cada tarefa;

Passo 2: Cálculo do Peso Limite Recomendado Tarefas Simples (P.L.R.T.S.) com o multiplicador de frequência.

Passo 3: Cálculo do Índice de Elevação Independente da Frequência (I.E.I.F.) dado pelo quociente entre a carga manipulada e o P.L.R.I.F.

Passo 4: Cálculo do Índice de Elevação de tarefas Simples (I.E.T.S.) dado pelo quociente entre a carga manipulada e o P.L.R.T.S.

Passo 5: Cálculo do Índice de Elevação Composto (I.E.C.), neste passo deve-se ordenar as tarefas por ordem decrescente do valor de I.E.T.S. para depois calcular:

I.E.C. = I.E.T.S₁ + ΣΔ I.E. com,

$$\Sigma \Delta I.E. = IETS_2 \times \left(\frac{1}{MF_{1,2}} - \frac{1}{MF_1} \right) + IETS_3 \times \left(\frac{1}{MF_{1,2,3}} - \frac{1}{MF_{1,2}} \right) + IETS_4 \times \left(\frac{1}{MF_{1,2,3,4}} - \frac{1}{MF_{1,2,3}} \right) + \dots$$

$MF_{1,2} = MF$ para a frequência = $f_1 + f_2$

Figura 6-Fórmula para cálculo do ΣΔ I.E. (reproduzido de Colim,2009)

3 A EMPRESA

3.1 Continental AG

A Continental AG foi fundada em Hannover (Alemanha), em 8 de Outubro de 1871. Na sua origem esta empresa começou por fabricar artefactos de borracha flexível e pneus maciços para carruagens e bicicletas. A produção de pneus lisos (sem desenho de piso), para a indústria automóvel, iniciou-se em 1898, alcançando enorme prestígio além-fronteiras e equipando carros vencedores de diversas competições internacionais.

Em 2007, a Continental adquire a Siemens VDO Automotive AG consolidando a sua posição no mercado automóvel.

As áreas de negócio, para o setor automóvel, do Grupo Continental são os sistemas de travagem, controlos dinâmicos para viaturas, tecnologias de transmissão de potência, sistemas eletrónicos e sensores, além deste, produz para o fabrico de maquinaria, para a indústria mineira, de mobiliário e impressão.

O Grupo Continental tem atualmente cerca de 150000 colaboradores distribuídos por seis divisões, Chassis e Segurança, "Powertrain", Interior, Pneus para Viaturas de Passageiros e Comerciais Ligeiras, Pneus Pesados e ContiTech. Encontram-se divididos por 45 países e cerca de 200 locais diferentes.

Continental Mabor

A Continental Mabor foi fundada em Dezembro de 1989, como empresa ligada à indústria de pneus. Esta resulta da aquisição por parte da Continental AG da Mabor- Manufatura de Borracha S.A..

Em 1990 começou o grande processo de reestruturação da Continental Mabor transformando esta na mais moderna das 21 instalações da Continental A.G.. Começando por produzir 5000 pneus/dia atingiu uma produção de 21000 pneus/dia em 1996. Atualmente tem uma produção diária de cerca de 55000 pneus/dia, apresentando-se como uma das melhores empresas do Grupo em termos de produtividade, sendo que mais de 98% destina-se à exportação.

Estrutura Organizacional

A ilustração demonstra a estrutura organizacional da empresa:

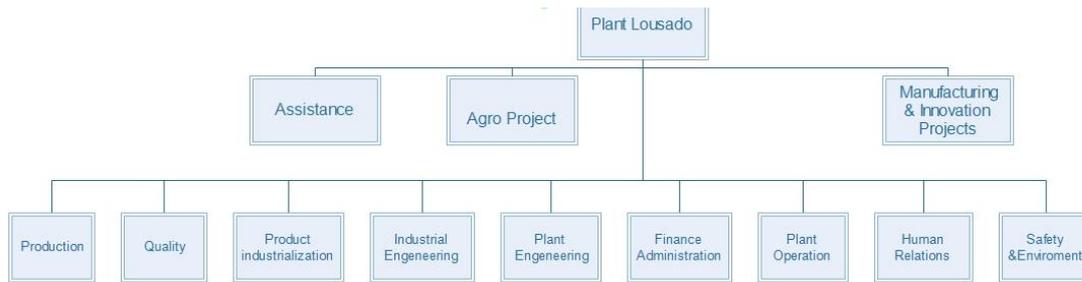


Figura 7-Estrutura organizacional da Continental Mabor S.A.

Política e visão da empresa

A base do sucesso da empresa está descrita nos BASICS, estes possuem a Visão, a Missão e os Valores, assim como os comportamentos que devem ser desenvolvidos no dia-a-dia.

A Visão da Continental passa possuir tecnologias altamente desenvolvidas, oferecer as melhores condições a cada cliente e ser reconhecido pelos *stakeholders* como um parceiro que cria valor, respeitável e de confiança, ou seja ser LÍDER:

A nossa VISÃO é:

Ser LIDER

**Lousado eficiente,
Inova e antecipa as necessidades dos clientes,
Desenvolve produtos de alta tecnologia,
Excelente no conhecimento e nos processos,
Rentável de forma sustentada.**

Figura 8-Visão da empresa Continental Mabor

A Missão e o campo de ação da Continental passa por satisfazer as expetativas do cliente do ponto de vista de mobilidade, tornando esta mais sustentável, segura confortável personalizada e acessível, inventar, desenvolver e comercializar soluções tecnológicas indispensáveis nas áreas da segurança, ambiente e tornar os carros mais acessíveis e por fim criar valor de forma eficiente, eficaz, inovadora e com elevados padrões de qualidade conseguidos através de colaboradores altamente qualificados e motivados.

A forma como quer evoluir e trabalhar em equipa está demonstrado nos Valores da empresa e são a base da cultura da empresa, demonstrado na ilustração seguinte



Figura 9-Valores da empresa Continental Mabor

Departamento de Engenharia Industrial

O departamento de Engenharia Industrial está dividido por diversas áreas ou divisões da empresa como ilustrado na figura seguinte:

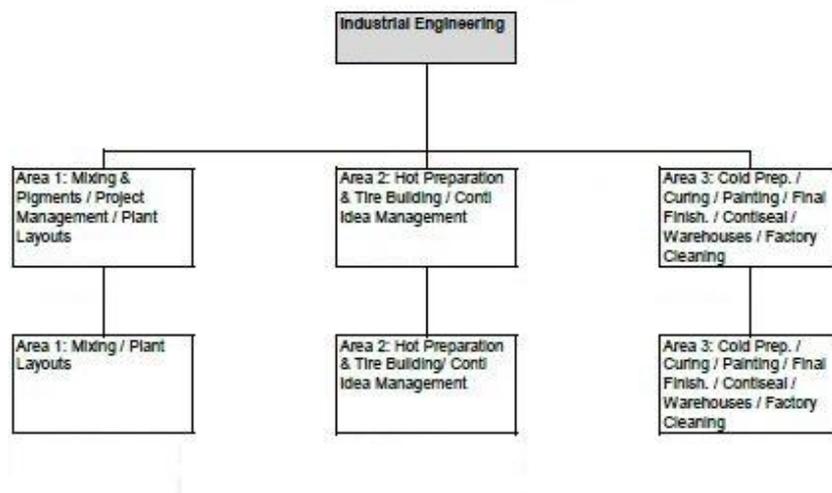


Figura 10-Organograma do Departamento de Engenharia Industrial

As principais competências e responsabilidades deste departamento na Continental Mabor passam por:

- Estudar e calcular os tempos-padrão e elaborar métodos de trabalho;
- Definir, através de CAD, o *layout* fabril, em conjunto com as outras direções;
- Calcular capacidades dos equipamentos e de produção assim como indicadores fabris;

- Propor sistemas de prémios e fazer o seu cálculo;
- Propor e calcular as necessidades de Recursos Humanos (*manning*) da produção;
- Efetuar estudos sobre os processos produtivos
- Participar em projetos de melhoria com outras áreas;
- Coordenar e acompanhar o processo de Sistema de sugestões;
- Gerir e coordenar recursos na Limpeza Fabril;
- Avaliar riscos ergonómicos nos postos e trabalhar em propostas de melhoria;
- Colaborar na elaboração de CR's (*Capital Request*).

3.2 O Produto

As etapas iniciais de desenvolvimento de pneus passaram pela descoberta, por Charles Goodyear e Thomas Hancock que a borracha quando aquecida com enxofre adquiria propriedades elásticas e tornava-se mais forte, dando o nome de vulcanização (De & White, 2001).

Hoje em dia, existem vários tipos de pneus, desde pneus para carros pesados, ligeiros de passageiros, ligeiros de mercadorias e ainda de corridas e ainda pneus mais pequenos para outras utilizações.

Independentemente do tipo de pneu que estamos a falar este deve ter algumas características importantes:

- Fornecer capacidade de carga;
- Proporcionar amortecimento;
- Proporcionar estabilidade dimensional;
- Resistir à abrasão;
- Ter baixa resistência ao rolamento;
- Fornecer o mínimo de ruído e vibração;
- Seja sustentável em todo o ciclo de vida esperado;

As características de amortecimento, propriedades elásticas da borracha e capacidade única de deformação e recuperação combinada fazem do pneu o único capaz de satisfazer todas estas características.

O pneu é formado principalmente por borracha natural e sintética, fibras têxteis, de metal e outros enchedores e óleos.

O principal componente de um pneu é a borracha, sendo que é o principal elo de ligação entre todos os outros componentes, elastômeros tem um conjunto de propriedades únicas como a viscoelasticidade e a capacidade de sofrerem uma deformação extrema e voltando depois à sua posição inicial. Devido a estas propriedades na maioria das aplicações dos produtos feitos a partir de borracha não existe materiais alternativos a não ser outras borrachas.

As características de amortecimento, as propriedades elásticas da borracha, a capacidade única de deformação e recuperação combinada, fazem do pneu o único capaz de satisfazer todas estas características.

O pneu é formado principalmente por borracha natural e sintética, fibras têxteis, fibras de metal e outros enchedores e óleos.

As partes constituintes do pneu de um automóvel podem ser vistas na ilustração seguinte.

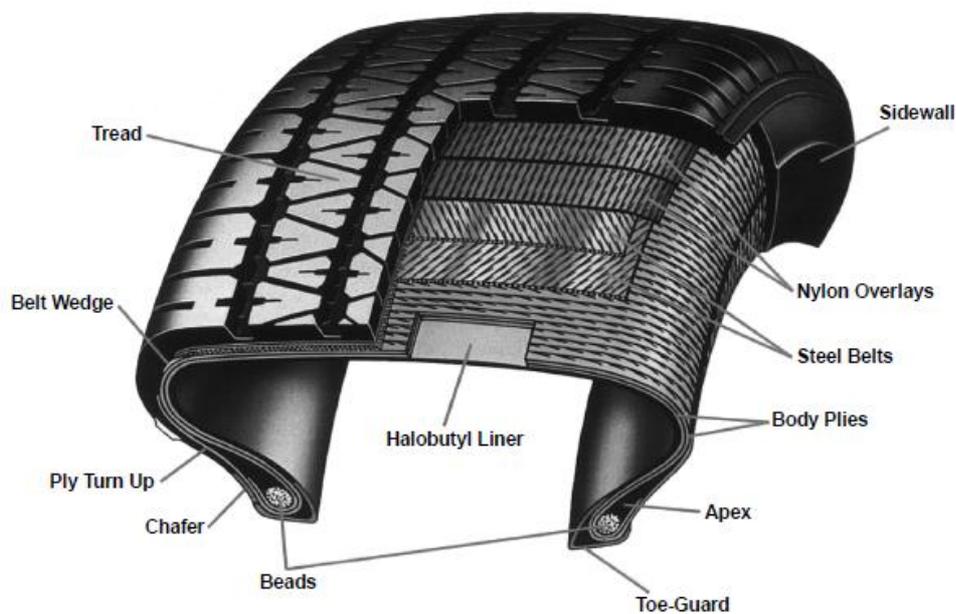


Figura 11-Partes constituintes de um pneu (reproduzido de Roland et al., 2005)

3.3 O processo produtivo

O processo produtivo na Continental Mabor é dividido por cinco departamentos, sendo complementado por um armazém de matérias-primas e outro de produto acabado como ilustrado na figura seguinte. O Departamento onde decorreu este projeto é o Dept IV- Vulcanização.



Figura 12-Processo Produtivo

Misturação

O Dept. I- Misturação é onde se inicia o ciclo produtivo do pneu. Neste departamento são misturados todos os constituintes do pneu (borracha, pigmentos, óleos, sílica, negro de fumo entre outros) de forma a produzir composto, em máquinas denominadas de *Banburys* ou Misturadores. Estes compostos podem ser Master, produzidos a partir de matérias-primas ou final com a adição de químicos, principalmente o enxofre, ao composto Master. O composto Final é depois enviado para o processo seguinte para ser integrado nas partes constituintes do pneu.

Existem três áreas principais na Misturação: a Pesagem de Pigmentos, onde são pesados os químicos, os Misturadores, onde são misturados os químicos com os restantes constituintes do pneu e a *Strainer*, que é utilizada para filtrar e homogeneizar compostos/*workoff* (partes segregadas constituintes do pneu provenientes do Dept. II).



Figura 13- Pesagem de Pigmentos



Figura 14-Misturadores



Figura 15-Strainer

A parte final do processo na Misturação passa por aprovar todos os compostos Final para que estes possam ser utilizados no Departamento II- Preparação.

Preparação

O processo de Preparação encontra-se dividido em duas partes, de acordo com a tipologia das máquinas e o componente do pneu a produzir, Preparação a Quente e a Frio. Na Preparação a Quente estão as *Innerliner's*, onde se produz a camada interna do pneu, as calandras, onde se realiza a impregnação de tecido têxtil ou metálico com a borracha e também a refinação de compostos, ou seja, remover impurezas ou materiais estranhos da borracha e a extrusão onde são produzidos perfis de borracha, paredes e piso, enquanto na Preparação a Frio estão as CT 's, onde se produz o núcleo do talão através de impregnação de borracha com arames de aço, as *Apex* que servem para produzir perfis de borracha que acoplam com o núcleo de talão que forma o talão com cunha, as *Cap-Strip's* usadas para produzir o designado *Cap-ply*espiral, as *Slitter* e *mini-Slitter* onde é obtida a cinta têxtil e a parte do Corte onde é cortado tecido metálico proveniente das Calandras.



Figura 16- Máquina de Corte (esquerda) e Apex (direita)

Construção

Na área da construção o pneu começa a ganhar a sua forma final. Nesta área todos os componentes produzidos na preparação são unidos. Existem dois tipos de máquinas com características diferentes de acordo com a parte do pneu que vai ser unido. As KM's onde são utilizados os Talões, Camada estanque, tela têxtil, reforço dos talões e paredes laterais, construindo a carcaça do pneu e as PU's onde as Cintas metálicas, têxteis e os pisos são os componentes a ser unidos. O resultado obtido é o chamado “pneu em verde”.



Figura 17-Dpt III -Construção

Vulcanização

Assim que finaliza o processo de construção do pneu estes são colocados em carros de transporte ou são levados através de transportadores de tela automáticos, ou Green Tire *Conveyors* (GTC) até as cabines de pinturas de forma a serem lubrificadas/pulverizados no seu interior com o intuito de evitar que o diafragma fique colado à camada estanque e provoque imperfeições e também aumentar a vida útil deste. A ligação entre a pintura e a Vulcanização é feita por intermédio de carros com pneus em verde, transportados por *pimespos* (carros de transporte) e acontece após um período de repouso para garantir a correta secagem dos “pneus em verde”.



Figura 18-Green Tyres Conveyors (GTC)



Figura 19-Carros de transporte "pneus em verde"

A vulcanização é um processo que visa, através de determinadas condições de temperatura e pressão, durante um período de tempo, dar forma ao pneu, conferindo-lhe propriedades elásticas. Este processo ocorre dentro das prensas no denominado ciclo de vulcanização e fora das prensas durante a fase de arrefecimento do pneu.

A estrutura organizacional e principais competências deste departamento está ilustrado na figura seguinte:

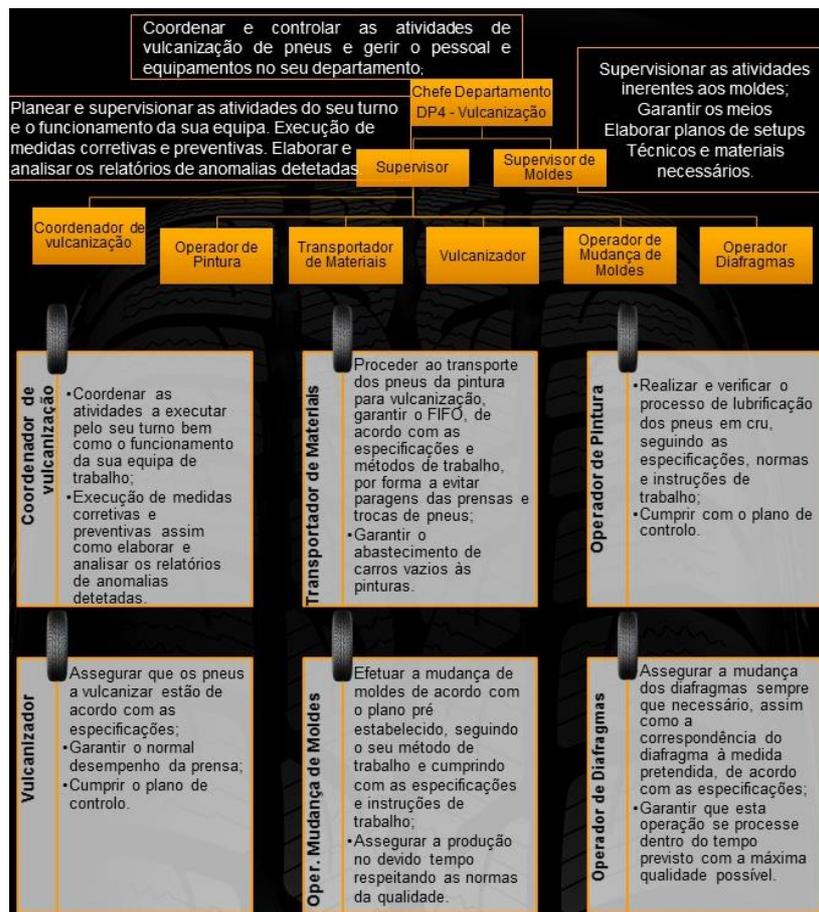


Figura 20-Organograma Dept IV-Vulcanização

As prensas mais antigas, BOM, são acionadas a água ou a eletricidade, funcionando ambas as cavidades ao mesmo tempo, enquanto prensas mais modernas, KRUPP ou MHI, podem ser de funcionamento duplo ou individual tem um acionamento hidráulico na abertura e no fecho e pneumático nos movimentos horizontais. Existem dois tipos de suportes, simples (um só pneu em cada suporte) ou triplos (três pneus em cada suporte).



Figura 21-Prensas Hidráulicas MHI com carregadores triplos e Prensas BOM com carregadores simples

Os suportes simples são utilizados nas prensas mais antigas, ao passo que os carregadores triplos, que apesar de possibilitar maior folga de tempo no seu carregamento aos vulcanizadores, também ocupam mais espaço. Após serem carregados e validados os pneus, estes são transportados pelo carregador, que funciona como um pequeno *buffer*, até a abertura da prensa, posicionando depois o pneu para iniciar o ciclo de vulcanização. Após o ciclo, o pneu é colocado no descarregador (dispositivo que leva o pneu para fora da prensa) e colocado em passareiras que se encontram por trás da prensa para finalizar e adquirir as propriedades especificadas, sendo depois transportados para a vulcanização através de canais existentes entre as prensas.



Figura 22-Zona de repouso

A maioria das prensas vulcaniza artigos iguais em ambas as cavidades, no entanto, e com o aumento da diversidade no número de artigos cada vez mais as prensas são utilizadas para vulcanizar um artigo diferente em cada cavidade da prensa, algumas com tempos de ciclo iguais e outras até com tempos de ciclo diferentes (prensas com cavidades independentes). Para isto, os carros são posicionados em frente da prensa de forma a ser possível retirar os pneus de dois carros diferentes ou então, dependendo das características da fila em que se encontra (filas com espaço para apenas um carro a par), poderá também ser necessário ir ao parque mudar pneus, com a ajuda do transportador, com especificações diferentes de um carro para o outro, ficando dois tipos de artigo no mesmo carro.

O abastecimento da área das prensas na vulcanização é feito por transportadores, com recurso a *pimespos* (carros de transporte), sendo da responsabilidade dos vulcanizadores informar estes das necessidades de carros com pneus. Quando, por algum motivo o abastecimento de carros não é efetuado atempadamente o operador dirige se ao parque para trazer o artigo pretendido para o local. O processo da vulcanização foi o alvo do estudo realizado e será analisado mais pormenorizadamente nos pontos seguintes.

Inspeção Final

Depois de vulcanizados, os pneus seguem através de passadeiras automatizadas para o Dept V- inspeção Final para verificar se estes cumprem todos os requisitos de qualidade e de segurança previstos, através de controlo visual e realizando vários testes, entre eles, de Uniformidade e Geometria. Posteriormente são paletizados, tendo em conta a sua dimensão de forma a evitar a deformação, permitir uma maior quantidade de pneus por paletes e tornar a palete mais estável.



Figura 23-Dpt V-Inspeção Final

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO PROCESSO

4.1 Análise do processo de Vulcanização

Após a Pintura os pneus em verde são colocados em carros com capacidade para doze ou vinte pneus de acordo com as suas características e armazenados em parques situados entre a Pintura e a Vulcanização ou levados para junto das prensas situadas na área da Vulcanização.



Figura 24-Carros com 20 pneus e carros com 12 pneus

A área da vulcanização é constituída por 254 prensas, distribuídas por 26 filas, com 8 a 12 prensas por fila e identificadas com as letras A a T. A partir da fila O os canais estendem-se por outro grupo de prensas identificadas com a letra (b).

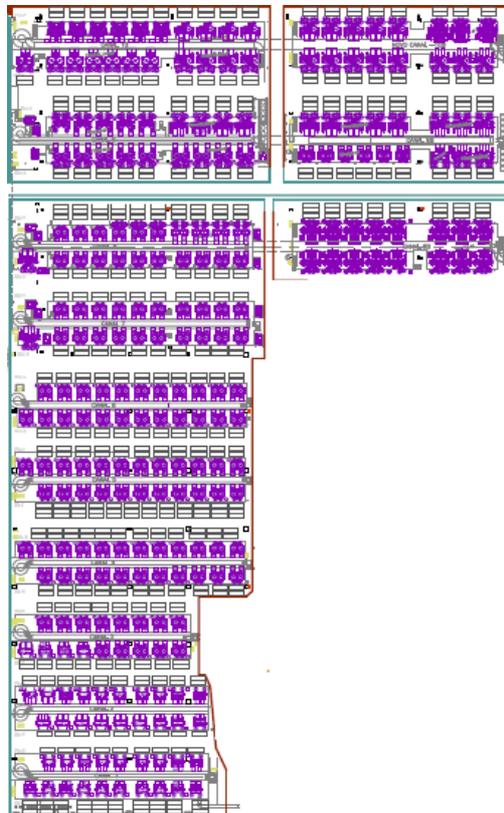


Figura 25- Layout atual Vulcanização

Cada prensa possui duas cavidades perfazendo um total de 508 cavidades, alimentadas por 17 colaboradores (vulcanizadores), em cada turno, responsáveis por colocar os pneus nos suportes com o código de barras virado para cima, para validação do pneu com a cavidade, onde este vai ser vulcanizado. Entre as principais responsabilidades dos vulcanizadores está: verificar se as linhas coloridas correspondem à especificação e com o molde que pretende vulcanizar, assegurar o correto funcionamento das prensas, monitorizar os parâmetros tempo, temperatura e pressão e ainda o cumprimento do plano de controlo. Os principais constituintes da prensa são mostrados na figura seguinte:

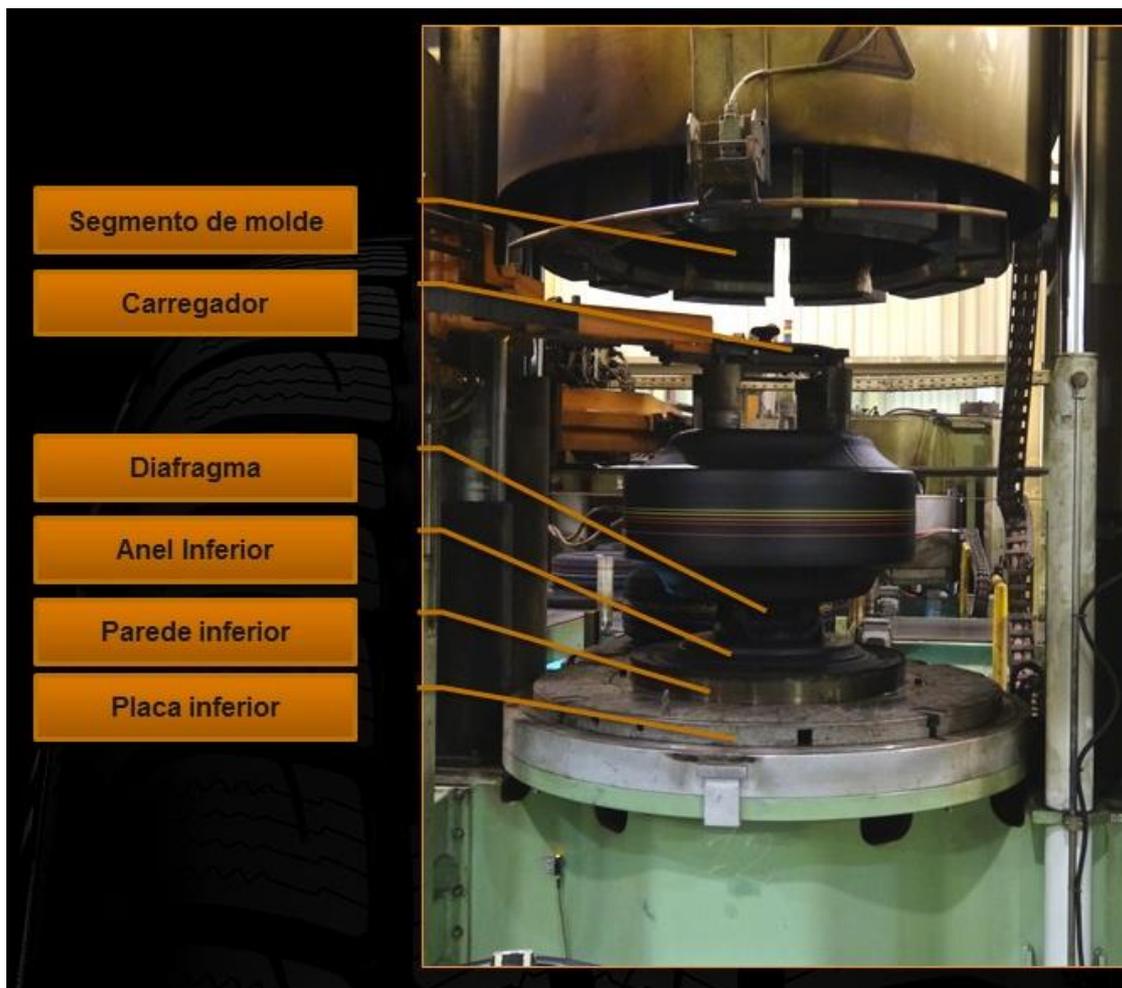


Figura 26-Partes constituintes da prensa

4.2 Análise do Layout

A primeira fase na execução deste projeto consistiu em conhecer e obter informações sobre a vulcanização, nomeadamente, número de prensas, tipo de prensas existentes, funcionamento, nº de

pneus em cada suporte nas prensas, número de corredores, colunas existentes nos corredores e quantidade de carros em cada fila.

Um dos problemas encontrados após a análise deste sistema prendeu-se com a dificuldade na circulação dos *pimespos* entre as filas na vulcanização pelo fato de não estar nada definido em relação ao número de carros que podem estar a par em cada uma das filas, além de estes se encontrarem espalhados e desarrumados por toda a vulcanização, funcionando a própria vulcanização como parque de carros para “pneus em verde”. Por razões de segurança, estão a ser instaladas barreiras de segurança, através de sensores e com marcações no chão e que faz com que as prensas parem caso alguém, ou algo, as ultrapasse, criando ainda mais a necessidade de ter filas de carros e espaço para os carros poderem circular bem definidos. Estas barreiras de segurança em alguns casos funcionam como o espaço onde o vulcanizador vai-se deslocar e em outros não vai ter qualquer interferência pois encontra-se debaixo dos carregadores. Estas barreiras estão identificadas com duas cores, amarela e vermelha, na amarela, o vulcanizador pode-se encontrar no interior que a máquina continua o seu funcionamento parando apenas quando os carregadores ou as cavidades se encontram em movimento e a vermelha que pára de imediato a prensa quando alguém a ultrapassa. Esta fase de colocação de marcações ainda se encontra em fase de implementação, não existindo em todas as filas.



Figura 27-Barreiras de segurança debaixo do suporte (esquerda) e com espaço para o colaborador (direita)

Após ter obtido estas informações ficou definido o número máximo de carros em cada fila, dois carros a par, tornando-se vantajoso por:

- Questões ergonómicas, pois neste momento, em alguns casos, existem 3 e 4 carros a par, obrigando o vulcanizador a despende de mais esforço para fazer a mudança de um carro vazio por um cheio;

- Questão de arrumação e segurança, dando um aspeto melhor à área, não havendo carros espalhados por toda a vulcanização, havendo lugares definidos para a localização dos carros, não obstruindo a circulação dos vulcanizadores e transportadores.
- Posteriormente, veio-se a constatar que esta organização traria também vantagens a nível da redução do tempo-padrão.

A largura dos corredores nas filas, para os transportadores nos *pimespos* poderem executar o seu trabalho sem provocar acidentes ou bater nos carros que se encontram diante das prensas, que, com a colocação de barreiras de segurança poderia provocar a paragem destas causando perdas na produção. Tendo em conta a largura dos *pimespos* (1500 mm) e o fato dos carros que são transportados por este não andarem em linha reta (os carros, ao serem transportados, andam em ziguezague) ficou definida a largura dos corredores como sendo de dois metros.

5 METODOLOGIA

5.1 Metodologia para definição do *Layout*

Após a análise do processo, o passo seguinte passou por obter as distâncias totais da largura dos corredores para saber a quantidade de filas de carros que ia ter em cada corredor. Além disso, foi necessário fazer o devido balanceamento das filas para que nunca tivesse apenas uma fila de cada lado do canal para não sobrecarregar o transportador nem o vulcanizador.

Com a obtenção dos resultados, através da medição, no local e usando o *software* AutoCad, tendo em conta colunas existentes nos corredores, passou-se para a definição das cores, largura das linhas a usar e a largura das linhas divisórias dos vulcanizadores e dos carros.

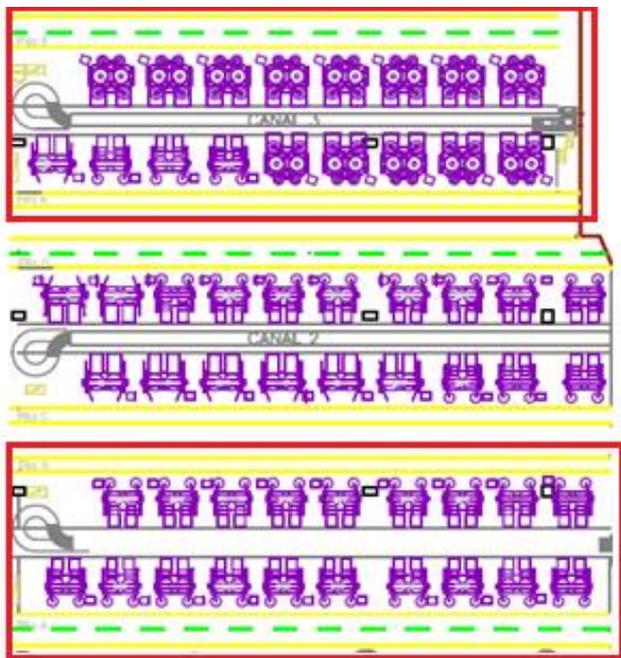


Figura 28-Balanceamento das filas de carros

Considerando a utilização da cor amarela, em alguns casos, para a área em que o operador se encontra a efetuar o seu trabalho, onde existem barreiras de segurança, ficou definida essa cor para delimitar o espaço do colaborador. Nos casos em que esta fica por baixo do suporte a cor utilizada para delimitar este espaço será a verde. No caso da delimitação dos carros, a cor utilizada habitualmente na empresa é a verde, ficando essa definida como a cor a utilizar para separar as filas de carros. Por fim na delimitação dos corredores a cor definida será também a verde.

As distâncias, definidas na empresa e aprovadas pelo departamento de Segurança e Higiene do Trabalho, para separar cada um destes elementos são as seguintes:

Tendo em consideração o tipo de tarefas, tarefas principais ou auxiliares, e as características destas, realizadas em todas as operações, na obtenção dos tempos foram utilizadas as técnicas de cronometragem para tarefas mais curtas e repetitivas e técnicas de observação indireta ou amostragens para tarefas onde é mais difícil obter estes tempos, devido à sua natureza. Nesta técnica os elementos são executados de forma mais esporádica, tornando-se assim difícil obter os seus tempos utilizando a cronometragem. Através de entrevista com os operadores e com as chefias e consulta de históricos, foram obtidos os restantes tempos. Os primeiros tempos a serem cronometrados foram os principais, ou seja, a tarefa que os vulcanizadores precisavam realizar e que acrescentava “valor” ao processo. Esta tarefa consistia em descolar o pneu do carro, colocar o pneu no suporte (*load stand*), dirigir-se novamente ao carro, descolar outro pneu, pegar nele colocá-lo no suporte, pegar na “pistola” de validação e validar os dois pneus. De referir que devido à enorme complexidade deste estudo, a características relativas a cada fila, tais como o peso do pneu, tipos de carros e outras, a cronometragem destes elementos foi dividida por grupos de filas.

Para além disso, foi feito, simultaneamente, o julgamento de atividade, durante as observações.

| FILAS A-B-C-D | | | | | | |
|---------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| N.º | Tarefas | | | | | |
| | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| M | | | | | | |
| s | | | | | | |
| N' | | | | | | |
| TN | | | | | | |

Figura 30-Template da Recolha de dados das tarefas principais para a fila A-D

A imagem acima demonstra o *template* utilizado para a obtenção dos tempos normalizados obtidos através da técnica de observação direta cronometragem, para os elementos principais. Juntamente com a observação dos tempos era observado e registado o rendimento ou fator de atividade do operador. Estas observações eram realizadas até ter o número de amostras necessárias para obter o tempo normalizado de cada elemento.

O número de observações necessárias para definir o tamanho da amostra é dado pela equação 3, ou seja, o valor obtido nesta equação terá de ser igual ou superior ao número de observações, para cada elemento.

$$N' = \left(\frac{Z_{\alpha} * S}{\varepsilon * m} \right)^2$$

(Equação 3)

A média (m) e o desvio padrão (s) da amostra são calculados automaticamente pelo Excel, com os valores obtidos nas observações efetuadas sendo que, por exemplo, para um nível de confiança de 95% (Z=1,96) e um erro de 5%. Este cálculo foi efetuado para todos os grupos de filas.

O passo seguinte passou por observar as tarefas ocasionais, de forma a dividir estas em elementos auxiliares para, deste modo, obter tempos de operação, através da técnica de cronometragem ou amostragens através de feedback dos operadores ou chefias. As equações utilizadas no cálculo do tempo para estas tarefas encontram-se no Anexo I.

O tempo-padrão é calculado em segundos/pneu. Desta forma são necessárias algumas informações adicionais a nível de produção como por exemplo, características dos carros, taxa de produção, de forma a obter os tempos para as tarefas auxiliares.

Na ilustração seguinte é possível ver a informação das referências necessárias para obter estes tempos.

| REFERÊNCIAS | | |
|--------------|-------|-----------------------------------|
| Produção | 55000 | pneus/dia |
| | 18333 | pneus/turno |
| | 86400 | s/dia |
| | 127 | carros/fila |
| | 20% | carros levados à pintura/fila |
| Carros L12 | 3 | média pneus/prateleira |
| | 12 | pneus por carro |
| Carros L20 | 4 | média pneus/prateleira |
| | 20 | pneus por carro |
| Manning | 17 | operadores/turno |
| L12 | 30% | distribuição de carros por fila |
| L20 | 70% | distribuição de carros por fila |
| Duas medidas | 20% | Média de prensas com duas medidas |

vulcanizador. Para além disso, os operadores deveriam ser alocados, sempre que possível, nos corredores.

Os passos para a realização do balanceamento foram os seguintes:

- Passo 1: Obtenção do tempo-padrão por pneu;
- Passo 2: Saber o tipo de suporte existente em cada fila (simples ou triplo);
- Passo 3: Obter valores das distâncias dos corredores, de atravessar os canais e também entre as prensas através de *Auto Cad* ou medições no local. A velocidade a que os operadores se movimentam está definida na empresa como sendo de 1 m/s;
- Passo 4: Obter valores do tempo de ciclo de cada pneu por medida e saber em que prensas essas medidas são produzidas para alocar esse tempo nas prensas correspondentes, havendo medidas diferentes na mesma fila e logo com tempos de ciclo de diferente. O Departamento de Engenharia Industrial possui um histórico com estes dados;

| Fila | Medida | Tempo Máquina |
|------|--------|---------------|
| A | 14-15 | 615 |
| B | 14-15 | 615 |
| C | 14-15 | 615 |
| D | 14-15 | 615 |
| E | 15-17 | 620 |
| F | 15-17 | 620 |
| G | 15-17 | 620 |
| H | 15-17 | 620 |
| I | 15-17 | 620 |
| J | 15-17 | 620 |
| K | 15-17 | 620 |
| L | 15-17 | 620 |
| M | 15-17 | 620 |
| M | 15-20 | 631 |
| N | 15-17 | 620 |
| O | 15-17 | 620 |
| O | 15-19 | 629 |
| O | 15-20 | 631 |
| P | 15-17 | 620 |
| P | 15-19 | 629 |
| P | 15-20 | 631 |
| Q | 15-17 | 620 |
| Q | 15-20 | 631 |
| R | 15-20 | 631 |
| S | 15-20 | 631 |
| T | 15-19 | 629 |
| T | 15-20 | 631 |

Figura 33-Listagem do tempo de ciclo por medida nas Filas

- Passo 5: Obter valores IN/OUT, ou seja, o tempo que demora entre o carregamento e descarregamento de cada pneu. Estes valores foram obtidos por fila através da visualização de programas existentes nas prensas que contabilizam estes tempos e somados ao tempo de ciclo do processo;

| Fila | In/Out |
|-------------|---------------|
| A | 1,34 |
| B | 1,27 |
| C | 1,46 |
| D | 1,41 |
| E | 1,12 |
| F | 1,11 |
| G | 1,13 |
| H | 1,20 |
| I | 1,15 |
| J | 1,21 |
| K | 1,05 |
| L | 1,15 |
| M | 1,23 |
| N | 1,25 |
| O | 1,10 |
| O(b) | 1,26 |
| P | 1,30 |
| P(b) | 1,21 |
| Q | 1,20 |
| Q(b) | 1,13 |
| R | 1,15 |
| R(b) | 1,21 |
| S | 1,16 |
| S(b) | 1,19 |
| T | 1,15 |
| T(b) | 1,18 |

Figura 34-Valores de In/Out por Fila

- Passo 6: Construção do layout da vulcanização em Excel com todas estas referências para fazer o balanceamento dos operadores;

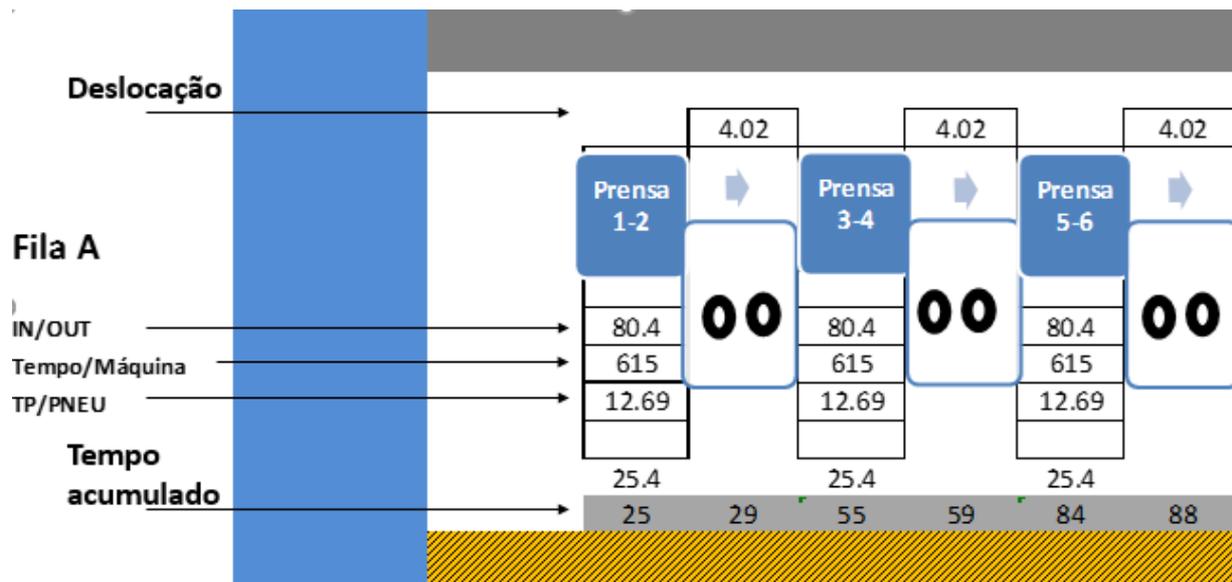


Figura 35-Layout em Excel com referências

- Passo 7: Apresentar propostas de balanceamento. Inicialmente foi apresentada uma proposta para o número atual de operadores (17), sendo que, com o desenvolvimento do projeto foram propostas mais duas possibilidades de balanceamento, uma para 18 operadores e uma para operação em módulos ou por equipas. Adicionalmente foram também efetuados os cálculos para os tempos de descanso ou desdobras.

5.4 Balanceamento com 17 e 18 operadores

Atualmente, a empresa utiliza a metodologia *working balance*, para 17 operadores resultado de balanceamentos feitos anteriormente pela Engenharia Industrial na empresa. Este tipo de balanceamento é provavelmente o mais utilizado na indústria e pressupõe a responsabilidade dos operadores por um número fixo de máquinas (Silva, 2008), sem limitações do número de filas, podendo estas máquinas ser em 3 filas diferentes, possibilitando desta forma alguma perda do controlo no funcionamento das mesmas. Além disso, será apresentada uma proposta para 18 operadores utilizando a mesma metodologia.

5.5 Balanceamento por módulos

No caso do balanceamento por módulos ou equipas o modo de funcionamento tem características do *rabbit chase* e do *Toyota sewing system*. Neste modelo apresentado todos os operadores de uma equipa são responsáveis por filas completas, numa determinada área abastecendo as prensas de modo contínuo, fazendo todos o mesmo trajeto do início ao fim. Este balanceamento possui vantagens

relativamente à distribuição de carga pelos operadores e trabalho em equipa. Os conflitos entre operadores, perda de produção, incentivos de produtividade difíceis de implementar e custos de formação elevados, devido ao grau de polivalência requerido, são as desvantagens na aplicação desta metodologia.

Taxa de ocupação, Manipulação de cargas e Guia NIOSH

Neste estudo foram tidos em conta dois indicadores, que permitiu ter uma melhor perceção dos resultados obtidos, a taxa de ocupação (%) e a manipulação de carga (Kg/operador/turno), esta última deu ainda origem a um estudo relativo ao risco de LMERT's por parte dos operadores.

O tempo de ocupação dos operadores é a soma do tempo-padrão por pneu com as deslocações, que podem ser entre as prensas, corredores ou canais.

No caso de filas onde determinado operador é responsável e em que só existem carregadores simples (1 suporte) a taxa de ocupação é dada pela seguinte equação:

$$\text{Taxa de ocupação} = \text{Tempo de ocupação} / (\text{Tempo de ciclo} + IN \setminus OUT) \quad (\text{Equação 5})$$

Como foi referido atrás, existem carregadores triplos (3 suportes), nestes casos estes devem ser totalmente carregados antes de avançar para a próxima prensa de forma a reduzir as movimentações em vazio, nestes casos a equação passa a ser:

$$\text{Taxa de ocupação} = \text{Tempo de ocupação} / ((\text{Tempo de ciclo} + IN \setminus OUT) * 3) \quad (\text{Equação 6})$$

Os operadores por vezes trabalham em filas que possuem carregadores simples e triplos, nestes casos é usada a equação 15 e serão todos tratados como carregadores simples.

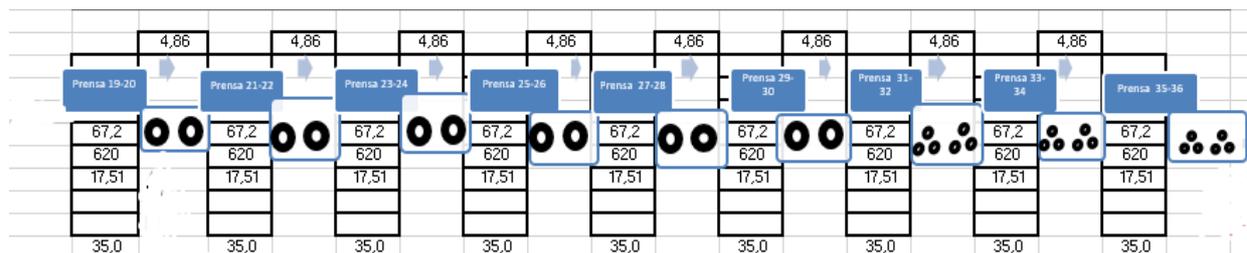


Figura 36-Fila com carregadores simples e triplos

Na figura acima podemos ver um exemplo de uma fila com carregadores simples (dois pneus) e carregadores triplos (6 pneus) com o tempo-padrão (35 s), igual para ambos os casos. Além disso, o tempo de deslocação entre as prensas (4,86 s), canais ou corredores, em conjunto com o tempo - padrão dá-nos o tempo de ocupação.

Para o cálculo da manipulação de carga foram necessários os dados relativos ao peso médio dos pneus por fila/turno fornecido pela empresa. De referir que o peso é para apenas cada cavidade.

| Fila | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | O1 | P | P1 | Q | Q1 | R | R1 | S | S1 | T | T1 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Peso médio Pneu/turno | 283,16 | 279,05 | 278,60 | 270,41 | 328,34 | 337,76 | 286,98 | 338,49 | 337,60 | 330,18 | 320,61 | 359,50 | 392,30 | 411,36 | 395,88 | 406,11 | 412,38 | 409,39 | 446,07 | 340,60 | 434,15 | 430,52 | 472,88 | 456,20 | 457,40 | 450,98 |

Figura 37-Dados sobre peso médio pneu/ turno em cada fila

Com este valor foi possível calcular a carga manipulada por operador em cada turno através da multiplicação do número de cavidades (2 por prensa) que cada operador é responsável, pelo peso médio pneu/turno na fila correspondente. É possível verificar que, à medida que nos deslocamos da fila A para a fila T1 o peso médio manipulado aumenta substancialmente.

Os valores elevados obtidos com os resultados, relativos à carga manipulada pelos operadores, as queixas apresentadas por estes e também a importância de entender qual o risco de lesões por parte das pessoas responsáveis pelo processo levou a que fosse feito um estudo usando o Guia NIOSH.

O Guia NIOSH apresenta uma equação para o cálculo do peso limite recomendável (PLR) para elevações e agachamento de objetos com as duas mãos. Neste caso particular do estudo é usada a equação para tarefas múltiplas devido a existir algumas diferenças entre as variáveis da tarefa a executar.

Os passos para a execução do Guia NIOSH encontram-se discriminados nos pontos seguintes.

O primeiro passo passou por obter os parâmetros relativos à execução das tarefas para o operador em estudo:

H – Distância horizontal entre as mãos e a vertical passando pelos tornozelos no início da elevação (cm);

V – Altura a que é iniciada a elevação (cm);

D – Distância vertical percorrida entre o início e o fim da elevação (cm);

A – Assimetria do movimento de elevação em relação ao plano sagital (°);

F – Frequência média das elevações (f/min.) calculada a partir da seguinte equação:

$$\frac{f}{\text{min}} = n^{\circ} \text{ pneus vulcanizados (turno)} / \text{tempo total turno (min)} / n^{\circ} \text{ prateleiras}$$

(Equação 7)

T – Duração do período de trabalho com tarefas de elevação (h);

P – Qualidade da pega dos objetos a elevar.

A tabela seguinte foi utilizada para o registo e cálculo de alguns parâmetros.

Tabela 3 - Cálculo do Multiplicador de Frequência (MF) (Colim, 2009)

| Frequência (elev./min) | Duração do período com tarefas de elevação | | | | | |
|---------------------------|--|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | < 1 hora | | 1-2 horas | | 2-8 horas | |
| | V< 75 | V≥ 75 | V< 75 | V≥ 75 | V<75 | V≥ 75 |
| 0,2 ⁽¹⁾ | 1,00 | 1,00 | 0,95 | 0,95 | 0,85 | 0,85 |
| 0,5 | 0,97 | 0,97 | 0,92 | 0,92 | 0,81 | 0,81 |
| 1 | 0,94 | 0,94 | 0,88 | 0,88 | 0,75 | 0,75 |
| 2 | 0,91 | 0,91 | 0,84 | 0,84 | 0,65 | 0,65 |
| 3 | 0,88 | 0,88 | 0,79 | 0,79 | 0,55 | 0,55 |
| 4 | 0,84 | 0,84 | 0,72 | 0,72 | 0,45 | 0,45 |
| 5 | 0,80 | 0,80 | 0,60 | 0,60 | 0,35 | 0,35 |
| 6 | 0,75 | 0,75 | 0,50 | 0,50 | 0,27 | 0,27 |
| 7 | 0,70 | 0,70 | 0,42 | 0,42 | 0,22 | 0,22 |
| 8 | 0,60 | 0,60 | 0,35 | 0,35 | 0,18 | 0,18 |
| 9 | 0,52 | 0,52 | 0,30 | 0,30 | 0,00 | 0,15 |
| 10 | 0,45 | 0,45 | 0,26 | 0,26 | 0,00 | 0,13 |
| 11 | 0,41 | 0,41 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 |
| 12 | 0,37 | 0,37 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 |
| 13 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 14 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 15 | 0,00 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| > 15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Multiplicador de pega: MP

Tabela 4- Multiplicador de Pega (MP)(Colim, 2009)

| Qualidade da pega | V< 75 cm | V≥ 75 cm |
|-------------------|----------|----------|
| Boa | 1,00 | 1,00 |
| Aceitável | 0,95 | 1,00 |
| Má | 0,90 | 0,90 |

Definição da constante de carga, CC=23 kg.

Para calcular o PLR, aplicam-se os multiplicadores anteriormente referidos (Waters et al., 1994):

$$PLR = CC * MH * MV * MD * MA * MF * MP \text{ (em Kg)}$$

(Equação 8)

Cálculo do índice de elevação:

Se I.E. < 1 , Não há risco

Se I.E. 1 > I.E. < 3, Existência de risco. É necessário efetuar um estudo mais profundo e corrigir a situação.

Se I.E. > 3, sério risco de lesão. É necessária alteração urgente.

O cálculo do I.E. é dado pela seguinte equação:

$$I.E = \frac{\text{Peso médio pneu}}{P.L.R}$$

(Equação 9)

O cálculo do PLR IF é efetuado da mesma forma do PLR, mas para um MF = 1.

$$P.L.R.I.F. = CC \times MH \times MV \times MA \times MD \times MP$$

(Equação 10)

Cálculo do P.L.T.S. para cada tarefa:

$$P.L.R.T.S. = CC \times MH \times MV \times MA \times MD \times MP \times MF$$

(Equação 11)

Cálculo do I.E.I.F. para cada tarefa:

$$I.E.I.F = \text{Peso máximo} / P.L.R.I.F.$$

(Equação 12)

Cálculo do I.E.T.S para cada tarefa:

$$I.E.T.S. = \text{Peso médio} / P.L.R.T.S.$$

(Equação 13)

Ordena-se por ordem decrescente de I.E.T.S.

Para obter o I.E.C, para 4 prateleiras, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$I.E.C = I.E.T.S1 + \sum \Delta I.E.T.S.$$

(Equação 14)

com,

$$\sum \Delta I.E.T.S = I.E.T.S2 * \left(\frac{1}{MF_{1,2,3,4}} - \frac{1}{MF1} \right) + \left(\frac{1}{MF_{1,2,3,4}} - \frac{1}{MF_{1,2}} \right) + \left(\frac{1}{MF_{1,2,3,4}} - \frac{1}{MF_{1,2,3}} \right),$$

(f_{1,2,3,4} = f₁ + f₂ + f₃ + f₄).

(Equação 15)

O template utilizado para realizar os cálculos está na figura seguinte:

Manipulação de cargas no método proposto

| Operador 13 | | Tarefa 1 | Tarefa 2 | Tarefa 3 | Tarefa 4 |
|---|--|----------|----------|----------|----------|
| Parâmetros | | | | | |
| Constante de Carga (CC) | | 23 kg | 23 kg | 23 kg | 23 kg |
| Distância Horizontal ao centro do pneu (H) <small>(min 25 cm, max 64 cm)</small> | | | | | |
| Distância vertical das mãos ao solo (V) <small>(min 0 cm, max 178 cm)</small> | | | | | |
| Distância vertical percorrida pelo pneu (D) <small>(min 25 cm, max 178 cm)</small> | | | | | |
| Ângulo de torção do corpo (A) <small>(min 0°, max 135°)</small> | | | | | |
| Frequência de manipulações (F) <small>(min 0.2 lifts/min)</small> | | | | | |
| Duração do período com tarefas de elevação <small>(1 hr., 2 hrs., 8 hrs.)</small> | | | | | |
| Qualidade das pegas <small>(1=good, 2=fair, 3=poor)</small> | | | | | |
| Peso médio do pneu | | | | | |
| Peso máximo pneu | | | | | |
| P.L.R.T.S. | | | | | |
| P.L.R.I.F | | | | | |
| I.E.T.S | | | | | |
| I.E.I.F | | | | | |

| Risco de desenvolvimento de LMERTs | I.E.C |
|------------------------------------|-------------|
| Aceitável | <= 1 |
| Acrescido | Entre 1 e 3 |
| Substancial | > 3 |

Índice de elevação composto (I.E.C.) =

Figura 38-Template para o cálculo da equação NIOSH para tarefas múltiplas

Balanceamento nas desdobras

A empresa tem 40 minutos de descanso para refeições para cada operador, num total de 2 horas e 40 minutos de tempo total de descanso, sendo que deste modo o número de pausas existentes por turno é de 4 períodos.

A metodologia utilizada para o cálculo do número necessário de operadores, para todos os cenários (com 17 operadores, 18 operadores e módulos), passou por ocupar todos os operadores a uma taxa o mais próximo possível de 100 por cento e dividindo os operadores pelos 4 períodos de intervalo.

As conclusões retiradas deste cálculo (balanceamento nas desdobras), foram o motivo que gerou a necessidade, por parte dos responsáveis, de fazer o cálculo para 18 operadores, pois o número mínimo de operadores necessários nas horas de descanso eram 13, ou seja, iriam 4 operadores por intervalo, mas num desses intervalo teriam de ir 5 operadores descansar, sendo necessário um operador extra durante esse período de descanso, para o cenário de 17 operadores e para o cenário de trabalho em

módulos. Deste modo, optou-se também, por fazer um balanceamento para 18 operadores uma vez que seria necessário possuir esse operador extra durante um turno de trabalho.

5.6 Metodologia SMED

A Vulcanização é constituída por 254 prensas cada uma com 2 cavidades, sendo necessário fazer, cada vez mais, mudanças de moldes devido a um aumento na complexidade de artigos na empresa. O objetivo deste projeto é otimizar estas mudanças de forma a melhorar o desempenho desta área em termos produtivos, assim como melhorar os métodos de trabalho para um melhor desempenho, tendo em consideração também aspetos ergonómicos, das pessoas envolvidas nestas mudanças de molde.

Estrutura organizacional

A organização das pessoas envolvidas nas mudanças de moldes é a seguinte:

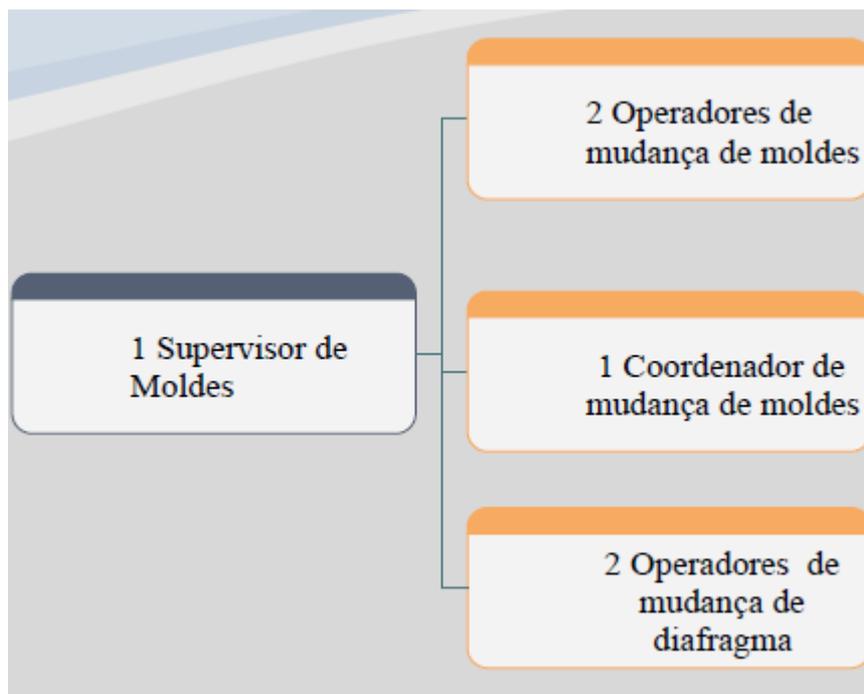


Figura 39-Organigrama das pessoas envolvidas nas mudanças de molde

O Supervisor de Moldes tem como principais responsabilidades de elaborar planos de setup, garantir os meios necessários e supervisionar as atividades inerentes à mudança dos moldes, os operadores são responsáveis por garantir a mudança dos moldes em condições de segurança e usando o método definido. O coordenador de mudanças de moldes é responsável por orientar os operadores de mudança dos moldes, inserir as receitas nas prensas após as mudanças e certificar se o primeiro pneu tem as

especificações requeridas. Por fim, os operadores de mudança de diafragma têm a responsabilidade de mudar os diafragmas nas mudanças de molde assim como em situações que estes atingem o seu prazo de validade.

Layout da vulcanização

Após cada mudança os operadores precisam levar os moldes a uma zona de aquecimento ou ao armazém de moldes dependendo do tempo que este levará a ser necessário. Estas áreas, assim como a localização da área onde são montados e desmontados os diafragmas estão identificadas no *layout* seguinte.



Figura 40-Layout da vulcanização

Fases de implementação do projeto SMED

As etapas de implementação do projeto SMED encontra-se evidenciado na figura seguinte:

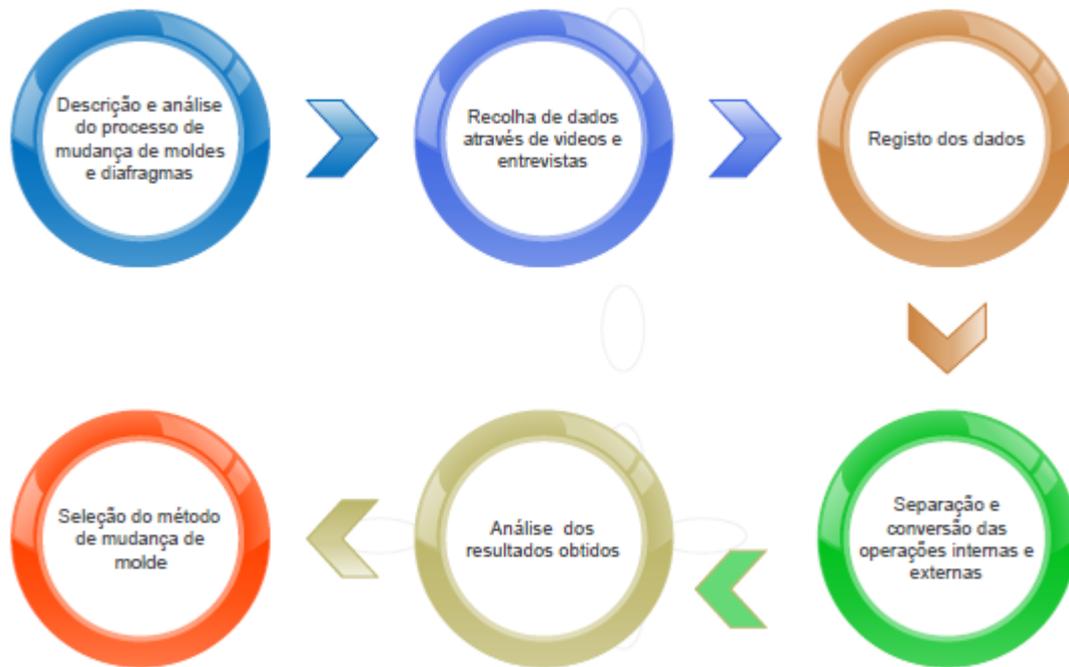


Figura 41-Esquema representativo das várias etapas do plano de implementação do SMED.

Descrição e análise do processo de mudança de molde

O lançamento das necessidades de produção diárias, efetuado pela Direção de Produção, de pneus com determinadas características, inicia o processo de mudança de moldes, esta Direção, através do Supervisor, dá a indicação através de uma lista de ordens, aos operadores de mudança de moldes, ao coordenador e também à equipa de mudança de Diafragmas, em que prensas esses pneus serão produzidos, ou seja, quais as máquinas que será necessária a paragem para realizar a mudança, assim como a hora aproximada em que essa mudança se irá realizar. Esta hora poderá variar consoante o número de paragens não previstas (avarias) da prensa.

Os dois operadores responsáveis pela mudança de molde são responsáveis por operar dois empilhadores, estes são utilizados para a mudança e para o transporte dos moldes entre as prensas e a área de aquecimento ou o armazém dos moldes. Normalmente e no caso em estudo são mudados simultaneamente ambos os moldes de uma prensa. Após a mudança de moldes estar concluída é reportada esta situação ao coordenador, para este chamar a equipa de mudança de diafragmas para terminar o processo de mudança e deste modo poder colocar a prensa em aquecimento. Durante o aquecimento da prensa o coordenador chama a nova receita e quando o molde se encontra à temperatura, vulcaniza o primeiro pneu e verifica se este está segundo os padrões de qualidade exigidos.

Recolha de dados através de vídeo e entrevista

A recolha de dados foi feita em todos os turnos de forma a obter informação relativamente às tarefas a executar durante o processo de mudança de molde. Este processo foi executado através de câmaras de

filmar e máquina fotográfica. Para além disso, algumas dúvidas que iam surgindo em relação ao processo foram respondidas pelas pessoas envolvidas no processo

Registo dos dados

As descrições das tarefas e os respetivos tempos foram depois registados numa tabela em excel como exemplificada na figura seguinte.

| 2 operadores (2 prensas) | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------------------|---------|----------|------------|------------------|---------|---------|----------|-----|
| Date | | | | | | | | | | |
| Process name | | Mudança de moldes | | | | | | | | |
| Name of observer | | | | | | | | | | |
| Change from | | | | | | | | | | |
| Change to | | | | | | | | | | |
| Operador 1 | | | | | Operador 2 | | | | | |
| Nº | Task description | Interno | Externo | tempo(s) | obs | Task description | Interno | Externo | tempo(s) | obs |

Figura 42- Cabeçalho da tabela para registo das tarefas

Separação e conversão das operações internas e externas

Após a obtenção de todos os tempos das tarefas efetuadas durante a mudança de molde foram separadas e convertidas as operações internas em externas, ou seja, foram divididas todas as tarefas que poderiam ser efetuadas antes da máquina parar, pré-setup, além das tarefas que poderiam ser feitas com a prensa em funcionamento. As tarefas que cada um dos intervenientes executava assim como a sua sequência encontra-se descrita na imagem seguinte:

| 2 operadores (2 prensas) | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------------|-------------------|---------|----------|------------|------------------|---------|---------|----------|-----|
| Date | | | | | | | | | | |
| Process name | | Mudança de moldes | | | | | | | | |
| Name of observer | | | | | | | | | | |
| Change from | | | | | | | | | | |
| Change to | | | | | | | | | | |
| Operador 1 | | | | | Operador 2 | | | | | |
| Nº | Task description | Interno | Externo | tempo(s) | obs | Task description | Interno | Externo | tempo(s) | obs |
| Preparação do setup | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| SETUP | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Mudança de Diafragmas | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Coordenador | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Figura 43-Template do registo dos dados

Análise dos resultados obtidos

Nesta fase do projeto foram estudados 3 métodos para a mudança de moldes de forma a possibilitar a implementação de operações em paralelo e padronização do método.

Seleção do método de mudança de molde

Nesta seção são comparados os 3 métodos:

Método A

| <i>Operador 1</i> | <i>Operador 2</i> |
|--|--------------------------------------|
| <i>Aproximar empilhador A ao molde 1</i> | |
| | Ajustar e apertar molde 1 |
| <i>Recuar empilhador A c/ molde 1</i> | |
| <i>Aproximar empilhador B ao molde 2</i> | |
| | Ajustar e apertar molde 2 |
| <i>Recuar empilhador B c/ molde 2</i> | |
| <i>Levar molde 1 para o armazém</i> | Levar molde 2 para o armazém |
| <i>Trazer molde 3 do armazém</i> | Trazer molde 4 do armazém |
| <i>Colocar molde 3 c/ empilhador A</i> | |
| | Ajustar posição e desapertar molde 3 |
| <i>Recuar empilhador A</i> | |
| <i>Colocar molde 4 c/ empilhador B</i> | |
| | Ajustar posição e desapertar molde 4 |
| <i>Recuar empilhador B</i> | |

Figura 44-Método A (Empilhadores alternados s\molde)

Neste método os dois operadores trabalham simultaneamente em cada molde, um no empilhador e outro prestando auxílio no chão, alternando depois entre os dois moldes. De referir que ambos os empilhadores chegam vazios à área da mudança.

Método B

| <i>Operador 1</i> | <i>Operador 2</i> |
|--|-----------------------------------|
| <i>Aproximar empilhador A ao molde 1</i> | Aproximar empilhador B ao molde 2 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| <i>Ajustar e apertar molde 1</i> | Ajustar e apertar molde 2 |
| <i>Retirar empilhador A c/ molde 1</i> | Retirar empilhador B c/ molde 2 |
| <i>Levar molde 1 para o armazém</i> | Levar molde 2 para o armazém |
| <i>Trazer molde 3 do armazém</i> | Trazer molde 4 do armazém |
| <i>Colocar molde 3 c/ empilhador A</i> | Colocar molde 4 c/ empilhador B |
| <i>Ajustar posição e desapertar molde 3</i> | Ajustar posição e desapertar molde 4 |
| <i>Recuar empilhador A</i> | Recuar empilhador B |

Figura 45- Método B (emp. paralelo s\molde)

Neste método, empilhador paralelo sem molde, cada operador é responsável por executar todas as tarefas de montagem e desmontagem no seu molde, também chegando cada um no empilhador sem molde.

Método C

| <i>Operador 1</i> | <i>Operador 2</i> |
|---|---------------------------------|
| <i>Aproximar empilhador A ao molde 1</i> | |
| | Ajustar e apertar molde 1 |
| <i>Recuar empilhador A c/ molde 1</i> | |
| <i>Colocar molde 3 c/ empilhador A</i> | Levar molde 2 para o armazém |
| <i>Ajustar posição e desapertar molde 3</i> | Trazer molde 4 do armazém |
| <i>Recuar empilhador A</i> | |
| <i>Aproximar empilhador B ao molde 2</i> | |
| <i>Ajustar e apertar molde 2</i> | |
| <i>Retirar empilhador B c/ molde 2</i> | |
| | Colocar molde 4 c/ empilhador B |
| <i>Ajustar posição e desapertar molde 4</i> | |
| | Recuar empilhador B |

Figura 46- Método C (Empilhadores alternados, 1c \ molde)

Neste cenário os operadores chegam com um dos moldes no empilhador, retirando um dos moldes em conjunto e ficando um deles responsáveis pela colocação do molde e por retirar o outro enquanto o outro se dirige à área de aquecimento para trazer o molde em falta, fazendo os dois a mudança desse mesmo molde.

Equipa diafragmas

A equipa de diafragma é parte integrante do processo de mudança de moldes e uma das razões principais para os tempos de espera existentes neste processo. Tendo isto em consideração, foi realizado um estudo para calcular a taxa de ocupação dos operadores, uma vez que estes não são apenas responsáveis por mudar os diafragmas nas mudanças de moldes, sendo também responsáveis por mudar diafragmas em casos em que estes se encontrem furados, estes operadores deslocam-se com um empilhador às prensas transportando normalmente 6 diafragmas de cada vez, realizando normalmente 3 mudanças, antes de regressar à área dos diafragmas. Segundo dados fornecidos pela empresa são mudados 200 diafragmas por dia, ou seja, 67 por turno, a equipa de mudança de diafragmas é constituída por 4 elementos por turno, divididos em duas equipas de dois elementos cada. A mudança de diafragma está dividida em três fases, Preparação de setup, onde é montado o diafragma, setup, realizado nas prensas e o único que tem que ser realizado com a máquina parada e o fim do setup com a desmontagem do diafragma, pois as peças são reaproveitadas para outros diafragmas. O tempo padrão para o cálculo da taxa de ocupação inclui 9% para fadiga e 6% para descanso, valores utilizados na empresa.



Figura 47-Empilhador usado nas mudanças de diafragmas

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Análise dos métodos de trabalho

Definição do layout

A definição do layout iniciou-se com um estudo relativo às características da área onde foi feito o estudo de forma a conhecer a realidade existente na mesma, foram medidos os comprimentos e a largura dos corredores e registadas algumas informações adicionais, nomeadamente o número de prensas, nº de pneus por prensa e ainda o número de colunas no corredor. O quadro seguinte mostra o resumo das informações. Estas informações são também importantes na medida em que serão necessárias para o seguimento do trabalho.

| Fila | Nº Prensas | nº PNEUS/ PRENSA | distância total entre corredores | colunas | Nº de carros | total | Comprimento total prensas |
|-------|------------|---------------------|--|-----------|-----------------|-------|------------------------------|
| A | 10 | 4 | 3200 | 4 COLUNAS | 2,5 | 2 | 40241 |
| B | 9 | 4 | 5200 | | 3,5 | 1 | 40241 |
| C | 9 | 4 | | | | 1 | 40241 |
| D | 10 | 4 | 6200 | | 4,5 | 2 | 40241 |
| E | 9 | 4 | | | | 1 | 36495 |
| F | 8 | 4 | 5300 | 2 colunas | 4,3 | 2 | 36495 |
| G | 11 | 4 | | | | | 1 |
| H | 12 | 4 | 8500 | 3 colunas | 6,8 | 2 | 47796 |
| I | 11 | 4 | | | | | 2 |
| J | 12 | 4 | 5800 | | 4,1 | 2 | 47796 |
| K | 12 | 4 | | | | 1 | 47796 |
| L | 11 | 4 | 8200 | 4 COLUNAS | 6,5 | 2 | 43363 |
| M | 11 | (6/1)+(4/10) | | | | | 2 |
| N | 10 | 4 | 5400 | | 4,4 | 1 | 42863 |
| O | 11 | (6/1)+(4/10) | | | | 2 | 42540 |
| P | 10 | 6 | corredor | 1 coluna | | 2 | 42540 |
| Q | 9 | 6 | | | | | 2 |
| R | 9 | 6 | 8200 | | 6,5 | 2 | 43854 |
| S | 11 | 6 | | | | 2 | 52653 |
| T | 10 | 4 | 3100 | | 2,4 | 2 | 47987 |
| O(b) | 8 | 4 | 5000 | | 3,3 | 2 | 42506 |
| P(b) | 8 | 6 | corredor | | | 2 | 42506 |
| Q(b) | 9 | (6/3)+(4/6) | | | | 2 | 42506 |
| R(b) | 8 | 6 | 8131 | | 6,4 | 2 | 42506 |
| S(b) | 8 | 6 | | | | 2 | 42506 |
| T(b) | 8 | 4 | 3200 | | 2,5 | 2 | 42506 |
| Total | 254 | | | | | | |

Figura 48- Dados sobre a Vulcanização

Após a obtenção desta informação e com os dados registados foi possível chegar a uma solução relativamente a otimização do método de trabalho através da reconfiguração e definição do *layout* da área da vulcanização. A imagem seguinte ilustra a configuração atual do *layout*:



Figura 49-Layout atual da área da Vulcanização

Em função da metodologia estudada no capítulo anterior, o *layout* proposto encontra-se na imagem seguinte:



Figura 50-Layout proposto para a Vulcanização

Como é possível verificar, ao comparar os dois *layouts*, no *layout* proposto todos os corredores para pimespos, carros de pneus e pessoas estão bem identificados, contrariamente ao layout atual melhorando todo o processo a nível de produtividade, fluxo de materiais e segurança.

Os principais resultados e melhorias alcançadas com a implementação deste *layout* são:

- Melhor fluxo de materiais e pessoas - conseguido através da definição de corredores para movimentação dos pimespos;
- Organização da área da Vulcanização - esta organização foi obtida com a redução de stock existente nos corredores melhorando o aspeto visual da área, além disso, com a implementação de barreiras de segurança estas marcações permitem uma melhor definição da área de trabalho do operador e além disso definir a colocação dos carros de forma a evitar paragens pela transposição das barreiras;
- Aspetos ergonómicos - redução do stress e da fadiga conseguido com a melhor organização da área;
- Redução do tempo-padrão – Este novo layout permite uma redução no tempo-padrão médio pela definição do número máximo de filas de carros (2 filas) por corredor.

Restrições à aplicação do novo layout

Devido a uma forte expansão da empresa e a um aumento da produção, que não foi complementado com um aumento das instalações, ao longo dos anos o parque de carros de pneus em verde não possui, neste momento, a capacidade suficiente para armazenamento tendo em conta o *layout* proposto devido à perda de lugares nos corredores junto às prensas.

Deste modo, foi necessário criar um *layout* temporário que permitisse aos transportadores perceber onde poderiam colocar os carros excedentes, caso não houvesse lugar no parque.

O número de carros excedentes situa-se nos 200 carros, sendo necessário a criação de filas adicionais junto as prensas, em filas onde seja possível não comprometer o espaço para os corredores, de forma a absorver estes carros. Estas filas adicionais, onde os transportadores podem “estacionar” os carros com pneus, encontram-se nos corredores mais largos e no início e no fim da área. Para uma melhor identificação destas filas e sendo apenas provisória, estas ficaram definidas a cor laranja como demonstra a figura seguinte.

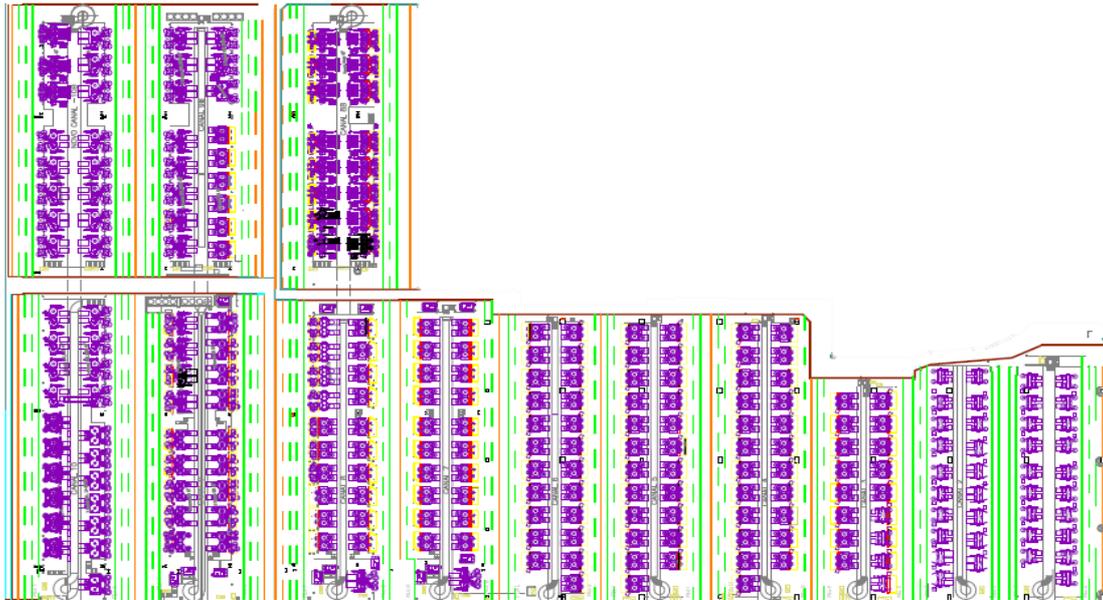


Figura 51-Layout proposto com marcação para filas para os 200 carros excedentes.

6.2 Cálculo dos tempos padrão

Descrição e registo dos elementos

O quadro seguinte contém o registo das tarefas, assim como as classifica em elementos principais e secundários, possui ainda algumas notas relativamente aos elementos ou tarefas, de forma a poderem ser posteriormente medidas através das técnicas de cronometragem ou amostragem.

As tarefas principais, descolar pneu, tirar 2 pneus do carro e validar 2 códigos de barras, são sempre medidos e registados usando a técnica da cronometragem e tendo em consideração o rendimento ou julgamento da atividade. Os elementos secundários são obtidos através da técnica de amostragem ou sondagem.

Os elementos auxiliares encontram-se listados de seguida:

- Subir prateleiras dos carros;
- Trocar carros de 20 pneus (L20) ou de 12 (L12) pneus. O tempo também varia dependendo do número de filas de carros a par, que podem ser filas de 1, 2 ou 3 carros;
- Efetuar pedidos à Direção de Engenharia;
- Colocar pneus de duas medidas na mesma prensa;
- Levar e trazer carros da pintura;
- Engatar os carros vazios nos corredores para serem levados para a Pintura;
- Desencravar pneus nos canais;

- Rearmar máquina;
- Mudar pneus de carros na pintura, apenas onde existe apenas uma fila de carros, existindo duas medidas de pneus no mesmo carro.

| Tarefa | Principal | Auxiliar | Notas |
|---|-----------|----------|--|
| Posição inicial | | | Frente para o carro |
| Descolar pneu do carro | x | | |
| tirar pneu cru do carro e colocar na prensa com 2 medidas | x | | O operador desloca-se até atrás para ir buscar o pneu |
| Tirar pneu cru do carro e colocar na prensa | x | | O carro tem 4 ou 5 prateleiras É necessário virar o pneu |
| Validar código de barras no pneu e no suporte | x | | Primeiro valida no pneu e depois no suporte |
| Subir prateleira | | x | Quando termina uma fila de 3 ou 4 menus subir a prateleira |
| Rearmar máquinas | | x | Falhas do processo |
| Arrumar os carros com 2 filas | | | tirar o carro da frente e rodar o de trás |
| Arrumar os carros com 1 fila | | x | Quando termina o carro precisa tirar o carro e colocar um cheio na posição |
| Deslocar-se entre prensas | | x | O operador precisa movimentar-se entre as prensas |
| Deslocar-se entre corredores | | x | No caso de ter filas diferente precisa também de se movimentar entre corredores ou canais. |
| Levar carros vazios à pintura ou armazém | | x | Quando termina o carro da frente arruma o carro para outro local |
| Trazer carros da pintura ou do armazém | | x | Precisa abastecer a linha com carros que estão na pintura |
| Passar pneus entre carros | | | Quando existem duas medidas na mesma prensa nas filas A-D trocam os pneus. |
| Paragem durante o transporte dos carros | | x | |
| Paragem para almoço | | x | 40 m |
| Paragem para descanso | | x | 20m |
| Engatar filas de carros | | x | |
| desencravar pneus no canal | | x | |
| Meter pedidos | | x | |

Figura 52- Registo dos elementos principais e auxiliares

Tempos Normalizados para as tarefas principais

Os Tempos Normalizados (TN) para as tarefas principais foram obtidos, através da utilização da técnica da cronometragem, por filas ou conjunto de filas, tendo em conta as características dos pneus, e calculados juntamente com o fator de atividade para cada observação e o número de amostras necessárias para validar os tempos. O quadro seguinte exemplifica os resultados obtidos para as filas A - D. O resultado do tempo normalizado calculado é dado por pneu. De referir que devido à enorme complexidade deste estudo, devido a características relativas a cada fila, tais como o peso do pneu, tipos de carros e outras, a cronometragem destes elementos foi dividida por grupos de filas e agrupados da seguinte forma:

- Fila A-D
- Fila E-L
- Fila M-O
- Fila P-S
- Fila T

De seguida podemos ver os resultados do cálculo do tempo normalizado para a fila A-D:

| FILAS A-B-C-D | | | | | | |
|---------------|---------------|----------|--|----------|-----------------------------|----------|
| OBS. | Tarefas | | | | | |
| | Descolar pneu | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | Validar 2 códigos de barras | |
| | Tempo [s] | F.A. [%] | Tempo [s] | F.A. [%] | Tempo [s] | F.A. [%] |
| 1 | 1,00 | 1,00 | 5,65 | 1,00 | 6,23 | 0,70 |
| 2 | 1,00 | 1,00 | 6,55 | 0,90 | 5,64 | 0,80 |
| 3 | 1,00 | 1,00 | 5,17 | 1,10 | 6,15 | 0,70 |
| 4 | 1,00 | 1,00 | 6,41 | 0,90 | 4,94 | 0,90 |
| 5 | 1,00 | 1,00 | 4,91 | 1,20 | 6,00 | 0,80 |
| 6 | 1,00 | 1,00 | 5,00 | 1,20 | 4,00 | 1,20 |
| 7 | 1,00 | 1,00 | 5,34 | 1,10 | 7,00 | 0,70 |
| 8 | 1,00 | 1,00 | 4,86 | 1,20 | 5,05 | 0,90 |
| 9 | 1,00 | 1,00 | 6,00 | 1,00 | 4,36 | 1,10 |
| 10 | 1,00 | 1,00 | 5,02 | 1,20 | 7,66 | 0,60 |
| 11 | 1,00 | 1,00 | 6,91 | 0,90 | 5,85 | 0,80 |
| 12 | 1,00 | 1,00 | 3,87 | 1,50 | 8,40 | 0,50 |
| 13 | 1,00 | 1,00 | 6,20 | 1,00 | 6,76 | 0,70 |
| 14 | 1,00 | 1,00 | 4,61 | 1,30 | 5,52 | 0,80 |
| 15 | 1,00 | 1,00 | 5,62 | 1,00 | 3,19 | 1,40 |
| 16 | 1,00 | 1,00 | 6,54 | 0,90 | 4,30 | 1,10 |
| 17 | 1,00 | 1,00 | 5,34 | 1,10 | 6,20 | 0,70 |
| 18 | 1,00 | 1,00 | 6,44 | 0,90 | 4,94 | 0,90 |
| 19 | 1,00 | 1,00 | 7,34 | 0,80 | 3,30 | 1,40 |
| 20 | 1,00 | 1,00 | 4,61 | 1,30 | 5,52 | 0,80 |
| 21 | 1,00 | 1,00 | 7,80 | 0,80 | 8,00 | 0,60 |
| 22 | 1,00 | 1,00 | 6,97 | 0,80 | 8,77 | 0,50 |
| 23 | 1,00 | 1,00 | 4,46 | 1,30 | 5,66 | 0,80 |
| 24 | 1,00 | 1,00 | 6,24 | 0,90 | 5,33 | 0,90 |
| 25 | 1,00 | 1,00 | 6,24 | 0,90 | 5,33 | 0,90 |
| 26 | 1,00 | 1,00 | 7,24 | 0,80 | 4,90 | 0,90 |
| 27 | 1,00 | 1,00 | 6,64 | 0,90 | 3,78 | 1,20 |
| 28 | 1,00 | 1,00 | 6,51 | 0,90 | 4,13 | 1,10 |
| 29 | 1,00 | 1,00 | 6,92 | 0,90 | 3,94 | 1,20 |
| 30 | 1,00 | 1,00 | 6,21 | 1,00 | 3,80 | 1,20 |
| 31 | 1,00 | 1,00 | 5,60 | 1,10 | 3,61 | 1,30 |
| 32 | 1,00 | 1,00 | 6,60 | 0,90 | 4,65 | 1,00 |
| 33 | 1,00 | 1,00 | 6,86 | 0,90 | 4,39 | 1,00 |
| 34 | 1,00 | 1,00 | 6,21 | 1,00 | 5,46 | 0,80 |
| 35 | 1,00 | 1,00 | 5,99 | 1,00 | 4,33 | 1,10 |
| 36 | 1,00 | 1,00 | 7,37 | 0,80 | 3,95 | 1,20 |
| 37 | 1,00 | 1,00 | 7,74 | 0,80 | 5,18 | 0,90 |
| 38 | 1,00 | 1,00 | 6,62 | 0,90 | 4,48 | 1,00 |
| 39 | 1,00 | 1,00 | 6,39 | 0,90 | 4,74 | 1,00 |
| 40 | 1,00 | 1,00 | 4,47 | 1,30 | 7,66 | 0,60 |
| 41 | 1,00 | 1,00 | 7,02 | 0,80 | 5,05 | 0,90 |
| 42 | 1,00 | 1,00 | 7,48 | 0,80 | 4,10 | 1,10 |
| 43 | 1,00 | 1,00 | 6,61 | 0,90 | 5,42 | 0,80 |
| 44 | 1,00 | 1,00 | 6,69 | 0,90 | 6,11 | 0,80 |
| 45 | 1,00 | 1,00 | 5,41 | 1,10 | 5,40 | 0,90 |
| 46 | 1,00 | 1,00 | 6,99 | 0,80 | 6,30 | 0,70 |
| 47 | 1,00 | 1,00 | 6,43 | 0,90 | 5,00 | 0,90 |
| 48 | 1,00 | 1,00 | 7,04 | 0,80 | 4,55 | 1,00 |
| 49 | 1,00 | 1,00 | 6,36 | 0,90 | 5,03 | 0,90 |
| 50 | 1,00 | 1,00 | 4,47 | 1,30 | 4,08 | 1,10 |
| 51 | 1,00 | 1,00 | 6,75 | 0,90 | 5,41 | 0,90 |
| 52 | 1,00 | 1,00 | 5,17 | 1,00 | 6,15 | 0,80 |
| 53 | 1,00 | 1,00 | 4,86 | 1,00 | 5,05 | 1,00 |
| 54 | 1,00 | 1,00 | 5,38 | 1,00 | 5,88 | 0,90 |
| 55 | 1,00 | 1,00 | 7,03 | 0,80 | 6,74 | 0,70 |
| 56 | 1,00 | 1,00 | 5,22 | 1,00 | 4,95 | 1,05 |
| 57 | 1,00 | 1,00 | 5,02 | 1,10 | 7,66 | 0,70 |
| 58 | 1,00 | 1,00 | 5,60 | 1,00 | 5,47 | 1,00 |
| 59 | 1,00 | 1,00 | 4,47 | 1,20 | 4,08 | 1,10 |
| 60 | 1,00 | 1,00 | 7,86 | 0,75 | 5,87 | 0,90 |
| 61 | 1,00 | 1,00 | 6,56 | 1,00 | 4,28 | 1,05 |
| 62 | 1,00 | 1,00 | 5,34 | 1,05 | 6,20 | 0,80 |
| 63 | 1,00 | 1,00 | 6,64 | 0,95 | 6,30 | 0,85 |
| 64 | 1,00 | 1,00 | 6,09 | 0,90 | 6,87 | 0,90 |
| 65 | 1,00 | 1,00 | 6,38 | 1,00 | 5,45 | 1,00 |
| 70 | 1,00 | 1,00 | 5,52 | 1,10 | 5,04 | 1,05 |
| M | 1,00 | 1,00 | 6,06 | 0,99 | 5,39 | 0,92 |
| s | 0,00 | | 0,95 | | 1,23 | |
| N° | 0,00 | | 38 | | 36 | |
| TN | 1,00 | | 5,99 | | 4,94 | |
| 6,46 | | | | | | |

Figura 53- Tempo Normalizado para as filas A-D

Tempos Normalizados para as tarefas auxiliares

A obtenção dos tempos Normalizados para as tarefas auxiliares foi feita através de registos do histórico e validadas pelas chefias ou através de pequenas amostragens feitas durante um determinado período de observação. A dificuldade do agente de estudo em obter alguns desses tempos deve-se ao fato de serem acontecimentos que ocorrem com pouca frequência e muitas vezes sem a presença do mesmo. Na tabela seguinte estão os tempos obtidos através da metodologia descrita no anexo 1.

| LISTAGEM | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|------------------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Tarefas | TP [s/pneu] | Observação [min] | Média [s] | t1 | t2 | t3 | t4 | t5 | t6 | t7 |
| Subir prateleiras L12 | 0,075 | | 1,00 | 1,00 | | | | | | |
| Subir prateleiras L20 | 0,140 | | 1,00 | 1,00 | | | | | | |
| Trocar carros - Fila de 1 L12 | 0,623 | 750 | 24,93 | 25,00 | 22,74 | 24,10 | 25,85 | 27,15 | 24,44 | ... |
| Trocar carros - Fila de 1 L20 | 0,873 | | 24,93 | 25,00 | 22,74 | 24,10 | 25,85 | 27,15 | 24,44 | ... |
| Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,470 | 750 | 18,81 | 15,18 | 17,04 | 21,68 | 19,65 | 17,49 | 20,90 | ... |
| Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,658 | | 18,81 | 15,18 | 17,04 | 21,68 | 19,65 | 17,49 | 20,90 | ... |
| Trocar carros - Fila de 3 L12 | 0,862 | 750 | 34,48 | 33,57 | 34,78 | 31,42 | 39,69 | 28,15 | 36,28 | ... |
| Trocar carros - Fila de 3 L20 | 1,207 | | 34,48 | 33,57 | 34,78 | 31,42 | 39,69 | 28,15 | 36,28 | ... |
| Efetuar pedidos à DE | 0,501 | 480 | 540,00 | 540,00 | | | | | | |
| Colocar pneus de 2 medidas | 1,168 | 180 | 6,45 | 6,37 | 6,75 | 6,54 | 6,22 | 6,55 | 7,53 | ... |
| Carros Pintura A-L | 0,233 | | 42,03 | 36,62 | 20,00 | 16,27 | 45,00 | 67,00 | 55,00 | ... |
| Carros Pintura T | 0,249 | | 10,00 | 10,00 | | | | | | |
| Engatar carros L12 | 0,083 | 750 | 1,00 | 1,00 | | | | | | |
| Engatar carros L20 | 0,050 | 750 | 1,00 | 1,00 | | | | | | |
| Desencravar pneus no canal | 0,556 | 480 | 600,00 | 600,00 | | | | | | |
| Rearmar máquina | 0,122 | 613,00 | 47,60 | 47,60 | | | | | | |
| Mudar pneus de carro | 0,111 | 480 | 600,00 | 600 | | | | | | |

Figura 54- Tempo Normalizado para as tarefas auxiliares

Cada corredor tem características próprias devendo ser analisado diferenciadamente, de forma a estas serem incorporadas no tempo-padrão. Estas características encontram-se listadas de seguida:

- Os tempos para subir as prateleiras são constantes, assim existe apenas um registo (t1), assim como engatar os carros vazios uns nos outros, para o transportador os poder levar para a pintura;
- Um corredor com apenas 1 fila de carros de cada lado, fila B e C;
- Um corredor com 1 fila de carros, fila E, apenas em um dos lados;
- Os restantes corredores com filas de 2 carros, filas D, F, G, H, I, J, K, L, N, O e R, são as que tem um tempo mais baixo, devido ao método usado na troca de carros nestas situações. O transportador, nestas situações, coloca o carro de costas um para o outro, possibilitando aos carros rodar um sobre o outro, ao contrário dos métodos para 1 carro e para 3 carros onde é necessário retirar os carros vazios para os corredores para ser possível colocar o carro cheio no lugar levando esta operação mais tempo;
- Naturalmente, as filas de 3 carros, onde existem corredores mais largos, filas H, M, P, Q, S, T, são as que levam mais tempo na troca de carros. Esta configuração apenas existe no layout

atual pois no layout proposto existe um máximo de 2 filas de carros de cada um dos lados do corredor;

- Apenas existe parque junto às filas A-L e também na fila T, todas as outras filas não se imputou este tempo devido à não existência de parque junto aos extremos, para além disso;
- Os primeiros 4 carros (extremos) são levados ao parque nas filas A-L, ao passo que na
- Na fila T todos os carros (18) são movimentados entre a vulcanização e o parque;
- Os tempos para desencravar pneus no canal e mudar pneus de carros no parque, onde estes se encontram, foram obtidos através de informação obtida junto dos operadores e das chefias, cerca de 10 minutos por turno (8 horas) para cada caso;
- No caso dos pedidos à DE isto significa que o operador necessitou de se deslocar a um computador existente na área para registar uma ocorrência nas suas prensas, de forma a esta ser intervencionada por alguém da Engenharia, o número médio de pedidos por turno (8 horas), são 3 pedidos e o tempo médio para efetuar cada pedido são 3 minutos;
- No tempo de rearmar as máquinas o estudo foi feito por fila considerando apenas o período em que o operador se encontrava parado a tentar rearmar a prensa e não o período total em que a prensa se encontrava parada, fazendo no fim a soma do total de tempo perdido (47,60 segundos) na área da vulcanização. Na altura do estudo, a fila B encontrava-se parada por falta de plano, não existindo por isso dados relativos a esta fila.

| Falhas | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Observação [min] | 31,00 | | 28,00 | 30,00 | 34,00 | 29,00 | 40,00 | 35,00 | 25,00 | 21,00 | 32,00 | 28,00 | 30,00 | 30,00 | 35,00 | 35,00 | 40,00 | 40,00 | 30,00 | 40,00 |
| Falha [min] | 0,83 | | 0,88 | 0,33 | 2,78 | 0,83 | 2,74 | 4,53 | 0,50 | 1,17 | 0,78 | 1,75 | 2,37 | 3,25 | 3,80 | 1,22 | 4,78 | 4,43 | 4,43 | 6,20 |

Figura 55- Dados obtidos em relação às falhas

Após a obtenção destes tempos e tendo as referências devidamente identificadas, foi necessário realizar alguns cálculos na obtenção dos tempos normalizados, em segundos por pneu, para cada tarefa auxiliar. De referir que os resultados obtidos para estes cálculos foram efetuados tendo em conta o layout atual que pode ir até três filas de carros e para o layout proposto, com um máximo de duas filas, tendo principalmente por isso valores diferentes para ambos os casos.

Análise do fator de fadiga e correções de descanso

No caso das correções para fadiga o valor calculado, usando uma ferramenta interna e que tem como parâmetros esforço físico, mental e ambientais, obteve-se um resultado de 9% das filas A-D, 10% para as filas E-P, com exceção à fila M, onde, devido a uma elevação no piso e que provoca mais um pouco de

esforço físico optou-se por dar 11%, valor igual às restantes filas (Q-T), com pneus mais pesados. Nas correções de descanso o valor usado na empresa é de 6%.

Perturbações

As perturbações que ficaram definidas para este projeto foram de 2% para todas as filas, obtidas através do estudo do número médio de avarias existentes na Vulcanização e dados fornecidos pela empresa.

O fato de existir uma quantidade grande de avarias nesta área foi ainda realizado um pequeno estudo para tentar perceber quais as avarias com maior incidência assim como o tempo que essas avarias representam em relação ao tempo total de paragem.

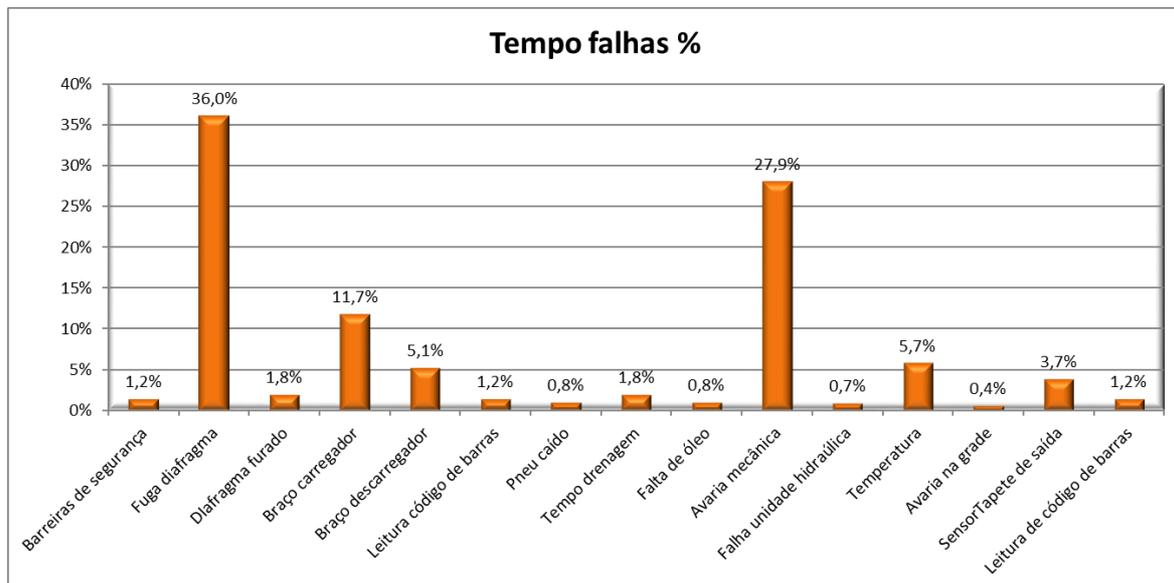


Figura 56- Percentagem do tempo de falhas

Como se pode verificar a avaria “Fuga de Diafragma” é a que representa maior incidência sendo aquela que tem o maior tempo de falha e a que representa o maior tempo de paragem por parte do operador, visto que estes tempos foram contabilizados apenas durante o período em que este esteve junto à prensa parada. Por outro lado, é possível verificar que apesar de ainda não terem sido aplicadas em todas a área da vulcanização as barreiras de segurança, estas já representam uma parte das paragens, validando deste modo o projeto para o layout que foi proposto no ponto anterior onde se encontra identificado claramente as áreas para os colaboradores e para os carros de pneus.

Tempo-padrão

Com o cálculo de todos os tempos normalizados e com o acréscimo das correções e perturbações foi possível obter o tempo-padrão por fila, para o layout atual e o layout proposto.

Na figura seguinte é possível ver o resultado do tempo-padrão para a Fila A.

| FILA A | | | | | | | |
|--------------------|--|------------------------------|--------------------|--|--------------------|----------------------------|------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] | | |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | 6,46 | Tarefas Principais | Descolar pneu | 6,46 | | |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | Tarefas Principais | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | | |
| | Validar 2 códigos de barras | | Tarefas Principais | Validar 2 códigos de barras | | | |
| Tarefas Principais | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Principais | Subir prateleiras L12 | 0,08 | | |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | 0,87 | | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | 1,21 | | |
| | Tarefas Auxiliares | Efetuar pedidos à DE | | 0,50 | Tarefas Auxiliares | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | | Colocar pneus de 2 medidas | | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | | Carros Pintura A-L | | 0,23 | | Carros Pintura A-L | 0,23 |
| | Carros Pintura T | | | Carros Pintura T | | | |
| | Engatar carros L12 | 0,08 | | Engatar carros L12 | 0,08 | | |
| | Engatar carros L20 | 0,05 | | Engatar carros L20 | 0,05 | | |
| | Desencravar pneus no canal | 0,56 | | Desencravar pneus no canal | 0,56 | | |
| | Rearmar máquina | 0,12 | | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| | Mudar pneus de carro | | | Mudar pneus de carro | | | |
| | | Total | 9,89 | | | | |
| | | Fadiga | 9% | | | | |
| | | Descanso | 6% | | | | |
| | | Perturbações | 2% | | | | |
| | | Tempo Padrão [s/pneu] | 11,58 | | | | |
| | | | | Total | 10,85 | | |
| | | | | Fadiga | 9% | | |
| | | | | Descanso | 6% | | |
| | | | | Perturbações | 2% | | |
| | | | | Tempo Padrão [s/pneu] | 12,69 | | |

Figura 57- Tabela com cálculo do tempo-padrão para a Fila A

Comparação do tempo-padrão no layout atual e proposto

Como foi referido anteriormente o layout proposto implica uma redução do tempo-padrão médio, essencialmente pela alteração do método de trabalho, ou seja, pela redução de filas de carros de 3 para 2, nos corredores.

O fato de em algumas filas ter existido um aumento de 1 para dois carros do layout atual para o layout proposto faz com que em algumas filas esse tempo-padrão seja superior ao do layout atual pois o método de troca de carros com duas filas é o mais rápido. O ganho no tempo-padrão médio da implementação do novo layout é de 2% como se pode verificar na imagem seguinte

| TEMPOS PADRÃO [s/pneu] | | |
|------------------------|-----------------|--------------|
| Fila | Layout Proposto | Layout Atual |
| A | 11,58 | 12,69 |
| B | 12,14 | 12,14 |
| C | 12,14 | 12,14 |
| D | 11,58 | 11,58 |
| E | 13,67 | 13,67 |
| F | 13,11 | 13,11 |
| G | 13,67 | 13,11 |
| H | 13,11 | 14,23 |
| I | 13,11 | 13,11 |
| J | 13,11 | 13,11 |
| K | 13,67 | 13,11 |
| L | 13,11 | 13,11 |
| M | 12,94 | 14,07 |
| N | 13,40 | 12,83 |
| O | 12,83 | 12,83 |
| P | 16,24 | 17,36 |
| Q | 16,38 | 17,51 |
| R | 16,38 | 16,38 |
| S | 16,38 | 17,51 |
| T | 16,11 | 17,24 |
| Média | 13,73 | 14,04 |
| Ganho | 2% | |

Figura 58- Tabela de comparação do tempo-padrão

6.3 Balanceamento

Balanceamento para 17 operadores

Os pressupostos a aplicar no balanceamento para 17 operadores utilizando a metodologia *working balance* foram:

- Fila e meia para cada operador, sempre que possível;
- Os operadores são responsáveis por um número fixo de máquinas;
- Colocação dos operadores nos corredores;
- Máximo de duas filas diferentes.

O objetivo destes é aumentar a produtividade e reduzir o desgaste por parte dos operadores através de um melhor controlo das prensas e reduzir a distância percorrida pelos operadores.

Tendo isto em consideração, o balanceamento para 17 operadores, inclui um operador extra para um dos períodos de descanso, ficariam distribuídos da seguinte forma no *layout* atual realizado em CAD, onde cada cor identifica um operador alternadamente.

Taxa de ocupação e manipulação de cargas para 17 operadores

A taxa de ocupação é nos dada pelo acumulado dos tempos-padrão e a soma das distâncias percorridas pelo operador antes do fim de um ciclo de vulcanização como se pode verificar na figura 59.

A tabela com os pesos médios dos pneus por cavidade permite-nos calcular a carga manipulada por operador através do número de prensas e das filas pelas quais este é responsável.

Na figura seguinte podemos ver o exemplo do cálculo para o op. 1.

Tabela 5-Cálculo da carga manipulada pelo operador 1

| op 1 | | | |
|-------------|---------|------------------------|------------------|
| | Prensas | Peso médio pneus/turno | Carga manipulada |
| Fila A | 10 | 283,16 | 7895,6 |
| Fila B | 4 | 279,05 | |

O quadro seguinte resume dois dos indicadores utilizados neste estudo, assim como o número de prensas que cada operador está responsável.

| Operador | Prensas [n.º] | Taxa de ocupação [%] | Carga manipulada [kg/operador/turno] |
|----------|---------------|----------------------|--------------------------------------|
| 1 | 14 | 66% | 7896 |
| 2 | 14 | 53% | 7805 |
| 3 | 15 | 66% | 8692 |
| 4 | 12 | 61% | 8031 |
| 5 | 17 | 84% | 10375 |
| 6 | 17 | 84% | 11489 |
| 7 | 17 | 82% | 11130 |
| 8 | 18 | 84% | 12398 |
| 9 | 16 | 80% | 12744 |
| 10 | 16 | 73% | 12823 |
| 11 | 14 | 76% | 11816 |
| 12 | 14 | 73% | 12544 |
| 13 | 15 | 93% | 14063 |
| 14 | 14 | 88% | 12704 |
| 15 | 13 | 68% | 11604 |
| 16 | 12 | 76% | 8714 |
| 17 | 16 | 74% | 13048 |

Figura 61-Nº de prensas, taxa de ocupação e carga manipulada para 17 operadores

A taxa de ocupação média é de 75% neste balanceamento, sendo o operador 13 o que se encontra com uma taxa de ocupação mais elevada, com 93%, assim como o que manipula cargas mais pesadas, com 14063 kg por turno.

Através do gráfico torna-se mais perceptível a variação da taxa de ocupação dos operadores:

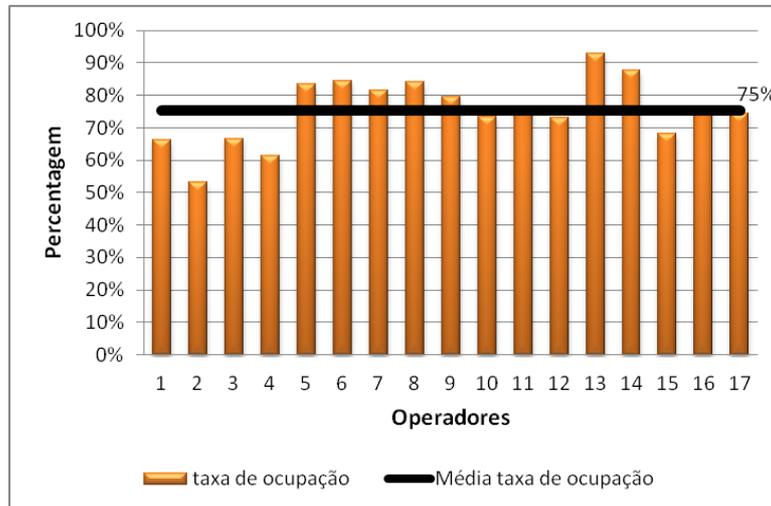


Figura 62- Gráfico da taxa de ocupação

Para a manipulação de cargas o gráfico é o seguinte:

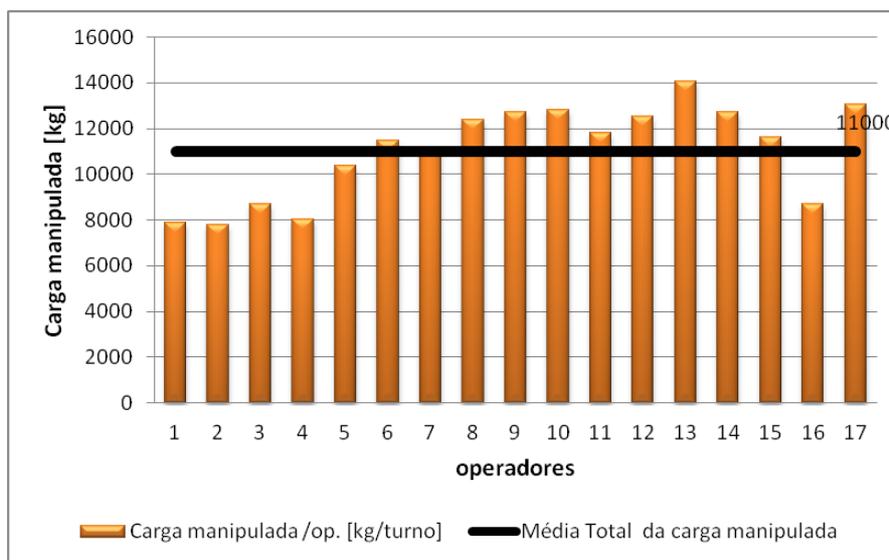


Figura 63-Gráfico da Carga manipulada

Podemos ver, através dos gráficos que existe alguma diferença entre os operadores. Isto deve-se em parte ao pressuposto de que cada operador seja responsável apenas por duas filas (em média fila e meia), com o objetivo de garantir um maior controlo das prensas assim como otimizar a distância percorrida pelos operadores.

Guia NIOSH

Em todas as propostas de balanceamento, as principais variáveis que se teve em consideração para se escolher o operador a ser estudado foram as seguintes:

- Carga média manipulada (variável c/ maior impacto);
- Carga máxima manipulada;
- N. ° de repetições (por turno).

Estas variáveis foram tidas em conta, uma vez que nem sempre o operador que tem uma carga manipulada superior, por turno, é aquele que tem uma carga manipulada média por pneu (peso do pneu) superior, o que implica que o operador com maior risco de LMERT's, é aquele que tem uma carga manipulada média superior, pois o peso do pneu tem uma maior influência que o número de repetições que o operador realiza ao realizar as tarefas.

A aplicação do Guia NIOSH para tarefas múltiplas será feita ao operador 13 para 4 e para 5 tarefas, pois neste caso, é aquele que além de ter maior carga manipulada por turno e também o que tem os pneus mais pesados, como podemos ver no quadro seguinte.

Tabela 6-Quadro resumo das variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 4 tarefas

| 17 operadores | | | | | | | |
|---------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|---------------------|
| op. | nº de prensas | Carga manipulada | Nº de pneus | Peso médio/pneu | Peso máx./pneu | Nº prateleiras | Nº de elevações/min |
| 1 | 14 | 7895,6 | 1162 | 6,8 | 7,4 | 4,0 | 0,61 |
| 2 | 14 | 7805,3 | 1158 | 6,7 | 7,5 | 4,0 | 0,60 |
| 3 | 15 | 8691,6 | 1260 | 6,9 | 9,5 | 4,0 | 0,66 |
| 4 | 12 | 8030,9 | 1006 | 8,0 | 8,8 | 4,0 | 0,52 |
| 5 | 17 | 10375,4 | 1421 | 7,3 | 9,5 | 4,0 | 0,74 |
| 6 | 17 | 11489,0 | 1419 | 8,1 | 9,5 | 4,0 | 0,74 |
| 7 | 17 | 11130,4 | 1420 | 7,8 | 9,7 | 4,0 | 0,74 |
| 8 | 18 | 12397,5 | 1510 | 8,2 | 9,5 | 4,0 | 0,79 |
| 9 | 16 | 12744,2 | 1325 | 9,6 | 13,2 | 4,0 | 0,69 |
| 10 | 16 | 12823,0 | 1338 | 9,6 | 12,1 | 4,0 | 0,70 |
| 11 | 14 | 11816,2 | 1148 | 10,3 | 12,2 | 4,0 | 0,60 |
| 12 | 14 | 12275,4 | 1150 | 10,7 | 14,5 | 4,0 | 0,60 |
| 13 | 15 | 14062,5 | 1234 | 11,4 | 15,3 | 4,0 | 0,64 |
| 14 | 14 | 12704,4 | 1150 | 11,0 | 13,9 | 4,0 | 0,60 |
| 15 | 13 | 11604,4 | 1065 | 10,9 | 13,3 | 4,0 | 0,55 |
| 16 | 12 | 8713,9 | 1000 | 8,7 | 12,2 | 4,0 | 0,52 |
| 17 | 16 | 13048,0 | 1311 | 10,0 | 12,2 | 4,0 | 0,68 |

Para 5 tarefas, ficaria assim o quadro:

Tabela 7-Quadro resumo das variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 5 tarefas

| 17 operadores | | | | | | | |
|---------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|---------------------|
| op. | nº de prensas | Carga manipulada | Nº de pneus | Peso médio/pneu | Peso máx./pneu | Nº prateleiras | Nº de elevações/min |
| 1 | 14 | 7895,6 | 1162 | 6,8 | 7,4 | 5,0 | 0,48 |
| 2 | 14 | 7805,3 | 1158 | 6,7 | 7,5 | 5,0 | 0,48 |
| 3 | 15 | 8691,6 | 1260 | 6,9 | 9,5 | 5,0 | 0,53 |
| 4 | 12 | 8030,9 | 1006 | 8,0 | 8,8 | 5,0 | 0,42 |
| 5 | 17 | 10375,4 | 1421 | 7,3 | 9,5 | 5,0 | 0,59 |
| 6 | 17 | 11489,0 | 1419 | 8,1 | 9,5 | 5,0 | 0,59 |
| 7 | 17 | 11130,4 | 1420 | 7,8 | 9,7 | 5,0 | 0,59 |
| 8 | 18 | 12397,5 | 1510 | 8,2 | 9,5 | 5,0 | 0,63 |
| 9 | 16 | 12744,2 | 1325 | 9,6 | 13,2 | 5,0 | 0,55 |
| 10 | 16 | 12823,0 | 1338 | 9,6 | 12,1 | 5,0 | 0,56 |
| 11 | 14 | 11816,2 | 1148 | 10,3 | 12,2 | 5,0 | 0,48 |
| 12 | 14 | 12275,4 | 1150 | 10,7 | 14,5 | 5,0 | 0,48 |
| 13 | 15 | 14062,5 | 1234 | 11,4 | 15,3 | 5,0 | 0,51 |
| 14 | 14 | 12704,4 | 1150 | 11,0 | 13,9 | 5,0 | 0,48 |
| 15 | 13 | 11604,4 | 1065 | 10,9 | 13,3 | 5,0 | 0,44 |
| 16 | 12 | 8713,9 | 1000 | 8,7 | 12,2 | 5,0 | 0,42 |
| 17 | 16 | 13048,0 | 1311 | 10,0 | 12,2 | 5,0 | 0,55 |

Com a obtenção destes resultados foi possível aplicar a equação NIOSH e calcular o Índice de Elevação Composto (IEC) para o operador 13, para 4 e para 5 tarefas.

Para 4 tarefas:

| Operador 13 (Fila T) | | | | |
|---|-------------|---|----------|-------------|
| Parâmetros | Tarefa 1 | Tarefa 2 | Tarefa 3 | Tarefa 4 |
| Constante de Carga (CC) | 23 kg | 23 kg | 23 kg | 23 kg |
| Distância Horizontal ao centro do pneu (MH) (min 25 cm, max 64 cm) | 60 cm | 60 cm | 60 cm | 60 cm |
| Distância vertical das mãos ao solo (MV) (min 0 cm, max 178 cm) | 25 cm | 80 cm | 130 cm | 178 cm |
| Distância vertical percorrida pelo pneu (MD) (min 25 cm, max 178 cm) | 75 cm | 20 cm | 30 cm | 78 cm |
| Ângulo de torção do corpo (MA) (min 0°, max 135°) | 0 deg | 0 deg | 0 deg | 0 deg |
| Frequência de manipulações (MF) (min 0.2 lifts/min) | 0,56 l/m | 0,56 l/m | 0,56 l/m | 0,56 l/m |
| Duração do período com tarefas de elevação (1 hr., 2 hrs., 8 hrs.) | 8 hr(s) | 8 hr(s) | 8 hr(s) | 8 hr(s) |
| Qualidade das pegas (1=good, 2=fair, 3=poor) | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Peso máximo do pneu | 15,3 Kg | 15,3 Kg | 15,3 Kg | 15,3 Kg |
| Peso médio do pneu | 11,4 Kg | 11,4 Kg | 11,4 Kg | 11,4 Kg |
| P.L.R.T.S. | 5,52 | 7,65 | 6,29 | 4,71 |
| P.L.R.I.F | 6,81 | 9,44 | 7,76 | 5,81 |
| I.E.T.S | 2,07 | 1,49 | 1,81 | 2,42 |
| I.E.I.F | 2,25 | 1,62 | 1,97 | 2,63 |
| Risco de desenvolvimento de LMERTs | I.E.C | | | |
| Aceitável | ≤ 1 | Índice de elevação composto (I.E.C.) = | | 2,98 |
| Acrescido | Entre 1 e 3 | | | |
| Substancial | > 3 | | | |

Figura 64- Índice de elevação para 4 tarefas

Para 5 tarefas:

| Operador 13 (Fila T) | | | | | |
|---|-------------|--|----------|----------|----------|
| Parâmetros | Tarefa 1 | Tarefa 2 | Tarefa 3 | Tarefa 4 | Tarefa 5 |
| Constante de Carga (CC) | 23 kg | 23 kg | 23 kg | 23 kg | 23 kg |
| Distância Horizontal ao centro do pneu (MH) (min 25 cm, max 64 cm) | 60 cm | 60 cm | 60 cm | 60 cm | 60 cm |
| Distância vertical das mãos ao solo (MV) (min 0 cm, max 178 cm) | 25 cm | 60 cm | 100 cm | 130 cm | 160 cm |
| Distância vertical percorrida pelo pneu (MD) (min 25 cm, max 178 cm) | 75 cm | 40 cm | 0 cm | 30 cm | 60 cm |
| Ângulo de torção do corpo (MA) (min 0°, max 135°) | 0 deg | 0 deg | 0 deg | 0 deg | 0 deg |
| Frequência de manipulações (MF) (min 0.2 lifts/min) | 0,5 l/m | 0,5 l/m | 0,5 l/m | 0,5 l/m | 0,5 l/m |
| Duração do período com tarefas de elevação (1 hr., 2 hrs., 8 hrs.) | 8 hr(s) | 8 hr(s) | 8 hr(s) | 8 hr(s) | 8 hr(s) |
| Qualidade das pegas (1=good, 2=fair, 3=poor) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Peso máximo do pneu | 15,3 Kg | 15,3 Kg | 15,3 Kg | 15,3 Kg | 15,3 Kg |
| Peso médio do pneu | 11,4 Kg | 11,4 Kg | 11,4 Kg | 11,4 Kg | 11,4 Kg |
| P.L.R.T.S. | 5,52 | 6,57 | 7,18 | 6,29 | 5,18 |
| P.L.R.IF | 6,81 | 8,11 | 8,86 | 7,76 | 6,39 |
| I.E.T.S | 1,90 | 1,60 | 2,46 | 1,67 | 2,03 |
| I.E.IF | 2,25 | 1,89 | 1,73 | 1,97 | 2,39 |
| Risco de desenvolvimento de LMERTs | I.E.C | | | | |
| Aceitável | <= 1 | Índice de elevação composto (I.E.C.) = | | | 2,64 |
| Acrecido | Entre 1 e 3 | | | | |
| Substancial | > 3 | | | | |

Figura 65- Índice de elevação para 5 tarefas

Após a obtenção dos Índices para 4 e para 5 tarefas obteve-se um resultado final para o índice de 2,86 tendo em conta a percentagem de tempo que o operador está a realizar cada tarefa.

| Índice NIOSH | | |
|--------------|-------------|------|
| | 70% | 30% |
| Op13 | 2,81 | 2,98 |
| | 2,86 | |

Figura 66- Resultado final para o Risco de LMERT's

O resultado indica que devem ser tomadas algumas ações, como por exemplo, trocar o tipo de carros existentes nesta área e serem feitos estudos mais aprofundados no posto de trabalho, pois existe algum risco de LMERT's no mesmo.

Balanceamento nas desdobras para 17 operadores

O quadro seguinte demonstra o resultado da taxa de ocupação nos intervalos de descanso para refeições, assim como o número de prensas que irá ser responsável.

| Operador | Prensas [n.º] | Taxa de ocupação [%] |
|----------|---------------|----------------------|
| 1 | 23 | 102% |
| 2 | 24 | 104% |
| 3 | 19 | 85% |
| 4 | 23 | 105% |
| 5 | 24 | 105% |
| 6 | 22 | 98% |
| 7 | 21 | 88% |
| 8 | 19 | 101% |
| 9 | 16 | 82% |
| 10 | 14 | 89% |
| 11 | 16 | 100% |
| 12 | 17 | 95% |
| 13 | 16 | 75% |

Figura 67-Taxa de ocupação nas desdobras

Neste caso, o único indicador que foi tido em conta foi a taxa de ocupação e que em alguns casos é superior a 100%, mas que não implica paragens de produção uma vez que no tempo-padrão está incluído uma variável para descanso de 6%. Nos casos em que existe uma taxa mais baixa, isso prende-se com o fato de terminar o seu percurso no final de uma fila e a deslocação a outra prensa em outra fila, iria fazer ultrapassar os 100%, sendo preferível terminar o seu percurso nesse local. Como é possível verificar o número mínimo de operadores é de 13, demonstrando a necessidade de um operador extra num dos 4 intervalos.

Balanceamento para 18 operadores

O balanceamento para 18 operadores surge com a necessidade de um operador extra para um dos intervalos e possui os mesmos pressupostos que para 17 operadores. O objetivo deste balanceamento seria reduzir a carga manipulada pelos operadores mais carregados, reduzir o risco de LMERT's e distribuir a ocupação dos operadores de forma mais equitativa. Sendo assim, optou-se por colocar o operador extra nas filas onde estes indicadores eram mais problemáticos. O sistema de balanceamento é igual ao acima descrito (*working balance*) e foram obtidos os seguintes resultados que se pode visualizar no *Layout*.



Figura 68- Distribuição dos operadores no Layout

Taxa de ocupação e manipulação de cargas para 18 operadores

Os resultados obtidos para este balanceamento foram os seguintes:

| Operador | Prensas [n.º] | Taxa de ocupação [%] | Carga manipulada [kg/operador/turno] |
|----------|---------------|----------------------|--------------------------------------|
| 1 | 14 | 66% | 7896 |
| 2 | 14 | 53% | 7805 |
| 3 | 15 | 66% | 8692 |
| 4 | 12 | 61% | 8031 |
| 5 | 17 | 84% | 10375 |
| 6 | 17 | 84% | 11489 |
| 7 | 17 | 82% | 11130 |
| 8 | 18 | 84% | 12398 |
| 9 | 16 | 79% | 12744 |
| 10 | 16 | 77% | 12823 |
| 11 | 13 | 70% | 10924 |
| 12 | 13 | 68% | 12323 |
| 13 | 13 | 70% | 11443 |
| 14 | 10 | 61% | 9148 |
| 15 | 11 | 68% | 9953 |
| 16 | 13 | 66% | 11450 |
| 17 | 12 | 76% | 8587 |
| 18 | 13 | 60% | 9544 |

Figura 69-Nº de prensas, taxa de ocupação e carga manipulada para 18 operadores

A taxa de ocupação média para este balanceamento é de 71% com um máximo de 84 % e a carga manipulada máxima é de 12823 kg, sendo possível verificar que o operador com os pneus mais pesados (operador 13) não é o que tem uma manipulação de carga por turno maior.

É possível verificar visualmente, através de um gráfico, a variação da taxa de ocupação e da carga manipulada dos operadores:

Taxa de ocupação:

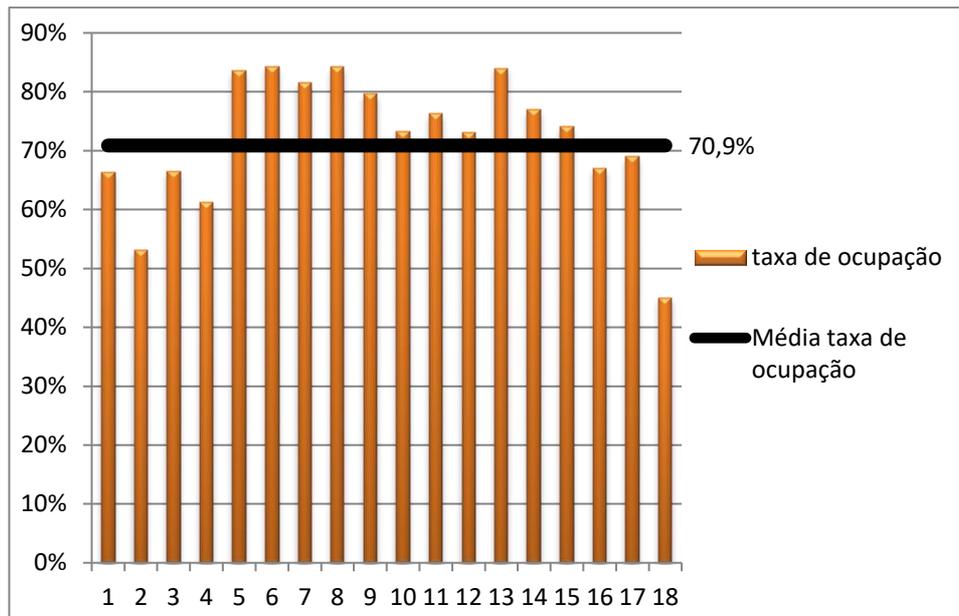


Figura 70- Gráfico da Taxa de ocupação

O gráfico da carga manipulada é o seguinte:

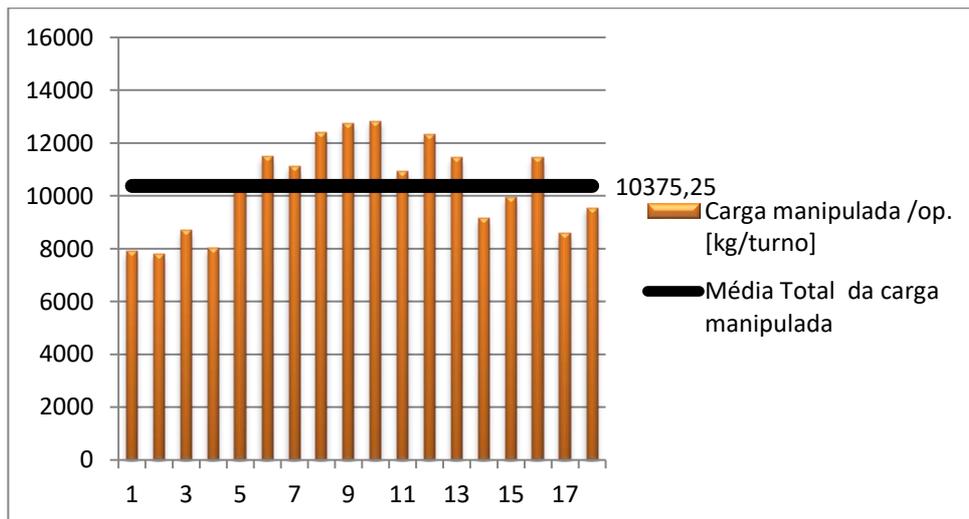


Figura 71-Gráfico da carga manipulada

Apesar da carga manipulada ter descido para o operador 13, sendo agora o operador 10 o operador com maior carga manipulada por turno devido ao fato de carregar mais pneus, ou seja, a repetir mais vezes a tarefa e não por ter pneus mais pesados, este último (peso do pneu) tem uma importância maior no cálculo da equação NIOSH do que o número de repetições ou elevações, continuando o operador 13 a ser aquele com um maior risco de LMERT's como é possível verificar pelo quadro para 4 e 5 tarefas.

4 tarefas:

Tabela 8-Quadro resumo de variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 4 tarefas.

| 18 operadores | | | | | | | |
|---------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|---------------------|
| op. | nº de prensas | Carga manipulada | Nº de pneus | Peso médio/pneu | Peso máx./pneu | Nº prateleiras | Nº de elevações/min |
| 1 | 14 | 7895,6 | 1162 | 6,8 | 7,4 | 4,0 | 0,61 |
| 2 | 14 | 7805,3 | 1158 | 6,7 | 7,5 | 4,0 | 0,60 |
| 3 | 15 | 8691,6 | 1260 | 6,9 | 9,5 | 4,0 | 0,66 |
| 4 | 12 | 8030,88 | 1006 | 8,0 | 8,8 | 4,0 | 0,52 |
| 5 | 17 | 10375,44 | 1421 | 7,3 | 9,5 | 4,0 | 0,74 |
| 6 | 17 | 11489,036 | 1419 | 8,1 | 9,5 | 4,0 | 0,74 |
| 7 | 17 | 11130,42 | 1420 | 7,8 | 9,7 | 4,0 | 0,74 |
| 8 | 18 | 12397,54 | 1510 | 8,2 | 9,5 | 4,0 | 0,79 |
| 9 | 16 | 12744,178 | 1325 | 9,6 | 13,2 | 4,0 | 0,69 |
| 10 | 16 | 12822,96 | 1338 | 9,6 | 12,1 | 4,0 | 0,70 |
| 11 | 13 | 10924,02 | 1066 | 10,2 | 12,2 | 4,0 | 0,56 |
| 12 | 13 | 11430,9 | 1068 | 10,7 | 14,5 | 4,0 | 0,56 |
| 13 | 13 | 12140 | 1069 | 11,4 | 15,3 | 4,0 | 0,56 |
| 14 | 10 | 9147,92 | 823 | 11,1 | 13,9 | 4,0 | 0,43 |
| 15 | 11 | 9952,862 | 903 | 11,0 | 13,9 | 4,0 | 0,47 |
| 16 | 13 | 11450,29 | 1065 | 10,8 | 13,3 | 4,0 | 0,55 |
| 17 | 12 | 8587,14 | 1001 | 8,6 | 12,2 | 4,0 | 0,52 |
| 18 | 13 | 9543,5 | 1064 | 9,0 | 12,2 | 4,0 | 0,55 |

5 tarefas:

Tabela 9-Quadro resumo de variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 5 tarefas.

| 18 operadores | | | | | | | |
|---------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|---------------------|
| op. | nº de prensas | Carga manipulada | Nº de pneus | Peso médio/pneu | Peso máx./pneu | Nº prateleiras | Nº de elevações/min |
| 1 | 14 | 7895,6 | 1162 | 6,8 | 7,4 | 5,0 | 0,48 |
| 2 | 14 | 7805,3 | 1158 | 6,7 | 7,5 | 5,0 | 0,48 |
| 3 | 15 | 8691,6 | 1260 | 6,9 | 9,5 | 5,0 | 0,53 |
| 4 | 12 | 8030,88 | 1006 | 8,0 | 8,8 | 5,0 | 0,42 |
| 5 | 17 | 10375,44 | 1421 | 7,3 | 9,5 | 5,0 | 0,59 |
| 6 | 17 | 11489,036 | 1419 | 8,1 | 9,5 | 5,0 | 0,59 |
| 7 | 17 | 11130,42 | 1420 | 7,8 | 9,7 | 5,0 | 0,59 |
| 8 | 18 | 12397,54 | 1510 | 8,2 | 9,5 | 5,0 | 0,63 |
| 9 | 16 | 12744,178 | 1325 | 9,6 | 13,2 | 5,0 | 0,55 |
| 10 | 16 | 12822,96 | 1338 | 9,6 | 12,1 | 5,0 | 0,56 |
| 11 | 13 | 10924,02 | 1066 | 10,2 | 12,2 | 5,0 | 0,44 |
| 12 | 13 | 11430,9 | 1068 | 10,7 | 14,5 | 5,0 | 0,44 |
| 13 | 13 | 12140 | 1069 | 11,4 | 15,3 | 5,0 | 0,45 |
| 14 | 10 | 9147,92 | 823 | 11,1 | 13,9 | 5,0 | 0,34 |
| 15 | 11 | 9952,862 | 903 | 11,0 | 13,9 | 5,0 | 0,38 |
| 16 | 13 | 11450,29 | 1065 | 10,8 | 13,3 | 5,0 | 0,44 |
| 17 | 12 | 8587,14 | 1001 | 8,6 | 12,2 | 5,0 | 0,42 |
| 18 | 13 | 9543,5 | 1064 | 9,0 | 12,2 | 5,0 | 0,44 |

Após a realização dos mesmos cálculos que foram efetuados para 17 operadores, estes demonstraram que, para 18 operadores, apesar de termos baixado a carga manipulada por turno o nível de risco manteve-se quase inalterado, baixando um pouco principalmente pela redução do número de elevações, existindo ainda um risco acrescido, como é possível ver pela figura seguinte:

| | Índice NIOSH | | 2,84 |
|------|--------------|------|------|
| | 70% | 30% | |
| Op13 | 2,78 | 2,97 | |

Figura 72-Resultado final para o Risco de LMERT's

Neste caso, também será necessário realizar estudos mais específicos e melhoramentos nos postos de trabalho, assim como também, a título de exemplo, fazer a troca dos carros existentes nesta área.

Balanceamento por módulos para 17 operadores

O balanceamento por módulos foi uma solução que surgiu devido às características dos postos de trabalho, com o intuito de melhorar as condições de trabalho dos operadores e equilibrar os indicadores utilizados no âmbito deste projeto. Sendo assim, o *layout* para este balanceamento é o seguinte:

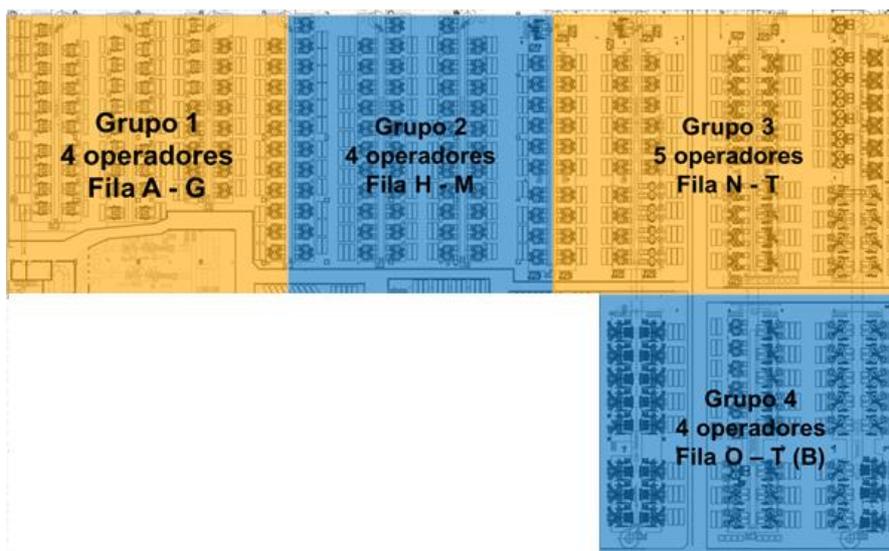


Figura 73-Layout do balanceamento por módulos

Este balanceamento é feito por grupos de filas completas, tendo todos os operadores as mesmas responsabilidades na área em que trabalham.

Taxa de ocupação e manipulação de cargas

Podemos ver os resultados obtidos com este balanceamento relativamente à taxa de ocupação e carga manipulada no quadro seguinte:

Tabela 10-Nº de prensas, taxa de ocupação e carga manipulada para o balanceamento por módulos

| Nº de Op. | Filas | taxa de ocupação | Média de prensas atribuídas | Carga manipulada /op. [kg/turno] |
|--------------|------------|------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 4 operadores | Fila A-G | 67% | 17 | 9731,7 |
| 4 operadores | Fila H_M | 76% | 17 | 11952,4 |
| 5 operadores | Fila N-T | 68% | 14 | 12120,5 |
| 4 operadores | Fila O1-T1 | 58% | 12 | 10183,0 |
| Média | | 67% | | |

É possível verificar que através deste balanceamento existe um maior equilíbrio entre a ocupação e a carga manipulada entre os operadores e além disso uma redução na taxa de ocupação média, sendo que é o que possui melhores resultados dos três balanceamentos nestes indicadores.

Podemos ver graficamente que existe um equilíbrio na taxa de ocupação e na carga manipulada neste cenário.

Taxa de ocupação:

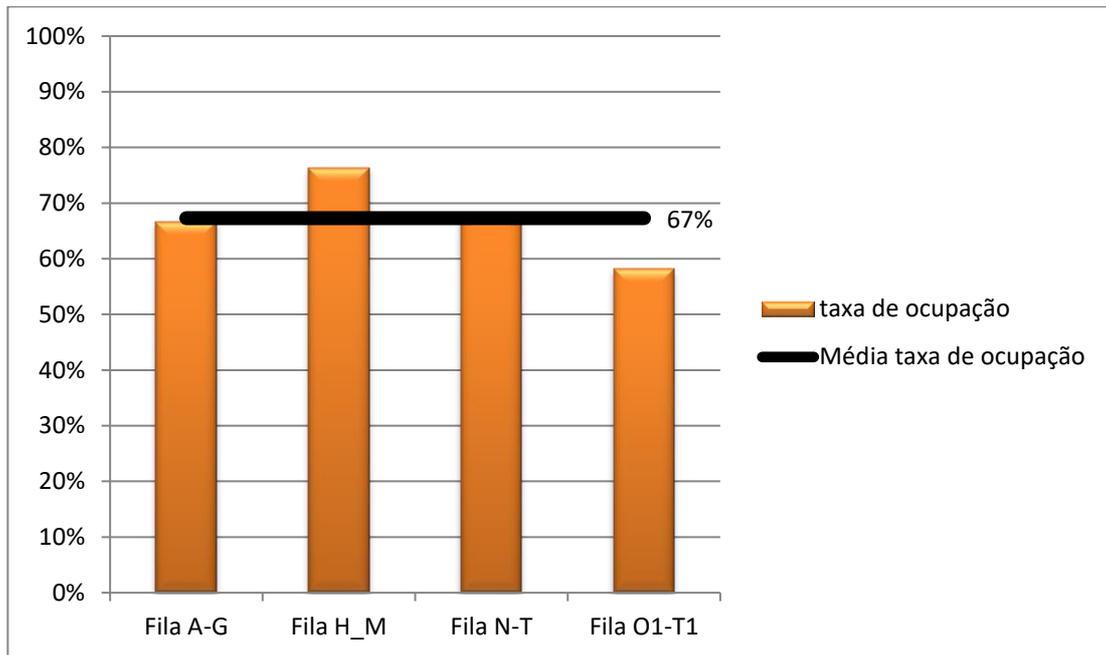


Figura 74-Gráfico taxa de ocupação

Carga manipulada:

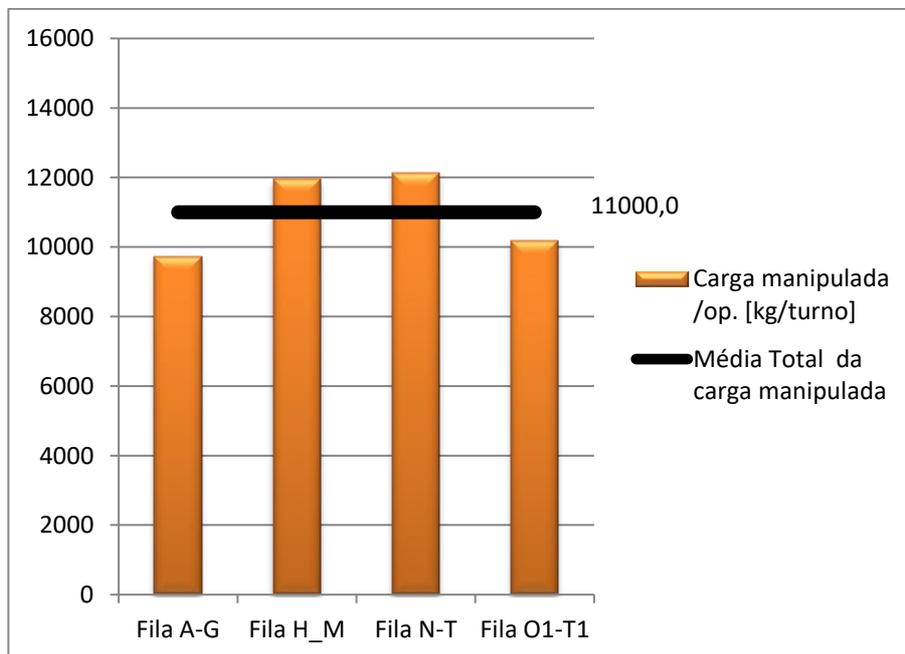


Figura 75-Gráfico carga manipulada

Guia NIOSH

Neste caso a equação NIOSH foi aplicada a todos os postos de trabalho dos operadores.

O quadro seguinte mostra os resultados obtidos em relação às variáveis necessárias à aplicação do método.

4 tarefas:

| Módulos | | | | | | | |
|------------|---------------------|------------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|---------------------|
| Filas | nº médio de prensas | Carga manipulada | Nº de pneus | Peso médio/pneu | Peso máx./pneu | Nº prateleiras | Nº de elevações/min |
| Fila A-G | 16,5 | 9731,7 | 1378 | 7,1 | 9,5 | 4,0 | 0,72 |
| Fila H_M | 17,25 | 11952,4 | 1440 | 8,3 | 13,2 | 4,0 | 0,75 |
| Fila N-T | 14 | 12120,5 | 1155 | 10,5 | 15,3 | 4,0 | 0,60 |
| Fila O1-T1 | 12,25 | 10183,0 | 1008 | 10,1 | 13,9 | 4,0 | 0,53 |

Figura 76-Quadro resumo das variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 4 tarefas

Devido ao fato dos operadores terem de se deslocar por mais filas onde os pneus tem pesos diferentes, o peso médio máximo dos pneus também baixa.

5 tarefas:

| Módulos | | | | | | | |
|------------|---------------------|------------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|---------------------|
| Filas | nº médio de prensas | Carga manipulada | Nº de pneus | Peso médio/pneu | Peso máx./pneu | Nº prateleiras | Nº de elevações/min |
| Fila A-G | 16,5 | 9731,7 | 1378 | 7,1 | 9,5 | 5,0 | 0,57 |
| Fila H_M | 17,25 | 11952,4 | 1440 | 8,3 | 13,2 | 5,0 | 0,60 |
| Fila N-T | 14 | 12120,5 | 1155 | 10,5 | 15,3 | 5,0 | 0,48 |
| Fila O1-T1 | 12,25 | 10183,0 | 1008 | 10,1 | 13,9 | 5,0 | 0,42 |

Figura 77-Quadro resumo das variáveis utilizadas na aplicação da equação NIOSH para 5 tarefas

Os resultados obtidos com a aplicação da equação NIOSH foram os seguintes:

| | Índice NIOSH | | |
|------------|--------------|------|------|
| | 70% | 30% | |
| Fila A-G | 1,75 | 1,89 | 1,79 |
| Fila H M | 2,55 | 2,69 | 2,59 |
| Fila N-T | 2,49 | 2,78 | 2,58 |
| Fila O1-T1 | 2,48 | 2,64 | 2,53 |

Figura 78-Resultado final para o Risco de LMERT's

Apesar da redução do risco de lesões, com a utilização deste balanceamento, foi possível reduzir um pouco esse mesmo risco, obtendo um valor máximo de 2,59.

Balanceamento nas desdobras

Também para este balanceamento será necessário a inclusão de um operador para um dos intervalos de descanso, nomeadamente na fila N-T onde existem 5 operadores.

Os resultados para este balanceamento foram os seguintes:

| Operadores | Prensas [n.º médio] | Taxa de ocupação [%] |
|--------------|------------------------|-------------------------|
| 3 operadores | 22 | 99% |
| 3 operadores | 23 | 105% |
| 4 operadores | 18 | 98% |
| 3 operadores | 16 | 94% |

Figura 79-Taxa de ocupação nas desdobras

Mais uma vez temos uma taxa de ocupação superior a 100% sem que isso signifique perdas de produtividade devido à inclusão no tempo-padrão de 6% para descanso. Para este modelo a taxa média de ocupação é de 99%.

Comparação dos 3 cenários

Após a conclusão do balanceamento foi possível ver as vantagens e desvantagens de cada um dos cenários e deste modo fazer uma comparação entre os mesmos. O quadro seguinte resume os principais aspetos de cada um dos 3 cenários.

| Cenário | A (Ind.17) | B (Ind.18) | C (Mód.17) |
|-------------------|--|--|--|
| Taxa de ocupação | Grande variação Média superior | Grande variação Média inferior | Dist. equilibrada Média superior |
| Carga manipulada | Grande variação Valor máx. Superior | Grande variação Valor máx. inferior | Dist. equilibrada Valor máx. inferior |
| Índices de risco | Acrescido (2,86) | Acrescido (2,84) | Acrescido (2,59) |
| Custos adicionais | 3k €/ano | 36k €/ano | 3k €/ano |

Figura 80-Quadro resumo da comparação entre os cenários.

Para além das informações obtidas anteriormente, este quadro também nos fornece informação, bastante importante, relativamente ao custo por ano de ter um operador durante um turno completo (cenário B), ou durante apenas as horas de descanso (cenário A e C).

Simulação do cenário por módulos para 17 operadores.

Após a conclusão do estudo do balanceamento e com os dados obtidos relativamente ao cenário por módulos em que demonstrava que este tinha os indicadores mais positivos, ficou decidido avançar para o terreno e testar este novo método de trabalho. Iniciou-se com uma pequena conversa com os operadores relativamente àquilo que ia ser feito e explicadas quais as vantagens deste novo método, pois era algo diferente daquilo que eles estavam habituados. As simulações tiveram uma duração de duas horas e foram feitas no grupo 1 e no grupo 4 em dias e semanas diferentes de forma a conseguir chegar ao maior número possível de operadores. Após a conclusão das simulações foi possível chegar às seguintes conclusões quanto às vantagens e desvantagens desta metodologia:

Vantagens:

- Distribuição equitativa de carga pelos operadores (nenhum operador fica exclusivamente dedicado a uma fila com pneus de maiores dimensões);
- Diminuição global da ocupação dos operadores (menor desequilíbrio entre taxas de ocupação);
- Facilidade na gestão das pausas (trabalho em equipa);
- Ritmo de trabalho mais baixo e constante;
- Maior controlo das prensas (menor tempo de deslocação fora das prensas).

Desvantagens:

- Passagem de informação entre vulcanizadores nos casos de falhas de máquinas (implica algum método de divulgação da informação entre os elementos da equipa);
- Coordenação entre vulcanizadores e transportadores (implica coordenação de vários vulcanizadores com vários transportadores);
- Partilha de informação relativamente a artigos (implica que a informação seja sempre partilhada por todos os elementos da equipa);
- Dificil coordenação das equipas da semana devido às janelas (perturba a estabilidade e evolução dos elementos como equipa).

Com estes resultados foi possível ter uma ideia mais clara relativamente àquilo que se passa no terreno e às dificuldades existentes, de forma a poder definir planos de ação e suprimir os problemas encontrados para ser possível implementar este cenário.

6.4 SMED

Levantamento e registo das tarefas executadas na mudança de molde

O acompanhamento de mudança de moldes permitiu obter informações importantes em relação às tarefas necessárias à mudança de moldes e à responsabilidade de quem as executava. Ao longo do processo de registo, através de vídeo, foi possível obter dados importantes para a realização do projeto SMED. Uma vez que a mudança de dois moldes é mais complexa e as metodologias poderem ser utilizadas para a mudança de apenas um optou-se por fazer um estudo para a mudança de dois moldes.

Separação das tarefas internas e externas

Os tempos relativos à mudança de moldes e a separação das tarefas internas e externas cada foi registada na folha seguinte.

| 2 operadores (2 prensas) | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------|---------|----------|----------|-------------------------------------|---------|---------|----------|-----|
| Date | | | | | | | | | | |
| Process name | | Mudança de moldes | | | | | | | | |
| Name of observer | | | | | | | | | | |
| Change from | | | | | | | | | | |
| Change to | | | | | | | | | | |
| Nº | Operador 1 | | | | | Operador 2 | | | | |
| | Task description | Interno | Externo | tempo(s) | obs | Task description | Interno | Externo | tempo(s) | obs |
| Preparação do setup | | | | | | | | | | |
| 1 | Verificar moldes em aquecimento | | x | 0 | | | | | | |
| 2 | reparar diafragmas mudanças molde | | x | 0 | | | | | | |
| 3 | Inserir código tempo perdido | | | 20 | | | | x | 20 | |
| 4 | Colocar máq. em manual | | x | 20 | | | | x | 20 | |
| 5 | Fechar torneiras do vapor | | x | 10 | | | | x | 10 | |
| 6 | Arrumar hold stand e engatar | | x | 60 | | Arrumar hold stand e engatar | | x | 60 | |
| SETUP | | | | | | | | | | |
| 7 | Subir aneis | x | | 10 | | | | | 10 | |
| 8 | | | | 45 | | Tirar parafuso superior 1 e 2 | x | | 45 | |
| 9 | | | | 10 | | Retirar sonda1 e 2 | x | | 10 | |
| 10 | Desapertar anel inferior | x | | 20 | | | | | 20 | |
| 11 | | | | | | Cortar diafragma 1 | x | | 10 | |
| 12 | | | | | | Cortar diafragma 2 | x | | 10 | |
| 13 | | | | | | Retirar aneis diafragma | x | | 20 | |
| 14 | Baixar diafragmas1 e 2 | x | | 10 | | | | | 10 | |
| 15 | | | | 40 | | | | | | |
| 16 | Retirar diafragmas | | | 60 | | Retirar diafragmas | x | | 60 | |
| 17 | Retirar chapas proteção | x | | 25 | BOM | retirar chapas de proteção | x | | 25 | BOM |
| 18 | Desapertar parte inferior do molde | x | | 60 | | Desapertar parte inferior do molde | x | | 60 | |
| 19 | Desapertar parafuso molde superior | x | | 125 | BOM | Desapertar parafuso molde superior | x | | 125 | BOM |
| 20 | fechar prensas | x | | 30 | | | | | 30 | |
| 21 | Desapertar parte superior da | x | | 60 | | desapertar parte superior prensa | x | | 60 | |
| 22 | | | | 50 | | retirar tubos vapor | x | | 50 | |
| 23 | subir prensa | x | | 40 | | | | | 40 | |
| 24 | | x | | 15 | | retirar tampas moldes | x | | 15 | |
| 25 | Apertar e fechar moldes | x | | 100 | | Apertar e fechar moldes | x | | 100 | |
| 26 | colocar empilhador | x | | 50 | | Apertar e ajustar empilhador | x | | 50 | |
| 27 | Retirar empilhador e molde 1 | x | | 20 | | | | | 20 | |
| 28 | Colocar vedante torneiras | | x | 40 | | Desapertar e tirar válvulas | | x | 40 | |
| 29 | Levar molde ao armazém | | x | 210 | | Engatar válvulas armazem | | x | 210 | |
| 30 | | | | 25 | | Trazer novo molde 1 | | x | 25 | |
| 31 | | | x | 65 | | Engatar torneiras local | | x | 65 | |
| 32 | | | | | | Ajustar molde 1 no lugar | x | | 85 | |
| 33 | | | | | | Retirar empilhador | x | | 10 | |
| 34 | | | | | | Colocar empilhador molde 2 | x | | 60 | |
| 35 | | | | | | Ajustar molde 2 no lugar | x | | 25 | |
| 36 | | | | | | Retirar empilhador c/ molde | x | | 20 | |
| 37 | | | | | | Retirar válvulas e colocar isolante | x | | 50 | |
| 38 | | | | 210 | | Arrumar empilhador | x | | 20 | |
| 39 | Chegada novo molde | | | 135 | | | | | | |
| 40 | | | | 65 | | Engatar válvulas | | x | 65 | |
| 41 | Colocar molde no lugar | x | | 25 | | Ajustar molde 1 no lugar | x | | 25 | |
| 42 | Ajustar molde/emp 1 no lugar | x | | 75 | | desapertar parafusos molde/emp | x | | 75 | |
| 43 | Retirar empilhador | x | | 10 | | | | | 10 | |
| 44 | Desapertar moldes | x | | 60 | | Desapertar moldes | x | | 60 | |
| 45 | | | | 20 | | Fechar prensas | x | | 20 | |
| 46 | Apertar parafusos prensa com | | | 90 | | Apertar parafusos prensa com | x | | 60 | |
| 47 | | | | | | Engatar mangueiras de vapor | x | | 30 | |
| 48 | Abrir prensas | x | | 20 | | | | | 20 | |
| 49 | | | | 10 | | Colocar sondas 36 | x | | 10 | |
| 50 | Apertar parafusos interior molde | | | 80 | | Apertar parafusos interior molde 1 | x | | 80 | |
| 51 | Apertar parafusos prensa superior | x | | 135 | BOM | Apertar parafusos prensa superior | x | | 135 | BOM |
| 52 | Colocar chapas proteção | x | | 50 | BOM | Colocar chapas proteção | x | | 50 | BOM |
| 53 | | | | 20 | | colocar data | x | | 20 | |
| 54 | | | | 20 | | Fechar prensas | | | 20 | |
| 55 | colocar e ajustar hold stand | | x | 40 | eliminar | colocar e ajustar hold stand | | x | 40 | |
| 56 | Ajustar hold stand superior | x | | 65 | | Ajustar hold stand superior | x | | 65 | |
| 57 | Espera equipa diafragma | | x | 250 | eliminar | | | | 250 | |
| Tempo total Setup (min) | | | | 42 min. | | | | | | |

Figura 81-Quadro das tarefas com divisão das operações

O diagrama seguinte, representado através de uma linha temporal, mostra a distribuição do tempo após a conversão das operações internas em externas e a representação dos tempos de espera.

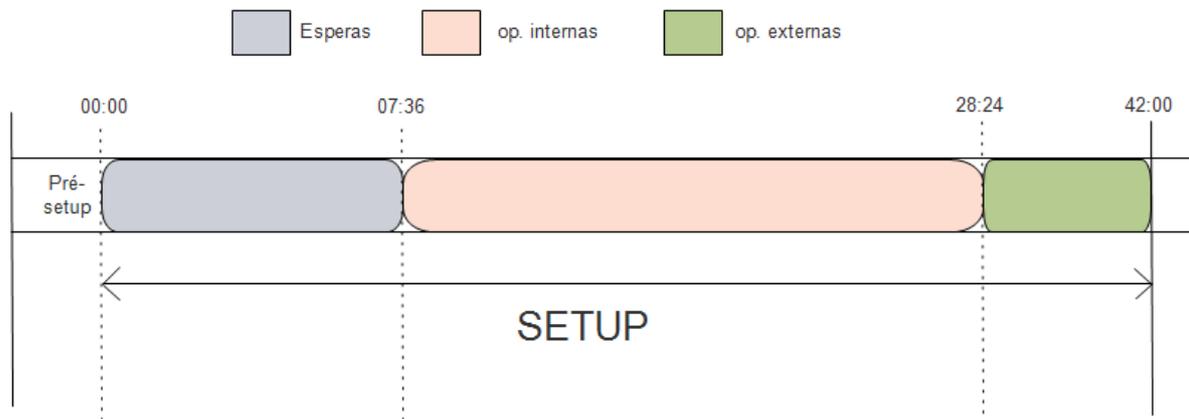


Figura 82-Esquema da distribuição do tempo de esperas e das operações internas e externas na linha do tempo

As operações e os tempos necessários à finalização da mudança pelos restantes elementos responsáveis pela mesma encontram-se no quadro seguinte:

| Mudança de Diafragma | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------------------|---------|---------|-------|----------|----------------------------------|---------|---------|-------|-----|
| Nº | Task description | Interno | Externo | tempo | OBS | Task description | Interno | Externo | tempo | OBS |
| 1 | Espera equipa diafragma | x | | 250 | eliminar | | | | 250 | |
| 2 | Abrir prensas | x | | 40 | | | | | 40 | |
| 3 | Colocar borrachas diafragma | x | | 10 | | Colocar borrachas diafragma | x | | 10 | |
| 4 | Colocar diafragma | x | | 20 | | Colocar diafragma | x | | 20 | |
| 5 | Subir diafragma | x | | 15 | | | | | 15 | |
| 6 | Apertar diafragma | x | | 90 | | Apertar diafragma | x | | 90 | |
| 7 | Reposicionar diafragma | x | | 10 | | | | | 10 | |
| 8 | Apertar parte superior diafragma | x | | 20 | | Apertar parte superior diafragma | x | | 20 | |
| 9 | Arrumar hold stand | x | | 40 | | Arrumar hold stand | x | | 40 | |
| 10 | Aquecer diafragma | x | | 40 | | | | | 40 | |
| 11 | Fechar prensa | x | | 15 | | | | | 15 | |
| Coordenador | | | | | | | | | | |
| Nº | Task description | Interno | Externo | tempo | OBS | Task description | Interno | Externo | tempo | OBS |
| 1 | chamar receita | x | | 30 | | | | | | |
| 2 | colocar e validar primeiro pneu | x | | 45 | | | | | | |
| 3 | Acertar alturas hold stand | x | | 75 | | | | | | |

Figura 83-Operações realizadas pela restante equipa

Apesar de por vezes os operadores não chegarem a tempo para executar o pré-setup devido a questões de organização, de atrasos nas ordens de produção, ou devido a avarias nas prensas, esse tempo que aumenta em cerca 10% o tempo de espera, não foi contabilizado e colocado como uma operação externa. Além disso, também foi possível verificar que em alguns casos também o aquecimento demorava mais que o previsto, quer pelo funcionamento deficiente da área onde estes se encontram a aquecer como, também devido a alguma descoordenação na organização estes não se encontrarem em aquecimento na altura em que eram necessários. A imagem seguinte ilustra uma destas tarefas, quando o operador está a remover as torneiras para levar o molde para o armazém.

Como é possível verificar o processo de mudança pode ser otimizado quer através da eliminação das esperas como pela conversão das atividades internas em externas, por exemplo na eliminação da operação de troca de torneiras através da aquisição de torneiras para uma maior quantidade de moldes.



Figura 84-Operador removendo as torneiras

Após a conversão das tarefas externas em internas, e com a conclusão que os operadores tinham capacidade para realizar as tarefas de forma bastante sincronizadas, realizando várias tarefas paralelamente, foi possível estudar os métodos com que estes realizavam a troca de molde obtendo os resultados demonstrados no ponto seguinte, através da visualização dos vídeos e dos tempos individuais que as tarefas demoravam.

Métodos para mudança de molde

Estes métodos diferem entre si na forma como os operadores se organizam entre si e com os empilhadores ao mudar o molde, a parte que diferencia encontra-se destacada a vermelho e os resultados teóricos obtidos encontram-se discriminados de seguida.

Método para Empilhadores Alternados (sem molde)

Os resultados teóricos obtidos com este método foram os seguintes:

Empilhadores Alternados (sem molde)

Preparação do Setup

| Tarefa Operador 1 | Tempo [s] | Observações | Tarefa Operador 2 | Tempo [s] | Observações |
|---|-----------|------------------|-------------------|-----------|-------------|
| Verificar moldes em aquecimento | | Início/fim turno | | | |
| Preparar diafragmas mudanças moldes | | Início Turno | | | |
| Inserir código tempo perdido | 20 | | | | |
| Colocar máq. em manual | 20 | | | | |
| Fechar torneiras do vapor | 10 | | | | |
| Arrumar hold stand e engatar mangueiras do ar | 60 | | | | |

Setup

| Tarefa Operador 1 | Tempo [s] | Observações | Tarefa Operador 2 | Tempo [s] | Observações |
|---|-----------|-------------|--|-----------|-------------|
| Subir aneis 1 e 2 | 10 | | | 10 | |
| Desapertar parafuso superior 1 | 25 | | Tirar parafuso superior 2 | 25 | |
| Retirar sonda 1 | 10 | | Retirar sonda 2 | 10 | |
| Desapertar anel inferior 1 | 10 | | Desapertar anel inferior 2 | 10 | |
| Cortar diafragma 1 | 10 | | Cortar diafragma 2 | 10 | |
| Retirar aneis diafragma 1 | 15 | | Retirar aneis diafragma 2 | 15 | |
| Baixar diafragmas 1 e 2 | 10 | | | 10 | |
| Retirar diafragma 1 | 60 | | Retirar diafragma 2 | 60 | |
| Retirar chapas de proteção | 25 | BOM | Retirar chapas de proteção | 25 | BOM |
| Desapertar parte inferior do molde 1 | 30 | | | 30 | |
| | 30 | | Desapertar parte inferior do molde 2 | 30 | |
| | 125 | | Desapertar parafuso molde superior 1 e 2 | 125 | BOM |
| Fechar cavidades | 30 | | | 30 | |
| Desapertar molde 1 | 60 | | Desapertar molde 1 | 60 | |
| | 20 | | Retirar tubos vapor molde 1 | 20 | |
| Desapertar molde 2 | 60 | | Desapertar molde 2 | 60 | |
| | 20 | | Retirar tubos vapor molde 2 | 20 | |
| Abrir cavidades | 40 | | | 40 | |
| Retirar tampa molde 1 | 10 | | Retirar tampa molde 2 | 10 | |
| Apertar e fechar molde 1 | 50 | | | 50 | |
| | 50 | | Apertar e fechar molde 2 | 50 | |
| Aproximar empilhador A ao molde 1 | 10 | | | 10 | |
| | 20 | | Ajustar e apertar molde 1 | 20 | |
| Recuar empilhador A c/ molde 1 | 10 | | | 10 | |
| Aproximar empilhador B ao molde 2 | 10 | | | 10 | |
| | 20 | | Ajustar e apertar molde 2 | 20 | |
| Recuar empilhador B c/ molde 2 | 10 | | | 10 | |
| Levar molde 1 para o armazém | 105 | | Levar molde 2 para o armazém | 105 | |
| Trazer molde 3 do armazém | 105 | | Trazer molde 4 do armazém | 105 | |
| Colocar molde 3 c/ empilhador A | 15 | | | 15 | |
| | 35 | | Ajustar posição e desapertar molde 3 | 35 | |
| Recuar empilhador A | 10 | | | 10 | |
| Colocar molde 4 c/ empilhador B | 15 | | | 15 | |
| | 35 | | Ajustar posição e desapertar molde 4 | 35 | |
| Recuar empilhador B | 10 | | | 10 | |
| Colocar tampa molde 3 | 10 | | Colocar tampa molde 4 | 10 | |
| Desapertar molde 3 | 60 | | Desapertar molde 4 | 60 | |
| | 20 | | Fechar cavidades | 20 | |
| Apertar parafusos da cavidade (molde 3) | 30 | | Apertar parafusos da cavidade (molde 3) | 30 | |
| | 15 | | Engatar mangueiras de vapor | 15 | |
| Apertar parafusos da cavidade (molde 4) | 30 | | Apertar parafusos da cavidade (molde 4) | 30 | |
| | 15 | | Engatar mangueiras de vapor | 15 | |
| Abrir cavidades | 20 | | | 20 | |
| Colocar sonda 36 (molde 3) | 10 | | Colocar sondas 36 (molde 4) | 10 | |
| Colocar talões diafragma | 10 | | Colocar talões diafragma | 10 | |
| Apertar parafusos interiores (molde 3) | 40 | | | 40 | |
| | 40 | | Apertar parafusos interiores (molde 4) | 40 | |
| Apertar parafuso molde superior 1 e 2 | 140 | BOM | | 140 | |
| Colocar chapas proteção | 50 | BOM | Colocar chapas proteção | 50 | BOM |
| Colocar data no molde 3 | 20 | | Colocar data no molde 4 | 20 | |
| | 20 | | Fechar cavidades | 20 | |
| Ajustar carregador (molde 3) | 65 | | Ajustar carregador (molde 4) | 65 | |
| Tempo Total setup | 1705 | 28,4 | | 1705 | 28,4 |
| Ocupação operador | 1240 | 20,7 | | 1245 | 20,8 |

Mudança de Diafragmas

| | | | | | |
|----------------------------------|----|--|----------------------------------|----|--|
| Abrir prensas | 40 | | | 40 | |
| Colocar borrachas diafragma | 10 | | Colocar borrachas diafragma | 10 | |
| Colocar diafragma | 20 | | Colocar diafragma | 20 | |
| Subir diafragma | 15 | | | 15 | |
| Apertar diafragma | 90 | | Apertar diafragma | 90 | |
| Reposicionar diafragma | 10 | | | 10 | |
| Apertar parte superior diafragma | 20 | | Apertar parte superior diafragma | 20 | |
| Arrumar hold stand | 40 | | Arrumar hold stand | 40 | |
| Aquecer diafragma | 40 | | | 40 | |
| Fechar prensa | 15 | | | 15 | |

Coordenador

| | | |
|---------------------------------|-----|--|
| Chamar receita | 30 | |
| Colocar e validar primeiro pneu | 45 | |
| Acertar alturas hold stand | 75 | |
| Vulcanizar primeiro pneu | 700 | |

| | | |
|-------------|------|-------|
| Tempo Total | 2955 | 49,25 |
|-------------|------|-------|

Figura 85-Setup para empilhador alternados s \ molde

Como é possível verificar ambos os operadores possuem uma ocupação muito idêntica para a troca de moldes e obtendo um tempo total de 28,4 minutos, ou seja, uma redução de cerca de 30%, em relação à inicial. O quadro seguinte demonstra a distribuição dos tempos nas mudanças de molde:

Empilhadores alternados 1 c/ molde

Neste método onde os operadores já chegam com um dos moldes ao local foi possível obter os seguintes resultados das operações:

| Empilhadores alternados 1 c/molde | | | | | |
|---|------------------|--------------------|--|------------------|--------------------|
| Preparação do Setup | | | | | |
| Tarefa Operador 1 | Tempo [s] | Observações | Tarefa Operador 2 | Tempo [s] | Observações |
| Verificar moldes em aquecimento | | Início/fim turno | | | |
| Preparar diafragmas mudanças moldes | | Início Turno | | | |
| Inserir código tempo perdido | 20 | | | | |
| Colocar máq. em manual | 20 | | | | |
| Fechar tomeiras do vapor | 10 | | | | |
| Arrumar hold stand/engatar mangueiras do ar | 60 | | | | |
| Setup | | | | | |
| Tarefa Operador 1 | Tempo [s] | Observações | Tarefa Operador 2 | Tempo [s] | Observações |
| Subir aneis 1 e 2 | 10 | | | 10 | |
| Desapertar parafuso superior 1 | 25 | | Tirar parafuso superior 2 | 25 | |
| Retirar sonda 1 | 10 | | Retirar sonda 2 | 10 | |
| Desapertar anel inferior 1 | 10 | | Desapertar anel inferior 2 | 10 | |
| Cortar diafragma 1 | 10 | | Cortar diafragma 2 | 10 | |
| Retirar aneis diafragma 1 | 15 | | Retirar aneis diafragma 2 | 15 | |
| Baixar diafragmas 1 e 2 | 10 | | | 10 | |
| Retirar diafragma 1 | 60 | | Retirar diafragma 2 | 60 | |
| Retirar chapas de proteção | 25 | BOM | Retirar chapas de proteção | 25 | BOM |
| Desapertar parte inferior do molde 1 | 30 | | | 30 | |
| | 125 | | Desapertar parte inferior do molde 2 | 30 | |
| | | | Desapertar parafuso molde superior 1 e 2 | 125 | BOM |
| Fechar cavidades | 30 | | | 30 | |
| Desapertar molde 1 | 60 | | Desapertar molde 1 | 60 | |
| | 20 | | Retirar tubos vapor molde 1 | 20 | |
| Desapertar molde 2 | 60 | | Desapertar molde 2 | 60 | |
| | 20 | | Retirar tubos vapor molde 2 | 20 | |
| Abrir cavidades | 40 | | | 40 | |
| Retirar tampa molde 1 | 10 | | Retirar tampa molde 2 | 10 | |
| Apertar e fechar molde 1 | 50 | | | 50 | |
| | 50 | | Apertar e fechar molde 2 | 50 | |
| Aproximar empilhador A ao molde 1 | 10 | | | 10 | |
| | 20 | | Ajustar e apertar molde 1 | 20 | |
| Recuar empilhador A c/ molde 1 | 10 | | | 10 | |
| Colocar molde 3 c/ empilhador A | 15 | | Levar molde 2 para o armazém | 105 | |
| Ajustar posição e desapertar molde 3 | 45 | | Trazer molde 4 do armazém | 105 | |
| Recuar empilhador A | 10 | | | | |
| Aproximar empilhador B ao molde 2 | 15 | | | | |
| Ajustar e apertar molde 2 | 25 | | | | |
| Retirar empilhador B c/ molde 2 | 10 | | | | |
| | 90 | | | | |
| | 10 | | Colocar molde 4 c/ empilhador B | 10 | |
| Ajustar posição e desapertar molde 4 | 20 | | | 20 | |
| | 10 | | Recuar empilhador B | 10 | |
| Colocar tampa molde 3 | 10 | | Colocar tampa molde 4 | 10 | |
| Desapertar molde 3 | 60 | | Desapertar molde 4 | 60 | |
| | 20 | | Fechar cavidades | 20 | |
| Apertar parafusos da cavidade (molde 3) | 30 | | Apertar parafusos da cavidade (molde 3) | 30 | |
| | 15 | | Engatar mangueiras de vapor | 15 | |
| Apertar parafusos da cavidade (molde 4) | 30 | | Apertar parafusos da cavidade (molde 4) | 30 | |
| | 15 | | Engatar mangueiras de vapor | 15 | |
| Abrir cavidades | 20 | | | 20 | |
| Colocar sonda 36 (molde 3) | 10 | | Colocar sondas 36 (molde 4) | 10 | |
| Colocar talões diafragma | 10 | | Colocar talões diafragma | 10 | |
| Apertar parafusos interiores (molde 3) | 40 | | | 40 | |
| | 40 | | Apertar parafusos interiores (molde 4) | 40 | |
| Apertar parafuso molde superior 1 e 2 | 140 | BOM | | 140 | |
| Colocar chapas proteção | 50 | BOM | Colocar chapas proteção | 50 | BOM |
| Colocar data no molde 3 | 20 | | Colocar data no molde 4 | 20 | |
| | 20 | | Fechar cavidades | 20 | |
| Ajustar carregador (molde 3) | 65 | | Ajustar carregador (molde 4) | 65 | |
| Tempo Total setup | 1585 | 26,4 | | 1585 | 26,4 |
| Ocupação operador | 1100 | 18,3 | | 1175 | 19,6 |
| Mudança de Diafragmas | | | | | |
| Abrir prensas | 40 | | | 40 | |
| Colocar borrachas diafragma | 10 | | Colocar borrachas diafragma | 10 | |
| Colocar diafragma | 20 | | Colocar diafragma | 20 | |
| Subir diafragma | 15 | | | 15 | |
| Apertar diafragma | 90 | | Apertar diafragma | 90 | |
| Reposicionar diafragma | 10 | | | 10 | |
| Apertar parte superior diafragma | 20 | | Apertar parte superior diafragma | 20 | |
| Arrumar hold stand | 40 | | Arrumar hold stand | 40 | |
| Aquecer diafragma | 40 | | | 40 | |
| Fechar prensa | 15 | | | 15 | |
| Coordenador | | | | | |
| Chamar receita | 30 | | | | |
| Colocar e validar primeiro pneu | 45 | | | | |
| Acertar alturas hold stand | 75 | | | | |
| Vulcanizar primeiro pneu | 700 | | | | |
| Tempo Total | 2845 | 47,42 | | | |

Figura 86-Setup para empilhador alternados 1 c\ molde

Neste método os operadores continuam a ter uma boa coordenação e foi obtido o melhor tempo dos três métodos com 26,4 min.

Método empilhadores paralelos (sem molde)

| Empilhadores Paralelos (sem molde) | | | | | |
|---|------------------|--------------------|--|------------------|--------------------|
| Preparação do Setup | | | | | |
| Tarefa Operador 1 | Tempo [s] | Observações | Tarefa Operador 2 | Tempo [s] | Observações |
| Verificar moldes em aquecimento | | Início/fim turno | | | |
| Preparar diafragmas mudanças moldes | | Início Turno | | | |
| Inserir código tempo perdido | 20 | | | | |
| Colocar máq. em manual | 20 | | | | |
| Fechar torneiras do vapor | 10 | | | | |
| Arrumar hold stand e engatar mangueiras do ar | 60 | | | | |
| Setup | | | | | |
| Tarefa Operador 1 | Tempo [s] | Observações | Tarefa Operador 2 | Tempo [s] | Observações |
| Subir anéis 1 e 2 | 10 | | | 10 | |
| Desapertar parafuso superior 1 | 25 | | Tirar parafuso superior 2 | 25 | |
| Retirar sonda 1 | 10 | | Retirar sonda 2 | 10 | |
| Desapertar anel inferior 1 | 10 | | Desapertar anel inferior 2 | 10 | |
| Cortar diafragma 1 | 10 | | Cortar diafragma 2 | 10 | |
| Retirar anéis diafragma 1 | 15 | | Retirar anéis diafragma 2 | 15 | |
| Baixar diafragmas 1 e 2 | 10 | | | 10 | |
| Retirar diafragma 1 | 60 | | Retirar diafragma 2 | 60 | |
| Retirar chapas de proteção | 25 | BOM | Retirar chapas de proteção | 25 | BOM |
| Desapertar parte inferior do molde 1 | 30 | | | 30 | |
| | 30 | | Desapertar parte inferior do molde 2 | 30 | |
| | 125 | | Desapertar parafuso molde superior 1 e 2 | 125 | BOM |
| Fechar cavidades | 30 | | | 30 | |
| Desapertar molde 1 | 60 | | Desapertar molde 1 | 60 | |
| | 20 | | Retirar tubos vapor molde 1 | 20 | |
| Desapertar molde 2 | 60 | | Desapertar molde 2 | 60 | |
| | 20 | | Retirar tubos vapor molde 2 | 20 | |
| Abri cavidades | 40 | | | 40 | |
| Retirar tampa molde 1 | 10 | | Retirar tampa molde 2 | 10 | |
| Apertar e fechar molde 1 | 50 | | | 50 | |
| | 50 | | Apertar e fechar molde 2 | 50 | |
| Aproximar empilhador A ao molde 1 | 15 | | Aproximar empilhador B ao molde 2 | 15 | |
| Ajustar e apertar molde 1 | 25 | | Ajustar e apertar molde 2 | 25 | |
| Retirar empilhador A c/ molde 1 | 10 | | Retirar empilhador B c/ molde 2 | 10 | |
| Levar molde 1 para o armazém | 105 | | Levar molde 2 para o armazém | 105 | |
| Trazer molde 3 do armazém | 105 | | Trazer molde 4 do armazém | 105 | |
| Colocar molde 3 c/ empilhador A | 15 | | Colocar molde 4 c/ empilhador B | 15 | |
| Ajustar posição e desapertar molde 3 | 45 | | Ajustar posição e desapertar molde 4 | 45 | |
| Recuar empilhador A | 10 | | Recuar empilhador B | 10 | |
| Colocar tampa molde 3 | 10 | | Colocar tampa molde 4 | 10 | |
| Desapertar molde 3 | 60 | | Desapertar molde 4 | 60 | |
| | 20 | | Fechar cavidades | 20 | |
| Apertar parafusos da cavidade (molde 3) | 30 | | Apertar parafusos da cavidade (molde 3) | 30 | |
| | 15 | | Engatar mangueiras de vapor | 15 | |
| Apertar parafusos da cavidade (molde 4) | 30 | | Apertar parafusos da cavidade (molde 4) | 30 | |
| | 15 | | Engatar mangueiras de vapor | 15 | |
| Abri cavidades | 20 | | | 20 | |
| Colocar sonda 36 (molde 3) | 10 | | Colocar sondas 36 (molde 4) | 10 | |
| Colocar talões diafragma | 10 | | Colocar talões diafragma | 10 | |
| Apertar parafusos interiores (molde 3) | 40 | | | 40 | |
| | 40 | | Apertar parafusos interiores (molde 4) | 40 | |
| Apertar parafuso molde superior 1 e 2 | 140 | BOM | | 140 | |
| Colocar chapas proteção | 50 | BOM | Colocar chapas proteção | 50 | BOM |
| Colocar data no molde 3 | 20 | | Colocar data no molde 4 | 20 | |
| | 20 | | Fechar cavidades | 20 | |
| Ajustar carregador (molde 3) | 65 | | Ajustar carregador (molde 4) | 65 | |
| Tempo Total setup | 1625 | 27,1 | | 1625 | 27,1 |
| Ocupação operador | 1180 | 19,7 | | 1185 | 19,8 |
| Mudança de Diafragmas | | | | | |
| Abri prensas | 40 | | | 40 | |
| Colocar borrachas diafragma | 10 | | Colocar borrachas diafragma | 10 | |
| Colocar diafragma | 20 | | Colocar diafragma | 20 | |
| Subir diafragma | 15 | | | 15 | |
| Apertar diafragma | 90 | | Apertar diafragma | 90 | |
| Reposicionar diafragma | 10 | | | 10 | |
| Apertar parte superior diafragma | 20 | | Apertar parte superior diafragma | 20 | |
| Arrumar hold stand | 40 | | Arrumar hold stand | 40 | |
| Aquecer diafragma | 40 | | | 40 | |
| Fechar prensa | 15 | | | 15 | |
| Coordenador | | | | | |
| Chamar receita | 30 | | | | |
| Colocar e validar primeiro pneu | 45 | | | | |
| Acertar alturas hold stand | 75 | | | | |
| Vulcanizar primeiro pneu | 700 | | | | |
| Tempo Total | 2865 | 47,75 | | | |

Figura 87-Setup para empilhador em paralelo s | molde

Este método obteve um tempo de 27,2 minutos para a mudança de molde e demonstra que em qualquer um dos métodos existe uma boa organização das equipas.

Simulações dos testes

O quadro seguinte demonstra os resultados obtidos para a simulação, feita em conjunto com os operadores dos métodos e através da filmagem do método aquando da mudança de molde. Nestas simulações foi possível confirmar a boa coordenação entre os operadores e validar os métodos mais eficazes na mudança de molde.

Simulação 1:

| | |
|----------------------|---------------------------|
| Data | 14/04/2016 |
| Prensas | R19- R20 |
| Método | Emp. Alternados(s. Molde) |
| Duração da simulação | 26 min |

Observações

Os operadores necessitaram de retirar as válvulas nos moldes 1 e 2
O molde 4 já trazia válvulas sendo colocado no lugar
Espaço suficiente para colocar os empilhadores a par

Perturbações

O operador necessitou de procurar o parafuso para apertar o molde 2

Resultados

Operadores sentiram-se confortáveis com o método
Boa coordenação entre os operadores a utilizar o método de trabalho

Simulação 2:

| | |
|---------|-----------------------------------|
| Data | 14/04/2016 |
| Prensa | D11-D12 |
| Método | Empilhadores alternados 1 c/molde |
| Duração | 34 min |

Observações

Troca de válvulas em todos os moldes
Pouco espaço para colocar dois empilhadores a par
Simulação realizada na prensa BOM

Perturbações

Demora para desapertar um parafuso interior do molde
Falha nos sensores de abertura e fecho das prensas

Resultados

Boa coordenação entre os operadores a utilizar o método de trabalho
Operadores sentiram-se confortáveis com o método
Em sítios com pouco espaço nos corredores e entre as prensas utilizar este método

Simulação 3:

| | |
|---------|----------------------------------|
| Data | 15/04/2016 |
| Prensa | O21-O22 |
| Método | Empilhadores paralelos (s.molde) |
| Duração | 37 min |

Observações

Pouco espaço entre as prensas e no corredor
Os operadores precisam de se movimentar entre a prensa e o empilhador para ajustar o modo
Menos coordenação entre os operadores causando mais esperas
Troca de válvulas em todos os moldes

Perturbações

Acessos a parte traseira da máquina devido ao quadro
Procura dos parafusos para apertar os moldes

Resultados

Pior resultado simulado
Menor coordenação entre os operadores devido a tarefas simultâneas
Maior desgaste no ajuste do empilhador com o molde a colocar e retirar o mesmo
Não pode ser utilizado em locais com corredores mais apertados

Como é possível observar pelas simulações, os tempos de mudança para qualquer um dos métodos não possuem diferenças significativas a nível de tempo, no entanto o método 1 e 2 são aqueles que produziram melhores resultados (menor tempo), de coordenação do trabalho (trabalho em equipa) e melhor aceitação por parte dos operadores. Pelo contrário, o método 3 foi o que revelou ser pior recebido pelos operadores, causar maior fadiga e o que tem um pior tempo.

Sendo assim os métodos 1 e 2 foram os escolhidos pelos agentes de estudo para serem aplicados na mudança de moldes, sendo que o método 2 pode também ser aplicado às mudanças de apenas uma prensa fazendo os dois operadores as tarefas inerentes na mudança, só que apenas neste caso, apenas para uma prensa.

Equipa de mudança de diafragmas

Os resultados obtidos com o SMED permitiram concluir que um dos maiores problemas e aquele que mais contribuía para o aumento do tempo de mudança de molde era a espera pela equipa de diafragmas.

Para tentar perceber o motivo destas esperas foi feito um estudo à ocupação destas equipas.

Os resultados obtidos com esse estudo encontram-se no quadro seguinte:

Equipa diafragma

| Tarefa Operador 1 | Tempo [s] | Observações | Tarefa Operador 2 | Tempo [s] | Observações |
|---|------------|-------------|-------------------------------------|------------|-------------|
| Preparação setup(montagem diafragma) | | | | | |
| Ver ordem | 5 | | | | |
| Trazer 2 diafragmas armazém | 5 | | | | |
| Enfomar diafragma 1 | 5 | | Enfomar diafragma 2 | 5 | |
| Colocar grampo 1 dentro diafragma 1 | 15 | | Colocar grampo 1 grampo diafragma 2 | 15 | |
| Colocar grampo 2 com parafusos | 5 | | Colocar grampo 2 com parafusos | 5 | |
| Apertar parafusos grampo 2 | 40 | | Apertar parafusos peça 2 | 40 | |
| Lubrificar diafragma 1 | 10 | | Lubrificar diafragma 2 | 10 | |
| Virar e abrir diafragma 1 | 5 | | Virar e abrir diafragma 2 | 5 | |
| Colocar grampo 3 diafragma 1 | 25 | | Colocar grampo 3 diafragma 2 | 25 | |
| Lubrificar diafragma 1 | 10 | | Lubrificar diafragma 2 | 10 | |
| Colocar grampo 4 diafragma 1 | 20 | | Colocar grampo 4 diafragma 2 | 20 | |
| Apertar parafusos grampo 4 | 40 | | Apertar parafusos grampo 4 | 40 | |
| Total | 185 | | | 175 | |
| Setup | | | | | |
| Subir anéis 1 e 2 | 10 | | | 10 | |
| Desapertar parafuso superior 1 | 25 | | Tirar parafuso superior 2 | 25 | |
| Desapertar anel inferior 1 | 10 | | Desapertar anel inferior 2 | 10 | |
| Cortar diafragma 1 | 10 | | Cortar diafragma 2 | 10 | |
| Retirar anéis diafragma 1 | 15 | | Retirar anéis diafragma 2 | 15 | |
| Baixar diafragmas 1 e 2 | 10 | | | 10 | |
| Retirar diafragma 1 | 30 | | Retirar diafragma 2 | 30 | |
| Subir anéis 1 e 2 | 10 | | | 10 | |
| Colocar borrachas diafragma | 10 | | Colocar borrachas diafragma | 10 | |
| Colocar diafragma | 20 | | Colocar diafragma | 20 | |
| Subir diafragma | 15 | | | 15 | |
| Apertar diafragma | 90 | | Apertar diafragma | 90 | |
| Reposicionar diafragma | 10 | | | 10 | |
| Apertar parte superior diafragma | 20 | | Apertar parte superior diafragma | 20 | |
| Arrumar hold stand | 40 | | Arrumar hold stand | 40 | |
| Aquecer diafragma | 40 | | | 40 | |
| Fechar prensa | 15 | | | 15 | |
| Total | 380 | | | 380 | |
| Fim de setup(desmontar diafragma) | | | | | |
| Posicionar diafragma 1 | 5 | | Posicionar diafragma 1 | 5 | |
| Desapertar parafusos | 25 | | Desapertar parafusos | 25 | |
| Retirar grampo e parafusos | 5 | | Retirar grampo e parafusos | 5 | |
| Colocar diafragma 1 recipiente | 5 | | Colocar diafragma 1 recipiente | 5 | |
| Arrumar grampo inferior | 5 | | Arrumar grampo inferior | 5 | |
| Total | 45 | | | 45 | |

| | | |
|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|
| Tempo total turno | 26400 | |
| Nº de Diafragmas mudados/turno | 67 | |
| Distância média percorrida | 458 | 6 diafragmas |
| Tempo médio percurso (2,2 m/s) | 208,2 | |
| Tempo total/Mudança(2 diafragmas) | 1489 | Tempo padrão (inc. fadiga e descanso) |
| Capacidade (2 diafragmas) | 18 | 6 diafragmas |

| | | |
|--|-------|----------|
| Tempo requerido por turno para mudança | 99762 | segundos |
| | 3,78 | |
| Nº de operadores | 4 | |
| Taxa de ocupação | 94% | |

Figura 88- Esquema do estudo da ocupação dos operadores

A partir deste quadro é possível verificar que na realidade é necessária uma coordenação muito grande para evitar esses atrasos, pois os operadores de mudança de diafragma têm uma ocupação muito perto do 100%, havendo em muitos casos a impossibilidade de conseguir chegar a tempo para efetuar a mudança dos diafragmas nos moldes.

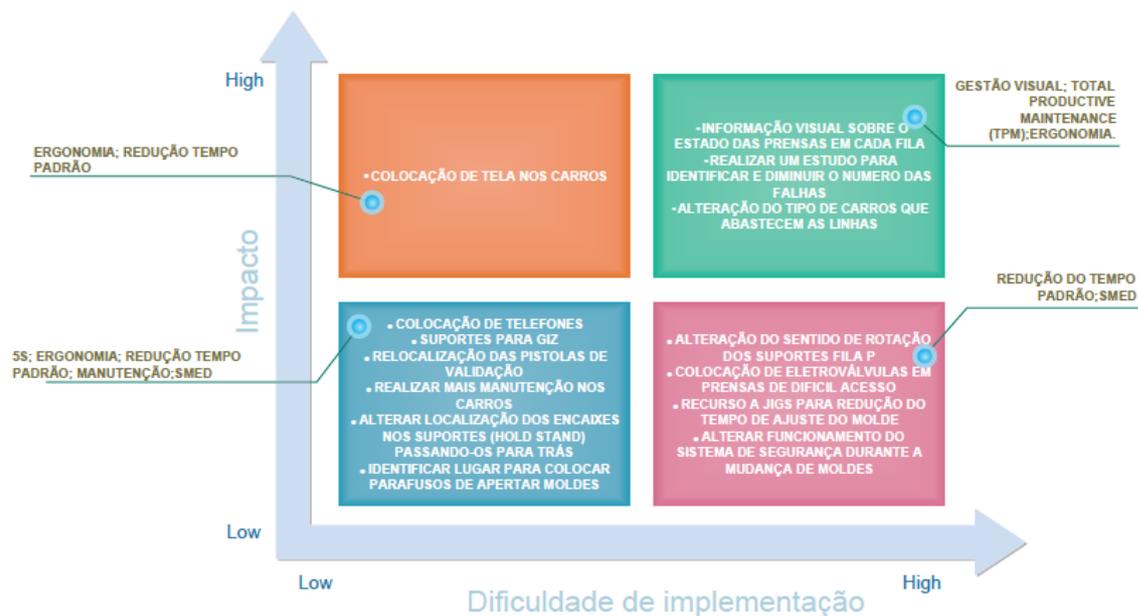
6.5 Propostas de melhoria

Durante o período em que este projeto foi realizado, foram observadas e registadas algumas oportunidades de melhoria na área da vulcanização. Estas oportunidades e propostas encontram-se listadas e classificadas quanto ao tipo de melhoria, no quadro seguinte:

| PROBLEMAS E OPORTUNIDADES DE MELHORIA | CLASSIFICAÇÃO DA MELHORIA |
|--|---|
| INFORMAÇÃO VISUAL SOBRE O ESTADO DAS PRENSAS EM CADA FILA | GESTÃO VISUAL, REDUÇÃO DO TEMPO DAS MÁQUINAS EM FALHA |
| RELOCALIZAÇÃO DAS PISTOLAS DE VALIDAÇÃO | REDUÇÃO TEMPO PADRÃO, ERGONOMIA |
| ALTERAÇÃO DO SENTIDO DE ROTAÇÃO DOS SUPORTES FILA P | REDUÇÃO TEMPO PADRÃO |
| COLOCAÇÃO DE TELA NOS CARROS | REDUÇÃO TEMPO PADRÃO E ERGONOMIA |
| REALIZAR MAIS MANUTENÇÃO NOS CARROS | ERGONOMIA E MANUTENÇÃO |
| REALIZAR UM ESTUDO PARA IDENTIFICAR E DIMINUIR O NUMERO DAS FALHAS | TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) |
| COLOCAÇÃO DE TELEFONES | 5S |
| COLOCAÇÃO DE SUPORTES PARA GIZ | 5S |
| ALTERAÇÃO DO TIPO DE CARROS QUE ABASTECEM AS LINHAS | ERGONOMIA |
| ALTERAR LOCALIZAÇÃO DOS ENCAIXES NOS SUPORTES (HOLD STAND) PASSANDO-OS PARA TRÁS | SMED |
| COLOCAÇÃO DE ELETROVÁLVULAS EM PRENSAS DE DIFÍCIL ACESSO | SMED |
| RECURSO A JIGS PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE AJUSTE DO MOLDE | SMED |
| IDENTIFICAR LUGAR PARA COLOCAR PARAFUSOS DE APERTAR MOLDES | SMED;5S |
| ALTERAR FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE SEGURANÇA DURANTE A MUDANÇA DE MOLDES | SMED |

Figura 89- Quadro resumo das oportunidades de melhoria na área da vulcanização

Quanto ao impacto e à dificuldade de implementação destas melhorias:



90- Análise do impacto e da dificuldade de implementação

Figura

7 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Num ambiente cada vez mais competitivo e onde é necessária uma adaptação rápida ao mercado em constante desenvolvimento, é importante a aplicação de metodologias Lean que em conjunto com o Estudo do Trabalho permite reduzir os desperdícios da empresa e ter um conhecimento mais profundo da situação em que esta se encontra.

Esta dissertação centrou-se em tentar aplicar os conhecimentos adquiridos sobre Estudo do Trabalho e também aplicar metodologias Lean.

O estudo dos Métodos de Trabalho, com maior incidência no *Layout*fabril, teve como principais objetivos o melhoramento da organização da área da vulcanização, melhorar o fluxo de materiais e de pessoas e conseqüentemente melhorias também a nível ergonómico, como referido anteriormente, por exemplo com a troca do tipo de carros utilizados na vulcanização.

Com o estudo dos métodos de Trabalho foi possível avançar para o estudo do tempo-padrão e perceber as diferenças existente neste entre as diferentes filas, sendo um trabalho que foi bastante gratificante e permitiu colocar em prática algumas metodologias e entender o seu uso na obtenção do tempo-padrão.

O tempo-padrão médio obtido para esta área foi de 14,04 seg.

As três propostas de balanceamento para a área da Vulcanização, duas utilizando o metodologia *Working balance* (balanceamento para 17 e para 18 operadores) e a outra tendo como base as metodologias *rabbit chase* e *Toyota sewing system* e denominada por balanceamento por módulos, A proposta de balanceamento que apresentou melhores resultados foi a proposta de balanceamento por módulos, sendo testada e validada pelas pessoas responsáveis, precisando de ser estudada mais exaustivamente pois ainda apresenta algumas desvantagens, sendo que os operadores não se sentem muito confortáveis com a mudança da dinâmica no método proposto. Estas propostas foram realizadas considerando três indicadores importantes: taxa de ocupação, manipulação de cargas e inserido neste, a equação NIOSH para tarefas múltiplas que avalia a risco de lesões músculo-esqueléticas. Em todos os balanceamentos o risco de LMERT's é acrescido obrigando a que sejam realizados estudos mais focalizados nesta situação de forma a minimizar este risco.

Através da aplicação da metodologia SMED foi possível reduzir o tempo de mudança de moldes em aproximadamente 30%, (caso haja uma má coordenação entre os responsáveis pela produção e os operadores essa percentagem poderá chegar aos 40% com o tempo de espera da prensa por estes e a realização do pré-setup com a máquina parada), com a conversão das operações internas em externas e

eliminação dos tempos de espera, chegando ao final do estudo com um tempo para mudança dos moldes de aproximadamente 30 min. obtidos através de simulações efetuadas nas prensas.

O estudo da ocupação dos operadores responsáveis pela mudança de diafragma revelou que estes tinham uma ocupação de 94% revelando a razão por ser um dos maiores responsáveis pelo aumento do tempo de mudança dos moldes.

Todas as propostas apresentadas resultaram de diálogo e interação na prática, com operadores, chefias e direção de produção e ainda da colaboração da orientação na Engenharia Industrial da Continental Mabor e também dos orientadores na universidade do Minho.

Os objetivos do projeto de investigação foram amplamente alcançados, ficando algumas bases para serem trabalhadas no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A. C. (2007). Projecto Dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto. *Universidade Do Minho Escola de Engenharia*, 354.
- Arjmand, N., Amini, M., Shirazi-Adl, A., Plamondon, A., & Parnianpour, M. (2015). Revised NIOSH Lifting Equation May generate spine loads exceeding recommended limits. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 47, 1–8. <http://doi.org/10.1016/j.ergon.2014.09.010>
- Barnes, R. M. (1968). Motion and time study: design and measurement of work. John Wiley & Sons.
- Bartholdi, J. J., & Eisenstein, D. D. (1996). A Production Line that Balances Itself. *Operations Research*. <http://doi.org/10.1287/opre.44.1.21>
- Boundless. (2015). Scientific Management: Taylor and the Gilbreths. *Boundless*. Retrieved from <https://www.boundless.com/management/textbooks/boundless-management-textbook/organizational-theory-3/classical-perspectives-29/scientific-management-taylor-and-the-gilbreths-165-4019/>
- Chung, M. K., & Kee, D. (2000). Evaluation of lifting tasks frequently performed during fire brick manufacturing processes using NIOSH lifting equations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(4), 423–433. [http://doi.org/10.1016/S0169-8141\(99\)00041-4](http://doi.org/10.1016/S0169-8141(99)00041-4)
- Colim, a. (2009). Tarefas de manipulação manual de cargas: seleção de métodos de avaliação de risco. *Departamento de Produção de Sistemas, Master*, 332.
- Decreto-lei nº 330/93 de 25 de Setembro da Autoridade para as Condições do Trabalho, Pub. L. No. Diário da República-série 1 nº226 (1993). Retrieved from www.dre.pt
- Eryuruk, S. H., Kalaoglu, F., & Baskak, M. (2008). Assembly line balancing in a clothing company. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 16(1), 93–98.
- Gilbreth, F. B., & Kent, R. T. (1911). M. study. L. C. (1911). Motion Study, (motion study), 54–64.
- Gomes, L. F. T., & Arezes, P. M. F. M. (2003). Introdução ao estudo do trabalho - Sebenta de apoio à disciplina de Ergonomia e Estudo do Trabalho I.
- Grzechca, W. (2015). Manufacturing in Flow Shop and Assembly Line Structure. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 4(1), 25–30. <http://doi.org/10.7763/IJMMM.2016.V4.219>
- Gupta, R. C. (2013). EVALUATION OF ASSEMBLY LINE BALANCING METHODS USING AN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) AND TECHNIQUE FOR ORDER PREFERENCES BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION (TOPSIS) BASED APPROACH 2 . Literature review on multi objective (criteria) assembly line b. *International Journal for Quality Research*, 7(4), 523–544.

- Kanawaty, G. (1992). Work measurement. In I. L. O. Geneva (Ed.), *Introduction to Work Study* (pp. 243–438). <http://doi.org/10.1097/00006199-195402000-00013>
- Kock, N. (2004). The three threats of action research: A discussion of methodological antidotes in the context of an information systems study. *Decision Support Systems*, *37*(2), 265–286. [http://doi.org/10.1016/S0167-9236\(03\)00022-8](http://doi.org/10.1016/S0167-9236(03)00022-8)
- Lam, N. T., Toi, L. M., Tuyen, V. T. T., & Hien, D. N. (2016). Lean Line Balancing for an Electronics Assembly Line. *Procedia CIRP*, *40*(1), 437–442. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.089>
- McIntosh, R., Owen, G., Culley, S., & Mileham, T. (2007). Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, *54*(1), 98–111. <http://doi.org/10.1109/TEM.2006.889070>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, *83*(6), 662–673. <http://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones, R. J. (2013). *Operations Management*. Retrieved from <https://www-dawsonera-com.proxy.lib.chalmers.se/abstract/9780273776284>
- Olson, E. M., Walker, O. C. J., Ruekert, R. W., Walker Orville C., J., & Ruekert, R. W. (1995). Organizing for Effective New Product Development: The Moderating Role of Product Innovativeness. *Journal of Marketing*, *59*(1), 48. <http://doi.org/10.2307/1252014>
- Pigage, L. C., & Tucker, J. L. (1954). Time Study. *Motion and Time Study*, 23–44.
- Roberta, D., & Castro, C. (2012). Estudo De Tempos E Movimentos No Processo De Flow Rack Em Uma Empresa De Distribuição. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- Sadhan K. De and Jim R. White. (2001). *Rubber Technologist 's Handbook , Volume 2* (Vol. 2).
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, *25*(4), 785–805. <http://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shih, B.-Y., Chen, C.-Y., & Chen, Z.-S. (2006). An Empirical Study of an Internet Marketing Strategy for Search Engine Optimization. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, *16*(1), 61–81. <http://doi.org/10.1002/hfm>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=ooXVIfqEQwC&pgis=1>
- Silva, S. C. (2008). S . Carmo-Silva Universidade do Minho.
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, *23*(4), 582–603. <http://doi.org/10.2307/2392581>

Waters, T. R., Putz-Anderson, V., & Garg, A. (1994). APPLICATIONS MANUAL FOR THE REVISED NIOSH LIFTING EQUATION. Waters, T. R., Putz-Anderson, V., & Garg, A. (1994). APPLICATIONS MANUAL FOR THE REVISED NIOSH LIFTING EQUATION.

Womack, J. P., & Jones, Daniel T. (1996). Banish waste and create wealth in your corporation.

Yash Dave, & Nagendra Sohani. (2012). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *International Journal of Lean Thinking*, 3(2), 27–37.

ANEXOS

ANEXO I EQUAÇÕES PARA O CÁLCULO DAS TAREFAS AUXILIARES –

- Subir prateleiras L12 e L20

$$\text{tempo subir} \frac{\text{prateleiras}}{\text{pneu}} = \frac{\text{tempo subir prateleiras}}{\text{média} \frac{\text{pneus}}{\text{prateleira}}} * \text{distribuição de carros por fila}$$

(Equação 16)

- Trocar carros

$$\text{tempo trocar} \frac{\text{carros}}{\text{pneu}} = \frac{\text{tempo trocar carros}}{\text{nº pneus por carro}} * \text{distribuição de carros por fila}$$

(Equação 17)

- Efetuar pedidos DE

$$\text{tempo efetuar pedidos/pneu} = \frac{\text{nº operadores por turno} * \text{tempo efetuar pedidos DE}}{\text{produção pneus/turno}}$$

(Equação 18)

- Colocar pneus duas medidas

$$\begin{aligned} & \text{tempo colocar dois pneus/pneu} = \\ & = (\text{tempo de colocar 2 pneus} - \text{média tempo normalizado por pneu (Fila A - T)} \\ & * \text{média prensas 2 medidas} \end{aligned}$$

(Equação 19)

- Carros Pintura A-L

$$\begin{aligned} & \text{tempo levar pneus pintura/pneu} = \\ & = \frac{\text{nº total de carros/ fila} * \text{extremos(\%)} * 4 \text{ carros} * \text{tempo carros A - L}}{\text{produção pneus/turno}} \end{aligned}$$

(Equação 20)

- Carros Pintura T

$$\begin{aligned} & \text{tempo levar pneus pintura/pneu} = \\ & = \frac{\text{nº total de carros/ fila} * \text{extremos(\%)} * 18 \text{ carros} * \text{tempo carros T}}{\text{produção pneus/turno}} \end{aligned}$$

(Equação 21)

- Engatar carros L12 e L20

$$\text{tempo de engatar carros/pneu} = \frac{\text{tempo de engatar carros}}{\text{nº de pneus no carro}}$$

(Equação 22)

- Desencravar pneus no canal

$$\text{tempo de desencravar pneus} \frac{\text{canal}}{\text{pneu}} = \frac{\text{tempo desencravar pneus} * \text{nº de operadores}}{\text{produção pneus/turno}}$$

(Equação 23)

- Rearmar máquina

$$\text{tempo rearmar máquina/pneu} = \frac{\left(\frac{\text{tempo rearmar}}{\text{tempo total observação}} \right) * \text{tempo total dia}}{\text{produção total diária}}$$

(Equação 24)

- Mudar pneus de carro

$$\begin{aligned} & \textit{tempo mudar pneus carro/pneu} = \\ = & \left(\frac{\textit{tempo mudar pneus carro} * \textit{n}^\circ \textit{ de operadores}}{\textit{produção média/turno}} \right) * \textit{média prensas 2 medidas} \end{aligned}$$

(Equação 25)

ANEXO II –TABELA COM CÁLCULO DO TEMPO NORMALIZADO FILA E-L

Tabela 11-T Valores usados para o cálculo do tempo normalizado fila E-L

| N.º | FILAS E-F-G-H-I-J-K-L | | | | | |
|-----|-----------------------|----------|-----------|----------|-----------------------------|----------|
| | Descolar pneu | | Tarefas | | Validar 2 códigos de barras | |
| | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] |
| 1 | 1,00 | 1,00 | 8,27 | 0,80 | 6,13 | 0,70 |
| 2 | 1,00 | 1,00 | 7,50 | 0,80 | 6,10 | 0,70 |
| 3 | 1,00 | 1,00 | 7,18 | 0,90 | 4,58 | 1,00 |
| 4 | 1,00 | 1,00 | 6,53 | 1,00 | 5,27 | 0,90 |
| 5 | 1,00 | 1,00 | 8,77 | 0,70 | 4,65 | 1,00 |
| 6 | 1,00 | 1,00 | 6,24 | 1,00 | 4,46 | 1,00 |
| 7 | 1,00 | 1,00 | 7,03 | 0,90 | 5,15 | 0,90 |
| 8 | 1,00 | 1,00 | 8,93 | 0,70 | 4,89 | 0,90 |
| 9 | 1,00 | 1,00 | 8,91 | 0,70 | 4,53 | 1,00 |
| 10 | 1,00 | 1,00 | 6,41 | 1,00 | 5,50 | 0,80 |
| 11 | 1,00 | 1,00 | 5,38 | 1,20 | 5,14 | 0,90 |
| 12 | 1,00 | 1,00 | 7,21 | 0,90 | 4,93 | 0,90 |
| 13 | 1,00 | 1,00 | 7,35 | 0,90 | 5,64 | 0,80 |
| 14 | 1,00 | 1,00 | 7,01 | 0,90 | 4,31 | 1,10 |
| 15 | 1,00 | 1,00 | 6,85 | 0,90 | 4,48 | 1,00 |
| 16 | 1,00 | 1,00 | 6,26 | 1,00 | 4,44 | 1,00 |
| 17 | 1,00 | 1,00 | 6,14 | 1,00 | 4,07 | 1,10 |
| 18 | 1,00 | 1,00 | 8,47 | 0,70 | 3,93 | 1,20 |
| 19 | 1,00 | 1,00 | 7,05 | 0,90 | 3,38 | 1,30 |
| 20 | 1,00 | 1,00 | 7,63 | 0,80 | 4,00 | 1,10 |
| 21 | 1,00 | 1,00 | 6,43 | 1,00 | 4,77 | 1,00 |
| 22 | 1,00 | 1,00 | 5,38 | 1,20 | 3,84 | 1,20 |
| 23 | 1,00 | 1,00 | 6,16 | 1,00 | 4,44 | 1,00 |
| 24 | 1,00 | 1,00 | 6,09 | 1,00 | 5,36 | 0,80 |
| 25 | 1,00 | 1,00 | 6,62 | 0,90 | 4,31 | 1,10 |
| 26 | 1,00 | 1,00 | 6,21 | 1,00 | 3,65 | 1,20 |
| 27 | 1,00 | 1,00 | 8,10 | 0,80 | 5,74 | 0,80 |
| 28 | 1,00 | 1,00 | 6,46 | 1,00 | 4,70 | 1,00 |
| 29 | 1,00 | 1,00 | 6,16 | 1,00 | 5,00 | 0,90 |
| 30 | 1,00 | 1,00 | 7,42 | 0,80 | 3,73 | 1,20 |
| 31 | 1,00 | 1,00 | 4,45 | 1,40 | 3,80 | 1,20 |
| 32 | 1,00 | 1,00 | 6,22 | 1,00 | 3,63 | 1,30 |
| 33 | 1,00 | 1,00 | 7,48 | 0,80 | 2,95 | 1,50 |
| 34 | 1,00 | 1,00 | 7,01 | 0,90 | 4,85 | 0,90 |
| 35 | 1,00 | 1,00 | 7,44 | 0,80 | 5,46 | 0,80 |
| 36 | 1,00 | 1,00 | 7,36 | 0,80 | 4,75 | 1,00 |
| 37 | 1,00 | 1,00 | 7,87 | 0,80 | 5,34 | 0,90 |
| 38 | 1,00 | 1,00 | 6,64 | 0,90 | 4,82 | 0,90 |
| 39 | 1,00 | 1,00 | 6,46 | 1,00 | 3,88 | 1,20 |
| 40 | 1,00 | 1,00 | 6,50 | 1,00 | 3,99 | 1,10 |
| 41 | 1,00 | 1,00 | 7,50 | 1,00 | 5,08 | 1,00 |
| 42 | 1,00 | 1,00 | 5,48 | 1,00 | 4,25 | 1,00 |
| 43 | 1,00 | 1,00 | 7,80 | 0,95 | 3,77 | 1,20 |
| 44 | 1,00 | 1,00 | 6,19 | 1,00 | 4,67 | 1,00 |
| 45 | 1,00 | 1,00 | 6,40 | 1,00 | 4,65 | 1,00 |
| 46 | 1,00 | 1,00 | 8,40 | 0,90 | 5,35 | 0,85 |
| 47 | 1,00 | 1,00 | 8,74 | 0,90 | 4,89 | 0,95 |
| 48 | 1,00 | 1,00 | 6,28 | 1,00 | 4,77 | 1,00 |
| 49 | 1,00 | 1,00 | 8,01 | 0,90 | 4,72 | 1,00 |
| 50 | 1,00 | 1,00 | 7,95 | 1,00 | 6,20 | 0,90 |
| 51 | 1,00 | 1,00 | 6,07 | 1,00 | 3,84 | 1,00 |
| 52 | 1,00 | 1,00 | 5,58 | 1,10 | 3,30 | 1,20 |
| 53 | 1,00 | 1,00 | 7,01 | 1,00 | 3,85 | 1,00 |
| 54 | 1,00 | 1,00 | 6,34 | 0,10 | 5,13 | 0,90 |
| 55 | 1,00 | 1,00 | 6,10 | 1,05 | 5,86 | 0,90 |
| 56 | 1,00 | 1,00 | 7,41 | 0,90 | 4,00 | 1,00 |
| 57 | 1,00 | 1,00 | 6,97 | 1,00 | 4,61 | 1,00 |
| 58 | 1,00 | 1,00 | 8,93 | 0,80 | 4,68 | 1,00 |
| 59 | 1,00 | 1,00 | 8,38 | 0,70 | 4,65 | 1,00 |
| 60 | 1,00 | 1,00 | 6,12 | 1,00 | 3,01 | 1,20 |
| 61 | | | | | | |
| 62 | | | | | | |
| 63 | | | | | | |
| 64 | | | | | | |
| 65 | | | | | | |
| 70 | | | | | | |
| M | 1,00 | 1,00 | 6,99 | 0,92 | 4,60 | 1,01 |
| s | 0,00 | | 1,00 | | 0,75 | |
| Nº | 0 | | 30 | | 40 | |
| TN | 1,00 | | 6,42 | | 4,63 | |

6,52

ANEXO III- TABELA COM CÁLCULO DO TEMPO NORMALIZADO FILA M-O

Tabela 12- Valores usados para o cálculo do tempo normalizado fila M-O

| FILAS M-N-O | | | | | | |
|-------------|---------------|----------|--|----------|-----------------------------|----------|
| N.º | Tarefas | | | | | |
| | Descolar pneu | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | Validar 2 códigos de barras | |
| | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] |
| 1 | 1,00 | 1,00 | 8,18 | 1,00 | 5,94 | 0,80 |
| 2 | 1,00 | 1,00 | 8,28 | 1,00 | 4,81 | 1,00 |
| 3 | 1,00 | 1,00 | 8,27 | 1,00 | 6,13 | 0,80 |
| 4 | 1,00 | 1,00 | 9,48 | 0,90 | 4,83 | 1,00 |
| 5 | 1,00 | 1,00 | 8,87 | 0,90 | 5,24 | 0,90 |
| 6 | 1,00 | 1,00 | 8,11 | 1,00 | 4,92 | 1,00 |
| 7 | 1,00 | 1,00 | 8,56 | 0,90 | 6,08 | 0,80 |
| 8 | 1,00 | 1,00 | 9,53 | 0,80 | 5,58 | 0,90 |
| 9 | 1,00 | 1,00 | 8,28 | 1,00 | 4,46 | 1,10 |
| 10 | 1,00 | 1,00 | 9,24 | 0,90 | 6,16 | 0,80 |
| 11 | 1,00 | 1,00 | 7,43 | 1,10 | 6,12 | 0,80 |
| 12 | 1,00 | 1,00 | 9,43 | 0,90 | 6,76 | 0,70 |
| 13 | 1,00 | 1,00 | 8,54 | 0,90 | 4,56 | 1,00 |
| 14 | 1,00 | 1,00 | 8,41 | 1,00 | 4,83 | 1,00 |
| 15 | 1,00 | 1,00 | 9,36 | 0,90 | 6,48 | 0,70 |
| 16 | 1,00 | 1,00 | 8,88 | 0,90 | 7,34 | 0,70 |
| 17 | 1,00 | 1,00 | 11,02 | 0,70 | 5,68 | 0,80 |
| 18 | 1,00 | 1,00 | 14,64 | 0,60 | 7,27 | 0,70 |
| 19 | 1,00 | 1,00 | 6,78 | 1,20 | 3,68 | 1,30 |
| 20 | 1,00 | 1,00 | 11,80 | 0,70 | 5,51 | 0,90 |
| 21 | 1,00 | 1,00 | 12,35 | 0,70 | 6,60 | 0,70 |
| 22 | 1,00 | 1,00 | 6,31 | 1,30 | 5,23 | 0,90 |
| 23 | 1,00 | 1,00 | 9,74 | 0,80 | 5,44 | 0,90 |
| 24 | 1,00 | 1,00 | 10,27 | 0,80 | 5,30 | 0,90 |
| 25 | 1,00 | 1,00 | 7,19 | 1,10 | 3,10 | 1,50 |
| 26 | 1,00 | 1,00 | 8,60 | 0,90 | 5,32 | 0,90 |
| 27 | 1,00 | 1,00 | 8,90 | 0,90 | 5,02 | 1,00 |
| 28 | 1,00 | 1,00 | 8,83 | 0,90 | 4,89 | 1,00 |
| 29 | 1,00 | 1,00 | 7,57 | 1,10 | 4,15 | 1,20 |
| 30 | 1,00 | 1,00 | 6,64 | 1,20 | 4,45 | 1,10 |
| 31 | 1,00 | 1,00 | 8,80 | 0,90 | 5,63 | 0,80 |
| 32 | 1,00 | 1,00 | 8,02 | 1,00 | 3,96 | 1,20 |
| 33 | 1,00 | 1,00 | 6,57 | 1,20 | 6,00 | 0,80 |
| 34 | 1,00 | 1,00 | 7,11 | 1,10 | 5,20 | 0,90 |
| 35 | 1,00 | 1,00 | 7,28 | 1,10 | 4,18 | 1,10 |
| 36 | 1,00 | 1,00 | 9,46 | 0,90 | 4,12 | 1,20 |
| 37 | 1,00 | 1,00 | 8,50 | 1,00 | 3,81 | 1,30 |
| 38 | 1,00 | 1,00 | 8,37 | 1,00 | 6,70 | 0,70 |
| 39 | 1,00 | 1,00 | 7,20 | 1,10 | 3,90 | 1,20 |
| 40 | 1,00 | 1,00 | 7,56 | 1,10 | 4,64 | 1,00 |
| 41 | 1,00 | 1,00 | 8,34 | 1,00 | 5,19 | 0,90 |
| 42 | 1,00 | 1,00 | 7,94 | 1,00 | 4,18 | 1,10 |
| 43 | 1,00 | 1,00 | 7,72 | 1,00 | 3,14 | 1,50 |
| 44 | 1,00 | 1,00 | 9,95 | 0,80 | 6,05 | 0,80 |
| 45 | 1,00 | 1,00 | 7,75 | 1,00 | 5,12 | 0,90 |
| 46 | 1,00 | 1,00 | 8,43 | 1,00 | 5,47 | 0,90 |
| 47 | 1,00 | 1,00 | 7,57 | 1,10 | 3,29 | 1,50 |
| 48 | 1,00 | 1,00 | 6,70 | 1,20 | 4,07 | 1,20 |
| 49 | 1,00 | 1,00 | 9,20 | 0,90 | 5,67 | 0,80 |
| 50 | 1,00 | 1,00 | 8,40 | 1,00 | 6,05 | 1,00 |
| 51 | 1,00 | 1,00 | 8,30 | 1,00 | 5,91 | 1,00 |
| 52 | 1,00 | 1,00 | 8,94 | 0,90 | 5,67 | 0,90 |
| 53 | 1,00 | 1,00 | 8,53 | 0,95 | 5,14 | 0,95 |
| 54 | 1,00 | 1,00 | 7,94 | 1,20 | 5,58 | 0,90 |
| 55 | 1,00 | 1,00 | 8,59 | 0,70 | 7,32 | 0,80 |
| 56 | 1,00 | 1,00 | 9,69 | 0,80 | 3,34 | 1,20 |
| 57 | 1,00 | 1,00 | 8,80 | 1,00 | 5,03 | 1,00 |
| 58 | 1,00 | 1,00 | 8,57 | 1,00 | 6,05 | 0,90 |
| 59 | 1,00 | 1,00 | 6,97 | 1,10 | 4,85 | 1,00 |
| 60 | | | | | | |
| 61 | | | | | | |
| 62 | | | | | | |
| 63 | | | | | | |
| 64 | | | | | | |
| 65 | | | | | | |
| 70 | 1,00 | 1,00 | 8,59 | 0,97 | 5,21 | 0,97 |
| M | | | | | | |
| s | 0,00 | | 1,42 | | 1,03 | |
| N' | 0 | | 21 | | 30 | |
| TN | 1,00 | | 8,30 | | 5,05 | |

7,68

ANEXO IV – TABELA COM CÁLCULO DO TEMPO NORMALIZADO FILA P-S

Tabela 13- Valores usados para o cálculo do tempo normalizado fila P-S

| N.º | FILAS P-Q-R-S | | | | | |
|-----|---------------|----------|---|----------|----------------------------|----------|
| | Tarefas | | | | | |
| | Descolar pneu | | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand | | Validar 1 código de barras | |
| | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] |
| 1 | 1,20 | 1,00 | 4,22 | 1,20 | 4,35 | 1,00 |
| 2 | 1,20 | 1,00 | 5,35 | 0,90 | 5,57 | 0,70 |
| 3 | 1,20 | 1,00 | 4,48 | 1,10 | 4,14 | 1,00 |
| 4 | 1,20 | 1,00 | 4,35 | 1,10 | 4,03 | 1,00 |
| 5 | 1,20 | 1,00 | 6,04 | 0,80 | 5,14 | 0,80 |
| 6 | 1,20 | 1,00 | 5,47 | 0,90 | 4,83 | 0,90 |
| 7 | 1,20 | 1,00 | 7,36 | 0,70 | 4,58 | 0,90 |
| 8 | 1,20 | 1,00 | 4,25 | 1,10 | 4,16 | 1,00 |
| 9 | 1,20 | 1,00 | 4,59 | 1,10 | 3,43 | 1,20 |
| 10 | 1,20 | 1,00 | 3,99 | 1,20 | 4,62 | 0,90 |
| 11 | 1,20 | 1,00 | 5,83 | 0,80 | 4,35 | 1,00 |
| 12 | 1,20 | 1,00 | 4,86 | 1,00 | 5,51 | 0,80 |
| 13 | 1,20 | 1,00 | 5,44 | 0,90 | 5,53 | 0,70 |
| 14 | 1,20 | 1,00 | 5,01 | 1,00 | 5,36 | 0,80 |
| 15 | 1,20 | 1,00 | 3,98 | 1,20 | 3,67 | 1,10 |
| 16 | 1,20 | 1,00 | 5,56 | 0,90 | 5,05 | 0,80 |
| 17 | 1,20 | 1,00 | 4,00 | 1,20 | 5,05 | 0,80 |
| 18 | 1,20 | 1,00 | 4,15 | 1,20 | 4,87 | 0,90 |
| 19 | 1,20 | 1,00 | 5,02 | 1,00 | 3,58 | 1,20 |
| 20 | 1,20 | 1,00 | 4,08 | 1,20 | 3,96 | 1,00 |
| 21 | 1,20 | 1,00 | 3,85 | 1,30 | 5,51 | 0,80 |
| 22 | 1,20 | 1,00 | 4,00 | 1,20 | 3,89 | 1,10 |
| 23 | 1,20 | 1,00 | 4,65 | 1,00 | 3,58 | 1,20 |
| 24 | 1,20 | 1,00 | 3,93 | 1,20 | 5,57 | 0,70 |
| 25 | 1,20 | 1,00 | 3,53 | 1,40 | 5,36 | 0,80 |
| 26 | 1,20 | 1,00 | 5,49 | 0,90 | 3,62 | 1,10 |
| 27 | 1,20 | 1,00 | 4,84 | 1,00 | 3,61 | 1,10 |
| 28 | 1,20 | 1,00 | 5,03 | 1,00 | 3,81 | 1,10 |
| 29 | 1,20 | 1,00 | 3,59 | 1,40 | 4,21 | 1,00 |
| 30 | 1,20 | 1,00 | 4,93 | 1,00 | 5,05 | 0,80 |
| 31 | 1,20 | 1,00 | 6,53 | 0,70 | 3,65 | 1,10 |
| 32 | 1,20 | 1,00 | 5,91 | 0,80 | 3,65 | 1,10 |
| 33 | 1,20 | 1,00 | 4,67 | 1,00 | 3,84 | 1,10 |
| 34 | 1,20 | 1,00 | 4,95 | 1,00 | 3,86 | 1,10 |
| 35 | 1,20 | 1,00 | 5,11 | 1,00 | 3,50 | 1,20 |
| 36 | 1,20 | 1,00 | 4,79 | 1,00 | 3,60 | 1,20 |
| 37 | 1,20 | 1,00 | 4,49 | 1,10 | 3,14 | 1,30 |
| 38 | 1,20 | 1,00 | 5,06 | 1,00 | 3,85 | 1,10 |
| 39 | 1,20 | 1,00 | 5,25 | 0,90 | 5,14 | 0,80 |
| 40 | 1,20 | 1,00 | 5,53 | 0,90 | 3,77 | 1,10 |
| 41 | 1,20 | 1,00 | 4,39 | 1,10 | 3,89 | 1,10 |
| 42 | 1,20 | 1,00 | 4,49 | 1,10 | 3,95 | 1,00 |
| 43 | 1,20 | 1,00 | 3,87 | 1,30 | 3,38 | 1,20 |
| 44 | 1,20 | 1,00 | 4,03 | 1,20 | 3,85 | 1,10 |
| 45 | 1,20 | 1,00 | 4,56 | 0,90 | 4,35 | 0,90 |
| 46 | 1,20 | 1,00 | 5,29 | 1,00 | 5,57 | 0,80 |
| 47 | 1,20 | 1,00 | 3,66 | 1,20 | 4,14 | 1,00 |
| 48 | 1,20 | 1,00 | 5,75 | 1,00 | 4,03 | 0,90 |
| 49 | 1,20 | 1,00 | 6,13 | 1,10 | 5,14 | 0,90 |
| 50 | 1,20 | 1,00 | 5,52 | 1,10 | 4,83 | 1,00 |
| 51 | 1,20 | 1,00 | 6,37 | 1,00 | 4,58 | 0,95 |
| 52 | 1,20 | 1,00 | 6,30 | 1,00 | 4,16 | 1,00 |
| 53 | 1,20 | 1,00 | 5,33 | 1,10 | 3,43 | 1,00 |
| 54 | 1,20 | 1,00 | 4,54 | 1,00 | 4,62 | 1,00 |
| 55 | 1,20 | 1,00 | 4,62 | 1,20 | 4,35 | 1,00 |
| 56 | 1,20 | 1,00 | 4,54 | 1,00 | 5,51 | 0,90 |
| 57 | 1,20 | 1,00 | 4,86 | 1,00 | 5,53 | 1,00 |
| 58 | 1,20 | 1,00 | 4,82 | 1,00 | 5,36 | 1,00 |
| 59 | 1,20 | 1,00 | 3,59 | 1,00 | 3,67 | 1,00 |
| 60 | 1,20 | 1,00 | 4,45 | 0,95 | 5,05 | 0,90 |
| 61 | 1,20 | 1,00 | 4,77 | 1,00 | 5,05 | 0,90 |
| 62 | 1,20 | 1,00 | 4,54 | 1,00 | 4,87 | 1,00 |
| 63 | 1,20 | 1,00 | 3,96 | 1,20 | 3,11 | 1,30 |
| 64 | 1,20 | 1,00 | 3,08 | 1,30 | 3,06 | 1,30 |
| 65 | | | | | | |
| 70 | | | | | | |
| M | 1,20 | 1,00 | 4,81 | 1,05 | 4,37 | 0,99 |
| s | 0,00 | | 0,83 | | 0,75 | |
| N' | 0,00 | | 43 | | 43 | |
| TN | 1,20 | | 5,04 | | 4,33 | |
| | 10,56 | | | | | |

ANEXO V – TABELA COM CÁLCULO DO TEMPO NORMALIZADO FILA T

Tabela 14- Valores usados para o cálculo do tempo normalizado fila T

| FILA T | | | | | | |
|--------------|---------------|----------|---|----------|----------------------------|----------|
| N.º | Tarefas | | | | | |
| | Descolar pneu | | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand | | Validar 1 código de barras | |
| | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] | Tempo [s] | Rend [%] |
| 1 | 1,20 | 1,00 | 4,43 | 1,20 | 2,63 | 1,40 |
| 2 | 1,20 | 1,00 | 6,15 | 0,80 | 2,85 | 1,30 |
| 3 | 1,20 | 1,00 | 4,87 | 1,10 | 2,95 | 1,20 |
| 4 | 1,20 | 1,00 | 5,37 | 1,00 | 3,70 | 1,00 |
| 5 | 1,20 | 1,00 | 6,95 | 0,70 | 3,32 | 1,10 |
| 6 | 1,20 | 1,00 | 4,48 | 1,20 | 2,89 | 1,20 |
| 7 | 1,20 | 1,00 | 6,59 | 0,80 | 2,68 | 1,30 |
| 8 | 1,20 | 1,00 | 4,74 | 1,10 | 4,05 | 0,90 |
| 9 | 1,20 | 1,00 | 4,92 | 1,00 | 3,13 | 1,20 |
| 10 | 1,20 | 1,00 | 4,62 | 1,10 | 2,85 | 1,30 |
| 11 | 1,20 | 1,00 | 5,34 | 1,00 | 4,43 | 0,80 |
| 12 | 1,20 | 1,00 | 5,19 | 1,00 | 4,53 | 0,80 |
| 13 | 1,20 | 1,00 | 6,00 | 0,90 | 3,30 | 1,10 |
| 14 | 1,20 | 1,00 | 5,50 | 0,90 | 3,47 | 1,00 |
| 15 | 1,20 | 1,00 | 5,50 | 0,90 | 3,30 | 1,10 |
| 16 | 1,20 | 1,00 | 4,23 | 1,20 | 3,21 | 1,10 |
| 17 | 1,20 | 1,00 | 6,40 | 0,80 | 3,94 | 0,90 |
| 18 | 1,20 | 1,00 | 4,88 | 1,10 | 4,45 | 0,80 |
| 19 | 1,20 | 1,00 | 5,28 | 1,00 | 4,60 | 0,80 |
| 20 | 1,20 | 1,00 | 5,16 | 1,00 | 3,11 | 1,20 |
| 21 | 1,20 | 1,00 | 5,19 | 1,00 | 4,42 | 0,80 |
| 22 | 1,20 | 1,00 | 5,53 | 0,90 | 3,65 | 1,00 |
| 23 | 1,20 | 1,00 | 6,00 | 0,90 | 4,00 | 0,90 |
| 24 | 1,20 | 1,00 | 4,50 | 1,10 | 3,56 | 1,00 |
| 25 | 1,20 | 1,00 | 4,71 | 1,10 | 3,30 | 1,10 |
| 26 | 1,20 | 1,00 | 5,36 | 1,00 | 3,26 | 1,10 |
| 27 | 1,20 | 1,00 | 3,82 | 1,40 | 2,80 | 1,30 |
| 28 | 1,20 | 1,00 | 5,18 | 1,00 | 4,62 | 0,80 |
| 29 | 1,20 | 1,00 | 5,01 | 1,00 | 3,23 | 1,10 |
| 30 | 1,20 | 1,00 | 5,00 | 1,00 | 2,56 | 1,40 |
| 31 | 1,20 | 1,00 | 4,95 | 1,00 | 3,36 | 1,10 |
| 32 | 1,20 | 1,00 | 4,88 | 1,10 | 3,32 | 1,10 |
| 33 | 1,20 | 1,00 | 3,82 | 1,40 | 3,33 | 1,10 |
| 34 | 1,20 | 1,00 | 4,68 | 1,10 | 3,45 | 1,00 |
| 35 | 1,20 | 1,00 | 4,85 | 1,10 | 2,64 | 1,40 |
| 36 | 1,20 | 1,00 | 5,78 | 0,90 | 3,20 | 1,10 |
| 37 | 1,20 | 1,00 | 4,86 | 1,10 | 2,93 | 1,20 |
| 38 | 1,20 | 1,00 | 4,05 | 1,30 | 2,98 | 1,20 |
| 39 | 1,20 | 1,00 | 3,03 | 1,70 | 3,02 | 1,20 |
| 40 | 1,20 | 1,00 | 3,43 | 1,50 | 3,45 | 1,00 |
| 41 | 1,20 | 1,00 | 4,48 | 1,20 | 4,03 | 0,90 |
| 42 | 1,20 | 1,00 | 6,80 | 0,80 | 4,37 | 0,80 |
| 43 | 1,20 | 1,00 | 3,75 | 1,40 | 3,63 | 1,00 |
| 44 | 1,20 | 1,00 | 4,37 | 1,20 | 4,12 | 0,90 |
| 45 | 1,20 | 1,00 | 4,59 | 1,10 | 3,17 | 1,10 |
| 46 | 1,20 | 1,00 | 5,55 | 0,90 | 3,98 | 0,90 |
| 47 | 1,20 | 1,00 | 5,47 | 0,90 | 3,45 | 1,00 |
| 48 | 1,20 | 1,00 | 4,15 | 1,20 | 4,79 | 0,80 |
| 49 | 1,20 | 1,00 | 4,95 | 1,00 | 3,01 | 1,00 |
| 50 | 1,20 | 1,00 | 4,40 | 1,00 | 3,95 | 0,90 |
| 51 | 1,20 | 1,00 | 4,85 | 1,00 | 4,53 | 1,00 |
| 52 | 1,20 | 1,00 | 4,95 | 1,00 | 4,37 | 1,10 |
| 53 | 1,20 | 1,00 | 6,05 | 1,00 | 3,36 | 1,10 |
| 54 | 1,20 | 1,00 | 4,87 | 1,00 | 3,29 | 1,00 |
| 55 | 1,20 | 1,00 | 5,63 | 1,00 | 2,40 | 1,20 |
| 56 | 1,20 | 1,00 | 3,04 | 1,20 | 3,62 | 1,10 |
| 57 | 1,20 | 1,00 | 3,09 | 1,20 | 3,21 | 1,20 |
| 58 | 1,20 | 1,00 | 3,90 | 1,10 | 2,43 | 1,30 |
| 59 | 1,20 | 1,00 | 4,72 | 1,00 | 3,57 | 1,00 |
| 60 | 1,20 | 1,00 | 4,13 | 1,00 | 3,94 | 1,10 |
| 61 | 1,20 | 1,00 | 3,97 | 1,10 | 4,60 | 0,90 |
| 62 | 1,20 | 1,00 | 3,31 | 1,10 | 4,45 | 1,00 |
| 63 | 1,20 | 1,00 | 3,32 | 1,00 | 3,12 | 1,10 |
| 64 | 1,20 | 1,00 | 3,66 | 1,20 | 4,62 | 1,00 |
| 65 | 1,20 | 1,00 | 3,56 | 1,20 | 4,79 | 0,95 |
| 70 | 1,20 | 1,00 | 6,40 | 0,90 | 2,91 | 1,10 |
| M | 1,20 | 1,00 | 4,84 | 1,06 | 3,55 | 1,06 |
| s | 0,00 | | 0,92 | | 0,65 | |
| N' | 0,00 | | 45 | | 45 | |
| TN | 1,20 | | 5,14 | | 3,75 | |
| 10,09 | | | | | | |

ANEXO VI – TABELAS COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA B E C

Tabela 15- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila B

| FILA B | | | | | |
|------------------------------|--|----------------------|------------------------------|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | 6,46 | Tarefas Principais | Descolar pneu | 6,46 |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | |
| | Validar 2 códigos de barras | | | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | 0,62 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | 0,62 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | 0,87 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | 0,87 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | 0,23 | | Carros Pintura A-L | 0,23 |
| | Carros Pintura T | | | Carros Pintura T | |
| | Engatar carros L12 | 0,08 | | Engatar carros L12 | 0,08 |
| | Engatar carros L20 | 0,05 | | Engatar carros L20 | 0,05 |
| | Desenravar pneus no canal | 0,56 | | Desenravar pneus no canal | 0,56 |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | 0,11 | Mudar pneus de carro | 0,11 | | |
| Total | | 10,37 | Total | | 10,37 |
| Fadiga | | 9% | Fadiga | | 9% |
| Descanso | | 6% | Descanso | | 6% |
| Perturbações | | 2% | Perturbações | | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 12,14 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 12,14 |

Tabela 16- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila C

| FILA C | | | | | |
|------------------------------|--|----------------------|------------------------------|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | 6,46 | Tarefas Principais | Descolar pneu | 6,46 |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | |
| | Validar 2 códigos de barras | | | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | 0,62 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | 0,62 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | 0,87 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | 0,87 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | 0,23 | | Carros Pintura A-L | 0,23 |
| | Carros Pintura T | | | Carros Pintura T | |
| | Engatar carros L12 | 0,08 | | Engatar carros L12 | 0,08 |
| | Engatar carros L20 | 0,05 | | Engatar carros L20 | 0,05 |
| | Desenravar pneus no canal | 0,56 | | Desenravar pneus no canal | 0,56 |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | 0,11 | Mudar pneus de carro | 0,11 | | |
| Total | | 10,37 | Total | | 10,37 |
| Fadiga | | 9% | Fadiga | | 9% |
| Descanso | | 6% | Descanso | | 6% |
| Perturbações | | 2% | Perturbações | | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 12,14 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 12,14 |

ANEXO VII – TABELAS COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA D E E

Tabela 17- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila D

| FILA D | | | | | |
|------------------------------|--|----------------------|------------------------------|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | | Tarefas Principais | Descolar pneu | |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 6,46 | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 6,46 |
| | Validar 2 códigos de barras | | | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | 0,23 | | Carros Pintura A-L | 0,23 |
| | Carros Pintura T | | | Carros Pintura T | |
| | Engatar carros L12 | 0,08 | | Engatar carros L12 | 0,08 |
| | Engatar carros L20 | 0,05 | | Engatar carros L20 | 0,05 |
| | Desenravar pneus no canal | 0,56 | | Desenravar pneus no canal | 0,56 |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | | Mudar pneus de carro | | | |
| Total | | 9,89 | Total | | 9,89 |
| | Fadiga | 9% | | Fadiga | 9% |
| | Descanso | 6% | | Descanso | 6% |
| | Perturbações | 2% | | Perturbações | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 11,58 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 11,58 |

Tabela 18- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila E

| FILA E | | | | | |
|------------------------------|--|---------------------------|------------------------------|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | | Tarefas Principais | Descolar pneu | |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 |
| | Validar 2 códigos de barras | | | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | 0,62 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | 0,62 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | 0,87 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | 0,87 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| Carros Pintura A-L | 0,23 | Carros Pintura A-L | 0,23 | | |
| Carros Pintura T | | Carros Pintura T | | | |
| Engatar carros L12 | 0,08 | Engatar carros L12 | 0,08 | | |
| Engatar carros L20 | 0,05 | Engatar carros L20 | 0,05 | | |
| Desenravar pneus no canal | 0,56 | Desenravar pneus no canal | 0,56 | | |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | 0,11 | Mudar pneus de carro | 0,11 | | |
| Total | | 11,59 | Total | | 11,59 |
| | Fadiga | 10% | | Fadiga | 10% |
| | Descanso | 6% | | Descanso | 6% |
| | Perturbações | 2% | | Perturbações | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 13,67 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 13,67 |

ANEXO VIII – TABELAS COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA F E G

Tabela 19- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila F

| FILA F | | | | | |
|------------------------------|--|----------------------------|------------------------------|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | | Tarefas Principais | Descolar pneu | |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 |
| | Validar 2 códigos de barras | | | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | 0,23 | | Carros Pintura A-L | 0,23 |
| Carros Pintura T | | Carros Pintura T | | | |
| Engatar carros L12 | 0,08 | Engatar carros L12 | 0,08 | | |
| Engatar carros L20 | 0,05 | Engatar carros L20 | 0,05 | | |
| Desencravar pneus no canal | 0,56 | Desencravar pneus no canal | 0,56 | | |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | | Mudar pneus de carro | | | |
| Total | | 11,11 | Total | | 11,11 |
| Fadiga | | 10% | Fadiga | | 10% |
| Descanso | | 6% | Descanso | | 6% |
| Perturbações | | 2% | Perturbações | | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 13,11 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 13,11 |

Tabela 20- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila G

| FILA G | | | | | |
|------------------------------|--|----------------------------|------------------------------|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | | Tarefas Principais | Descolar pneu | |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 |
| | Validar 2 códigos de barras | | | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | 0,62 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | 0,87 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | 0,23 | | Carros Pintura A-L | 0,23 |
| Carros Pintura T | | Carros Pintura T | | | |
| Engatar carros L12 | 0,08 | Engatar carros L12 | 0,08 | | |
| Engatar carros L20 | 0,05 | Engatar carros L20 | 0,05 | | |
| Desencravar pneus no canal | 0,56 | Desencravar pneus no canal | 0,56 | | |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | 0,11 | Mudar pneus de carro | | | |
| Total | | 11,59 | Total | | 11,11 |
| Fadiga | | 10% | Fadiga | | 10% |
| Descanso | | 6% | Descanso | | 6% |
| Perturbações | | 2% | Perturbações | | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 13,67 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 13,11 |

ANEXO IX – TABELAS COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA H E I

Tabela 21-Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila H

| FILA H | | | |
|------------------------------|--|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | LAYOUT ATUAL | |
| Operação | Tempo [s/pneu] | Operação | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | Descolar pneu | |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 |
| | Validar 2 códigos de barras | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | Trocar carros - Fila de 1 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | Trocar carros - Fila de 1 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | Trocar carros - Fila de 3 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | Trocar carros - Fila de 3 L20 | 0,87 |
| | Efetuar pedidos à DE | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | Carros Pintura A-L | 0,23 |
| | Carros Pintura T | Carros Pintura T | |
| | Engatar carros L12 | Engatar carros L12 | 0,08 |
| | Engatar carros L20 | Engatar carros L20 | 0,05 |
| | Desencravar pneus no canal | Desencravar pneus no canal | 0,56 |
| | Reamar máquina | Reamar máquina | 0,12 |
| | Mudar pneus de carro | Mudar pneus de carro | |
| Total | | Total | 12,06 |
| | Fadiga | Fadiga | 10% |
| | Descanso | Descanso | 6% |
| | Perturbações | Perturbações | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | Tempo Padrão [s/pneu] | 14,23 |

Tabela 22- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila I

| FILA I | | | |
|------------------------------|--|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | LAYOUT ATUAL | |
| Operação | Tempo [s/pneu] | Operação | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | Descolar pneu | |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 |
| | Validar 2 códigos de barras | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | Trocar carros - Fila de 1 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | Trocar carros - Fila de 1 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | Trocar carros - Fila de 3 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | Trocar carros - Fila de 3 L20 | |
| | Efetuar pedidos à DE | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | Carros Pintura A-L | 0,23 |
| | Carros Pintura T | Carros Pintura T | |
| | Engatar carros L12 | Engatar carros L12 | 0,08 |
| | Engatar carros L20 | Engatar carros L20 | 0,05 |
| | Desencravar pneus no canal | Desencravar pneus no canal | 0,56 |
| | Reamar máquina | Reamar máquina | 0,12 |
| | Mudar pneus de carro | Mudar pneus de carro | |
| Total | | Total | 11,11 |
| | Fadiga | Fadiga | 10% |
| | Descanso | Descanso | 6% |
| | Perturbações | Perturbações | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | Tempo Padrão [s/pneu] | 13,11 |

ANEXO X – TABELAS COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA J E K

Tabela 23- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila J

| FILA J | | | |
|------------------------------|--|------------------------------|--|
| LAYOUT PROPOSTO | | LAYOUT ATUAL | |
| Operação | Tempo [s/pneu] | Operação | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | Tarefas Principais | Descolar pneu |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand |
| | Validar 2 códigos de barras | | Validar 2 códigos de barras |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 |
| | Subir prateleiras L20 | | Subir prateleiras L20 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | Trocar carros - Fila de 3 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | Trocar carros - Fila de 3 L20 |
| | Efetuar pedidos à DE | | Efetuar pedidos à DE |
| | Colocar pneus de 2 medidas | | Colocar pneus de 2 medidas |
| | Carros Pintura A-L | | Carros Pintura A-L |
| | Carros Pintura T | | Carros Pintura T |
| | Engatar carros L12 | | Engatar carros L12 |
| | Engatar carros L20 | | Engatar carros L20 |
| | Desenravar pneus no canal | | Desenravar pneus no canal |
| Rearmar máquina | Rearmar máquina | | |
| Mudar pneus de carro | Mudar pneus de carro | | |
| Total | | Total | |
| | 11,11 | | 11,11 |
| | Fadiga 10% | | Fadiga 10% |
| | Descanso 6% | | Descanso 6% |
| | Perturbações 2% | | Perturbações 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | Tempo Padrão [s/pneu] | |
| | 13,11 | | 13,11 |

Tabela 24- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila K

| FILA K | | | |
|------------------------------|--|------------------------------|--|
| LAYOUT PROPOSTO | | LAYOUT ATUAL | |
| Operação | Tempo [s/pneu] | Operação | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | Tarefas Principais | Descolar pneu |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand |
| | Validar 2 códigos de barras | | Validar 2 códigos de barras |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 |
| | Subir prateleiras L20 | | Subir prateleiras L20 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | Trocar carros - Fila de 3 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | Trocar carros - Fila de 3 L20 |
| | Efetuar pedidos à DE | | Efetuar pedidos à DE |
| | Colocar pneus de 2 medidas | | Colocar pneus de 2 medidas |
| Carros Pintura A-L | Carros Pintura A-L | | |
| Carros Pintura T | Carros Pintura T | | |
| Engatar carros L12 | Engatar carros L12 | | |
| Engatar carros L20 | Engatar carros L20 | | |
| Desenravar pneus no canal | Desenravar pneus no canal | | |
| Rearmar máquina | Rearmar máquina | | |
| Mudar pneus de carro | Mudar pneus de carro | | |
| Total | | Total | |
| | 11,59 | | 11,11 |
| | Fadiga 10% | | Fadiga 10% |
| | Descanso 6% | | Descanso 6% |
| | Perturbações 2% | | Perturbações 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | Tempo Padrão [s/pneu] | |
| | 13,67 | | 13,11 |

ANEXO XI – TABELAS COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA L E M

Tabela 25- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila L

| FILA L | | | | | |
|------------------------------|--|----------------------|------------------------------|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | | Tarefas Principais | Descolar pneu | |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 |
| | Validar 2 códigos de barras | | | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | 0,23 | | Carros Pintura A-L | 0,23 |
| | Carros Pintura T | | | Carros Pintura T | |
| | Engatar carros L12 | 0,08 | | Engatar carros L12 | 0,08 |
| | Engatar carros L20 | 0,05 | | Engatar carros L20 | 0,05 |
| | Desencravar pneus no canal | 0,56 | | Desencravar pneus no canal | 0,56 |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | | Mudar pneus de carro | | | |
| Total | | 11,11 | Total | | 11,11 |
| | Fadiga | 10% | | Fadiga | 10% |
| | Descanso | 6% | | Descanso | 6% |
| | Perturbações | 2% | | Perturbações | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 13,11 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 13,11 |

Tabela 26- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila M

| FILA M | | | | | |
|------------------------------|--|----------------------|------------------------------|--|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | | Tarefas Principais | Descolar pneu | |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | 7,68 |
| | Validar 2 códigos de barras | | | Validar 2 códigos de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | 0,87 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | 1,21 |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | | | Carros Pintura A-L | |
| | Carros Pintura T | | | Carros Pintura T | |
| | Engatar carros L12 | 0,08 | | Engatar carros L12 | 0,08 |
| | Engatar carros L20 | 0,05 | | Engatar carros L20 | 0,05 |
| | Desencravar pneus no canal | 0,56 | | Desencravar pneus no canal | 0,56 |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | | Mudar pneus de carro | | | |
| Total | | 10,88 | Total | | 11,83 |
| | Fadiga | 11% | | Fadiga | 11% |
| | Descanso | 6% | | Descanso | 6% |
| | Perturbações | 2% | | Perturbações | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 12,94 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 14,07 |

ANEXO XII – TABELAS COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA N E O

Tabela 27- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila N

| FILA N | | | |
|------------------------------|--|------------------------------|--|
| LAYOUT PROPOSTO | | LAYOUT ATUAL | |
| Operação | Tempo [s/pneu] | Operação | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | Tarefas Principais | Descolar pneu |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand |
| | Validar 2 códigos de barras | | Validar 2 códigos de barras |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 |
| | Subir prateleiras L20 | | Subir prateleiras L20 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | Trocar carros - Fila de 3 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | Trocar carros - Fila de 3 L20 |
| | Efetuar pedidos à DE | | Efetuar pedidos à DE |
| | Colocar pneus de 2 medidas | | Colocar pneus de 2 medidas |
| | Carros Pintura A-L | | Carros Pintura A-L |
| | Carros Pintura T | | Carros Pintura T |
| | Engatar carros L12 | | Engatar carros L12 |
| | Engatar carros L20 | | Engatar carros L20 |
| | Desencravar pneus no canal | | Desencravar pneus no canal |
| Rearmar máquina | Rearmar máquina | | |
| Mudar pneus de carro | Mudar pneus de carro | | |
| Total | 11,36 | Total | 10,88 |
| | Fadiga 10% | | Fadiga 10% |
| | Descanso 6% | | Descanso 6% |
| | Perturbações 2% | | Perturbações 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | Tempo Padrão [s/pneu] | |
| | 13,40 | | 12,83 |

Tabela 28- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila O

| FILA O | | | |
|------------------------------|--|------------------------------|--|
| LAYOUT PROPOSTO | | LAYOUT ATUAL | |
| Operação | Tempo [s/pneu] | Operação | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | Tarefas Principais | Descolar pneu |
| | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand | | Tirar 2 pneus do carro e colocar no load stand |
| | Validar 2 códigos de barras | | Validar 2 códigos de barras |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 |
| | Subir prateleiras L20 | | Subir prateleiras L20 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | Trocar carros - Fila de 3 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | Trocar carros - Fila de 3 L20 |
| | Efetuar pedidos à DE | | Efetuar pedidos à DE |
| | Colocar pneus de 2 medidas | | Colocar pneus de 2 medidas |
| | Carros Pintura A-L | | Carros Pintura A-L |
| | Carros Pintura T | | Carros Pintura T |
| | Engatar carros L12 | | Engatar carros L12 |
| | Engatar carros L20 | | Engatar carros L20 |
| | Desencravar pneus no canal | | Desencravar pneus no canal |
| Rearmar máquina | Rearmar máquina | | |
| Mudar pneus de carro | Mudar pneus de carro | | |
| Total | 10,88 | Total | 10,88 |
| | Fadiga 10% | | Fadiga 10% |
| | Descanso 6% | | Descanso 6% |
| | Perturbações 2% | | Perturbações 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | Tempo Padrão [s/pneu] | |
| | 12,83 | | 12,83 |

ANEXO XIII – TABELAS COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA P E Q

Tabela 29- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila P

| FILA P | | | | | |
|------------------------------|---|----------------------|------------------------------|---|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | | Tarefas Principais | Descolar pneu | |
| | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand | 10,56 | | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand | 10,56 |
| | Validar 1 código de barras | | | Validar 1 código de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | 0,87 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | 1,21 |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | | | Carros Pintura A-L | |
| | Carros Pintura T | | | Carros Pintura T | |
| | Engatar carros L12 | 0,08 | | Engatar carros L12 | 0,08 |
| | Engatar carros L20 | 0,05 | | Engatar carros L20 | 0,05 |
| | Desencravar pneus no canal | 0,56 | | Desencravar pneus no canal | 0,56 |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | | Mudar pneus de carro | | | |
| Total | | 13,76 | Total | | 14,71 |
| | Fadiga | 10% | | Fadiga | 10% |
| | Descanso | 6% | | Descanso | 6% |
| | Perturbações | 2% | | Perturbações | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 16,24 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 17,36 |

Tabela 30- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila Q

| FILA Q | | | | | |
|------------------------------|---|----------------------|------------------------------|---|----------------|
| LAYOUT PROPOSTO | | | LAYOUT ATUAL | | |
| Operação | | Tempo [s/pneu] | Operação | | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | | Tarefas Principais | Descolar pneu | |
| | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand | 10,56 | | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand | 10,56 |
| | Validar 1 código de barras | | | Validar 1 código de barras | |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | 0,08 |
| | Subir prateleiras L20 | 0,14 | | Subir prateleiras L20 | 0,14 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | | Trocar carros - Fila de 1 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | | Trocar carros - Fila de 1 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | 0,47 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 | |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | 0,66 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 | |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | | Trocar carros - Fila de 3 L12 | 0,87 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | | Trocar carros - Fila de 3 L20 | 1,21 |
| | Efetuar pedidos à DE | 0,50 | | Efetuar pedidos à DE | 0,50 |
| | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 | | Colocar pneus de 2 medidas | 0,54 |
| | Carros Pintura A-L | | | Carros Pintura A-L | |
| | Carros Pintura T | | | Carros Pintura T | |
| | Engatar carros L12 | 0,08 | | Engatar carros L12 | 0,08 |
| | Engatar carros L20 | 0,05 | | Engatar carros L20 | 0,05 |
| | Desencravar pneus no canal | 0,56 | | Desencravar pneus no canal | 0,56 |
| Rearmar máquina | 0,12 | Rearmar máquina | 0,12 | | |
| Mudar pneus de carro | | Mudar pneus de carro | | | |
| Total | | 13,76 | Total | | 14,71 |
| | Fadiga | 11% | | Fadiga | 11% |
| | Descanso | 6% | | Descanso | 6% |
| | Perturbações | 2% | | Perturbações | 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | | 16,38 | Tempo Padrão [s/pneu] | | 17,51 |

ANEXO XIV – TABELAS COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA R E S

Tabela 31- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila R

| FILA R | | | |
|----------------------|---|--------------------|---|
| LAYOUT PROPOSTO | | LAYOUT ATUAL | |
| Operação | Tempo [s/pneu] | Operação | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | Tarefas Principais | Descolar pneu |
| | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand | | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand |
| | Validar 1 código de barras | | Validar 1 código de barras |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 |
| | Subir prateleiras L20 | | Subir prateleiras L20 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | Trocar carros - Fila de 3 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | Trocar carros - Fila de 3 L20 |
| | Efetuar pedidos à DE | | Efetuar pedidos à DE |
| | Colocar pneus de 2 medidas | | Colocar pneus de 2 medidas |
| | Carros Pintura A-L | | Carros Pintura A-L |
| | Carros Pintura T | | Carros Pintura T |
| | Engatar carros L12 | | Engatar carros L12 |
| | Engatar carros L20 | | Engatar carros L20 |
| | Desencravar pneus no canal | | Desencravar pneus no canal |
| Rearmar máquina | Rearmar máquina | | |
| Mudar pneus de carro | Mudar pneus de carro | | |
| | Total | | Total |
| | 13,76 | | 13,76 |
| | Fadiga 11% | | Fadiga 11% |
| | Descanso 6% | | Descanso 6% |
| | Perturbações 2% | | Perturbações 2% |
| | Tempo Padrão [s/pneu] | | Tempo Padrão [s/pneu] |
| | 16,38 | | 16,38 |

Tabela 32- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila S

| FILA S | | | |
|----------------------|---|--------------------|---|
| LAYOUT PROPOSTO | | LAYOUT ATUAL | |
| Operação | Tempo [s/pneu] | Operação | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | Tarefas Principais | Descolar pneu |
| | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand | | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand |
| | Validar 1 código de barras | | Validar 1 código de barras |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 |
| | Subir prateleiras L20 | | Subir prateleiras L20 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | Trocar carros - Fila de 3 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | Trocar carros - Fila de 3 L20 |
| | Efetuar pedidos à DE | | Efetuar pedidos à DE |
| | Colocar pneus de 2 medidas | | Colocar pneus de 2 medidas |
| | Carros Pintura A-L | | Carros Pintura A-L |
| | Carros Pintura T | | Carros Pintura T |
| | Engatar carros L12 | | Engatar carros L12 |
| | Engatar carros L20 | | Engatar carros L20 |
| | Desencravar pneus no canal | | Desencravar pneus no canal |
| Rearmar máquina | Rearmar máquina | | |
| Mudar pneus de carro | Mudar pneus de carro | | |
| | Total | | Total |
| | 13,76 | | 14,71 |
| | Fadiga 11% | | Fadiga 11% |
| | Descanso 6% | | Descanso 6% |
| | Perturbações 2% | | Perturbações 2% |
| | Tempo Padrão [s/pneu] | | Tempo Padrão [s/pneu] |
| | 16,38 | | 17,51 |

ANEXO XV – TABELA COM CÁLCULO DO TEMPO PADRÃO PARA A FILA T

Tabela 33- Valores usados para o cálculo do tempo padrão para a fila T

| FILA T | | | |
|------------------------------|---|------------------------------|---|
| LAYOUT PROPOSTO | | LAYOUT ATUAL | |
| Operação | Tempo [s/pneu] | Operação | Tempo [s/pneu] |
| Tarefas Principais | Descolar pneu | Tarefas Principais | Descolar pneu |
| | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand | | Tirar 1 pneu do carro e colocar no load stand |
| | Validar 1 código de barras | | Validar 1 código de barras |
| Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 | Tarefas Auxiliares | Subir prateleiras L12 |
| | Subir prateleiras L20 | | Subir prateleiras L20 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L12 | | Trocar carros - Fila de 1 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 1 L20 | | Trocar carros - Fila de 1 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L12 | | Trocar carros - Fila de 2 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 2 L20 | | Trocar carros - Fila de 2 L20 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L12 | | Trocar carros - Fila de 3 L12 |
| | Trocar carros - Fila de 3 L20 | | Trocar carros - Fila de 3 L20 |
| | Efetuar pedidos à DE | | Efetuar pedidos à DE |
| | Colocar pneus de 2 medidas | | Colocar pneus de 2 medidas |
| | Carros Pintura A-L | | Carros Pintura A-L |
| | Carros Pintura T | | Carros Pintura T |
| | Engatar carros L12 | | Engatar carros L12 |
| | Engatar carros L20 | | Engatar carros L20 |
| | Desencravar pneus no canal | | Desencravar pneus no canal |
| | Rearmar máquina | | Rearmar máquina |
| | Mudar pneus de carro | | Mudar pneus de carro |
| Total | 13,54 | Total | 14,49 |
| | Fadiga 11% | | Fadiga 11% |
| | Descanso 6% | | Descanso 6% |
| | Perturbações 2% | | Perturbações 2% |
| Tempo Padrão [s/pneu] | 16,11 | Tempo Padrão [s/pneu] | 17,24 |

ANEXO XVI – LAYOUT EXCEL OPERADOR 1

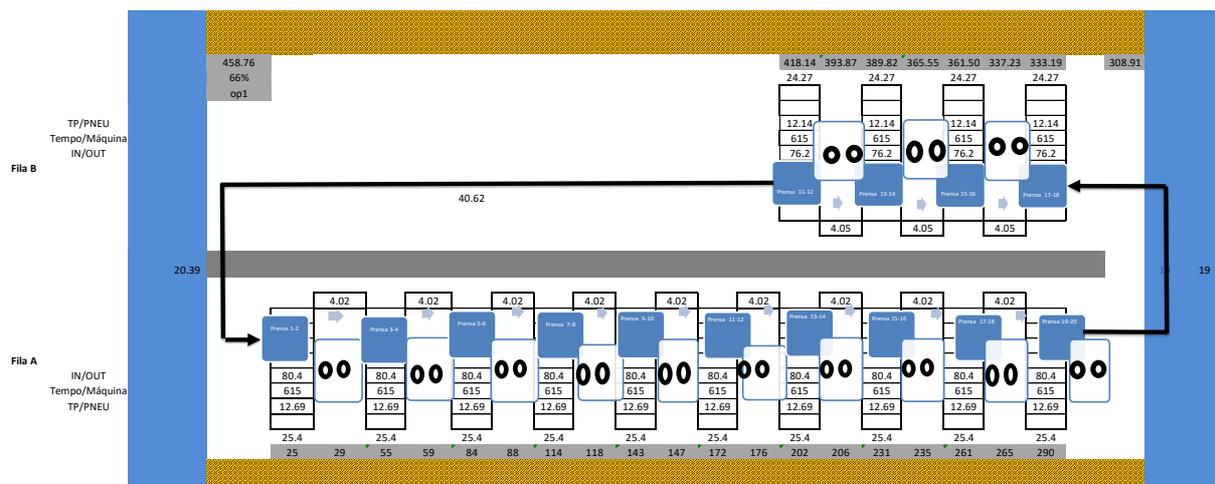


Figura 91- Layout Excel operador 1

ANEXO XVII – LAYOUT EXCEL OPERADOR 2

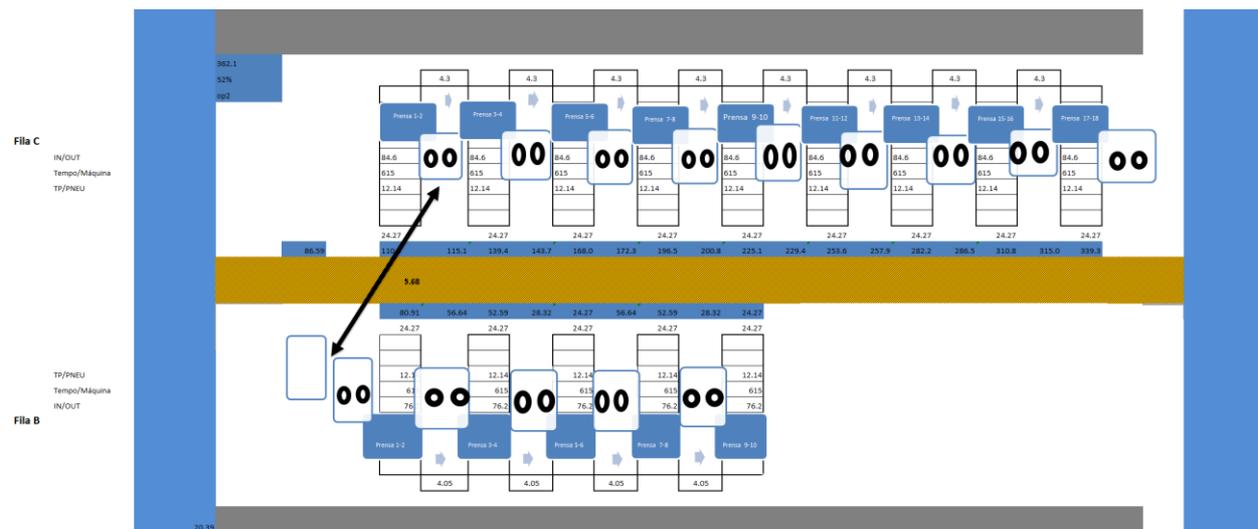


Figura 92- Layout Excel operador 2

ANEXO XIX- LAYOUT EXCEL OPERADOR 4

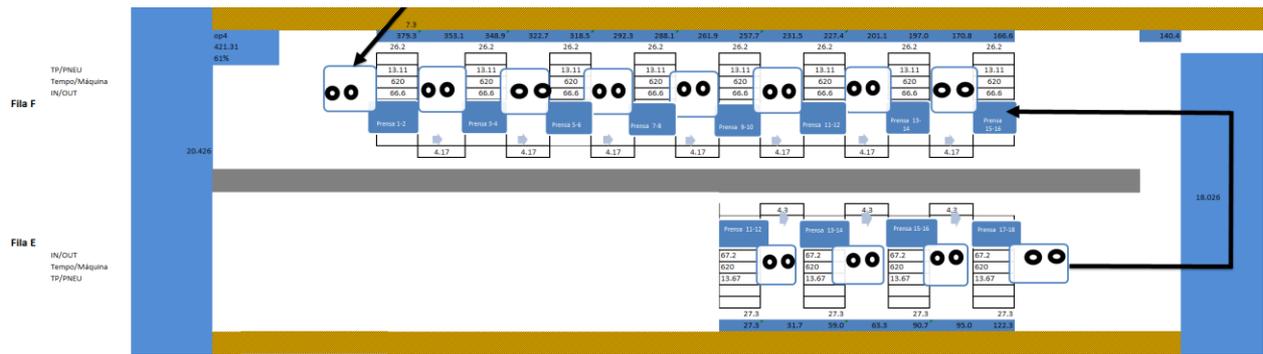


Figura 94- Layout Excel operador 4

ANEXO XX - LAYOUT EXCEL OPERADOR 5

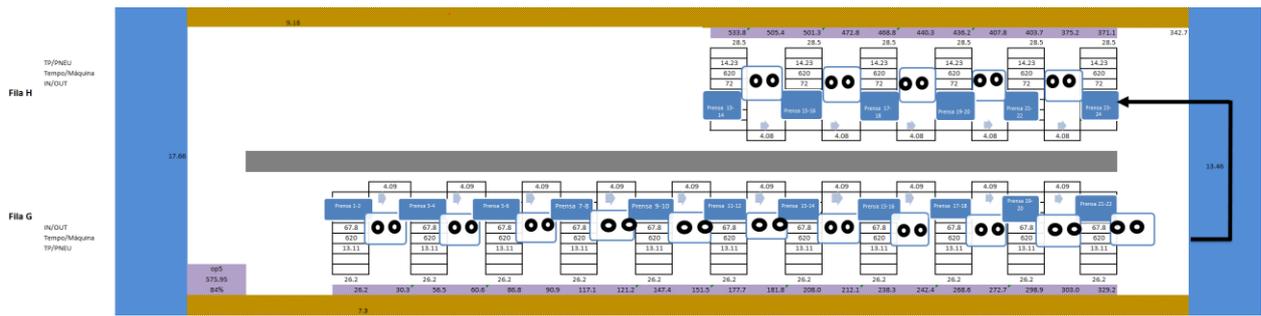


Figura 95-LAYOUT Excel operador 5

ANEXO XXI LAYOUT EXCEL OPERADOR 6

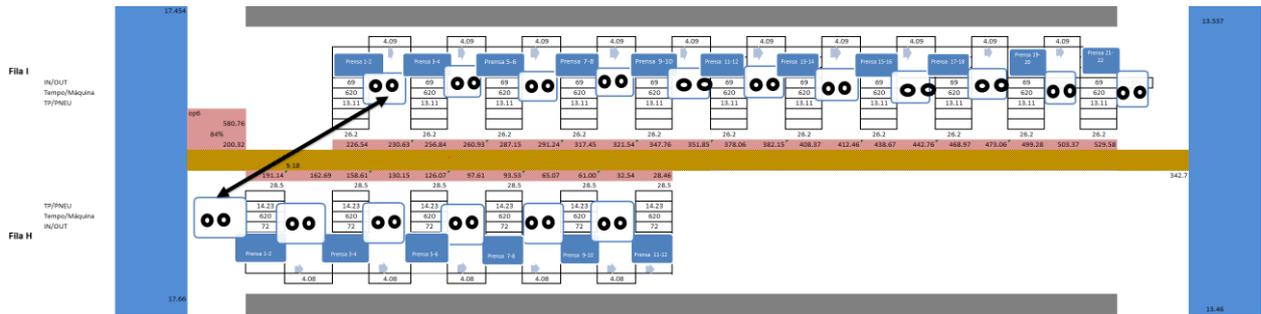


Figura 96- Layout Excel operador 6

ANEXO XXII - LAYOUT EXCEL OPERADOR 7

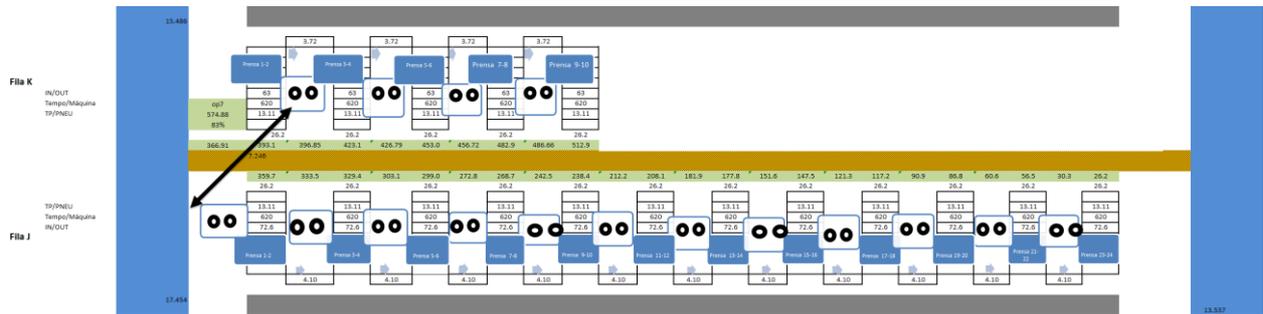


Figura 97- Layout Excel operador 7

ANEXO XXIII - LAYOUT EXCEL OPERADOR 8

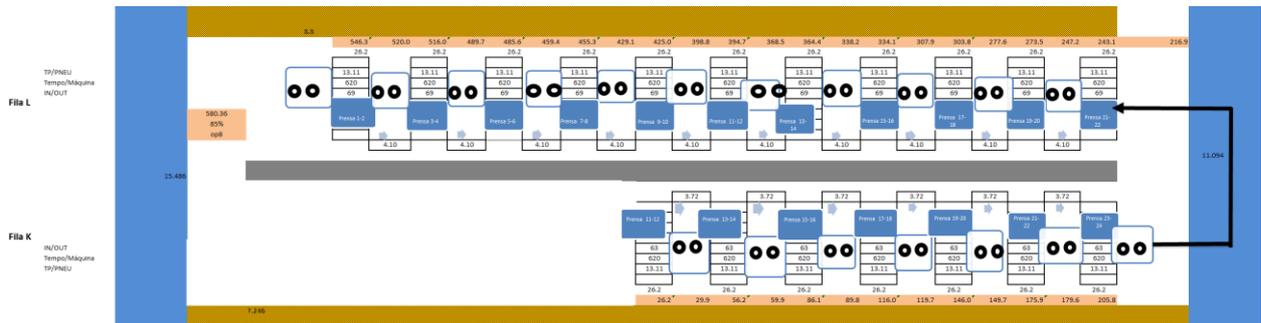


Figura 98 - Layout Excel operador 8

ANEXO XXIV- LAYOUT EXCEL OPERADOR 9

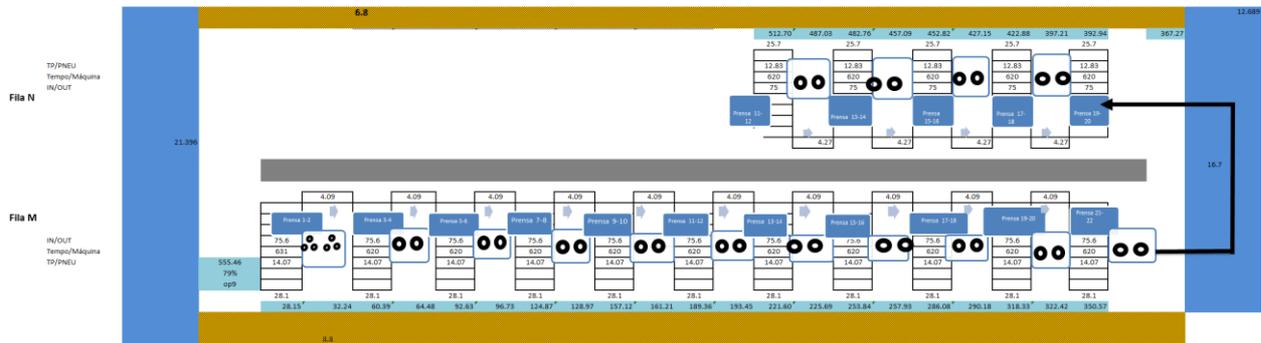


Figura 99- Layout Excel operador 9

ANEXO XXV - LAYOUT EXCEL OPERADOR 10

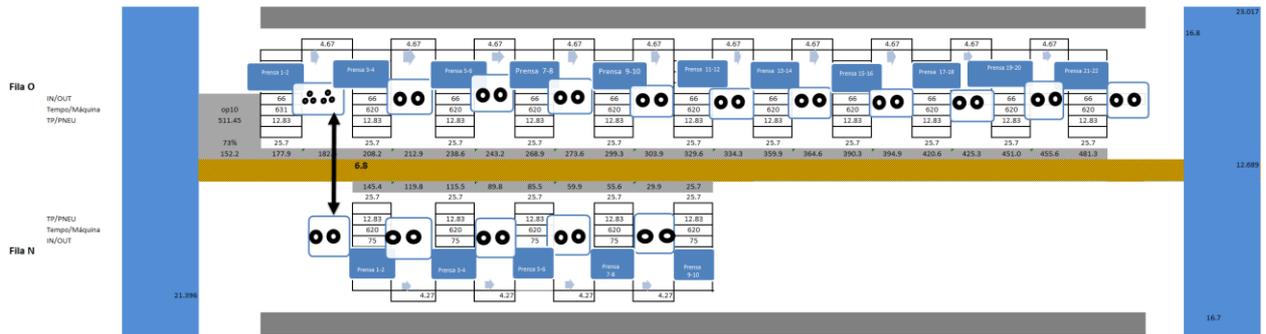


Figura 100- Layout Excel operador 10

ANEXO XXVI- LAYOUT EXCEL OPERADOR 11

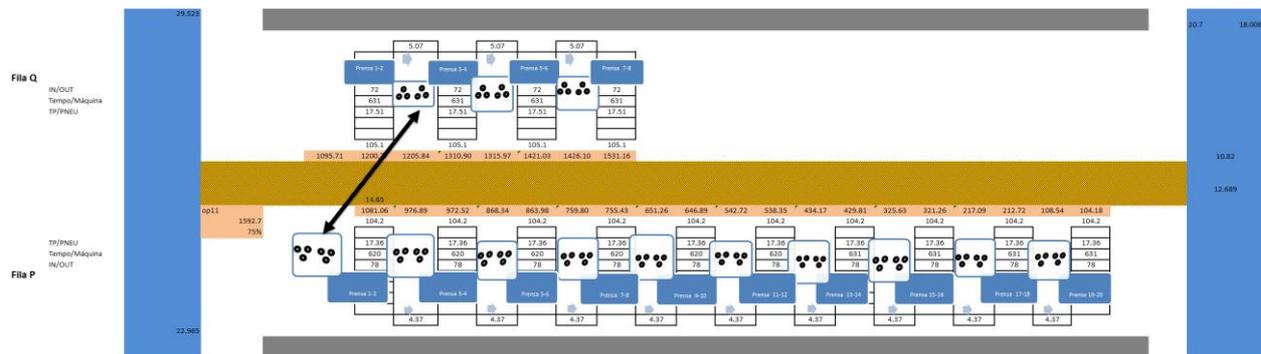


Figura 101- Layout Excel operador 11

ANEXO XXVII - LAYOUT EXCEL OPERADOR 12

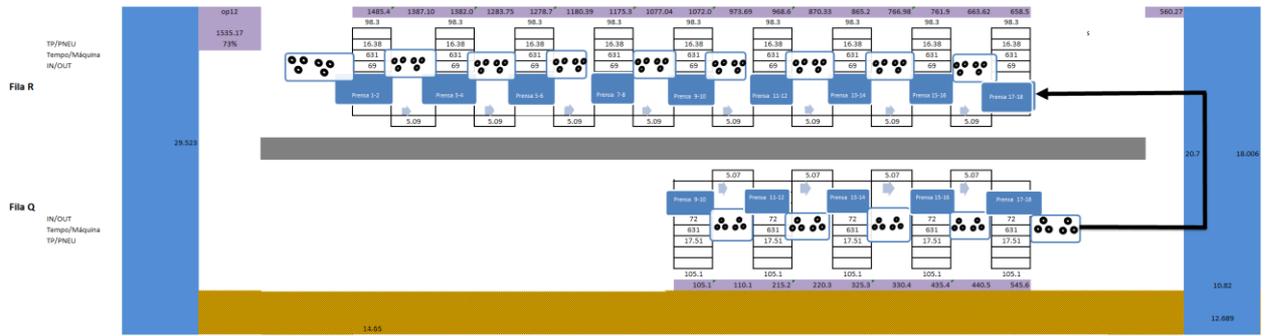


Figura 102- Layout Excel operador 12

ANEXO XXVIII - LAYOUT EXCEL OPERADOR 13

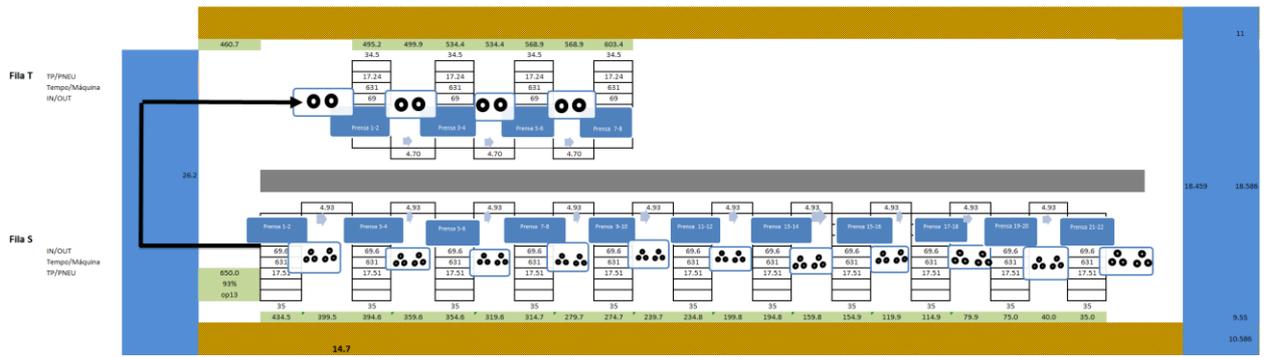


Figura 103- Layout Excel operador 13

ANEXO XXIX- LAYOUT EXCEL OPERADOR 14



Figura 104- Layout Excel operador 14

ANEXO XXX - LAYOUT EXCEL OPERADOR 15

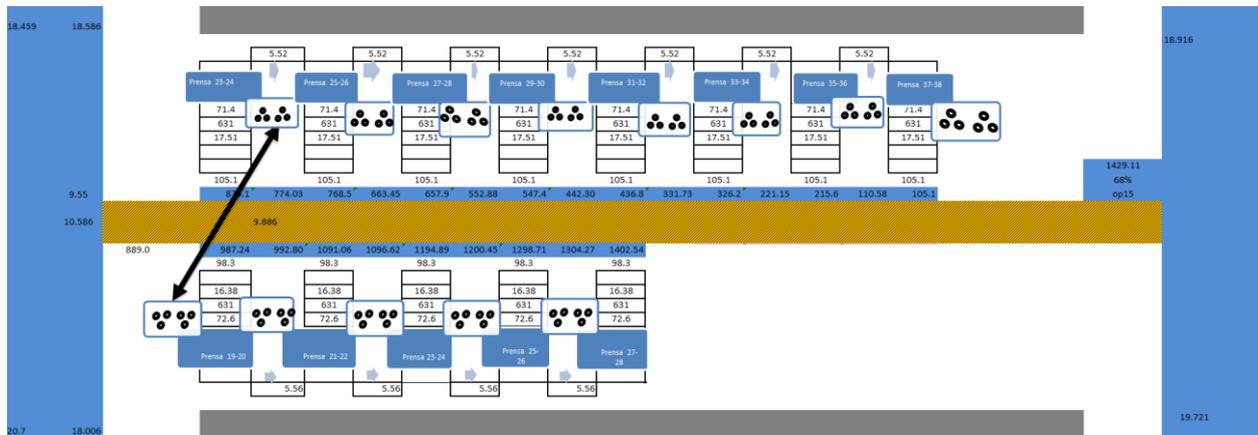


Figura 105- Layout Excel operador 15

ANEXO XXXII- LAYOUT EXCEL OPERADOR 17

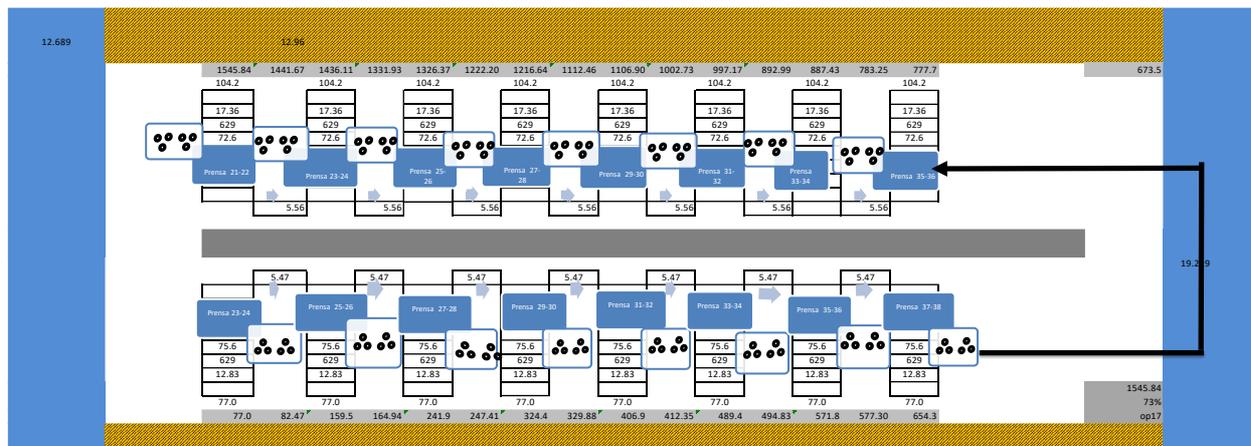


Figura 107-Layout Excel operador 17

ANEXO XXXIII - LAYOUT EXCEL MÓDULOS A-G

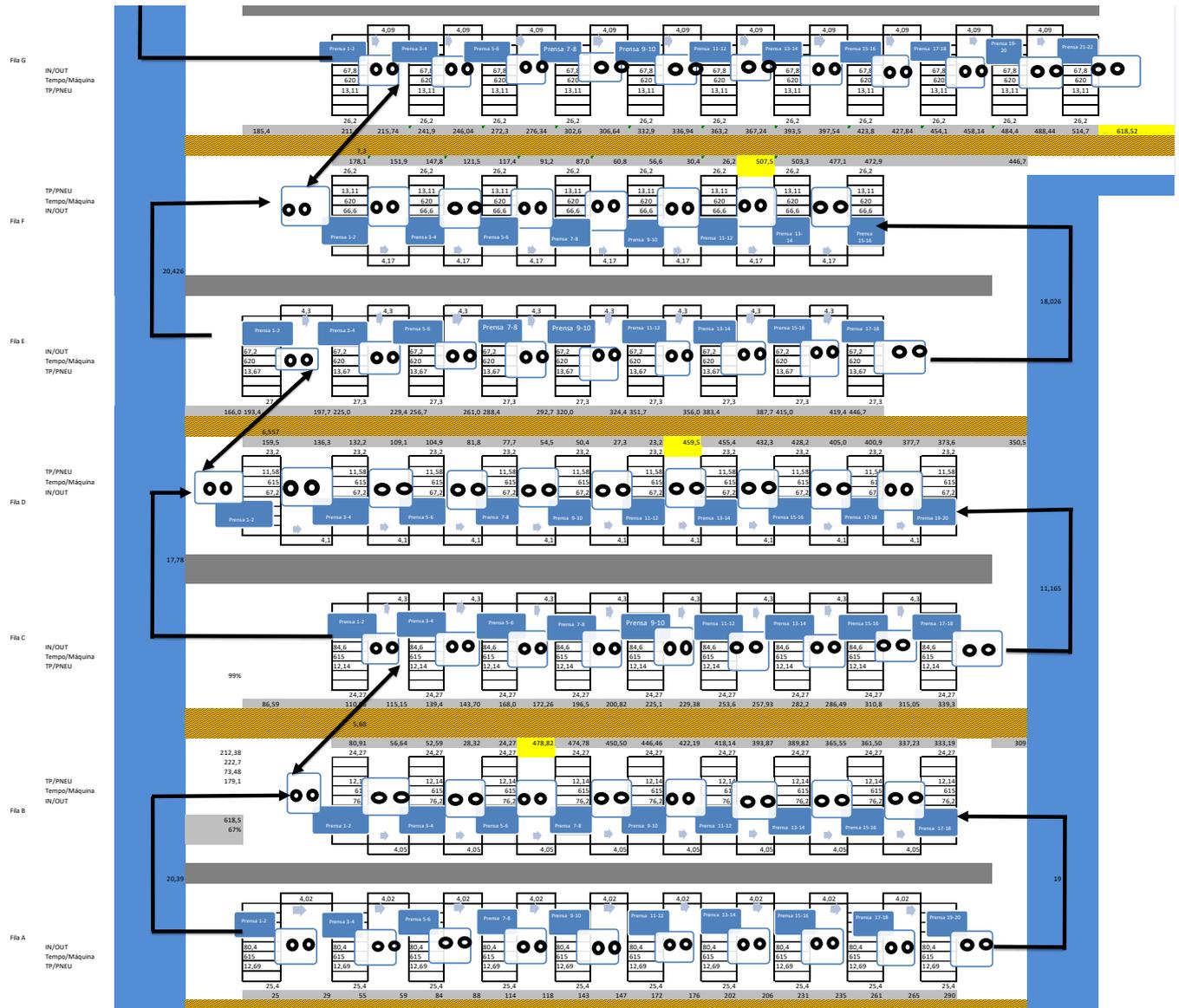


Figura 108- Layout Excel módulos A-G

ANEXO XXXIV - LAYOUT EXCEL MÓDULOS H-M

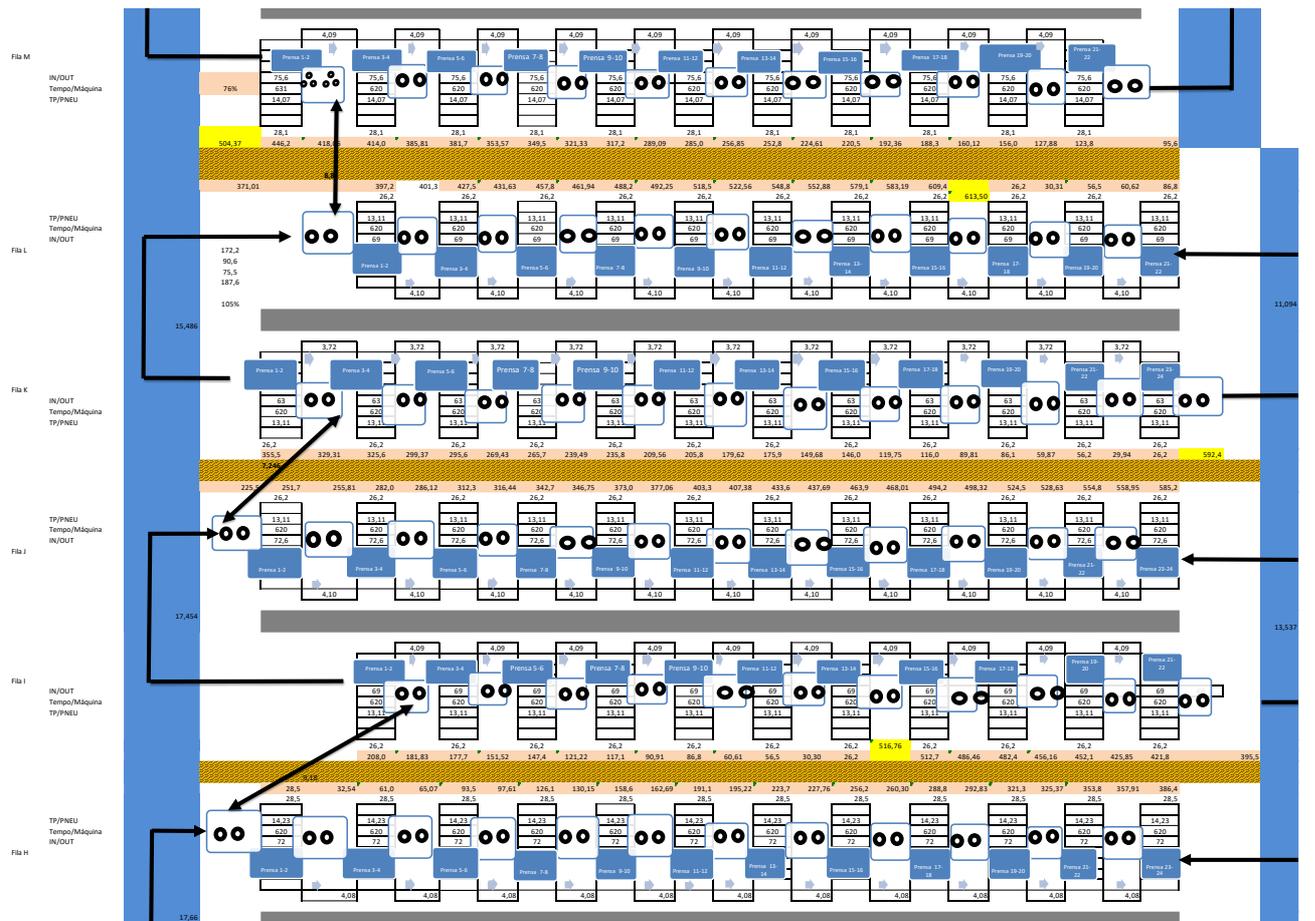


Figura 109-LAYOUT EXCEL módulos H-M

ANEXO XXXV - LAYOUT EXCEL MÓDULOS N-T



Figura 110-LAYOUT EXCEL módulos N-T

ANEXOXXXVI - LAYOUT EXCEL MÓDULOS O(B)-T(B)

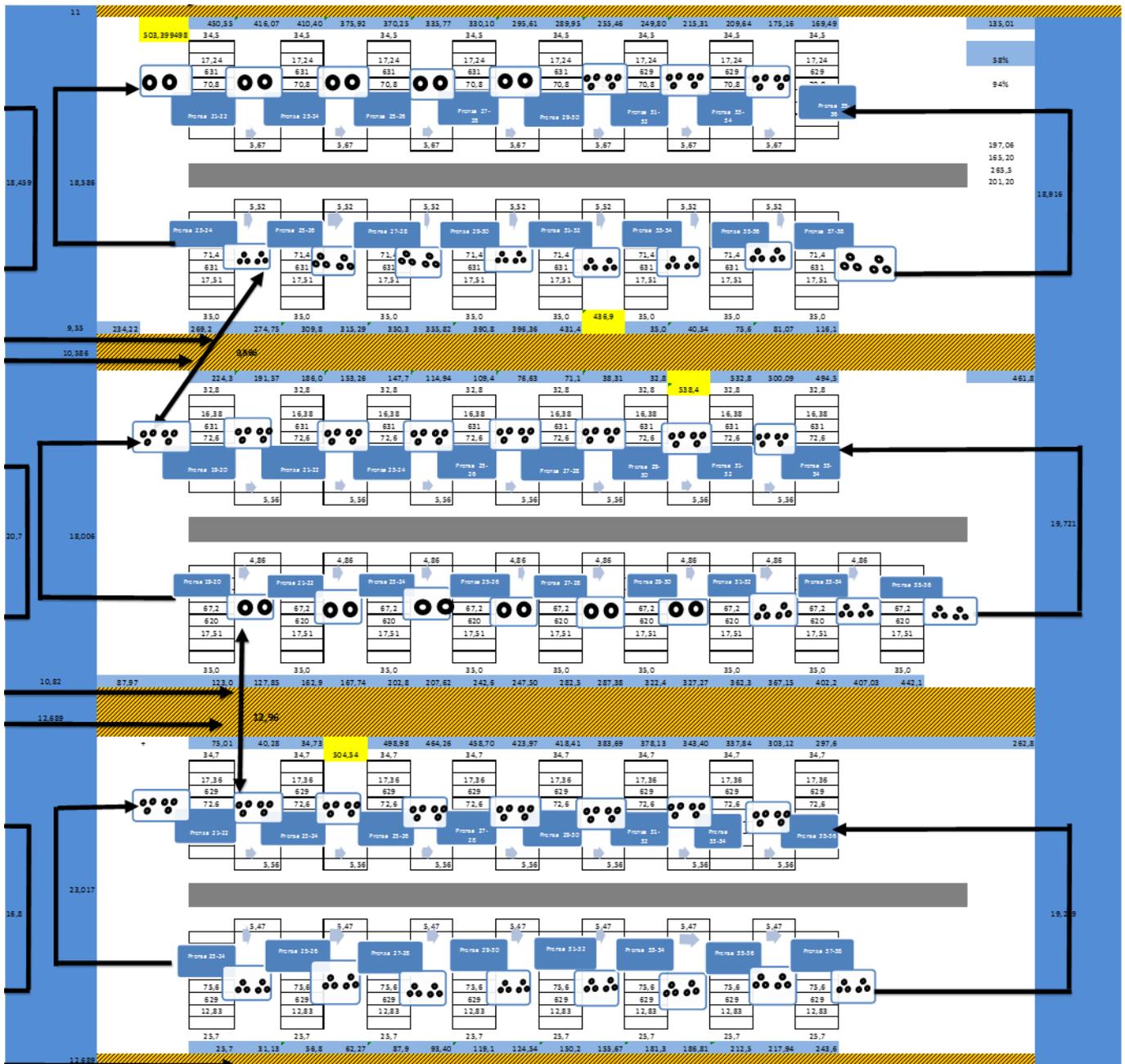


Figura 111- Layout Excel módulos O(B)-T(B)