



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Análise e propostas de melhoria para um layout de montagem de rodas de bicicleta**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e  
Gestão Industrial

**Autor**

**Luís Carlos Martins Dos Santos**

**Orientador**

**Pedro Mariano Simões Neto**

**Júri**

<b>Presidente</b>	<b>Professor Doutor José Luís Ferreira Afonso</b> <b>Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra</b> <b>Professor Doutor Cristóvão Silva</b> <b>Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra</b>
<b>Vogais</b>	<b>Professor Doutor Luís Miguel Ferreira</b> <b>Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro</b> <b>Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto</b> <b>Professo Auxiliar Convidado da Universidade de Coimbra</b>



SRAMPORT, LDA

Coimbra, Julho, 2013



"A perseverança é a virtude pela qual todas as outras virtudes dão fruto."

Graf, Arturo.

"Todas as graças da mente e do coração se escapam quando o propósito não é  
firme."

Shakespeare, William.

Aos meus pais, ao meu irmão e amigos.



## **Agradecimentos**

No final desta jornada académica quero agradecer a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para o trabalho que aqui se apresenta.

Agradeço ao Professor Doutor Pedro Neto pela orientação, disponibilidade e dedicação, ao Professor Doutor Cristóvão Silva pelo apoio e conhecimentos transmitidos.

Ao Engenheiro Paulo Carvalho por toda a ajuda e incentivo prestados durante a realização do projeto.

Ao grupo SRAMPORT pela oportunidade de desenvolver esta dissertação, pela forma simpática e acolhedora com que me receberam e em particular aos colaboradores da secção de montagem de rodas pela paciência, simpatia e cooperação.

Por fim, deixo também o meu afeto e gratidão a toda a minha família e amigos presentes nesta fase da minha vida.

A todos o meu muito obrigado.



## Resumo

Na conjuntura atual, a competitividade dos mercados favorece o advento da redução dos custos de manufatura (otimização de processos), paralelamente ao aumento da qualidade e à personalização dos produtos. Inevitavelmente as empresas são obrigadas a uma constante adaptação às solicitações do mercado, tornando-se cada vez mais flexíveis, respondendo de forma rápida e eficiente às exigências dos clientes. Torna-se assim essencial, para qualquer empresa, atingir ganhos na produtividade através da otimização dos seus recursos, de forma a operar ao menor custo sem descuidar elevados índices de qualidade. A almejada otimização dos recursos poderá ser alcançada utilizando um conjunto de técnicas *lean*, que ambicionam reduzir qualquer desperdício resultante de atividades desnecessárias não agregadoras de valor.

O trabalho desenvolvido baseia-se sobretudo na eliminação destes desperdícios, melhorando a produtividade no setor de montagem de rodas da SRAMPORT, empresa que fabrica e comercializa componentes para bicicletas.

Inicialmente acompanhou-se o processo de montagem de rodas existente, para melhor conhecer e compreender todos os procedimentos. Deste acompanhamento inicial resultaram esboços do *layout*, representações das movimentações dos colaboradores que intervêm no processo, registos de tempos e descrições pormenorizadas de todas as tarefas, permitindo identificar oportunidades de melhoria. Efetuaram-se também cartografias de fluxo, contendo os métodos atuais e propostos para diferentes modelos de rodas e realizou-se uma folha Excel, onde se pode testar a influencia de determinadas variáveis, com o intuito de alcançar o melhor balanceamento possível da linha de montagem.

**Palavras-chave:** Manufatura, Otimização, Produtividade, *Lean*, Desperdício, Melhoria.



## Abstract

At the present days, markets competitiveness promotes the advent of manufacture costs reduction (process optimization), parallelly to the increase of quality and customization. Inevitably, companies are forced to constantly adapt, becoming increasingly flexible, to respond customer requirements quickly and efficiently. It's essential, for any company, by optimization of his resources, reach gains in productivity, in way to operate at lower cost but not without quality. The coveted optimization of resources, can be reach using techniques lean, who aspire reduce any wastage resulting from unnecessary activities without worth.

The developed work, based on deletion of this wastages, improving the productivity of SRAMPOR Wheel assembly section.

Initially monitored the wheels assembly current process for understand all procedures and details. From initially following, result layout drafts, workers movement representations, time records and detailed tasks descriptions allowing the identification of improvement opportunities. It was also effected flow process charts containing actual and proposed methods for different wheels and Excel sheet where it's possible valuate some variables for reach the best line balancing.

**Keywords** Manufacture, Optimization, Productivity, Lean, Waste, Improvement.



---

## Índice

Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Siglas .....	xv
1. Introdução .....	17
1.1. A empresa SRAMPORT .....	17
1.2. Atividades realizadas durante o estágio .....	18
1.3. Organização e estrutura do projeto .....	19
2. Contextualização teórica .....	21
2.1. Origem e princípios do <i>Lean</i> .....	21
2.1.1. Ferramentas <i>Lean</i> .....	24
2.2. Procedimentos para melhorar os métodos de trabalho .....	27
2.2.1. Métodos de análise .....	28
2.3. Balanceamentos de linha .....	29
3. Enquadramento do projeto .....	31
3.1. Número de colaboradores por estação .....	31
3.1.1. Estações de trabalho .....	32
3.2. Análise de registos .....	35
4. Desenvolvimento do projeto .....	39
4.1. Problemas identificados e propostas de melhoria .....	39
4.1.1. Estação de <i>Lacing</i> .....	39
4.1.2. Estação de <i>Park Tool</i> .....	42
4.1.3. Estação de <i>Trueing</i> .....	45
4.1.4. Estação de <i>Decals</i> .....	47
4.2. Apresentação das propostas de melhoria à empresa .....	49
4.3. Novo modelo de rodas .....	52
4.4. Cartografias de fluxo .....	53
4.4.1. Registo de tempos .....	53
4.4.2. Análise de resultados .....	53
4.5. Balanceamentos de linha .....	61
4.5.1. Testes .....	64
4.5.2. Tarefas complementares .....	78
5. Conclusões .....	81
5.1. Síntese final e perspetivas de trabalho futuro .....	81
5.1.1. Considerações finais .....	82
6. Referências bibliográficas .....	83
7. Anexos .....	85



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> (a) Rodas; (b) Correntes; (c) Cassetes; .....	18
<b>Figura 2.1.</b> A “Casa” do sistema de produção Toyota. ....	21
<b>Figura 2.2.</b> <i>Stock</i> encobre problemas.....	24
<b>Figura 2.3.</b> Ciclo PDCA. ....	27
<b>Figura 3.1.</b> Esboço do <i>layout</i> . ....	31
<b>Figura 3.2.</b> Máquina de <i>Lacing 2</i> . ....	33
<b>Figura 3.3.</b> Suporte da roda usado em cada posto de trabalho da estação <i>Park Tool</i> . ....	33
<b>Figura 3.4.</b> Máquina de <i>Trueing 1</i> . ....	34
<b>Figura 3.5.</b> Posto de trabalho da estação <i>Decals</i> . ....	35
<b>Figura 3.6.</b> Rodas montadas de cada grupo (de Outubro 2012 a Março de 2013). ....	36
<b>Figura 3.7.</b> Diagrama de Pareto .....	37
<b>Figura 3.8.</b> Média de rodas montadas por dia. ....	38
<b>Figura 4.1.</b> Representação do posto de trabalho 1 da estação de <i>Lacing</i> . ....	40
<b>Figura 4.2.</b> Representação do posto de trabalho 2 da estação de <i>Lacing</i> . ....	41
<b>Figura 4.3.</b> Representação dos postos de trabalho 1, 2 e 3 da estação de <i>Park Tool</i> . ....	44
<b>Figura 4.4.</b> Representação do posto de trabalho 1 da estação de <i>Trueing</i> . ....	46
<b>Figura 4.5.</b> Representação do posto de trabalho 1 da estação de <i>Decals</i> . ....	48
<b>Figura 4.6.</b> Simbologia de cada tipo de atividade. ....	54
<b>Figura 4.7.</b> Tarefas eliminadas 1 - estação de <i>Lacing</i> (roda do grupo 4). ....	55
<b>Figura 4.8.</b> Tarefas eliminadas 2 - estação de <i>Lacing</i> (roda do grupo 4). ....	55
<b>Figura 4.9.</b> Tarefas eliminadas - estação de <i>Park Tool</i> (roda do grupo 4). ....	56
<b>Figura 4.10.</b> Tarefa adicionada - estação de <i>Lacing</i> (roda do grupo 4). ....	56
<b>Figura 4.11.</b> Tarefas ajustadas - estação de <i>Park Tool</i> (roda do grupo 4). ....	57
<b>Figura 4.12.</b> Tarefas eliminadas - estação de <i>Trueing</i> (roda do grupo 4). ....	57
<b>Figura 4.13.</b> Tarefas eliminadas - estação de <i>Decals</i> (roda do grupo 4). ....	57
<b>Figura 4.14.</b> Tarefas eliminadas 1 - estação de <i>Lacing</i> (roda do grupo 15). ....	58
<b>Figura 4.15.</b> Tarefas eliminadas 2 - estação de <i>Lacing</i> (roda do grupo 15). ....	58
<b>Figura 4.16.</b> Tarefas ajustadas - estação de <i>Park Tool</i> (roda do grupo 15). ....	59
<b>Figura 4.17.</b> Tarefas eliminadas - estação de <i>Trueing</i> (roda do grupo 15). ....	59

<b>Figura 4.18.</b> Tarefas eliminadas - estação de <i>Decals</i> (roda do grupo 15). .....	59
<b>Figura 4.19.</b> Tempos: (a) Roda do grupo 4; (b) Roda do grupo 15;(c) Roda do grupo 20; .	60
<b>Figura 4.20.</b> Tempos das rodas em cada fase. ....	61
<b>Figura 4.21.</b> Explicação 1 – folha Excel.....	62
<b>Figura 4.22.</b> Explicação 2 – folha Excel.....	62
<b>Figura 4.23.</b> Explicação 3 – folha Excel.....	63
<b>Figura 4.24.</b> Explicação 4 – folha Excel.....	63
<b>Figura 4.25.</b> Teste 1.....	64
<b>Figura 4.27.</b> Teste 2.....	66
<b>Figura 4.28.</b> Teste 3.....	67
<b>Figura 4.29.</b> Teste 4.....	68
<b>Figura 4.30.</b> Teste 5.....	69
<b>Figura 4.31.</b> Teste 6.....	70
<b>Figura 4.32.</b> Teste 7.....	71
<b>Figura 4.33.</b> Teste 8.....	72
<b>Figura 4.34.</b> Teste 9.....	73
<b>Figura 4.35.</b> Teste 10.....	74
<b>Figura 4.36.</b> Teste 11.....	76
<b>Figura 4.37.</b> Teste 12.....	77

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 4.1.</b> Tempos de permanência das rodas do grupo 20 na estação de <i>Lacing</i> .....	52
<b>Tabela 4.2.</b> Ocupação da estação de <i>Park Tool</i> , teste7.....	71
<b>Tabela 4.3.</b> Tempo transferido entre as estações de <i>Decals</i> e <i>Trueing</i> .....	73
<b>Tabela 4.4.</b> Ensaaios com máquinas de teste.....	75
<b>Tabela 4.5.</b> Ocupação da estação de <i>Park Tool</i> , teste 11.....	76
<b>Tabela 4.6.</b> Tarefas, 3º elemento da estação de <i>Lacing</i> : (a) Regulares; (b) Esporádicas;..	79
<b>Tabela 4.7.</b> Tarefas, 3º elemento da estação de <i>Decals</i> : (a) Regulares; (b) Esporádicas; ..	79



## **SIGLAS**

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

FIFO – First In First Out

JIT – Just In Time

OF – Ordem de Fabrico

PT – Posto de Trabalho

SAP – Sistemas, Aplicativos, e Produtos

TPS – Toyota Production System



## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido em ambiente empresarial na SRAMPORT, tendo como fundamento, o estágio curricular correspondente à conclusão do mestrado em Engenharia e Gestão Industrial na Universidade de Coimbra. Ambicionava-se com este projeto de melhoria no setor de montagem de rodas melhorar a produtividade e agilizar o processo de montagem, eliminando possíveis desperdícios.

### 1.1. A empresa SRAMPORT

A SRAMPORT está estabelecida na Pedrulha, Coimbra, sendo uma das unidades fabris do grupo *SRAM Corporation* (desde 1997). Tem como atividade principal desenvolver, fabricar e comercializar componentes para bicicletas. Conta neste momento com 105 efetivos distribuídos pelos diversos departamentos da organização.

SRAM é um acrónimo, resultante da fusão dos nomes dos três fundadores da empresa, Scott, Ray e Sam no ano de 1987. Inicialmente apenas empregou seis pessoas, tendo como sede um armazém em Chicago que funcionou como ponto de partida para a expansão dos seus mercados e unidades de produção. Hoje em dia, está presente em 9 países, com 2500 colaboradores.

Posteriormente à reestruturação da empresa, resultante da aquisição da SRAMPORT pelo grupo americano SRAM em 1997, todo o potencial da empresa incidiu na indústria das duas rodas.

Atualmente a SRAMPORT posiciona-se entre os maiores fabricantes europeus e mundiais de componentes para bicicletas, especialmente correntes, cassetes e rodas. (Figura 1.1.).

A crença primordial da empresa é atingir um crescimento sustentável, colocando produtos inovadores no mercado.

“A nossa visão é criar uma empresa que atinja um crescimento sustentável. Vamos fazer isso trazendo produtos inspiradores ao mercado. O nosso sucesso no mundo intercultural é impulsionado pela paixão, integridade e compromisso da nossa equipa Global.” (SRAMPORT).

A empresa identifica 5 valores que refletem o seu modo de atuar: Paixão, Integridade, Compromisso, Globalização e Qualidade.

“Na SRAM faremos com que a marca SRAM seja reconhecida no mercado pela sua Qualidade, A Qualidade está presente em todas as nossas atividades em tudo o que fazemos.” (SRAMPORT).

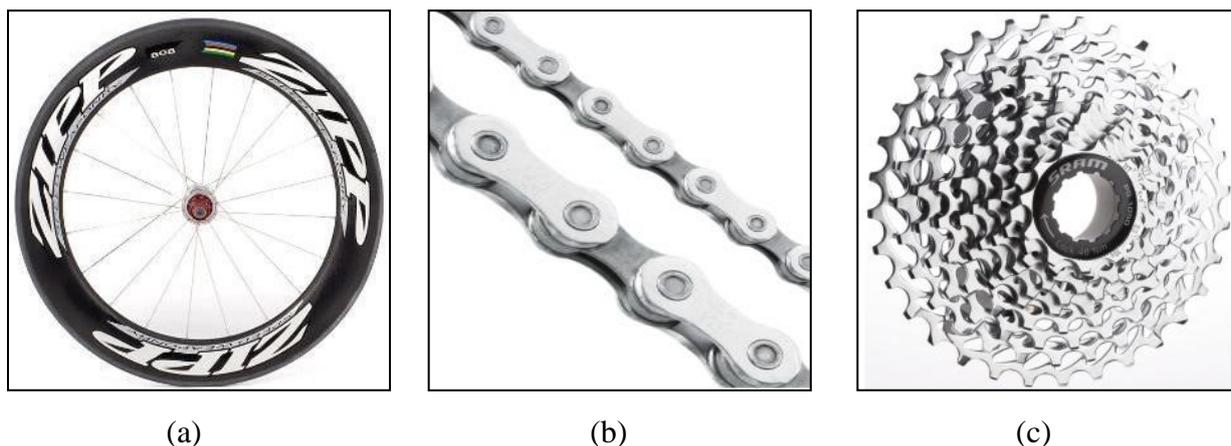


Figura 1.1. (a) Rodas; (b) Correntes; (c) Cassetes;

## 1.2. Atividades realizadas durante o estágio

O projeto realizado durante o presente estágio curricular incidiu no setor de montagem de rodas, visando alcançar melhorias, sobretudo ao nível da produtividade.

Numa primeira fase, o trabalho realizado implicou uma observação atenta de todas as etapas do processo em estudo. Durante esta fase, deveras importante para qualquer projeto de melhoria, realizaram-se descrições detalhadas das tarefas, consulta de registos provenientes do SAP (Software de gestão da empresa), medições de tempos, esboços do *layout* do setor, representações dos movimentos consequentes das tarefas cumpridas por cada colaborador e dialogou-se com todos os colaboradores (mais experientes e familiarizados com o processo) acerca do modo operativo corrente, bem como as suas sugestões de melhoria e o que consideravam que se deveria corrigir.

Finalizado este trabalho de análise e acompanhamento do processo, estavam reunidas as condições que permitiram compreender e identificar determinadas fontes de desperdício que ao serem reduzidas ou eliminadas, poderão contribuir para uma melhoria significativa no processo. De seguida foram apresentadas e fundamentadas um conjunto de propostas com o intuito de resolver os problemas identificados.

Realizaram-se ainda várias cartografias de fluxo (contendo o método atual e o método proposto) onde foi possível verificar a duração das tarefas, os colaboradores que as executam e a forma como o produto em estudo se movimenta ao longo da linha.

Posteriormente, foi ainda proposto que se fizesse um estudo, a fim de apurar se o número de colaboradores afetos a cada uma das estações da linha de montagem estaria correto, suscitando os balanceamentos de linha realizados, que tiveram como base as medições de tempos, relativos à duração das tarefas executadas em cada uma das estações de trabalho para cada modelo de roda.

### **1.3. Organização e estrutura do projeto**

O projeto realizado compreende sete capítulos. No primeiro capítulo, descreveu-se a empresa onde o projeto foi desenvolvido e apresenta-se de forma sucinta as atividades realizadas durante o estágio. O capítulo dois expõe uma breve revisão dos principais conceitos envolvidos no desenvolvimento do trabalho. No capítulo três é feita uma descrição do processo de montagem de rodas e uma análise dos dados fornecidos pelo SAP, servindo o capítulo três de base, para o desenvolvimento do projeto presente no capítulo quatro que contém os problemas identificados, propostas de melhoria, cartografias de fluxo e balanceamentos de linha. Por último, no capítulo cinco é feita a síntese final do trabalho realizado e os capítulos seis e sete correspondem respectivamente às referências bibliográficas e aos anexos.



## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo é feita uma abordagem sucinta aos conceitos usados no decorrer do desenvolvimento do projeto.

### 2.1. Origem e princípios do *Lean*

Nos anos que se seguiram à Segunda Guerra Mundial, na qual o Japão saiu derrotado, a escassez de recursos na Toyota (Toyota Motor Corporation, Japão) tornava-se evidente e insuficiente para investir na tradicional linha de produção em massa, que se acreditava ser essencial à salvação do negócio (utilizada por empresas americanas e europeias). Taiichi Ohno, o então Gerente de Montagem da empresa, respondeu às adversidades com um método através do qual era possível conquistar muito mais com os recursos disponíveis, produzindo apenas o essencialmente necessário, eliminando tudo o que não agregava valor e suprimindo aquilo que não resultava. O novo método redefiniu efetivamente a produção, surgindo assim o conceito *Toyota Production System* (TPS), que mais tarde ficaria conhecido como “*Lean Manufacturing*.”

De acordo com a Figura 2.1. o TPS assenta em dois pilares basilares: Just-in-time (JIT) e Jidoka (palavra japonesa para autonomização)

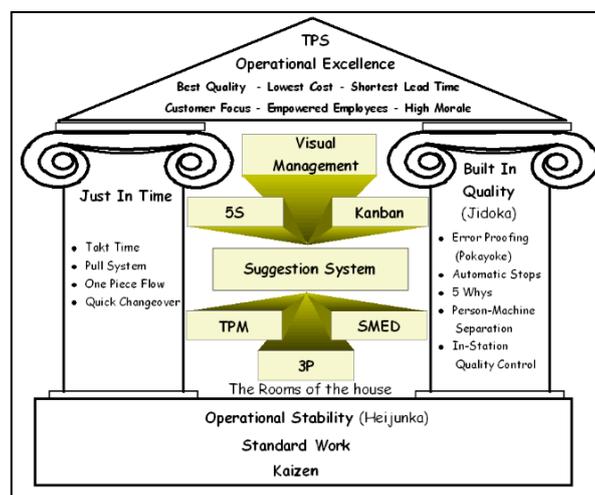


Figura 2.1. A “Casa” do sistema de produção Toyota.

Fonte: <http://humanlean.blogspot.pt/2006/01/tps-house.html> (último acesso: Julho 2013)

O Just-in-time (JIT) consiste em ter no local certo, no momento exato e apenas na quantidade pretendida, os recursos necessários a cada processo, de modo a garantir um fluxo contínuo de produção, reduzindo o *stock*.

A Autonomização (Jidoka), supõe que os equipamentos da organização consigam encontrar e eliminar de forma automática situações anómalas, tornando-se assim as máquinas e equipamentos cada vez mais autónomos de intervenção humana, prevenindo o fabrico de produtos defeituosos.

Womack e Jones (2003) acrescentam que o *Lean Manufacturing* é "*lean*" (limpo) porque é uma forma de alcançar ainda mais com menos, menos esforço laboral, menos tempo, menos equipamentos, menos espaço e menos investimento, conseguindo aproximar-se cada vez mais das necessidades dos consumidores. A metodologia *lean* é assim uma filosofia de gestão, significa essencialmente a eliminação de desperdícios ou atividades desnecessárias, não agregadoras de valor numa linha de produção ou em qualquer outro processo, como resultado do pensamento *lean* as empresas tornam-se mais competitivas, ágeis, eficientes e sensíveis aos desejos do mercado. É no entanto, delicado definir o conceito de "valor", mas é possível identificar as atividades que acrescentam valor ao produto, não apenas relativas à qualidade, mas também aos custos, processamento, tempos de espera/entrega, resposta ao mercado e outros tempos de ciclo.

O *lean* é já largamente aceite como um programa de aperfeiçoamento, não apenas para a indústria automóvel, mas também para as operações de produção mais abrangentes e outros sectores tão diversos quanto o retalho, bancos, saúde e governo. Torna-se relevante salientar que os benefícios do pensamento *lean* não podem ser alcançados de um dia para o outro (e não são um dado adquirido de êxito). Embora muitas organizações tenham conquistado algum sucesso inicial através do *lean*, a principal contrariedade da maioria, centra-se na criação de programas que consigam manter as vantagens iniciais.

De acordo com Taiichi Ohno, a base do TPS é a eliminação absoluta do desperdício, uma vez que o desperdício vai resultar, por um lado, em peças defeituosas, e por outro, em elevados níveis de *stock*. Segundo Ohno existem sete tipos de desperdício que podem ser encontrados numa empresa:

- **Produção excessiva:** produzir em maior quantidade, mais cedo ou mais depressa que o requerido pelo próximo processo (pode ser considerado o oposto do JIT).

---

Este é um dos mais graves desperdícios, uma vez que pode originar mais tipos de desperdício como o transporte, armazenamento ou o *stock*.

- **Espera:** tempo ocioso quer do operador quer da máquina, ao esperar por algo ou por determinado acontecimento (matéria prima, mão de obra, informação ou um produto da máquina precedente). Acontece quando dois processos que dependem um do outro não estão totalmente sincronizados.

- **Transporte:** desperdício em transporte ou manuseamento de matérias primas, produtos acabados ou em qualquer outro tipo de material dentro da organização. Além de ser prejudicial para a produtividade, quanto mais vezes um produto ou material for transportado, maior é a probabilidade de que seja danificado. Este tipo de desperdício também poderá ser um indicador de *layouts* mal planeados.

- **Processamento:** esforço suplementar que não agrega valor ao produto (ou serviço) do ponto de vista do cliente. Refere-se à realização de processos que não fazem parte do plano de produção, demasiado complexos ou responsáveis por atribuir mais qualidade do que é exigido. Como principais causas estão o uso incorreto dos equipamentos, desvios aos modos operatórios ou especificações de qualidade mais rigorosas que o necessário.

- **Stock:** qualquer material, componente ou bem, desnecessário para os processos subsequentes que esteja armazenado em determinado local no interior ou exterior da fábrica. O *stock* em excesso aumenta o custo do produto pois implica mais manuseamento, espaço, burocracia, elevados *lead time*<sup>1</sup> e tempos de *setup*, ou até fomentar a obsolescência do produto para além de ocultar outros problemas.

Para Suzuki, o *stock* em excesso encobre muitos outros problemas,

“Quando começamos a reduzir *stocks*, surgem outros problemas que precisam ser resolvidos antes de continuar com essa redução. Esta situação é comparável com a redução do nível de água para expor as rochas.” (Suzuki, 1987).

Por rochas entenda-se outros problemas, como mostra a Figura 2.2.

---

<sup>1</sup> *Lead Time* corresponde ao intervalo de tempo verificado entre o início e fim da produção/montagem de determinado produto.

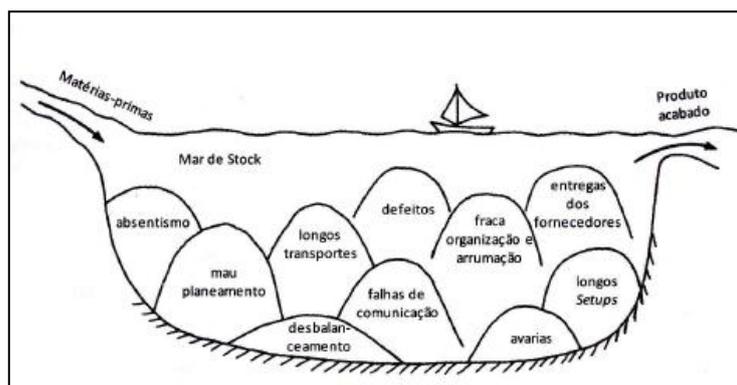


Figura 2.2. Stock encobre problemas.

Fonte: (Suzaki, 1987)

- **Movimentação:** qualquer movimento de pessoal, instrumentos ou equipamentos que não agregue valor ao produto ou serviço. É fundamental não esquecer que movimento não é necessariamente igual a trabalho. Por vezes os trabalhadores são obrigados a despender demasiado tempo em movimentações devido ao *layout* da fábrica, à procura de ferramentas ou para aceder a um objeto, diminuindo a sua produtividade. A própria desarrumação do posto de trabalho contribui para movimentações desnecessárias.

- **Defeitos:** consiste em produtos que requeiram inspeção, classificação, substituição, reparação ou envio para refugo. Implicam diversos desperdícios, como por exemplo ações de catalogação de produtos com defeito, mão de obra complementar, uso de equipamentos e utilização de espaço adicional para servir de armazém.

Complementando estes sete tipos de desperdícios, tem sido referido por alguns autores um oitavo, referente ao potencial não aproveitado dos trabalhadores. Quem trabalha diretamente com os equipamentos e lida com o “chão de fábrica” no dia a dia, adquire uma vasta experiência e conhecimento, quando a gestão de topo não tem em conta este fator ocorre o “oitavo” tipo de desperdício. (Liker e Meier 2006; Hirano 2009).

A contínua redução ou eliminação de desperdícios resulta numa diminuição acentuada nos custos e nos tempos de ciclo. Uma análise da causa fundamental de cada um dos tipos de desperdício permitirá que se determine qual a ferramenta *lean* adequada para lidar com as causas identificadas.

### 2.1.1. Ferramentas *Lean*

Apresentam-se nesta secção de forma breve, algumas das ferramentas *lean*.

### 2.1.1.1. Trabalho Padronizado

O trabalho padronizado, consiste na documentação dos modos operatórios de forma a que todas as operações sejam realizadas de acordo com o procedimento, previamente definido no respetivo modo operatório. Sendo assim, os operadores procedem sempre da mesma forma, tornando os processos mais estáveis, previsíveis e fáceis de gerir. O takt time, a sequência de operações, e o inventário em processamento padrão são considerados por diversos autores (Ohno 1988; Liker e Meier 2006; Womack e Jones 2003) os três elementos fundamentais para o sucesso desta metodologia.

- Takt time adequa a produção ao consumidor, ou seja, é o tempo necessário para produzir uma unidade, tendo em conta o pedido do cliente. Obtém-se a partir do quociente entre o tempo disponível para produção e a procura. Esta medida permite criar um ritmo de produção ajustado às necessidades da procura, eliminando a tendência da produção em massa mesmo quando não existem potenciais clientes.
- A sequência de operações estabelece a ordem pela qual os trabalhadores devem realizar as operações, de modo a evitar que cada trabalhador cumpra os passos de um determinado processo de forma aleatória. Ao se respeitar a sequência de operações estão criadas condições para que se produza uma unidade dentro do takt time.
- O inventário em processamento padrão, corresponde ao número mínimo de peças necessárias para manter um fluxo contínuo de produção.

### 2.1.1.2. Organização do local de trabalho – Os 5's

Metodologia *lean* baseada sobretudo na manutenção do local de trabalho limpo e organizado, bem como na eliminação de itens desnecessários, promovendo ambientes de trabalho, funcionais e seguros. Apesar de recorrentemente estas práticas (limpeza e organização) serem negligenciadas, quando bem implementadas são alcançadas melhorias evidentes no desempenho das empresas. A nomenclatura 5 S's, derivou do facto de se basear em cinco passos que correspondem a cinco palavras japonesas iniciadas por 'S':

- **1º Passo, Seiri (Seleção)** - No primeiro passo a prioridade é seleccionar os materiais e equipamentos realmente necessários descartando os restantes, mantendo no posto de trabalho apenas o que é indispensável para a execução do trabalho.
- **2º Passo, Seiton (Organização)** - O segundo passo visa essencialmente a organização dos materiais e equipamentos seleccionados no passo anterior, minimizando o

tempo despendido em deslocações e movimentos colocando os essenciais mais próximos do local de trabalho, possibilitando um acesso rápido e fácil.

- **3º Passo, Seiso (Limpeza)** - O terceiro passo destaca a importância da limpeza. Manter o local de trabalho limpo, para além de ser fundamental para a saúde, segurança ou motivação dos operadores permite também identificar problemas, já que se torna mais fácil de compreender se os equipamentos estão em boas condições.

- **4º Passo, Seiketsu (Normalização)** - No quarto passo padroniza-se as melhorias decorrentes dos três passos anteriores, concebendo modelos de forma a uniformizar e regularizar os planos de trabalho da metodologia.

- **5º Passo, Shitsuke (Disciplina)** - O último passo foca-se em assegurar que se mantêm todos os procedimentos e princípios dos primeiros quatro passos. É considerado o passo mais exigente uma vez que, geralmente existem mais dificuldades em manter a metodologia do que propriamente na sua implementação.

#### **2.1.1.3. Sistemas anti erro – Poka Youke**

Os Poka-Yoke são mecanismos usados com a intenção de construir um processo ideal, à prova de erros. Este conceito é aplicado desde o projeto até à implementação dos mecanismos ou dispositivos à prova de erro, com a finalidade de evitar que os erros se tornem defeitos, através da eliminação das suas causas. Idealmente o Poka-Yoke assegura que existem as condições apropriadas para garantir em primeiro lugar, a impossibilidade de que todos os erros ou defeitos previsíveis ocorram, mesmo antes de se executar qualquer passo do processo. Quando tal não é possível, o Poka-Yoke executa uma função de deteção, eliminando defeitos no processo o mais cedo possível.

Estes mecanismos podem ser elétricos, mecânicos, visuais ou de qualquer outra forma que impeça ou previna a execução incorreta da uma etapa do processo em questão.

#### **2.1.1.4. Melhoria continua - Kaizen**

O Kaizen é uma metodologia que promove a melhoria contínua, consiste em equipas de trabalhadores que avaliam constantemente a sua forma de atuar, identificando problemas e propondo melhorias com o objetivo de aumentar a sua produtividade, eficiência, qualidade e condições de trabalho. O conceito Kaizen provém da associação de duas palavras japonesas, Kai (mudar) e Zen (para melhor) daí ser também apelidado de melhoria continua. “O Kaizen aposta em soluções simples e baratas baseadas no engenho

pessoal, no empenho de toda a gente envolvida, com o principal objetivo de eliminar o desperdício”. (Masaaki Imai, 1986).

Uma ferramenta usada para a implementação da metodologia Kaizen é o ciclo PDCA, usado de forma contínua. (Figura 2.3).

- **Plan** (Planear) consiste na identificação dos problemas, na análise das respetivas causas e na preparação de um plano de ação.
- **Do** (executar), fase de implementação do plano idealizado anteriormente.
- **Check** (verificar), período de verificação e avaliação dos resultados obtidos resultantes da implementação do plano.
- **Act** (agir), última fase, onde se corrige eventuais erros ou se aperfeiçoa o plano de ação, é nesta fase que se estabelecem os objetivos para uma nova melhoria, remetendo novamente para o início do ciclo.



Figura 2.3. Ciclo PDCA.

Fonte: <http://blogpegg.wordpress.com/2011/03/14/voce-sabe-analisar-e-resolver-problemas-17/> (último acesso: Julho 2013)

## 2.2. Procedimentos para melhorar os métodos de trabalho

William J. Stevenson afirma que o procedimento geral para a realização de um estudo, que se propõe a alcançar melhorias num processo produtivo, pode ser resumido nos cinco passos básicos listadas abaixo:

1. Observar e compreender o método ou o processo atual;
2. Documentar o método atual;

3. Avaliar criticamente o método atual e qualquer proposta de alteração do mesmo. Este é o passo mais importante no estudo de métodos, é neste momento que qualquer ideia para alcançar melhorias irá ocorrer;

4. Implementar a melhoria. Naturalmente, por si só uma boa ideia não é sinónimo de melhorias, é necessário materializa-la, criando um rigoroso plano de ação para implementar o novo método. Qualquer novo método implementado, deve mostrar um potencial de redução de custos ou suscitar uma melhoria na qualidade, que seja pelo menos suficientemente grande para pagar o seu custo;

5. Reavaliar o novo método. Posteriormente à implementação do novo método é indispensável avaliar se de fato originou os benefícios esperados;

### **2.2.1. Métodos de análise**

De forma a compreender o método ou o processo atual (primeiro passo para desenvolver e aperfeiçoar os métodos de trabalho) é necessário reunir uma série de dados que estão muitas vezes dispersos. Para Courtois et al., os principais elementos a reunir são:

- As plantas, à escala, dos locais e das instalações;
- O catálogo dos produtos fabricados pela empresa;
- As nomenclaturas dos produtos;
- As gamas de fabrico dos produtos;
- O programa de fabrico da empresa (quantidades, cadencias);
- As características das máquinas e dos postos de trabalho;
- As características dos meios de movimentação;

De seguida é necessário organizar e sintetizar toda a informação ou seja documentar o método atual (segundo passo). Courtois et al., considera que os métodos de análise seguintes são ótimas ferramentas para sintetizar toda a informação:

#### **2.2.1.1. Gráfico de circulação**

Este tipo de gráfico representa com cores diferentes, os vários fluxos (materiais, colaboradores), permitindo visualizar:

- A extensão dos circuitos;
- A complexidade dos fluxos;
- A logica da implantação;

- Os locais de armazenagem;
- Os pontos de inversão;
- As deslocções desnecessárias ou demasiado extensas;
- A necessidade das deslocções;

#### **2.2.1.2. Fluxograma operatório**

Com o intuito de esquematizar a sequência de operações necessárias para fabricar um produto, os processos operatórios são decompostos usualmente em cinco elementos (para cada elemento é usado um símbolo e uma determinada cor):

- Operação ou transformação que traz valor acrescentado;
- Transporte ou movimentação;
- Armazenagem com operação de entrada/saída;
- *Stocks* tampão;
- Controlos;

#### **2.2.1.3. Análise do processo**

A análise do processo (ou cartografia de fluxos) é mais exata do que um fluxograma operatório, porque se focaliza no fabrico de um produto. Além da descrição das operações, apresenta informações quantitativas do tipo distancia, quantidade, tempo, peso etc.

#### **2.2.1.4. Plano colorido**

O plano colorido consiste em representar com uma determinada cor as diferentes zonas de uma empresa, evidenciando:

- Zonas onde se realizam operações de valor acrescentado;
- Zonas de armazenagem;
- Zonas de transporte, expedição e do cais de carga;
- Zonas de produtos rejeitados á espera de correções;

### **2.3. Balanceamentos de linha**

Grosseiramente, uma linha pode ser vista como uma macro máquina que produz continuamente produtos. Em maior detalhe, a linha é subdividida em estações de trabalho por onde cada produto passa durante a sua fabricação ou montagem, cada uma

dessas estações podem possuir um ou mais postos de trabalho (PT). (A sequência de processamento nas linhas de produção contínuas é FIFO).

Para ROCHA (2002), balancear uma linha de produção é ajustá-la às necessidades da procura, maximizando a utilização dos seus postos ou estações, buscando igualar o tempo unitário de execução do produto em suas sucessivas operações.

Nas várias etapas de produção de um produto, cada posto ou estação de trabalho consome determinado tempo para executar a tarefa que lhe está incumbida. Se o tempo que cada uma das estações gasta para produzir/montar um produto é o mesmo, o balanceamento não tem qualquer problema. Produzir mais ou menos depende somente da cadência ou velocidade imposta ao sistema. Se os tempos são diferentes, é necessário um estudo adicional (ROCHA, D. 2002).

Segundo SLACK (2000), quando a capacidade não está balanceada em todas as etapas, a capacidade de todo o sistema é limitada pela etapa gargalo. (*Bottle neck*).

O balanceamento de linha apenas é conseguido quando todos os PT executam operações com tempos de atividade idênticos, ou seja quando a carga das várias operações está distribuída o mais uniformemente possível pelos vários PT.

### 3. ENQUADRAMENTO DO PROJETO

Neste capítulo, é abordado o número de colaboradores e postos de trabalho presentes em cada estação da linha de montagem, sendo também descrito de forma resumida as tarefas realizadas ao longo do processo em estudo.

Seguidamente é feita uma análise aos dados obtidos a partir do SAP.

#### 3.1. Número de colaboradores por estação

O processo de montagem de rodas está dividido em quatro estações distintas, *Lacing* (colocação de raios nos aros), *Park Tool* (tensionar raios), *Trueing* (medição da tensão nos raios) e *Decals* (colagem de autocolantes). Figura 3.1.



Figura 3.1. Esboço do *layout*.

Não existe um número fixo de colaboradores por estação já que, consoante as necessidades “momentâneas”, o número de colaboradores afetos a determinada estação pode variar, inclusive durante o período de realização da presente tese de mestrado o número de colaboradores que participaram no processo foi aumentando. No entanto, é rotineiro que se respeite um número “base” de elementos por estação, que será descrito detalhadamente de seguida. É frequente também existirem trocas entre colaboradores, de postos de trabalho, particularmente quando o volume de trabalho é um pouco menor, esta medida tem como principal objetivo a formação dos colaboradores, (obviamente, por norma estão distribuídos pelos postos de trabalho em que detêm maiores índices de aptidão) tornando-os capazes, com o mesmo nível de eficiência em todas as estações, evitando assim os inconvenientes da ausência ou indisponibilidade de um colaborador para determinada tarefa.

### **3.1.1. Estações de trabalho**

#### **3.1.1.1. Estação de *Lacing***

Na estação de *Lacing* encontram-se duas pessoas, uma em cada máquina de *Lacing* Figura 3.1, resumidamente a sua função consiste em fazer passar os raios através dos furos do aro, colocando a extremidade do raio sem o *nipple* (cabeça de raio) no cubo, realizar uma pré tensão nos raios e fixar as tampas de cubo.

Frequentemente os dois colaboradores afetos às duas máquinas de *Lacing*, são auxiliados por um 3º elemento que lê a OF (Ordem de Fabrico), transporta os aros desde as estantes de aros para o apoio de aros junto à bancada e procede ao abastecimento do posto de trabalho com raios, *nipples*, anilhas de *nipple* e cubos de acordo com as rodas especificadas na OF, evitando que estas tarefas sejam realizadas pelos colaboradores que se encontram nas máquinas de *Lacing*. Ocasionalmente, este 3º elemento poderá também apoiar na operação de enroscar os *nipples* nos raios e na colocação das respetivas anilhas de *nipple*, com o intuito de facilitar o trabalho dos dois operadores das máquinas de *Lacing*, tornando-o mais “fluido”.



Figura 3.2. Máquina de *Lacing* 2.

### 3.1.1.2. Estação de *Park Tool*

Relativamente ao *Park Tool* é usualmente frequentado por cinco colaboradores, a seu cargo têm as operações de lubrificar a zona do aro em contacto com o *nipple*, tensionar os raios de forma gradual e corrigir eventuais empenos (horizontais e/ou verticais, aumentando ou reduzindo a tensão dos raios). Existem no entanto seis postos de trabalho, (Figura 3.3), permanecendo a possibilidade de no limite operarem até seis colaboradores. Esta situação verifica-se apenas em casos em que o *buffer* com rodas aptas a seguirem para o *Park Tool* se encontrar quase lotado ou quando o *buffer* pós *Park Tool* se encontrar vazio, evitando qualquer tipo de estrangulamento. O sexto elemento, que transita para o posto que se encontra “livre”, regularmente é um dos operadores das máquinas de *Trueing* ou pontualmente o 3º elemento que efetua atividades de apoio na estação de *Lacing*.



Figura 3.3. Suporte da roda usado em cada posto de trabalho da estação *Park Tool*.

### 3.1.1.3. Estação de *Trueing*

Na estação de *Trueing* existem duas máquinas com tensímetro e comparador digital (Figura 3.4), através deste equipamento é possível aferir se a tensão nos raios está dentro dos parâmetros previamente estabelecidos. Em caso de persistirem ainda empenos é realizada nesta fase uma última correção.

A tarefa de colocar uma pequena quantidade de cola na zona do aro em contacto com o *nipple* está também sob a responsabilidade dos operadores desta estação, que podem ser um ou dois, sendo o segundo o que transita do *Trueing* para o *Park Tool* nas situações referidas anteriormente. (Ver Figura 3.1).

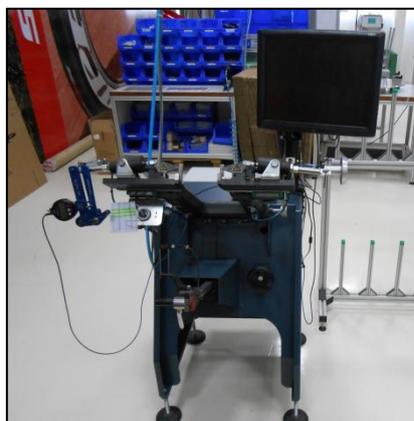


Figura 3.4. Máquina de *Trueing* 1.

### 3.1.1.4. Estação de *Decals*

Finalmente na área destinada aos *Decals* existem dois postos de trabalho (Figura 3.5), estes colaboradores têm a função de colar os autocolantes no aro e colocar a roda e a bolsa dos acessórios na caixa. A tarefa de imprimir as etiquetas que serão coladas na caixa e na ordem de fabrico também se encontra sobre a sua alçada.

No entanto e de forma semelhante ao *Lacing*, existe um 3º elemento que complementa o trabalho destes dois operadores, cabendo-lhe as tarefas de seleccionar os componentes que constituem a bolsa de acessórios de cada roda, agrafar as caixas e colocá-las na estante (quando estas não seguem diretamente para a palete).



Figura 3.5. Posto de trabalho da estação *Decals*.

Para uma melhor familiarização com o processo é recomendável a consulta do ANEXO A (gráfico de circulação).

### 3.2. Análise de registos

Para melhor conhecer o setor de montagem de rodas, tornou-se indispensável consultar o *software* de gestão da empresa (SAP), este programa permitiu gerar uma folha Excel com o registo das datas de confirmação da conclusão de OF's para um determinado período (incluindo também a quantidade e modelo de rodas por cada OF).

Este tipo de registo teve grande utilidade, já que, a partir da sua análise foi possível verificar a capacidade de produção atual, o histórico recente de trabalho realizado neste setor de montagem e uma série de outras informações relevantes para a sua caracterização, a tendência de procura do mercado, o número médio de OF's concluídas por dia e o número médio de rodas por cada OF.

No ANEXO B, encontram-se os modelos de rodas montadas na empresa, a designação de cada modelo não está na íntegra nas tabelas do ANEXO B já que, na designação "oficial", é ainda feita referência à cor dos autocolantes, o tipo de cubo (no caso das rodas traseiras) e se é OE ou AM (caracterizando a fração do seu mercado destino). Para efeitos de estudo não se fez distinção entre esses aspetos já que não existem diferenças no processo de montagem, resultando assim, os 21 grupos de modelos de rodas presentes no ANEXO B.

Exemplo de designação "completa" de um modelo de roda:

**OEWH 303 CC VI 700R SR 11S BLK**

**OE**, a sigla **OE** pode ou não fazer parte da nomenclatura, indicando a fração do mercado a que a roda se destina.

**303**, representa a dimensão do aro, existem 5 dimensões diferentes (*101, 202, 303, 404 e 808*).

**CC**, *Carbon Clincher* diz respeito ao material e formato do aro, que pode ainda ser *CL*, (*Clincher*) ou *TU* (*Tubular*).

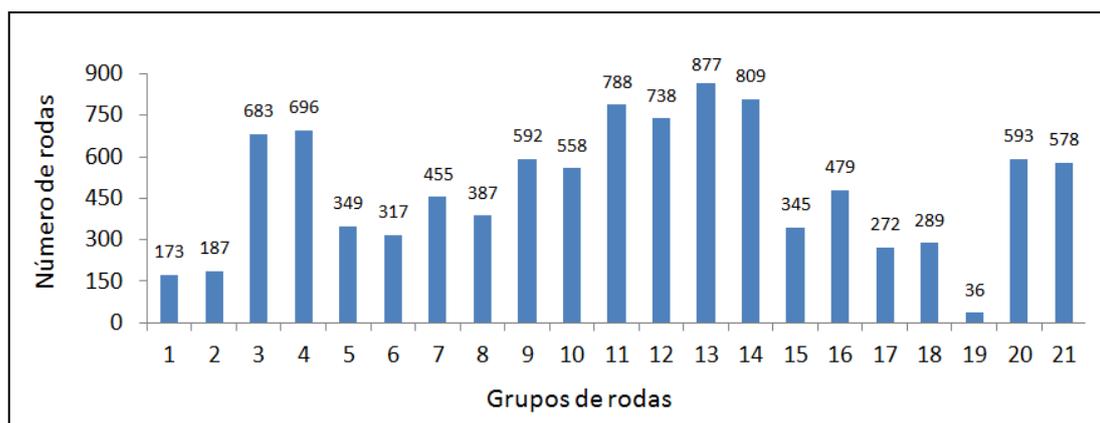
**700R**, indica que se trata de uma roda traseira, no caso de uma roda dianteira seria *700F*.

**SR 11 S**, caracteriza o tipo de cubo das rodas traseiras, existem dois tipos, o cubo SRAM (*SR 11 S*) e o cubo *Campagnolo* (*CA 11S*).

**BLK**, declara a cor dos autocolantes que podem ser pretos (*BLK*) ou brancos (*WHT*).

No seguimento da análise dos registos do sistema de informação, procedeu-se ao agrupamento das rodas nos 21 grupos referidos no ANEXO B e apurou-se a quantidade de rodas montadas em cada um dos meses entre Outubro de 2012 e Março de 2013. Consultar ANEXO C.

A Figura 3.6, ilustra a quantidade de rodas de cada grupo, montadas no semestre de Outubro de 2012 a Março de 2013.

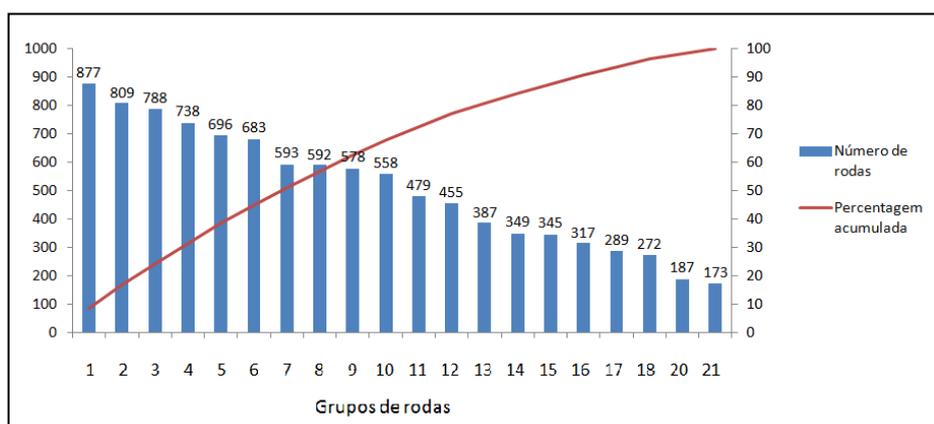


**Figura 3.6.** Rodas montadas de cada grupo (de Outubro 2012 a Março de 2013).

Os principais pontos a reter da Figura 3.6 dizem respeito à identificação das rodas *404 Tubulares* (13 e 14, dianteiras e traseiras) como os modelos mais procurados pelo mercado seguidas de perto das *404 Carbon Clincher* (11 e 12) e as *202 Carbon*

*Clincher* (3 e 4). Evidencia também que as rodas do grupo 19, referentes aos “restantes modelos” são apenas uma minoria e mostra que as rodas do modelo 60 *Clincher* dianteiras e traseiras (20 e 21), apesar de apenas se ter iniciado a sua montagem em Março, representam já um número bastante significativo na totalidade das rodas montadas durante o período estudado.

Considerando a lei de Pareto, que afirma que para muitos fenómenos, 80% das consequências advêm de 20% das causas, seria exetável que 20% dos grupos de rodas seriam responsáveis por 80% da totalidade das rodas montadas no período estudado, no entanto tal não se verifica, cerca de 65% dos grupos são responsáveis por 80% da totalidade das rodas e os 20% dos grupos mais significativos apenas são responsáveis por cerca de 32% de todas as rodas. (Consultar ANEXO D).



**Figura 3.7.** Diagrama de Pareto

Desta forma está patente que, apesar de determinados modelos terem uma “maior saída” subsiste um equilíbrio no número de rodas por modelo, não existindo uma minoria (20%) de modelos, claramente responsável pela maior parte das rodas montadas.

Conhecida a quantidade de rodas montadas e o número de dias de trabalho por mês, foi possível determinar a média de rodas montadas por dia. Na Figura 3.9, é perceptível um aumento gradual mês após mês.

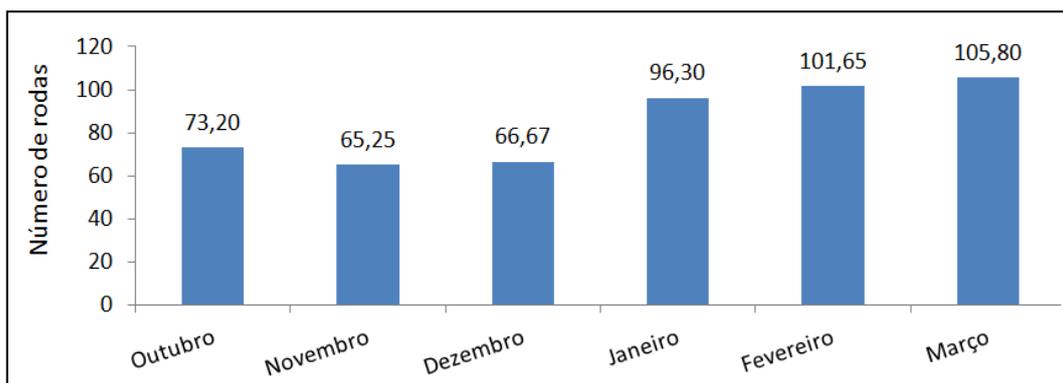


Figura 3.8. Média de rodas montadas por dia.

Através de uma análise mais detalhada aos registos fornecidos pelo SAP, foi ainda possível determinar o número de OF's por dia, este dado é bastante importante porque permite ter conhecimento do número diário de *Setups* ou seja, o número de “preparações” efetuadas para se iniciar uma nova OF (abastecimentos do posto de trabalho do *Lacing*, leitura da OF etc). No ANEXO E encontra-se a informação acerca do número de rodas montadas diariamente bem como o número de OF's.

É possível verificar que o número de OF's por dia não sofre oscilações significativas (média diária de 15 OF's). Quanto ao número de rodas a variação é bastante mais expressiva, devendo-se em parte ao facto de que, no setor de montagem de rodas, ser recorrente cumprirem-se mais 2 horas extra, acrescidas ao turno regular de trabalho de sete horas e meia (e nem sempre são praticadas por todos os colaboradores). Aliada a este número “flexível” de horas e colaboradores por dia, existe ainda a possibilidade de rodas montadas no dia anterior, sejam confirmadas no sistema apenas no dia seguinte, convém lembrar que os dados fornecidos pelo sistema de informação são referentes à confirmação da conclusão da OF, uma roda só é então registada quando se confirma no sistema a conclusão da OF a que esta pertence.

Em relação ao número de rodas por cada OF é legítimo afirmar que em média cada OF tem 7 rodas já que é conhecido o número de rodas e OF's por dia.

## 4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

De seguida são enumerados os problemas identificados em cada uma das estações (*Lacing*, *Park Tool*, *Trueing* e *Decals*) e as respetivas propostas de melhoria.

### 4.1. Problemas identificados e propostas de melhoria

#### 4.1.1. Estação de *Lacing*

- Localização do contentor onde é depositado o filme aderente.

O contentor onde é colocado o filme aderente que envolve os aros, não se encontra junto ao apoio de aros anexado à máquina de *Lacing*, induzindo a que o colaborador, depois de retirar o filme do aro e antes de verificar se contém defeitos, deixe cair deliberadamente o filme e/ou o coloque no seu banco. Após repetir esta ação para todos os aros que foram transportados para o posto de trabalho, o colaborador é obrigado a recolher todo o filme aderente e finalmente transportá-lo até ao seu destino.

Seria conveniente que o contentor para o filme aderente estivesse posicionado junto ao apoio de aros como mostra a Figura 4.1. Desta forma o filme seria colocado no contentor imediatamente depois de ser retirado do respetivo aro, evitando a tarefa de apanhar o filme e de o transportar até ao contentor.

- Localização das estantes com componentes para a máquina de *Lacing* 1.

Para o operador da máquina de *Lacing* 2 (ML2), as duas estantes de componentes de que este se serve, estão localizadas junto à parede, exatamente nas suas “costas”. Por sua vez, o operador da máquina de *Lacing* 1 (ML1), atrás de si contem um armário e afixado à parede um quadro de ferramentas. As duas estantes de componentes que o operador da ML1 necessita, encontram-se do lado esquerdo do armário.

De forma a minimizar o tempo gasto no transporte de componentes até ao posto de trabalho, obrigatoriamente as estantes referentes ao operador da ML1 deveriam estar situadas na sua retaguarda, de forma semelhante à situação do operador da ML2.

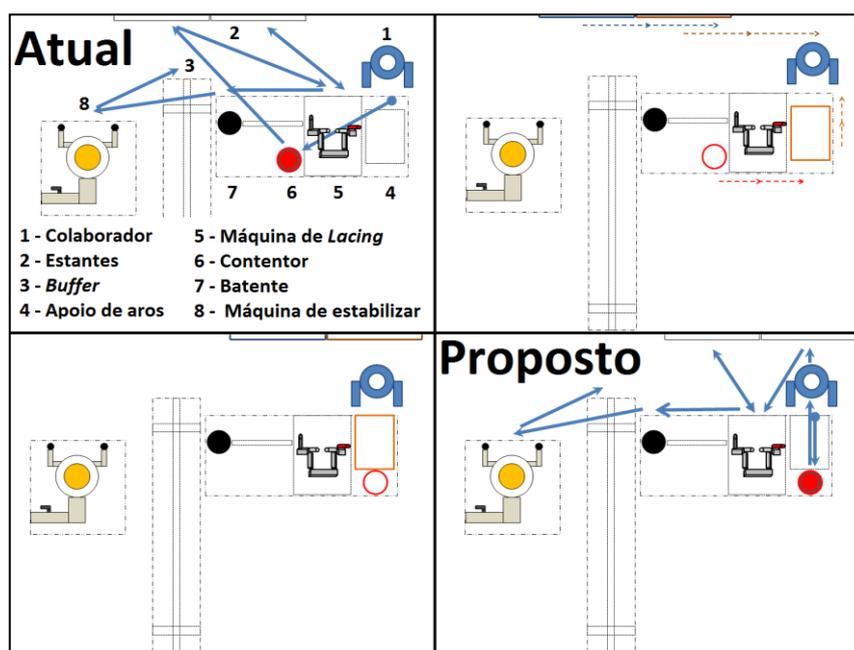


Figura 4.1. Representação do posto de trabalho 1 da estação de *Lacing*.

- Alinhamento dos elementos da estrutura da máquina de *Lacing* 2.

As estruturas que constituem as duas máquinas de *Lacing* compreendem um apoio de aros, a própria máquina de *Lacing* (sistema de suporte do aro e do cubo) e o batente fixo no solo. Estes elementos estão dispostos para ambas, pela ordem referida anteriormente, como realça a Figura 4.2. Antes de a roda ser colocada no *buffer* pós *Lacing*, poderá ter de passar pela máquina de estabilizar. A máquina de estabilizar ao se situar entre as duas máquinas de *Lacing*, o operador da ML2 no momento em que finaliza a colocação das capsulas no cubo encontra-se na extremidade direita da máquina de *Lacing* (batente fixo no solo), local mais distante na ML2 em relação à máquina de estabilizar. Contrariamente, o operador da ML1, quando finaliza a colocação das capsulas no cubo, encontra-se na extremidade da máquina de *Lacing* mais próxima da máquina de estabilizar.

Para corrigir esta conjuntura, a disposição dos elementos da estrutura da ML2, deveria ser simétrica à ML1, adotando a máquina de estabilizar como eixo de simetria. Sendo assim o operador da ML2 realizaria as tarefas de forma sequencial, analogamente ao operador da ML1, abreviando movimentos. Nos casos em que as rodas não passam pela máquina de estabilizar, continua a fazer sentido a alteração ao alinhamento dos elementos da estrutura da ML2, porque vai aproximar o batente fixo (última posição por onde a roda passa na máquina de *Lacing*) ao *buffer* pós *Lacing*. (Figura 4.2).

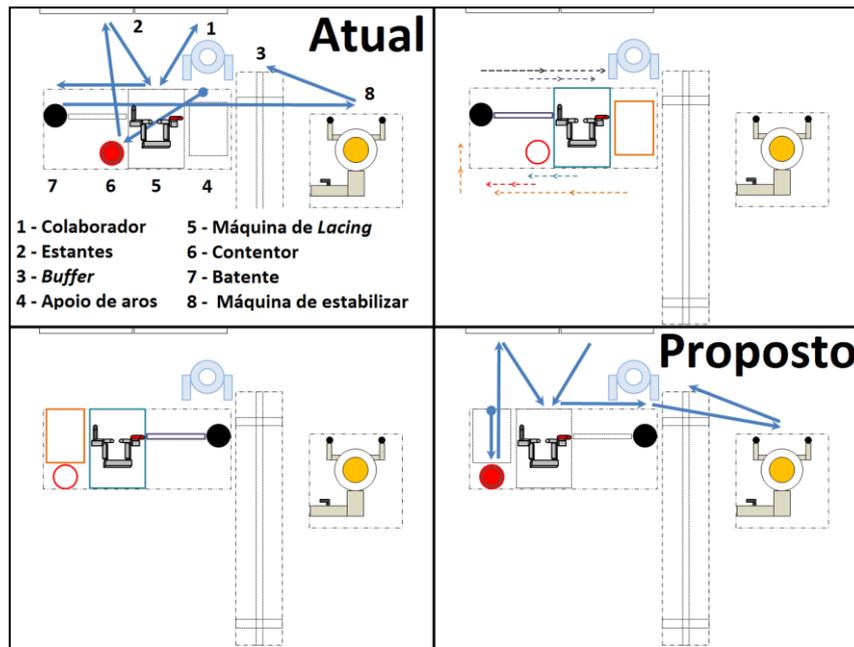


Figura 4.2. Representação do posto de trabalho 2 da estação de *Lacing*.

- Verificação de defeitos.

Os colaboradores no momento da recolha de componentes, apenas se preocupam em seleccioná-los de acordo com o tipo de roda em questão, relegando a tarefa de identificação de defeitos para depois de os ter transportado para o posto de trabalho.

Com a finalidade de evitar que o processo de *Lacing* seja interrompido, devido a deslocações desnecessárias para recolher novos componentes sem imperfeições, a verificação de defeitos deveria ser realizada no momento da recolha inicial dos componentes. No caso dos raios, *nipples* e anilhas de *nipple* a verificação de deficiências deve continuar a ser consumada durante o processo de *Lacing*, porque são peças de tamanho reduzido, sendo transportadas para o posto de trabalho em quantidades relativamente grandes. Por outro lado, para os restantes tipos de componentes (cubos, capsulas de cubo e anilhas de cubo) em que apenas é transportada a quantidade necessária para o posto de trabalho, é que se torna benéfico proceder á averiguação dos defeitos no momento da recolha.

- Deslocação à estação de *Decals* e recolha de aros.

Os trajetos mais longos a que os operadores da ML1 e ML2 estão sujeitos, prendem-se com a deslocação à área das estantes onde se encontram os aros (quando não são auxiliados por um 3º elemento) e à estação de *Decals* para entregar a OF concluída e

ler a seguinte. Idealmente, a solução seria a aproximação das estantes com os aros da estação de *Lacing* e encurtar a distancia entre as estações de *Lacing* e *Decals*. Seria possível, através de um *layout* em forma de “U”, diminuir a distancia entre as estações de *Lacing* e *Decals*, favorecendo a comunicação entre a primeira e a ultima estação. No entanto, este tipo de alteração iria interferir na colocação das estações de trabalho de acordo com a sequencia de montagem como se encontram atualmente.

Descartando alterações significativas ao nível do *layout*, obviamente seria proveitoso evitar que os operadores das máquinas de *Lacing* abandonassem o seu posto de trabalho, tal só poderia ser possível atribuindo exclusivamente a um 3º colaborador as tarefas de leitura, entrega da O.F, transporte de aros e a colocação dos componentes nos recipientes que se encontram nas máquinas de *Lacing*. Como descrito anteriormente na subsecção 3.1.1 já existe um 3º elemento que ocasionalmente realiza este tipo de tarefas, mas não se encontra a tempo inteiro a auxiliar os operadores das máquinas de *Lacing*, sendo estes, obrigados por diversas vezes a abandonar o posto de trabalho.

- Sinalização da necessidade de abastecimento dos postos de *Lacing*.

Um dos aspetos a melhorar na primeira estação será garantir que os colaboradores fixos às máquinas de *Lacing* não necessitem de abandonar o posto de trabalho, nas ocasiões em que não são auxiliados por um 3º elemento, para realizar as tarefas de recolher aros, abastecer o posto de trabalho e se deslocar à estação de *Decals* para consultar a OF.

De maneira a manter os colaboradores nos postos de trabalho, poderia ser implementado um sistema visual ou sonoro, que informasse o 3º elemento do *Lacing*, da conclusão iminente da OF. No momento em que os operadores das máquinas de *Lacing* iniciassem a ultima roda da OF, acionariam o sistema, concedendo o tempo necessário para que se realizem as atividades de “*setup*” paralelamente às atividades regulares do *Lacing*.

#### **4.1.2. Estação de *Park Tool***

- Medição da centralidade do cubo.

A medição da centralidade do cubo é efetuada através de um comparador, com a roda apoiada na horizontal, funcionando como apoio as estruturas dos *buffers* pós *Park Tool*. Esta operação é realizada mais do que uma vez para cada roda, à medida que se tencionam os raios já que a correta posição do cubo em relação ao aro funciona também

---

como um indicador da homogeneidade das tensões nos raios, ou seja, se o cubo estiver posicionado um pouco mais para a cima, indica que os raios que o “puxam” para cima estão mais tencionados que aqueles que o “puxam” para baixo. Para realizar esta tarefa, os colaboradores afetos aos postos de trabalho que têm a seu lado, ou à esquerda ou à direita um dos *buffers* pós *Park Tool* (postos interiores), não necessitam de se deslocar para realizar a medição da centralidade do cubo, o mesmo não acontece para os colaboradores dos postos das extremidades.

As deslocações dos operadores dos postos de trabalho das extremidades, poderiam ser facilmente evitadas através da inclusão de uma “barra” horizontal fixa à estrutura de cada posto (consultar figura 4.3), esta “barra” deveria estar a uma altura de cerca de 1,5 metros (ao nível dos olhos e forrada para não danificar o aro).

- Deslocação à máquina de estabilizar.

Atualmente no fim do *Lacing* nem todos os tipos de rodas passam pela máquina de estabilizar. No entanto durante o *Park Tool*, quando a roda já tem uma determinada tensão nos raios, é necessário que seja colocada na máquina de estabilizar, ou seja é mais frequente os colaboradores da estação do *Park Tool* necessitarem de se dirigir à máquina de estabilizar que os operadores da estação de *Lacing*.

Com o intuito de facilitar o deslocamento para a máquina de estabilizar por parte dos colaboradores da estação de *Park Tool*, seria conveniente rodar esta máquina, (atualmente encontra-se de frente para as máquinas de *Lacing*) e aproximá-la da estação de *Park Tool*. Com esta alteração, apesar da deslocação para a máquina de estabilizar por parte dos colaboradores da estação de *Lacing* se tornar um pouco menos célere, a máquina estará mais acessível aos colaboradores da estação de *Park Tool* que a usam com maior frequência.

Outra solução seria adquirir mais um destes equipamentos, sendo um colocado junto ao *Lacing* e outro junto ao *Park Tool* reduzindo o tempo despendido em deslocações para ambos, mas o investimento não seria proveitoso para a pequena melhoria (em termos de acesso) que acarretaria. A existência de duas máquinas, obviamente também iria possibilitar uma maior taxa de utilização, mas seria desnecessário porque o tempo de utilização da máquina de estabilizar para cada roda é bastante curto (e independente do modelo de roda), ou seja, a probabilidade de um colaborador perder tempo a aguardar que outro acabe de utilizar a máquina é quase nula.

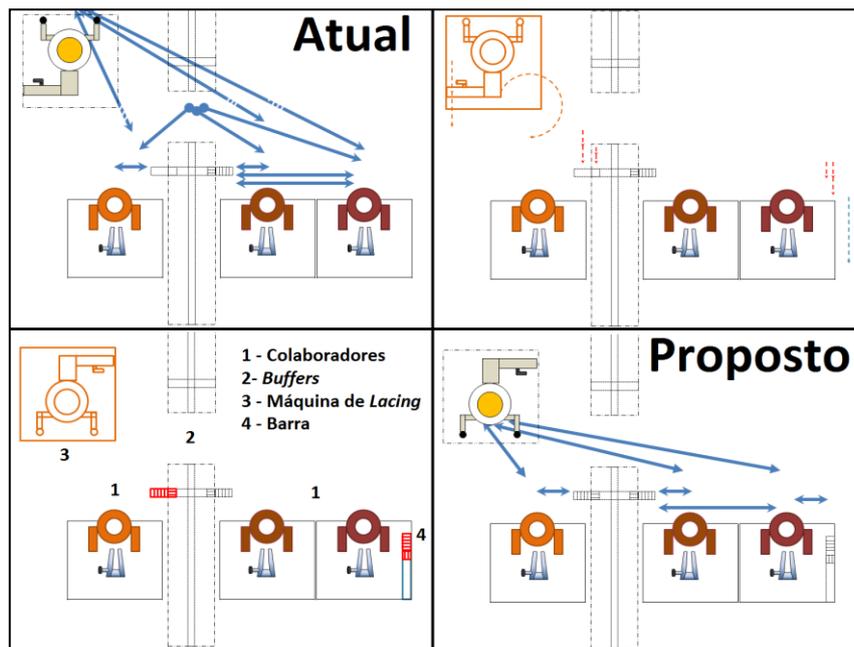


Figura 4.3. Representação dos postos de trabalho 1, 2 e 3 da estação de *Park Tool*.

- Recolha da roda do *buffer* pós *Lacing*.

Por vezes os operadores do *Park Tool* não respeitam o sequenciamento das rodas que saem do *Lacing* e que se encontram nos *buffers* pós *Park Tool*. Esta situação deve-se às tentativas de evitar rodas com raios “aparentemente” menos tencionados, já que previsivelmente, o tempo despendido nestas rodas será significativamente menor. Este tipo de decisão pode levar ao atraso de uma dada ordem de fabrico, e contribuir para o desequilíbrio da globalidade do processo de montagem das rodas.

Deveria ser mais rígida a obrigatoriedade dos operadores da estação de *Park Tool* seguirem a sequencia de rodas que se encontra nos *buffers* pós *Lacing*. Seria proveitoso também, para manter o equilíbrio entre postos de trabalho, que os operadores da direita da estação do *Park Tool*, apenas atuassem em rodas do *buffer* referentes ao posto do lado direito da estação de *Lacing* e evidentemente os operadores da esquerda somente atuassem sobre as restantes rodas (referentes ao posto da estação de *Lacing* do lado esquerdo). Desta forma, o processo seria mais simples de “controlar”, facilmente seria perceptível o estado de uma determinada OF (número de rodas que estão a ser trabalhadas/tratadas, em que estação se encontram, etc.). Reduzir-se-ia a probabilidade de erros na estação de *Decals* ao nível de autocolantes, etiquetas ou bolsas de acessórios

---

trocados uma vez que não existiria a possibilidade de se misturarem rodas de diferentes OF's nos *buffers* pós *Trueing*.

Nenhuma destas “imposições” é algo de novo, presumivelmente quem projetou o *layout* pensou de igual forma incitando os operadores a respeitá-las, no entanto verifica-se que nem sempre estas regras são cumpridas.

- Suspender a “chave amarela.”

Durante uma conversa com um dos colaboradores, foi mencionado por ele que a “chave amarela” lhe escorregava das mãos e que por vezes a deixava cair, desperdiçando alguns segundos a recolhe-la do solo. Depois da alusão a este problema por parte do operador, através de uma observação mais atenta, verificou-se que mesmo não sendo muito frequente, durante a operação de tensionar os raios, os colaboradores das estações de *Lacing* e *Park Tool* deixavam cair a “chave amarela.”

Com o propósito de eliminar ocorrências deste tipo, ponderou-se a possibilidade de prender a “chave amarela” através de um fio ao posto de trabalho, deixando-a suspensa.

#### **4.1.3. Estação de *Trueing***

- Eliminação da “bancada da cola”.

Após serem retiradas da máquina de *Trueing* e de se medir a centralidade do cubo, as rodas são conduzidas para a “bancada da cola”, inclusive rodas que não necessitem de cola devido ao tipo de *nipple*, (para que seja verificado o empeno lateral). A referida bancada está munida com dois suportes iguais aos usados na estação de *Park Tool*, um pano para limpar os aros e uma bisnaga com cola.

A cola ao ser colocada antes da roda “abandonar” a máquina de *Trueing*, anular-se-ia uma movimentação dispensável por parte dos operadores, ao mesmo tempo se cessaria a dependência dos dois operadores da “bancada da cola” como realça a Figura 4.4. Se efetivamente a cola fosse aplicada durante a sua “estadia” na máquina de *Trueing*, seria necessário estabelecer e/ou criar um local para colocar a bisnaga da cola e o pano, locais estes que não interferissem com o bom funcionamento do processo. Seria essencial também, a utilização de um tabuleiro por baixo da roda para eliminar a inevitabilidade da cola gotejar para o solo. No entanto existem desvantagens significativas associados à eliminação da “bancada da cola”. A roda na “bancada da cola”, ao se encontrar mais alta

(comparando com a máquina de *Trueing*), torna o processo mais simples e ergonómico para o executante, existe ainda um maior controlo da quantidade de cola aplicada, não ocorrendo o inconveniente de ao gotejar, corromper o equipamento da máquina, principalmente as roldanas onde a roda está suspensa. Não menos importante seria o facto de que através da extinção da “bancada da cola”, não se mediria a centralidade do cubo antes de se aplicar a cola.

- Medição da centralidade do cubo.

Os operadores das máquinas de *Trueing* também medem a centralidade do cubo, esta tarefa é a primeira que se realiza nesta estação, sendo novamente executada quando a roda é retirada da máquina de *Trueing*, novamente é usada o comparador e o *buffer* pós *Park Tool* para apoiar a roda.

Mais uma vez seria benéfico que, para cada um dos *buffers* pós *Park Tool*, (do lado de onde são retiradas as rodas), que se recorra à “barra” (devidamente forrada) mencionada anteriormente, tornando o processo mais simples e eliminando o risco de danificar a roda.

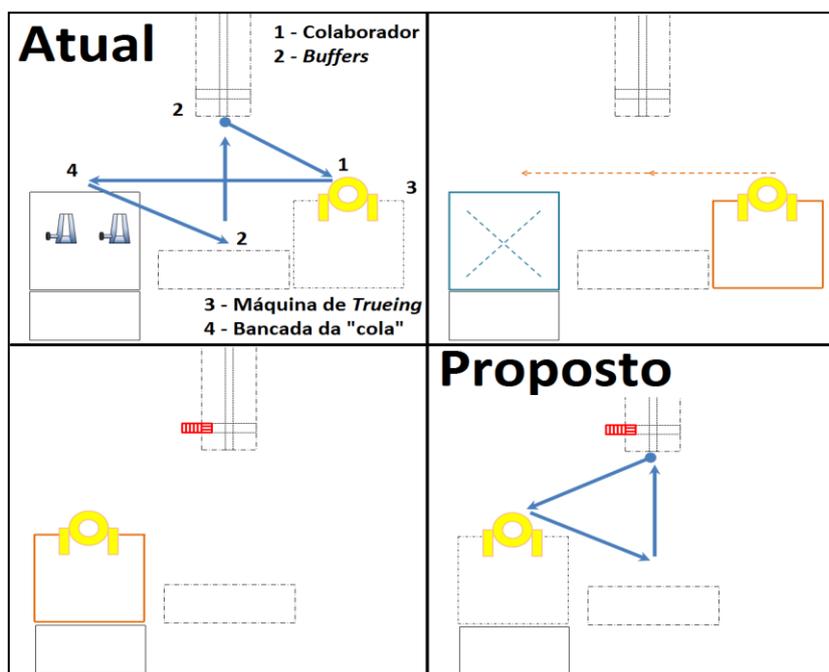


Figura 4.4. Representação do posto de trabalho 1 da estação de *Trueing*.

#### 4.1.4. Estação de *Decals*

- Localização do armário com autocolantes.

Ambos os operadores que colam os autocolantes nas rodas deslocam-se até um pequeno armário junto à “bancada da cola” para recolher os autocolantes. Ao se duplicar o número de armários com autocolantes e situando-os junto de cada posto, seria possível eliminar uma das deslocações dos operadores da estação de *Decals*. Junto a cada bancada que contém o sistema de posicionamento da roda (para se proceder à colagem dos autocolantes), existe um contentor onde são colocados os papéis de autocolante e os autocolantes que porventura foram mal colados, irremediavelmente danificados durante a ação de retirar o autocolante. Cada novo armário estaria assente numa mesa, sobre cada um dos contentores como exemplifica a Figura 4.5.

- Prateleira para as bolsas de acessórios e protetores de cubo.

Atualmente, a tarefa de selecionar os componentes e colocá-los nas denominadas “bolsas de acessórios”, não está atribuída aos operadores responsáveis por colar os autocolantes. Esta tarefa é realizada por um 3º elemento. Normalmente todos as bolsas com acessórios de uma OF são completadas de seguida, antes que os operadores da MD1 (Máquina de *Decals* 1) e MD2 (Máquina de *Decals* 2) concluam todas as rodas da OF anterior, de forma a evitar que não seja necessário aguardarem pelas bolsas de acessórios ou que os próprios realizem esta tarefa. No entanto no momento em que se concluem as bolsas de acessórios referentes a uma OF, existe uma “indefinição crónica” aliada ao local onde colocar as bolsas, pois tanto podem ser colocadas na bancada com o computador, como nas bancadas que contêm os componentes que constituem as bolsas de acessórios ou até mesmo nas bancadas das MD1 ou a MD2. Desta forma por vezes os operadores da MD1 e MD2 desperdiçam tempo a procurar e recolher a bolsa ou a questionar onde esta se encontra. Esta “indefinição” para além de atrasar o processo, pode tornar-se efetivamente problemática para situações em que o número de rodas de OF’s consecutivas é reduzido e existam ao mesmo tempo mais do que um tipo de bolsas prontas, aumentando assim o risco dos operadores da MD1 e da MD2 as trocarem, afixando à roda a bolsa de acessórios errada.

De modo a evitar deslocações da parte dos operadores da MD1 e MD2, as bolsas de acessórios poderiam ser colocadas numa prateleira por cima de cada um dos sistemas de posicionamento de rodas, que seriam abastecidas pelo 3º elemento.

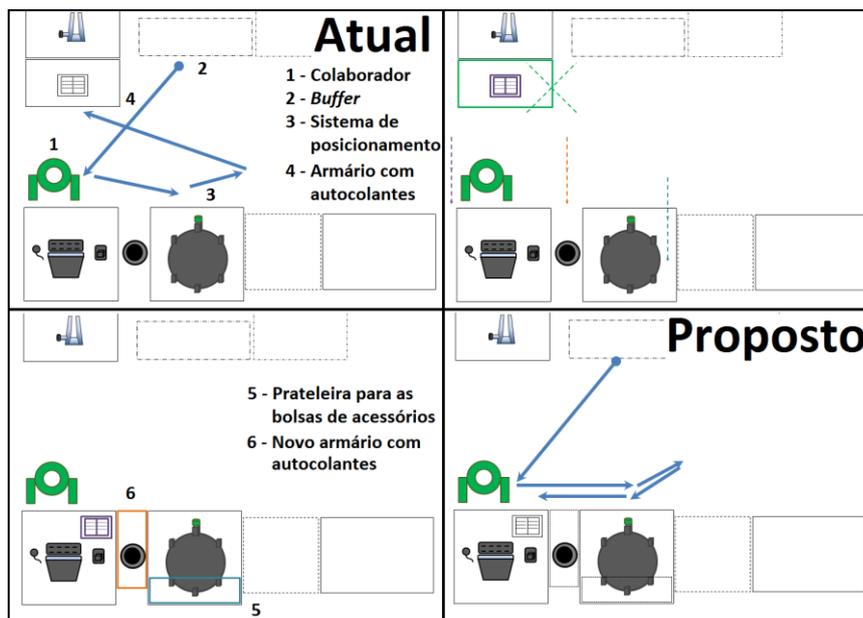


Figura 4.5. Representação do posto de trabalho 1 da estação de *Decals*.

- Delinear os contornos dos objetos utilizados nas bancadas.

Na estação de *Decals*, os colaboradores usam alguns objetos indispensáveis às suas tarefas, tais como a tesoura, (que auxilia na aplicação dos autocolantes), o pano para limpar a roda e a bisnaga com acetona. Durante os seus “afazeres”, é comum os colaboradores perderem o rasto a estes objetos por momentos.

Com o esboço dos contornos da tesoura, autocolantes, pano e bisnaga nas bancadas, o local dos mesmos estaria inequivocamente definido, influenciando os colaboradores a colocar estes objetos sempre no mesmo local, anulando a possibilidade de se perder tempo na sua procura.

- Utilização de apenas uma estante com acessórios para as bolsas.

Inicialmente, quando se projetou o setor de montagem de rodas, teve-se em conta que a estação de *Decals* seria ocupada por apenas dois colaboradores, em que cada um deles teria de compor as bolsas de acessórios relativas às “suas rodas”, daí a existência de duas estantes, destinadas a cada um dos postos de trabalho.

Atualmente com a inclusão de um 3º elemento, com a função de compor as bolsas de acessórios para ambos os postos, e com o elevado número de acessórios que podem constituir as bolsas (inicialmente este número era bastante inferior), deixou de fazer sentido manter as duas estantes, já que desta forma, é necessário proceder ao

---

abastecimento de dois locais diferentes, com os mesmos acessórios e em que é o mesmo colaborador que os vai posteriormente selecionar para formar as bolsas com acessórios.

## 4.2. Apresentação das propostas de melhoria à empresa

As ações de melhoria descritas anteriormente foram apresentadas numa reunião onde marcaram presença os responsáveis pelas engenharias de industrialização, produção e métodos. A maioria das propostas teve boa aceitação e foi unanime de que fazia todo o sentido serem implementadas, inclusivamente para algumas situações já se estaria a ponderar implementar algo de similar. No entanto, para outros casos foi esclarecido que as medidas sugeridas detinham mais desvantagens que proveitos ou que não acarretariam nenhum benefício significativo. As principais ilações retiradas da reunião e as opiniões que divergem das propostas de melhoria referidas anteriormente são relatadas de seguida.

- Alinhamento dos elementos da estrutura da máquina de *Lacing 2*.

Para a mudança na estrutura da máquina de *Lacing 2*, foi apontada a desvantagem de se submeter os colaboradores a trabalhar em sentidos opostos (o colaborador do posto 2 trabalharia da direita para a esquerda, enquanto que o colaborador do posto 1 continuaria a trabalhar da esquerda para a direita), o que poderia causar um certo “desconforto” em casos de rotatividade de postos.

- Deslocação à máquina de estabilizar.

Na reunião foi explicado o motivo da proximidade entre a máquina de estabilizar e as máquinas de *Lacing*. Inicialmente, quando se projetou a disposição dos equipamentos, teve-se em conta que os colaboradores afetos aos postos do *Park Tool*, quando recolhessem as rodas do *buffer* estas já estariam numa fase mais avançada (com uma maior tensão nos raios) não seria assim necessário levar a roda até à máquina de estabilizar uma vez que, esta tarefa já teria sido cumprida pelos colaboradores do *Lacing*. No entanto, atualmente com a intenção de equilibrar a linha (fornecer rodas suficientes para manter os colaboradores do *Park Tool* sempre ocupados) é comum que não se realize todo o pré-tensionamento que seria suposto realizar durante o *Lacing*, transitando naturalmente a tarefa de levar a roda à máquina de estabilizar do *Lacing* para o *Park Tool*.

Finalizando esta questão, presumivelmente a localização da máquina de estabilizar se manterá próxima das máquinas de *Lacing*, assumindo a previsível aquisição de uma máquina parafusadora (para cada posto de *Lacing*, que vai tornar o processo de

tensionar os raios mais rápido) como principal motivo, já que desta forma, no fim do *Lacing* as rodas estarão aptas a passar pela máquina de estabilizar.

- Recolha da roda do *buffer* pós *Lacing*.

Quanto ao facto de por vezes não se seguir a sequencia das rodas que saem do *Lacing*, por parte dos colaboradores afetos aos postos da estação do *Park Tool*, alguns dos presentes na reunião afirmaram que já se tinham apercebido disso e todos concordaram que se devia conversar com os colaboradores, sensibilizando-os para que não mantenham este comportamento. Em relação ao esforço para tentar “separar” as linhas, não foi encarado pelos presentes na reunião como imperativo, uma vez que consideraram que o principal objetivo é finalizar a OF o mais rapidamente possível, não atribuindo qualquer desvantagem a se ter as duas “linhas” a trabalhar nas mesmas rodas e/ou que por exemplo o colaborador afeto ao posto da direita do *Decals* vá recolher rodas ao *buffer* pós *Trueing* do lado esquerdo.

- Eliminação da “bancada da cola”.

As desvantagens da eliminação da “bancada da cola” descritas na subsecção 4.1.3 foram reiteradas, tendo-se confirmado que são efetivamente decisivas para que seja impraticável a dispensa desta bancada.

- Localização do armário com autocolantes.

A implementação de dois armários com autocolantes, alusivos a cada um dos colaboradores afetos aos postos de *Decals*, conduziria à obrigatoriedade de referencias duplicadas e passaria a ser necessário um número maior de abastecimentos.

Juntando a estas desvantagens, existe ainda o facto de que na grande maioria dos casos, quem faz a recolha dos autocolantes e os transporta para a bancada é o “3º elemento do *Decals*”, sendo assim a inclusão de dois armários foi posta de parte.

- Prateleira para as bolsas de acessórios e protetores de cubo.

Identicamente ao sugerido, para resolver o problema de onde colocar as bolsas de acessórios, foi referido na reunião que já se estaria a projetar um suporte fixo à estrutura dos postos de trabalho da estação de *Decals*, este suporte não só serviria para colocar as bolsas mas também os protetores de cubo<sup>2</sup> sendo igualmente bastante oportuno que permaneçam num local mais acessível para os colaboradores.

O novo suporte irá situar-se do lado direito da estrutura do posto de trabalho ao contrario do proposto (por cima do sistema de posicionamento das rodas) evitando

---

<sup>2</sup> Para todas as rodas são colocados dois protetores de cubo, depois de se envolver na roda o cartão separador.

qualquer risco de a roda bater no suporte ao ser colocada ou retirada do sistema de posicionamento.

- Suspender a “chave amarela”.

Relativamente à sugestão de se suspender a “chave amarela”, foi dito que anteriormente se experimentou para os tensímetros, de modo a evitar que estes instrumentos (bastante caros) se danificassem com possíveis quedas, no entanto não se afigurou como uma medida convincente e praticável uma vez que se verificou que ao ser suspenso, este instrumento baloiçava depois de ser usado e repetidamente batia na roda.

Assumiu-se assim que suspendendo a “chave amarela” o mesmo também aconteceria não sendo de todo uma ideia viável.

- Sinalização da necessidade de abastecimento dos postos de *Lacing*.

A sinalização de que se está a finalizar uma OF, foi considerada essencial para garantir que os colaboradores fixos às máquinas de *Lacing* não necessitem de abandonar o posto de trabalho, sendo esta tarefa sempre realizada pelo 3º elemento do *Lacing*. Foi indicada durante a reunião a utilização de uma buzina para funcionar como sistema de sinalização.

Terminada a apresentação das propostas de melhoria, discutiram-se ainda os próximos alvos com vista a melhorar o processo e o que se estava a planear renovar no *layout*.

Entre os problemas identificados estão as OF's com um número reduzido de rodas que conduzem a mais abastecimentos dos postos de *Lacing* e a colocação provisória das rodas já embaladas junto aos postos de *Decals* antes de serem colocadas nas paletes (ou estantes). Para evitar este aglomerado de rodas embaladas junto aos postos ou que o 3º elemento do *Decals* perca demasiado tempo a “arrumar” as caixas foi mencionado que já se estaria a estudar a implementação de uma de calha onde seriam colocadas consecutivamente todas as rodas à medida que fossem embaladas. Outra das preocupações manifestadas por um dos presentes na reunião diz respeito à forma como é feita a reposição das estantes com componentes para os postos de *Lacing*, referindo que seria benéfico que os abastecimentos nunca interferissem com a produção (montagem), sendo isto possível através de estantes com uma face para recolha e outra para reposição (não estariam juntas à parede como se verifica atualmente), de forma similar funcionaria o abastecimento dos recipientes com acessórios para as bolsas.

### 4.3. Novo modelo de rodas

Durante a realização do presente trabalho, iniciou-se a montagem de um novo modelo de rodas, designadas *WH 60 CL VI 700F* e *WH 60 CL VI 700R*, as rodas dianteiras deste modelo (*WH 60 CL VI 700F*) apresentam pequenas diferenças relativamente aos restantes modelos ao nível do processo de montagem. As principais diferenças dizem respeito às “particularidades” dos seus cubos. O cubo destinado a este modelo de roda tem a peculiaridade de não necessitar da colocação de cápsulas para “prender” os raios, basicamente já está munido de um mecanismo que os fixa, sendo necessário “desapertar” o cubo para se iniciar a colocação dos raios e voltar a apertá-lo quando todos os raios estiverem colocados.

Para a colocação dos raios é então necessário “desapertar” o cubo, criando um “espaço” que possibilita o encaixe com a extremidade do raio. Uma vez que os raios são aplicados nos dois lados do cubo, é necessário “empurrar” o cubo deslocando o “espaço” para o lado do cubo em que se pretende colocar o raio.

Depois de se observar um dos colaboradores durante a realização da operação de colocar os raios no cubo, foi proposta a possibilidade de se colocar todos os raios do mesmo lado de seguida, (de dois em dois, “saltando” sempre um) já que era perceptível que não seria muito produtivo movimentar sempre o cubo antes da colocação de cada um dos raios.

Esta pequena melhoria, foi rapidamente adotada pelo colaborador que a reconheceu como sendo uma mais valia, uma vez que facilitava o seu trabalho. Atendendo a que a OF exigia um número elevado de rodas do mesmo modelo, com a cooperação do colaborador, tornou-se imediatamente possível quantificar o real impacto da medida através da recolha dos tempos em que as rodas permaneciam na estação de *Lacing*, para os dois diferentes “métodos” de colocação de raios como mostra a Tabela 4.1.

**Tabela 4.1.** Tempos de permanência das rodas do grupo 20 na estação de *Lacing*

	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 3	Obs. 4	Obs. 4	Obs. 6
<b>Método inicial (minutos)</b>	7,2	8,3	6,8	7,4	6,6	_____
<b>Método sugerido (minutos)</b>	6,4	6,2	7,0	5,1	5,6	6,1

Foram realizadas 5 observações para o “método inicial” (média de 7,2 minutos) e 6 para o “método sugerido” (média de 6,1 minutos) verificando-se assim uma diferença nos tempos médios de cerca de 1 minuto. Reduziu-se desta forma em cerca de 15,3% o tempo total que uma roda *WH 60 CL VI 700F* se demora na estação de *Lacing*

#### **4.4. Cartografias de fluxo**

No seguimento da descrição pormenorizada de todas as atividades realizadas durante o processo de montagem de rodas, tornou-se evidente que a obtenção dos tempos de execução das mesmas, é essencial para identificar possíveis oportunidades de melhoria.

##### **4.4.1. Registo de tempos**

Efetuar-se-ão dois modos distintos de recolha de tempos. No primeiro dividiu-se o processo em quatro “macro tarefas” associadas a cada uma das estações de trabalho, (*Lacing, Park Tool, Trueing e Decals*), tendo-se registado no mínimo 5 observações por cada grupo de rodas. Os registos obtidos nesta fase, vão posteriormente servir de alicerce para os balanceamentos de linha descritos na subsecção 4.5, estando os tempos médios recolhidos presentes no ANEXO F (em minutos).

No segundo modo de recolha de tempos, optou-se por decompor cada uma das 4 “macro tarefas,” em tarefas elementares para três rodas diferentes, dando origem às cartografias de fluxo presentes nos seguintes anexos:

- ANEXO G, cartografia para uma roda do grupo 4 (*WH 202 CC VI 700R*);
- ANEXO H, cartografia para uma roda do grupo 15 (*WH 808 CC VI 700F*);
- ANEXO I, cartografia para uma roda do grupo 20 (*WH 60 CL VI 700F*);

##### **4.4.2. Análise de resultados**

De forma a facilitar a análise da informação recolhida, tarefas com pontos em comum foram agrupadas, caracterizando a natureza de cada tarefa. Os seis diferentes tipos de atividades identificados foram: (1) transformação, abrangendo operações de modificação com vista ao produto final (roda); (2) transporte, quando se movimenta a roda (ou os componentes que a vão constituir); (3) espera, ocasiões em que a roda (ou o aro) tem de aguardar até à próxima etapa; (4) controlo, tarefas de inspeção para controlo da qualidade; (5) manuseamento, sempre que é necessário retirar, colocar ou posicionar a roda

em determinado local; (6) diversos, tarefas restantes que não se adequam a nenhum dos cinco tipos de atividades anteriores, como por exemplo deslocações que não resultam do transporte da roda (ou dos componentes que a vão constituir), limpezas, registos, etc.;

Associado a cada tipo de atividade existe ainda um símbolo com uma determinada cor, tornando o esquema mais elucidativo como mostra a Figura 4.6.

Transformação	
Transporte	
Espera	
Controlo	
Manuseamento	
Diversos	

Figura 4.6. Simbologia de cada tipo de atividade.

Para além da descrição das tarefas e dos respetivos tempos de execução as cartografias contêm a indicação dos colaboradores que as realizaram, as distancias por si percorridas e a duração total das tarefas elementares, realizadas em cada uma das 4 estações de trabalho.

Analisando os dados das cartografias, foi proposto um novo método para cada uma delas, ambicionando fluxos que conduzam a um aumento da produtividade.

As cartografias realizadas, serviram de base para os novos métodos, em que as diferenças entre os métodos atuais observados e os métodos propostos dizem respeito essencialmente: à eliminação de tarefas que podem ser realizadas em simultâneo por um segundo colaborador, evitando que os colaboradores afetos a determinados postos interrompam o seu trabalho; ou resultante das sugestões apontadas na subsecção 4.1, em que as mais evidentes dizem respeito à redução de movimentos da parte dos colaboradores.

De seguida são apresentadas as atividade que foram eliminadas ou “ajustadas” para dar origem aos métodos propostos presentes nas cartografias (ANEXOS G, H e I).

#### 4.4.2.1. Roda do grupo 4 (WH 202 CC V1 700R)

##### 4.4.2.1.1. Estação de Lacing

A eliminação das tarefas 1 e 3 (Figura 4.7), resulta da verificação de defeitos ser realizada no momento da recolha dos componentes, quando se inicia uma OF.

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
									
1	Verificação de defeitos no cubo.							—	5
3	Limpar o cubo.							—	10

Figura 4.7. Tarefas eliminadas 1 - estação de *Lacing* (roda do grupo 4).

Na Figura 4.8 estão representadas as tarefas que podem ser realizadas em simultâneo ao processo de *Lacing*. Como referido na subsecção 3.1.1, o 3º elemento desta estação apenas ocasionalmente realiza estas tarefas. A razão pela qual o 3º elemento não realiza sempre este tipo de tarefas, deixando-as para segundo plano, deve-se ao facto de não dispor de tempo suficiente. Na subsecção 4.5.2 serão expostas as tarefas realizadas regularmente pelo 3º elemento do *Lacing*.

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
									
4	Verificação de defeitos nos raios (apenas para o lado direito).							—	28
5	Verificação de defeitos no <i>nipple</i> e na anilha de <i>nipple</i> .							—	
6	Enroscar o <i>nipple</i> no raio e colocar a anilha de <i>nipple</i> (lado direito).							—	81
10	Verificação de defeitos nos raios (apenas para o lado esquerdo).							—	11
11	Verificação de defeitos no <i>nipple</i> e na anilha de <i>nipple</i> .							—	
12	Enroscar o <i>nipple</i> no raio e colocar a anilha de <i>nipple</i> (lado esquerdo).							—	85

Figura 4.8. Tarefas eliminadas 2 - estação de *Lacing* (roda do grupo 4).

As tarefas 5 e 6 bem como a 11 e 12 representam situações em que não foi discriminado o tempo de duração de cada tarefa de forma independente (tarefas que se realizam mais do que uma vez ou que não seguem sempre a mesma sequencia). O tempo registado na última célula de cada grupo designa assim a duração desse conjunto de tarefas.

#### 4.4.2.1.2. Estação de *Park Tool*

A Figura 4.9 representa uma série de tarefas que à partida, não seria de esperar que fossem realizadas nos postos da estação do *Park Tool*. A realização destas tarefas resultou do não pré-tensionamento completo, que seria suposto realizar durante o processo de *Lacing*. Desta forma, em consequência do sucedido, o que se verificou ao se seguir o trajeto da roda nesta fase, foi uma série de desperdícios em transporte e duplo manuseamento que poderiam ser evitados (tarefas 1, 2, 3, 5, 6 e 7).

Resumidamente (como é visível na cartografia) o colaborador representado pelo número 3 recolheu a roda do *buffer* pós *Lacing*, realizou o pré-tensionamento (que deveria ser realizado durante o *Lacing*) num dos postos do *Park Tool* e foi de novo colocar a roda no *buffer* pós *Lacing*, de seguida o colaborador 7 para efetuar o tensionamento (próprio dos postos da estação de *Park Tool*) recolheu novamente a roda repetindo as tarefas 1, 2 e 3 e no final voltou a realizar as tarefas 5 e 6.

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
									
1	Deslocação ao <i>buffer</i> pós <i>Lacing</i> .							1,0	3
2	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							1,0	4
3	Colocar a roda no suporte do <i>Park Tool</i> .							—	3
4	Pré-tensionar os raios.							—	196
5	Reitrar a roda do suporte do <i>Park Tool</i> .							—	2
6	Segurar no cubo e ver se a roda "gira" sem problemas.							—	6
7	Transporte da roda até ao <i>buffer</i> pós <i>Lacing</i> .							—	5
8	Roda no <i>buffer</i> pós <i>Lacing</i> .							—	188

Figura 4.9. Tarefas eliminadas - estação de *Park Tool* (roda do grupo 4).

Naturalmente depois da não inclusão das tarefas presentes na Figura 4.9 no método proposto, foi necessário acrescentar a atividade da Figura 4.10 propondo que o pré-tensionamento dos raios seja realizado nos postos da estação de *Lacing*.

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
									
4	Pré-tensionar os raios.							—	196

Figura 4.10. Tarefa adicionada - estação de *Lacing* (roda do grupo 4).

No método proposto teve-se em conta que a máquina de estabilizar, estaria mais próxima dos postos de trabalho da estação do *Park Tool* e considerou-se que, previsivelmente, o tempo de duração das tarefas 22 e 25 da Figura 4.11 seria menor.

Atual		Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Nº	Descrição								
22	Transporte da roda até à máquina de estabilizar rodas.							3,0	10
25	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							3,0	10

Proposto		Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Nº	Descrição								
22	Transporte da roda até à máquina de estabilizar rodas.							1,5	5
25	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							1,5	5

Figura 4.11. Tarefas ajustadas - estação de *Park Tool* (roda do grupo 4).

#### 4.4.2.1.3. Estação de *Trueing*

A Figura 4.12 mostra as tarefas que seriam eliminadas se a cola fosse aplicada durante a permanência da roda na máquina de *Trueing*.

Nº	Descrição							Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
8	Transporte da roda até à "bancada da cola".							1,0	5
9	Colocar a roda no suporte da "bancada da cola".							—	3
10	Verificar o empeno lateral.							—	10
11	Reitir a roda do suporte da "bancada da cola".							—	3

Figura 4.12. Tarefas eliminadas - estação de *Trueing* (roda do grupo 4).

#### 4.4.2.1.4. Estação de *Decals*

As tarefas da Figura 4.13 também não estão presentes no método proposto. A realização da tarefa 16 pode ser suprimida já que, através dos registos do sistema é possível verificar o número de rodas que cada operador concluiu nos postos da estação de *Decals*. Quanto à tarefa 17 é uma tarefa que pode ser realizada pelo 3º elemento do *Decals* paralelamente aos colaboradores fixos aos postos da estação de *Decals*.

Nº	Descrição							Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
16	Registar roda tratada.							—	3
17	Agrafar o topo da caixa de papel.							—	12

Figura 4.13. Tarefas eliminadas - estação de *Decals* (roda do grupo 4).

É importante referir que, a cartografia referente à roda do grupo 4 (*WH 202 CC VI 700R*), não pertence à primeira roda de uma OF, não incluindo assim as tarefas iniciais

de abastecimento dos postos de *Lacing*. Contrariamente, para as cartografias das rodas do grupo 15 (*WH 808 CC VI 700F*) e 20 (*WH 60 CL VI 700F*) este tipo de tarefas já estão incluídas nas cartografias. (Consultar ANEXOS G, H e I).

#### 4.4.2.2. Roda do grupo 15 (*WH 808 CC VI 700F*)

##### 4.4.2.2.1. Estação de *Lacing*

As tarefas 6, 7, 8, 9 e 10 da Figura 4.14 são tarefas iniciais de abastecimento dos postos de *Lacing*. Qualquer uma destas tarefas pode ser realizada em paralelo por outro colaborador, evitando que os colaboradores afetos aos postos de *Lacing* tenham a necessidade de abandonar os seus postos de trabalho para as cumprir.

De igual forma ao proposto anteriormente, a eliminação da tarefa 11 resulta da verificação de defeitos ser realizada no momento da recolha dos componentes, contrariamente ao observado, em que apenas foi efetuada depois dos cubos já se encontrarem no posto de trabalho.

Na Figura 4.15 estão representadas novamente tarefas que podem ser realizadas em simultâneo ao processo de *Lacing*.

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
									
6	Transporte do filme aderente para o contentor.							0,5	7
7	Deslocação ao armario das ferramentas.							0,5	8
8	Transporte de <i>nipples</i> e anilhas de <i>nipple</i> até ao posto de trabalho.							—	5
9	Deslocação à zona de stock de componentes.							1,5	8
10	Transporte de capsulas até ao posto de trabalho.							1,5	6
11	Verificação de defeitos no cubo.							—	5

Figura 4.14. Tarefas eliminadas 1 - estação de *Lacing* (roda do grupo 15).

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
									
13	Verificação de defeitos nos raios.							—	16
14	Verificação de defeitos no <i>nipple</i> e na anilha de <i>nipple</i> .							—	
15	Enroscar o <i>nipple</i> no raio e colocar a anilha de <i>nipple</i> .							—	97

Figura 4.15. Tarefas eliminadas 2 - estação de *Lacing* (roda do grupo 15).

Analogamente ao proposto para a roda do grupo 4 (*WH 202 CC VI 700R*), as próximas figuras exibem as tarefas que sofreram “pequenos ajustes” entre o método atual e

o proposto Figura 4.16 ou que não constam no método proposto, Figura 4.17 e Figura 4.18.

#### 4.4.2.2.2. Estação de *Park Tool*

Atual		Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Nº	Descrição								
11	Transporte da roda até à máquina de estabilizar rodas.							3,0	10
14	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							3,0	10

Proposto		Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Nº	Descrição								
11	Transporte da roda até à máquina de estabilizar rodas.							1,5	5
14	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							1,5	5

Figura 4.16. Tarefas ajustadas - estação de *Park Tool* (roda do grupo 15).

#### 4.4.2.2.3. Estação de *Trueing*

Nº	Descrição							Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
8	Transporte da roda até à "bancada da cola".							1,0	5
9	Colocar a roda no suporte da "bancada da cola".							—	3
12	Reitir a roda do suporte da "bancada da cola".							—	3

Figura 4.17. Tarefas eliminadas - estação de *Trueing* (roda do grupo 15).

#### 4.4.2.2.1. Estação de *Decals*

Nº	Descrição							Distancia	Tempo (seg.)
16	Registrar roda tratada.							—	3

Figura 4.18. Tarefas eliminadas - estação de *Decals* (roda do grupo 15).

#### 4.4.2.3. Roda do grupo 20 (*WH 60 CL V1 700F*)

O método proposto para a roda do grupo 20 (*WH 60 CL V1 700F*) segue os mesmos princípios (ao nível de tarefas eliminadas e “ajustadas”) dos métodos propostos para as rodas do grupo 4 (*WH 202 CC V1 700R*) e 15 (*WH 808 CC V1 700F*). (Consultar ANEXO I.).

A Figura 4.19 mostra as diferenças de tempo entre os métodos atuais e propostos, tendo-se alcançado uma melhoria na produtividade (redução de tempos) na ordem dos 11% para as rodas do grupo 4, 8% para as rodas do grupo 15 e 10% para as rodas do grupo 20.

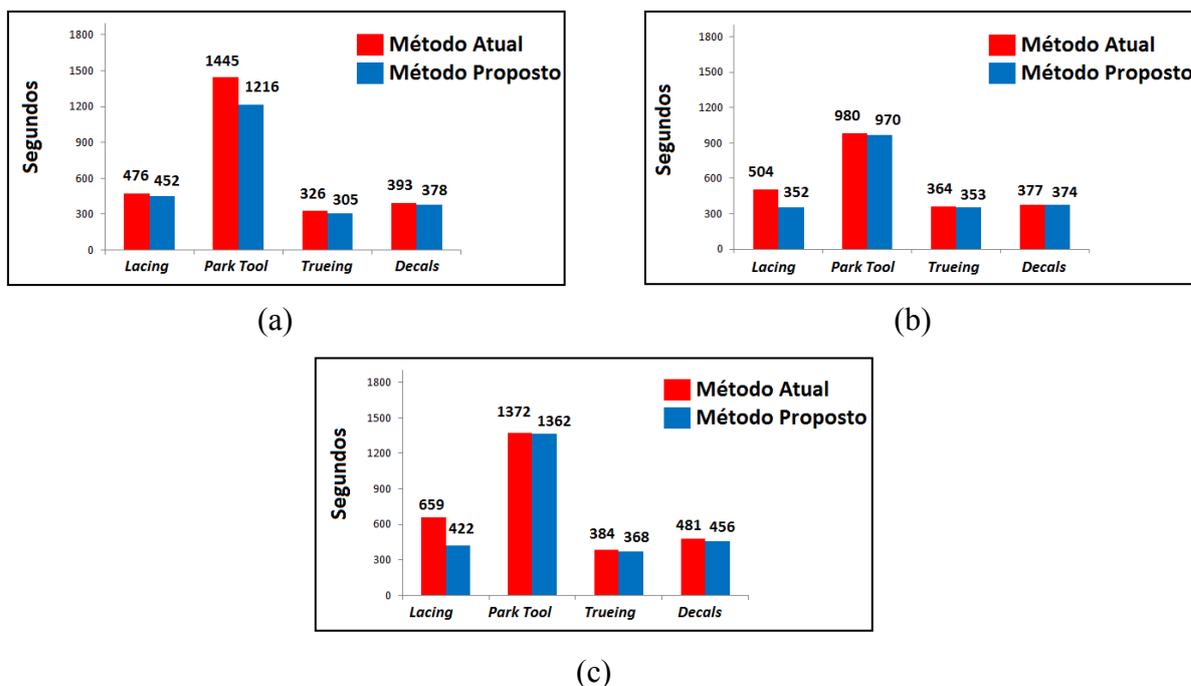


Figura 4.19. Tempos: (a) Roda do grupo 4; (b) Roda do grupo 15; (c) Roda do grupo 20;

Um dos problemas identificados através da elaboração das cartografias de fluxo foi o tempo relativamente elevado que as rodas permanecem em *buffer*, (Figura 4.20). Esta situação não poderia deixar de ser um indicador de que existem problemas de balanceamento de linha. Idealmente se o tempo que cada roda permanecesse em cada estação fosse o mesmo, os *buffers* estariam vazios, no entanto na prática é inevitável que subsistam sempre rodas em *buffer* uma vez que existem vários modelos de rodas com necessidades de tempo de trabalho diferentes.

A subsecção 4.5 (balanceamentos de linha) pretende apurar a melhor opção para que seja possível reduzir ao máximo o número de rodas em *buffer* de forma a diminuir o *lead time* e consequentemente atingir melhorias na produtividade.

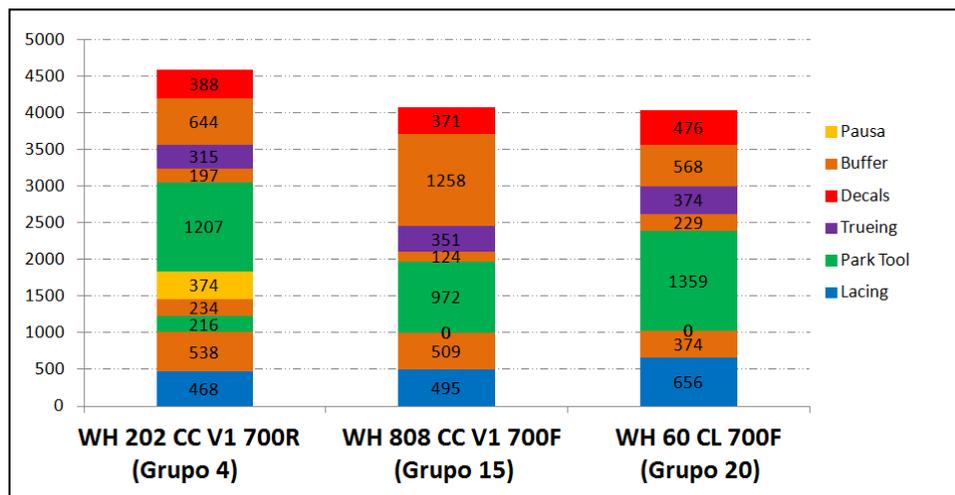


Figura 4.20. Tempos das rodas em cada fase.

#### 4.5. Balanceamentos de linha

O primeiro passo para se proceder aos balanceamentos de linha, consistiu em determinar o tempo que uma roda permanece em cada uma das quatro “macro tarefas” do processo de montagem de rodas (*Lacing*, *Park Tool*, *Trueing* e *Decals*). Como referido na subsecção 4.2.1, registaram-se os tempos das quatro “macro tarefas” para os 20 grupos de rodas. No ANEXO F, pode-se observar que os tempos divergem entre cada grupo, confirmando que as diferenças que existem entre tipos distintos de rodas se refletem no tempo que permanecem em cada estação.

De forma a se determinar os tempos padrão que uma roda se demora em cada estação, para serem usados nos balanceamentos de linha, calculou-se uma média ponderada com a procura de cada grupo de rodas, sendo dado mais “peso” ao tempo médio de permanência em cada estação aos grupos de rodas em que existe uma maior procura.

As percentagens de cada grupo de rodas, presentes no ANEXO J, foram calculadas tendo em conta as rodas montadas entre o período de Outubro de 2012 a Março de 2013. Depois de se obter os tempos padrão, criou-se uma folha Excel (consultar ANEXO K) onde é possível testar a influência no número de rodas montadas de variáveis como:

- O tempo total disponível num turno;
- A quantidade de colaboradores afetos a cada estação;
- Os tempos padrão que uma roda se demora em cada estação;

O número de rodas montadas é determinado a partir do valor preenchido (em horas) na célula “Número de horas do turno” que vai ser convertido em segundos e dividido pelo tempo (em segundos) da estação onde existe maior tempo entre duas rodas concluídas sucessivamente. Figura 4.21. Este tempo que funcionou como denominador, surge a partir da divisão entre o tempo padrão (preenchido na célula “Tempos padrão”) que uma roda permanece num posto dessa estação e a quantidade de postos ocupados nessa estação (preenchida nas células “Fixos aos postos”). Figura 4.22.

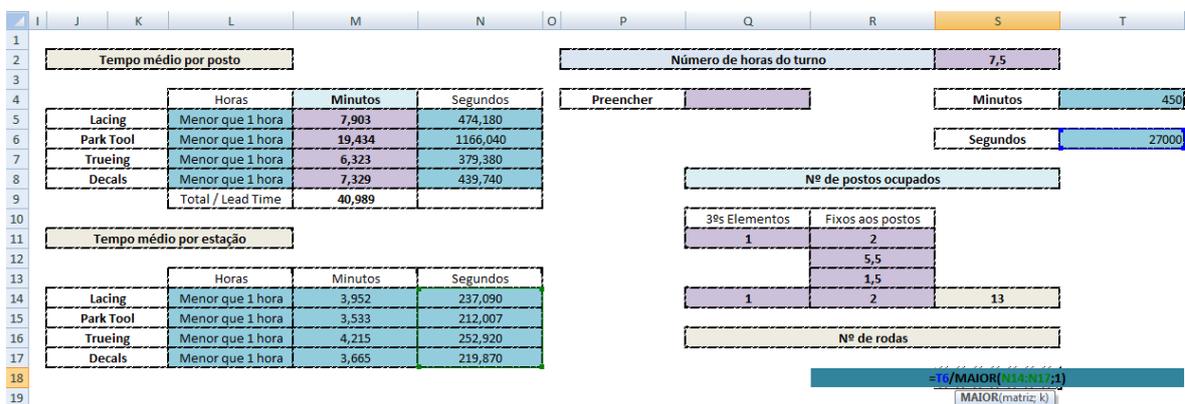


Figura 4.21. Explicação 1 – folha Excel.

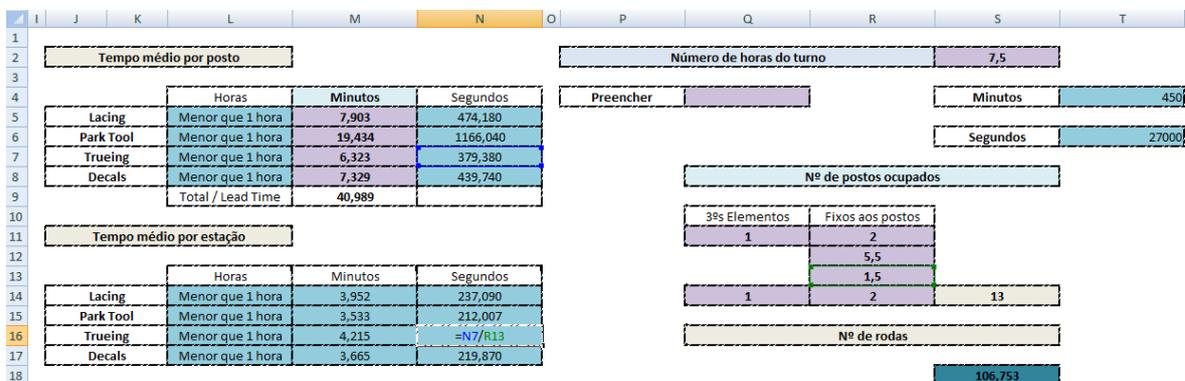


Figura 4.22. Explicação 2 – folha Excel.

Inevitavelmente, o número de rodas montadas estará sempre dependente da estação “crítica” que constitui o estrangulamento do processo, ou seja, a estação com maior tempo entre rodas concluídas. O ideal seria que os valores das células a castanho na folha Excel “Tempo livre de cada colaborador” de cada uma das estações, fosse o mais próximo possível do “tempo livre” (que é zero) dos colaboradores pertencentes à estação que constitui o estrangulamento. (Consultar ANEXO K). Ao se equilibrar e reduzir o “tempo livre de cada operador”, quer seja por aumento ou diminuição no conteúdo de trabalho em

cada estação e/ou alterações ao nível do número de colaboradores por estação, é expectável que em todas as estações se termine um produto em determinado tempo. “Isto transforma-se num ritmo que dita o andamento das operações. Tal como um rio que flui a um determinado caudal em direção ao oceano, todas as operações serão balanceadas de acordo com este intervalo, ou tempo de ciclo”. Kiyoshi Suzaki (1987)

Os valores das células a castanho “Tempo livre de cada colaborador” calcularam-se a partir da diferença entre o tempo necessário entre rodas concluídas da respetiva estação, com o tempo necessário entre rodas concluídas da estação crítica ou de estrangulamento. Figuras 4.23, 4.24.

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1												
2		Tempo médio por posto					Número de horas do turno				7,5	
3												
4				Horas	Minutos	Segundos		Preencher			Minutos	450
5		Lacing	Menor que 1 hora	7,903	474,180						Segundos	27000
6		Park Tool	Menor que 1 hora	19,434	1166,040							
7		Trueing	Menor que 1 hora	6,323	379,380							
8		Decals	Menor que 1 hora	7,329	439,740							
9			Total / Lead Time	40,989								
10		Tempo médio por estação										
11				Horas	Minutos	Segundos						
12		Lacing	Menor que 1 hora	3,952	=N5/R11							
13		Park Tool	Menor que 1 hora	3,533	212,007							
14		Trueing	Menor que 1 hora	4,215	252,920							
15		Decals	Menor que 1 hora	3,665	219,870							
16												
17												
18												106,753

Figura 4.23. Explicação 3 – folha Excel.

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1												
2		Tempo médio por posto					Número de horas do turno				7,5	
3												
4				Horas	Minutos	Segundos		Preencher			Minutos	450
5		Lacing	Menor que 1 hora	7,903	474,180						Segundos	27000
6		Park Tool	Menor que 1 hora	19,434	1166,040							
7		Trueing	Menor que 1 hora	6,323	379,380							
8		Decals	Menor que 1 hora	7,329	439,740							
9			Total / Lead Time	40,989								
10		Tempo médio por estação										
11				Horas	Minutos	Segundos						
12		Lacing	Menor que 1 hora	3,952	237,090							
13		Park Tool	Menor que 1 hora	3,533	212,007							
14		Trueing	Menor que 1 hora	4,215	252,920							
15		Decals	Menor que 1 hora	3,665	219,870							
16												
17												
18												106,753
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												

Figura 4.24. Explicação 4 – folha Excel.

Uma vez que existem *buffers* no fim de cada estação, os tempos (em segundos) das células a castanho não significam que os colaboradores estão simplesmente “inativos” como o nome “Tempo livre de cada colaborador” indica, na realidade este é o tempo que estão a trabalhar para aumentar o número de rodas em *buffer*.

#### 4.5.1. Testes

##### 4.5.1.1. Teste 1

Número de horas do turno		7,5	
Preencher		Minutos	450
		Segundos	27000
Nº de postos ocupados			
Minutos	3ºs Elementos	Fixos aos postos	
7,903	1	2	
19,434		5,5	
6,323		1,5	
7,329	1	2	13
Nº de rodas			
106.753			
Tempo livre de cada operador por roda			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	15,830
Park Tool	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	40,913
Trueing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,000
Decals	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	33,050
Mais elevado	0,011	0,682	40,913
Tempos totais	Menor que 1 hora	1,497	89,793

Figura 4.25. Teste 1.

A folha Excel foi testada com:

- 7,5 - “Número de horas do turno”;
- 7,903 - “Tempo padrão” na estação de *Lacing*;
- 19,434 - “Tempo padrão” na estação de *Park Tool*;
- 6,323 - “Tempo padrão” na estação de *Trueing*;
- 7,329 - “Tempo padrão” na estação de *Decals*;
- 2 - número de colaboradores “Fixos aos postos” da estação de *Lacing*;
- 5,5 - número de colaboradores “Fixos aos postos” da estação de *Park Tool*;
- 1,5 - número de colaboradores “Fixos aos postos” da estação de *Trueing*;
- 2 - número de colaboradores “Fixos aos postos” da estação de *Decals*;
- 1 - número de “3ºs Elementos” da estação de *Lacing*;
- 1 - número de “3ºs Elementos” da estação de *Decals*;

Segundo o resultado do **Teste 1**, são montadas 106 rodas num turno de sete horas e meia, no entanto os valores usados para o tempo padrão (7,903 *Lacing*; 19.434 *Park Tool*; 6.323 *Trueing*; 7.329 *Decals*;) não representam exatamente a realidade porque é habitual que se sucedam determinadas “ocorrências” que alteram estes valores (e que não foram tidas em conta durante a recolha dos tempos).

- Se forem os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* a realizar as tarefas iniciais de abastecimento (em vez do 3º elemento do *Lacing*), o valor padrão 7,903 (*Lacing*) aumenta 0,729 (minutos). (0,729 - Valor determinado a partir da divisão entre o tempo médio de um abastecimento, 5,1 e o número de rodas médio por OF, 7).

- Se os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing*, tiverem ajuda (do 3º elemento do *Lacing*) a “enroscar” os *nipples* nos raios, o valor padrão 7,903 (*Lacing*) diminui 1,5 (minutos). (1,5 - Valor médio do tempo da tarefa de enroscar os *nipples* nos raios).

- Se os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* não cumprem todo o pré-tensionamento que deveria ser realizado durante o *Lacing* o valor padrão 7,903 (*Lacing*) diminui 2 (minutos) e o valor padrão 19.434 (*Park Tool*) aumenta o mesmo valor. (2 - Valor médio do tempo para concluir o pré-tensionamento que deveria ser realizado durante o *Lacing*).

- Se forem os colaboradores fixos aos postos da estação de *Decals* a compor as bolsas de acessórios o valor padrão 7.329 (*Decals*) aumenta 2,3 (minutos). (2,3 - Valor médio do tempo da tarefa de compor uma bolsa de acessórios).

4.5.1.2. Teste 2

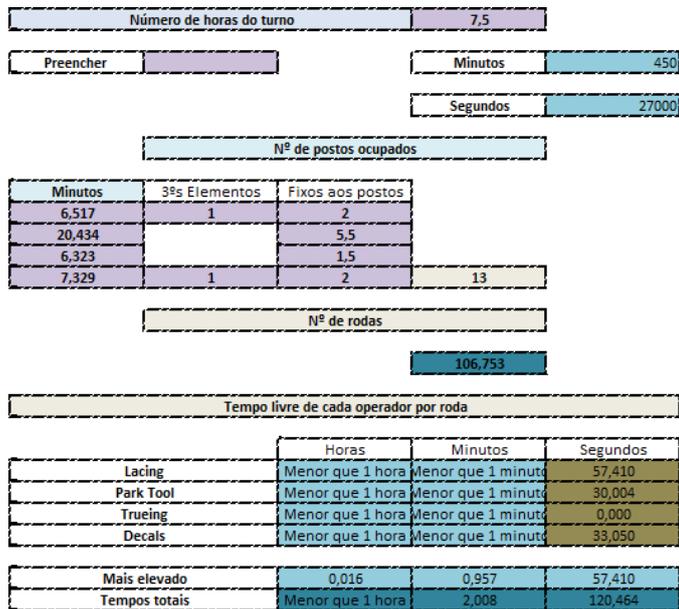


Figura 4.26. Teste 2.

O **Teste 2** afigura-se como o mais próximo da realidade, o número de horas do turno e o número de colaboradores por posto manteve-se e alterou-se apenas os tempos padrão dos postos da estação de *Lacing* (6,517) e *Park Tool* (20,434).

- Ao tempo padrão 7,903 (*Lacing*), somou-se 0,364 (0,729/2), simulando que os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* apenas tiveram ajuda do “3º elemento do *Lacing*” para metade dos abastecimentos de inicialização de uma nova OF;
- Ao tempo padrão 7,903 (*Lacing*), subtraiu-se 0,75 (1,5/2) simulando que os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* tiveram ajuda do “3º elemento do *Lacing*” a enroscar os *nipples* nos raios para metade das rodas;
- Ao tempo padrão 7,903 (*Lacing*), subtraiu-se 1(2/2) simulando que os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* apenas cumpriram todo o pré-tensionamento que deveria ser realizado durante o *Lacing* para metade das rodas.
- Ao tempo padrão 19,434 (*Park Tool*), somou-se 1(2/2) simulando que os colaboradores da estação do *Park Tool* realizariam o trabalho de pré-tensionamento que não foi efetuado anteriormente (no *Lacing*) para metade das rodas.

Verificou-se através do **Teste 2** que o número de rodas se mantém (106), as únicas diferenças em relação ao **Teste 1** dizem respeito ao tempo livre dos operadores de cada estação.

Um dos pontos essenciais neste momento, seria perceber o motivo do “3º elemento do *Lacing*” apenas ocasionalmente auxiliar os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing*, (nos abastecimentos de inicialização de uma nova OF e a enroscar os *nipples* nos raios) bem como o porquê destes colaboradores por vezes terem a necessidade de não realizar todo o pré-tensionamento que seria suposto realizar durante o *Lacing* de forma a fornecer rodas suficientes para manter os colaboradores do *Park Tool* sempre ocupados. (Para efeitos de teste o “ocasionalmente” e o “por vezes” foram convertidos em “metade” das ocorrências).

#### 4.5.1.3. Teste 3

Número de horas do turno		7,5	
Preencher		Minutos	450
		Segundos	27000
Nº de postos ocupados			
Minutos	3ºs Elementos	Fixos aos postos	
8,632	1	2	
19,434		5,5	
6,323		1,5	
7,329	1	2	13
Nº de rodas			
104,263			
Tempo livre de cada operador por roda			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,000
Park Tool	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	46,953
Trueing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	6,040
Decals	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	39,090
Mais elevado	0,013	0,783	46,953
Tempos totais	Menor que 1 hora	1,535	92,083

Figura 4.27. Teste 3.

Com o **Teste 3** pretendia-se apurar se a ajuda do “3º elemento do *Lacing*” prestada aos colaboradores fixos aos postos, é realmente necessária. Manteve-se o número de horas do turno e o número de colaboradores por posto e alterou-se apenas os tempos padrão dos postos da estação de *Lacing* (8,632) e *Park Tool* (19,434).

- Ao tempo padrão 7,903 (*Lacing*), somou-se 0,729, simulando que os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* não tiveram ajuda (do “3º elemento do *Lacing*”) nos abastecimentos de inicialização de uma nova OF;
- Manteve-se o tempo padrão 19,434 (*Trueing*), simulando que não foi necessário realizar o trabalho de pré-tensionamento que não foi efetuado anteriormente (no *Lacing*).

A partir do **Teste 3** observa-se que, se os colaboradores afetos aos postos da estação de *Lacing* não tiverem qualquer tipo de auxílio, o número de rodas baixa para 104, tornando-se a estação de *Lacing* o estrangulamento do processo. Esta situação fundamenta a “opção” destes colaboradores não realizarem sempre todo o pré-tensionamento, motivando ainda o “3º elemento do *Lacing*” a assistir estes colaboradores.

No seguimento do **Teste 3** torna-se pertinente determinar a “quantidade” de ajuda que deverá ser concedida aos colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* para que deixe de ser a estação estrangulamento.

#### 4.5.1.4. Teste 4

Número de horas do turno		7,5	
Preencher		Minutos	450
		Segundos	27000
Nº de postos ocupados			
Minutos	3ºs Elementos	Fixos aos postos	
7,903	1	2	
19,434		5,5	
6,323		1,5	
7,329	1	2	13
Nº de rodas			
106,753			
Tempo livre de cada operador por roda			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	15,830
Park Tool	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	40,913
Trueing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,000
Decals	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	33,050
Mais elevado	0,011	0,682	40,913
Tempos totais	Menor que 1 hora	1,497	89,793

Figura 4.28. Teste 4.

Sendo assim o tempo padrão usado na estação de *Lacing* foi de 7,903 (não se somou 0,729 de forma a simular que os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* tiveram ajuda do “3º elemento do *Lacing*” nos abastecimentos de inicialização de uma nova OF), ou seja será crucial que os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* tenham ajuda nos abastecimentos de inicialização de uma nova OF.

Neste momento (106 rodas), a única forma de aumentar o número de rodas é atuar na estação de *Trueing* (estação estrangulamento).

## 4.5.1.5. Teste 5

Número de horas do turno		7,5	
Preencher		Minutos	450
		Segundos	27000
Nº de postos ocupados			
Minutos	3ºs Elementos	Fixos aos postos	
7,903	1	2	
19,434		5	
6,323		2	
7,329	1	2	13
Nº de rodas			
113.881			
Tempo livre de cada operador por roda			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,000
Park Tool	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	3,882
Trueing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	47,400
Decals	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	17,220
Mais elevado	0,013	0,790	47,400
Tempos totais	Menor que 1 hora	1,142	68,502

Figura 4.29. Teste 5.

No **Teste 5** manteve-se os tempos padrão usados no **Teste 4** e alterou-se apenas o número de colaboradores das estações de *Park Tool* (5) e *Trueing* (2), ficando o colaborador, que normalmente reparte o seu trabalho entre as estações de *Park Tool* e *Trueing*, permanentemente na estação de *Trueing*.

Com esta medida o número de rodas aumentou para 113, no entanto os colaboradores afetos aos postos da estação de *Trueing* apresentam um “tempo livre” elevado comparativamente aos restantes colaboradores. Mais uma vez a estação do *Lacing* tornou-se a estação crítica e agora será necessário que os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* tenham também ajuda a “enroscar” os *nipples* nos raios.

4.5.1.6. Teste 6

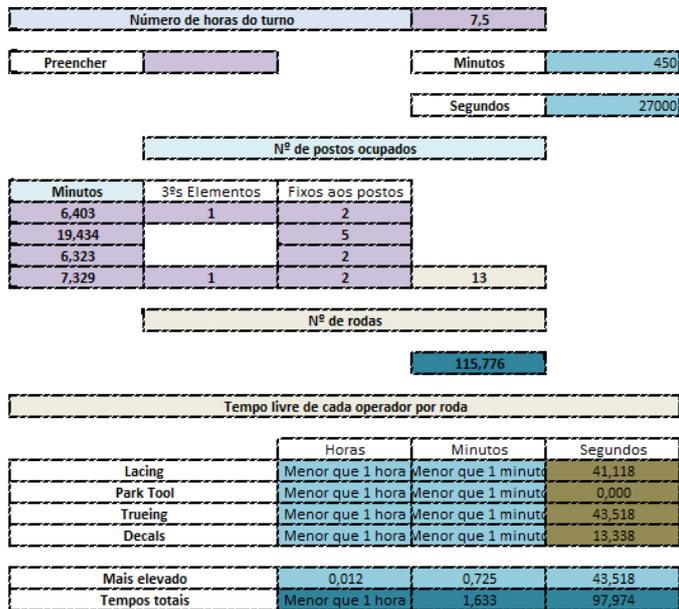


Figura 4.30. Teste 6.

No **Teste 6** o tempo padrão na estação de *Lacing* foi alterado para 6,403, (subtraiu-se 1,5 aos 7,903, simulando a ajuda a “enroscar” os *nipples* nos raios), tendo-se conseguido um aumento de duas rodas (115). No entanto esta situação não se antevê possível, (com o número de colaboradores atual), pois o 3º elemento do *Lacing* não tem disponibilidade para auxiliar os colaboradores fixos aos postos de *Lacing* em todos os abastecimentos de inicialização de uma nova OF e a “enroscar” os *nipples* dos raios de todas as rodas.

Nestas circunstâncias a única forma de aumentar o número de rodas seria adicionar um colaborador à estação de *Park Tool*.

## 4.5.1.7. Teste 7

Número de horas do turno		7,5	
Preencher		Minutos	450
		Segundos	27000
Nº de postos ocupados			
Minutos	3ºs Elementos	Fixos aos postos	
6,403	1	2	
19,434		6	
6,323		2	
7,329	1	2	14
Nº de rodas			
122.800			
Tempo livre de cada operador por roda			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	27,780
Park Tool	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	25,530
Trueing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	30,180
Decals	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,000
Mais elevado	0,008	0,503	30,180
Tempos totais	Menor que 1 hora	1,392	83,490

Figura 4.31. Teste 7.

Com a inclusão de mais um colaborador, o número de rodas montadas aumentou para 122. Comparativamente ao **Teste 6** verificou-se um aumento de 7 rodas.

“Mas será realmente necessário a inclusão de mais um colaborador para se atingir as 122 rodas?”

De forma a responder a esta questão, testou-se a influência no número de rodas ao variar entre 5,0 a 6,0 o número de colaboradores na estação de *Park Tool*. (Tabela 4.2).

Tabela 4.2. Ocupação da estação de *Park Tool*, teste7.

Colaboradores	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	...	6,0
Nº de rodas	115,776	118,092	120,408	122,723	122,800	122,800	122,800

Verifica-se que a partir dos 5,4 não é necessário aumentar a “percentagem” de ocupação da estação de *Park Tool* já que, a partir desse momento, a estação crítica passaria a ser o *Decals* e por mais que se aumentasse o número de colaboradores no *Park Tool* o número de rodas não aumentaria.

Para “preencher” os 0,4 sem que seja necessário aumentar o número de operadores de 13 para 14 pode ser utilizado o “3º elemento do *Lacing*”.

**4.5.1.8. Teste 8**

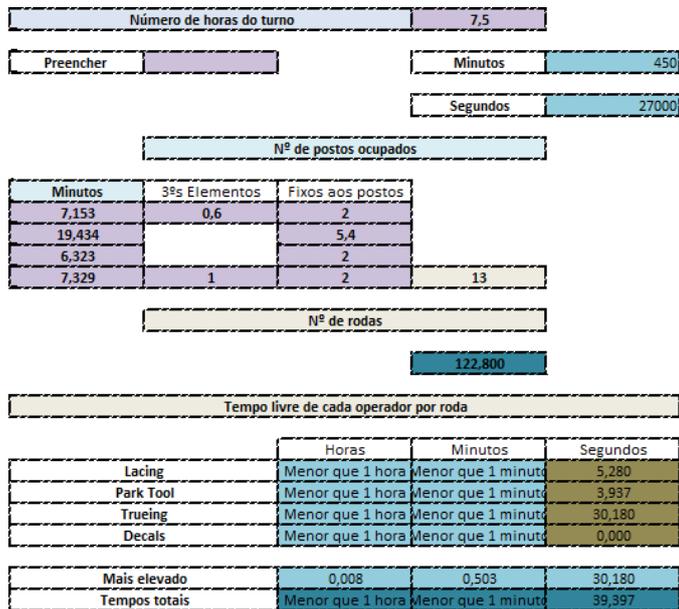


Figura 4.32. Teste 8.

No **Teste 8** usou-se 5,4 para o número de colaboradores “Fixos aos postos” da estação de *Park Tool* e 7,153 para o “Tempo padrão” no *Lacing*. O tempo 7,153 resulta da subtração de 0,75 (1,5/2) ao tempo padrão 7,903 (*Lacing*), simulando que os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* tiveram ajuda do “3º elemento do *Lacing*” a enroscar os *nipples* nos raios para metade das rodas.

Para que se atinja as 122 rodas não é necessário que o “3º elemento do *Lacing*” ajude a enroscar os *nipples* nos raios para todas as rodas, no entanto tem de assegurar a ajuda para metade das rodas, caso contrario a estação de *Lacing* seria a estação estrangulamento e apenas se montariam 113 rodas.

Partindo do **Teste 8**, a única forma de se aumentar o número de rodas é atuar na estação crítica, a estação de *Decals*. Sendo a estação de *Decals* a estação estrangulamento do processo e a estação de *Trueing* a que apresenta maior “tempo livre” seria benéfico transferir tarefas que são realizadas na estação de *Decals* para a estação de *Trueing*. Os termos “tarefas retiradas ou “tarefas transferidas” têm o mesmo significado de “tempo transferido” ou “tempo retirado”.

“Qual o tempo ótimo que deveria ser “retirado” e “transferido” da estação de *Decals* para a estação de *Trueing*?”

Respondendo à questão anterior, o tempo mínimo que deverá ser transferido situa-se nos 0,2 minutos (12 segundos), a partir daí torna-se a estação de *Park Tool* a estação crítica (tempo livre 0) e o aumento do tempo transferido da estação de *Decals* para a estação de *Trueing* (até 0,9 minutos, 54 segundos) não vai ter qualquer impacto no número de rodas, apenas irá gradualmente diminuir o “tempo livre” da estação de *Trueing* e aumentar o “tempo livre” da estação de *Decals*. Tabela 4.3.

**Tabela 4.3.** Tempo transferido entre as estações de *Decals* e *Trueing*.

Tempo	0,0	0,1	0,2	0,3	...	0,9
Nº de rodas	122,800	124,499	125,039	125,039	125,039	124,602

A tarefa candidata a ser transferida, seria a limpeza mais “cuidada” da roda (utilizando acetona) que é realizada na estação de *Decals*, esta tarefa facilmente poderia ser executada no fim do processo de *Trueing* já que nos postos de *Trueing* também se limpa a roda depois de se aplicar a cola.

#### 4.5.1.9. Teste 9

Número de horas do turno		7,5	
Preencher		Minutos	450
		Segundos	27000
Nº de postos ocupados			
Minutos	3ºs Elementos	Fixos aos postos	
7,153	0,6	2	
19,434		5,4	
6,723		2	
6,929	1	2	
		13	
Nº de rodas			
		125,039	
Tempo livre de cada operador por roda			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	1,343
Park Tool	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,000
Trueing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	14,243
Decals	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	8,063
Mais elevado	0,004	0,237	14,243
Tempos totais	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	23,650

**Figura 4.33.** Teste 9.

No **Teste 9** o tempo padrão usado na estação de *Trueing* foi de 6,723 (6,323+0,4) e da estação de *Decals* foi de 6,929 (7,329-0,4), somou-se e subtraiu-se respetivamente 0,4 minutos (23 segundos) que é o tempo médio da tarefa de limpeza com

acetona. O **Teste 9** afigura-se como a melhor solução testada, tanto a nível do número de rodas como também é o teste, em que se verificam os “tempos livres” mais reduzidos.

Nesta fase a única forma de aumentar o número de rodas seria alargar a participação do “3º elemento do *Lacing*” no *Park Tool* (aumentando os 5,4), no entanto como será demonstrado na subsecção 4.5.5, este colaborador já não terá tempo livre que lhe permita dedicar ainda mais tempo ao *Park Tool*, inclusivamente considera-se que este colaborador já cumpre as tarefas iniciais de abastecimento e que realiza a tarefa de enroscar os *nipples* nos raios para metade das rodas.

No seguimento do **Teste 9**, para aumentar o número de rodas, existem apenas duas possibilidades: reduzir na mesma proporção o tempo entre duas rodas aptas a seguirem para a estação a jusante (em todas as estações) ou aumentar o número de colaboradores também em todas as estações de trabalho.

#### 4.5.1.10. Teste 10

Número de horas do turno		7,5	
Preencher		Minutos	450
		Segundos	27000
Nº de postos ocupados			
Minutos	3ºs Elementos	Fixos aos postos	
7,153	0,8	3	
19,434		8,2	
6,723		3	
6,929	1	3	19
Nº de rodas			
188.732			
Tempo livre de cada operador por roda			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,000
Park Tool	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,860
Trueing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	8,600
Decals	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	4,480
Mais elevado	0,002	0,143	8,600
Tempos totais	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	13,940

Figura 4.34. Teste 10.

O **Teste 10** caracteriza a segunda possibilidade (aumento do número de colaboradores), seriam necessários mais seis colaboradores e o número de rodas montadas por turno seria de 188, para além dos custos inerentes aos novos colaboradores, seria necessário adquirir uma máquina de *Lacing*, uma máquina de *Trueing* (custo bastante elevado), uma bancada munida de um sistema de posicionamento rotativo igual aos dois

existentes na estação de *Decals* e mais três bancadas com os respectivos suportes para as rodas, aumentando para nove os postos de trabalho da estação de *Park Tool*.

Durante a realização do projeto, a empresa avaliou a possibilidade de adquirir duas máquinas “parafusadoras” para tornar o processo de tensionar os raios mais rápido e naturalmente reduzir a exigência física desta tarefa (ao nível dos pulsos). Realizaram-se alguns ensaios com máquinas de teste, tendo-se registado os tempos na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4.** Ensaio com máquinas de teste

Grupo	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 3	Obs. 4	Obs. 4	Sem máquina
3	6	7	6	7	7	9,0
8	8	—	—	—	—	8,2
11	6	6	7	—	—	6,2

Segundo os ensaios, para as rodas do grupo 3 (um dos grupos de rodas com média mais elevada na estação de *Lacing*) existiu um ganho de cerca de dois minutos, para as rodas do grupo 8 o tempo é aproximadamente o mesmo e para as rodas do grupo 11 o tempo registado foi até ligeiramente superior, no entanto estes valores não podem ser considerados conclusivos, não só pelo escasso número de ensaios realizados, mas também por um conjunto de fatores que não permitiram apurar o real benefício da utilização de uma máquina “parafusadora” avaliando apenas os ensaios realizados.

Torna-se fundamental mencionar que as máquinas que se pretendem adquirir serão mais ergonómicas que as máquinas utilizadas nos ensaios, (para além de serem mais ergonómicas, estarão suspensas à estrutura dos postos de trabalho), possibilitando um manuseamento mais expedito por parte do utilizador. Naturalmente também se terá de ter em conta o período de adaptação dos colaboradores à utilização da máquina, muito possivelmente durante os ensaios, por se tratar da primeira vez que o colaborador utilizou a máquina de teste também tenha influenciado negativamente nos tempos dos ensaios.

Outro dos fatores que contribuíram para que os tempos dos ensaios não fossem mais curtos, foi a baixa velocidade da máquina (que se usou nos ensaios) e que poderá ser regulada para funcionar mais rapidamente.

Assim será expectável que, com a utilização de uma máquina “parafusadora” (devidamente implementada), o tempo médio que cada roda permanece nos postos da

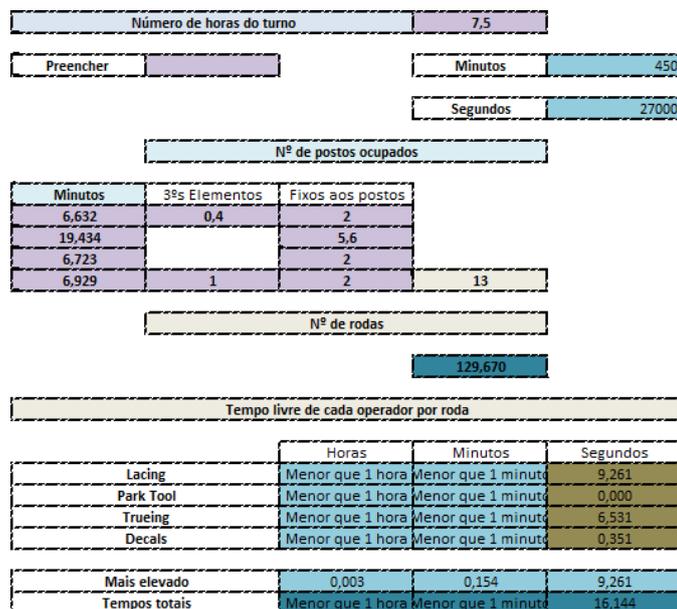
estação de *Lacing* será no mínimo dois minutos menor (possivelmente será mais do que 2 minutos). De modo a simular o impacto da utilização de duas máquinas “parafusadoras”, alterou-se o tempo padrão dos postos da estação de *Lacing* para 6,632, subtraiu-se ao tempo padrão 2 minutos (benefício das máquinas parafusadoras) e somou-se 0,729 (simulando que foram os colaboradores fixos aos postos da estação de *Lacing* que realizaram as tarefas iniciais de abastecimento).

De seguida determinou-se a ocupação ótima da estação de *Park Tool*, Tabela 4.5. que será de 5,6 originando o **Teste 11**.

**Tabela 4.5.** Ocupação da estação de *Park Tool*, teste 11

<b>Colaboradores</b>	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	...	6,0
<b>Nº de rodas</b>	125,039	127,354	129,670	129,889	129,889	129,889	129,889

**4.5.1.11. Teste 11**



**Figura 4.35.** Teste 11.

De acordo com o **Teste 11** a utilização das máquinas “parafusadoras” ao reduzir o “Tempo padrão” da estação de *Lacing* vai permitir que o “3º elemento do *Lacing*” não seja obrigado a auxiliar os colaboradores fixos aos postos de trabalho em nenhuma ocasião, evitando assim um dos principais “inimigos” da normalização do processo ou seja as tarefas que são realizadas ocasionalmente.

O próximo teste à semelhança do **Teste 10** determina o benefício de se aumentar o número de colaboradores (considerando a implementação das máquinas “parafusadoras”), fixando-se em 194 o número de rodas que se montariam por turno. Para além dos custos referidos no **Teste 10** (inerentes ao aumento de colaboradores) seria necessário também adquirir mais uma máquina de “aparafusar” para ser utilizada no novo posto de *Lacing*.

#### 4.5.1.12. Teste 12

Número de horas do turno		7,5	
Preencher		Minutos	450
		Segundos	27000
Nº de postos ocupados			
Minutos	3ºs Elementos	Fixos aos postos	
6,632	0,6	3	
19,434		8,4	
6,723		3	
6,929	1	3	19
Nº de rodas			
194,504			
Tempo livre de cada operador por roda			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	6,174
Park Tool	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,000
Trueing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	4,354
Decals	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,234
Mais elevado	0,002	0,103	6,174
Tempos totais	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	10,763

Figura 4.36. Teste 12.

Para todos os testes realizados, é preciso ter em conta uma certa “tolerância” devido aos “tempos padrão” serem valores médios dos tempos registados, se num turno, apenas se montassem as rodas dos grupos com os tempos de trabalho mais elevados, obviamente o número total de rodas concluídas seria menor que o número de rodas determinado a partir da folha Excel em cada teste.

Uma vez que as exigências do mercado estão constantemente a mudar, poderá acontecer que num determinado período não seja necessário manter o número atual de rodas concluídas por turno e se transfira alguns dos colaboradores da secção de montagem de rodas para outra secção da empresa. De modo a auxiliar na decisão do número de colaboradores a transferir, poderá ser usada a folha Excel (ANEXO K) já que, determina o

número mínimo de colaboradores por estação que são necessários para concluir um determinado número rodas.

#### **4.5.2. Tarefas complementares**

No processo de montagem de rodas, existem dois colaboradores que não estão afetos permanentemente a nenhum posto de trabalho em particular. Estes colaboradores foram apelidados de “3º elemento do *Lacing*” e “3º elemento do *Decals*” uma vez que participam no funcionamento destas duas estações, (sem estarem colocados nos postos de trabalho das estações de *Lacing* e *Decals*). Parte das tarefas realizadas por estes colaboradores são tarefas de apoio, realizadas em paralelo às sequencias de tarefas manifestadas nas cartografias de fluxo, (Consultar ANEXOS G, H e I) não surgindo (na sua maioria) nas cartografias, mas fundamentais para todo o processo.

Outra grande parte das atividades realizadas por estes elementos, decorrem de situações imprevistas que estão relacionadas com a “correção” de pequenos problemas que vão surgindo no dia-a-dia no “chão” de fábrica, ou seja, tarefas esporádicas.

Após o levantamento dos tempos das operações realizadas em cada estação (*Lacing*, *Park Tool*, *Trueing* e *Decals*), para efeitos de balanceamentos de linha, tornou-se necessário enumerar também as tarefas e os respetivos tempos, realizadas por estes “3ºs elementos”. No que diz respeito ao “3º elemento do *Lacing*” a principal dificuldade não incidiu na identificação das suas tarefas, mas na fração de tempo destinada a cada uma delas, uma vez que, como “chefe de equipa” quase todas as suas tarefas são do tipo “imprevistas” e esporádicas ou dizem respeito ao auxílio de determinada estação que necessite pontualmente de assistência. No entanto para o “3º elemento do *Decals*” já é possível prever com relativa exatidão o tempo consumido por cada tipo de tarefa, já que, são realizadas apenas por este elemento e estão intimamente relacionadas com o número de rodas concluídas diariamente.

As Tabelas 4.6. e 4.7. resumem as tarefas, que são realizadas pelos “3ºs elementos”.

**Tabela 4.6.** Tarefas, 3º elemento da estação de *Lacing* : (a) Regulares; (b) Esporádicas;

Tarefas regulares	Tarefas esporádicas
Abastecer as estantes com cubos para o <i>Lacing</i> .	Dar Formação ou qualquer tipo de explicação.
Ocupar um dos postos de qualquer estação.	Tomar decisões relacionadas com deformidades.
Auxiliar os dois postos de trabalho da estação de <i>Lacing</i> .	Visitar gabinete de metrologia.
Reparações.	Informar qual o "nível de pré tensão" necessário no <i>Lacing</i> .
	Organizar a colocação dos aros nas estantes.
	Determinar o local para colocar as rodas.
	Comunicar a escassez de componentes ou materiais (ou outros assuntos).
	Transportar as caixas para a palete (ou estante).

**Tabela 4.7.** Tarefas, 3º elemento da estação de *Decals*: (a) Regulares; (b) Esporádicas;

Tarefas regulares	Tarefas esporádicas
Colocar os acessórios nas bolsas.	Colocar as rodas de "disco" recebidas em novas caixas e tirar novas etiquetas.
Colocar caixas junto aos postos da estação de <i>Decals</i> .	Transportar as rodas para as estantes e de novo para a linha de montagem.
Colocar cartão separador junto aos postos da estação de <i>Decals</i> .	Abastecer os recipientes com acessórios.
Cortar a fita que agrega as caixas de cada resma.	Comunicar a escassez de acessórios ou materiais.
Colocar a fita no contentor.	Ajudar a colocar o <i>Spoke Protetor</i> .
Agrafar o topo da caixa de cartão.	
Transportar as caixas para a palete (ou estante).	
Imprimir etiquetas "Grandes".	
Selecionar os autocolantes que os operadores do <i>Decals</i> vão utilizar.	

Para estimar a taxa de ocupação dos “3ºs elementos”, foi efetuada uma folha Excel que ao ser preenchida, com variáveis como o número de rodas montadas por turno, o número de OF’s ou o número de ocorrências de determinada tarefa entre outras (células a

violeta), determina os tempos totais consumidos nas tarefas regulares e esporádicas bem como o tempo livre de cada um dos “3ºs elementos”.

É possível a partir desta folha ter a percepção das tarefas (e dos respetivos tempos) realizadas por estes elementos, bem como tirar algumas ilações importantes, como por exemplo:

- Para um turno de sete horas e meia, o 3º elemento do *Lacing* dispõe de cerca de 4 horas e 59 minutos para se dedicar a um dos postos da estação de *Park Tool*, caso não auxilie os postos de *Lacing*. Este tempo é suficiente para realizar as rodas correspondentes à ocupação de 0,6 do posto de *Park Tool* (14 rodas) indicada no **Teste 11**. Consultar ANEXO L.

- Para um turno de sete horas e meia em que se tenham montado 125 rodas, se o 3º elemento do *Lacing* auxiliar os colaboradores fixos aos postos de *Lacing*, nas tarefas iniciais de abastecimento e a enroscar os *nipples* em metade das rodas terá aproximadamente 1 hora e 52 minutos para ocupar um dos postos da estação de *Park Tool*. Este tempo é insuficiente para realizar as rodas correspondentes à ocupação de 0,4 do posto de *Park Tool* (9 rodas) indicada no **Teste 9**. Consultar ANEXO M. Para atuar em 9 rodas seriam precisas 3 horas, tendo em conta que uma roda permanece 20 minutos no *Park Tool* (ou um pouco menos já que o 3º elemento do *Lacing* é um operador mais experiente que os restantes). Consequentemente para conseguir atuar nas 9 rodas teria de dedicar menos tempo às reparações e/ou às tarefas esporádicas.

- Verifica-se também que a partir das 120 rodas concluídas num turno de sete horas e meia o 3º elemento do *Decals* começará a ficar sobrecarregado, não possuindo tempo suficiente para realizar as tarefas esporádicas que habitualmente realiza. Consultar ANEXO N

## 5. CONCLUSÕES

Neste capítulo é feita a síntese final do trabalho, que incidiu fundamentalmente nos três principais temas abordados durante o desenvolvimento do projeto, os problemas identificados e as propostas de melhoria, os resultados decorrentes das cartografias de fluxos e os testes realizados nos balanceamentos de linha.

### 5.1. Síntese final e perspectivas de trabalho futuro

As propostas de melhoria descritas na subsecção 4.1 focalizaram-se nas fontes de desperdício identificadas, pretendendo essencialmente reduzi-las e em alguns casos até eliminá-las, seguindo os princípios do pensamento *lean*. Maioritariamente as propostas visaram a redução de deslocações, eliminação de retrabalho (ou manuseamento adicional) e no melhoramento da ergonomia dos postos de trabalho.

Na subsecção 4.4 as cartografias de fluxo possibilitaram verificar a duração de cada tarefa, os colaboradores que as realizam, a forma como o produto em estudo se movimenta ao longo da linha e as tarefas que podem ser realizadas em simultâneo. O confronto entre os métodos atuais e os métodos propostos para os diferentes tipos de rodas que foram alvo das cartografias, mostraram melhorias em redução de tempos na ordem dos 8%, 10% e 11%. Confirmando a capacidade deste tipo de análise na identificação de oportunidades de melhoria, as cartografias permitiram ainda apurar, determinadas situações que ocorrem e que não seriam de prever, assim como, pequenas disparidades entre a forma de os colaboradores atuarem e os modos operatórios que estavam definidos.

Quanto á subsecção 4.5, efetuaram-se uma série de testes com o intuito de aumentar o número de rodas concluídas por turno, balanceando a linha de montagem. Os testes realizados incidiram principalmente no aumento ou diminuição do conteúdo de trabalho entre estações (transferindo tarefas que habitualmente se realizam numa estação para outra) e em alterações no número de colaboradores por estação. Foi também testado o impacto da utilização de duas máquinas “parafusadoras”.

Relativamente aos “valores padrão”, dos tempos das tarefas executadas em cada uma das estações de trabalho, utilizados nos balanceamentos, é fundamental recordar

que são valores médios e que, como em qualquer outro método de simular, os resultados obtidos não interpretam na íntegra o comportamento do “sistema real”. É preciso ter em conta que dependendo do modelo da roda, os valores dos tempos de permanência em cada estação diferem, contribuindo para a possibilidade de o número total de rodas concluídas ser um pouco diferente daquele que está presente em cada um dos testes. No entanto é evidente que, ao se assegurar uma boa relação de proximidade com a realidade, como foi o caso, (determinando os tempos padrão a partir de médias ponderadas com a procura) foi possível apurar conclusões fiáveis.

Qualquer trabalho relativo a propostas de melhoria nunca se encontra definitivamente terminado, deverá servir sempre como um ponto de partida para novas ações de melhoria. Uma das principais preocupações ao se desenvolver o presente trabalho, foi precisamente, torná-lo num documento que sirva de base para melhorias futuras ou que possa ser útil em processos de planeamento e tomada de decisão.

#### **5.1.1. Considerações finais**

O presente projeto, realizado no âmbito do estágio curricular relativo à conclusão do mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da FCTUC, tornou-se absolutamente indispensável ao permitir adquirir um maior conhecimento do ambiente industrial, possibilitando observar e aplicar, conceitos teóricos estudados ao longo do percurso académico.

Não menos importante, a realização deste estágio, permitiu também adquirir a percepção das diferenças entre os problemas a nível académico e em ambiente industrial, de forma a obter consciência das dificuldades e contratempos que certamente vão surgir ao longo da vida profissional.

---

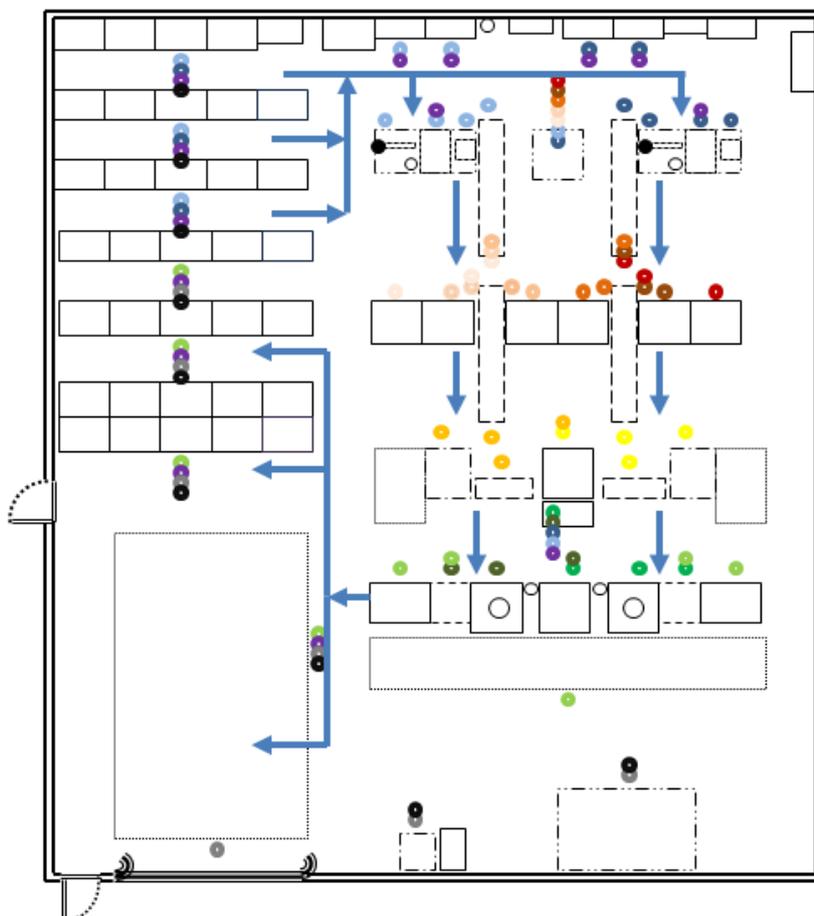
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Courtois, A., Martin, C. e Pillet, M. (2008), “Gestão da produção”, (5.<sup>a</sup> ed.). *LIDEL*.
- Hirano, Hiroyuki (2009), “JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing”, (2.<sup>a</sup> ed.). *Taylor and Francis*.
- Liker, J.K., e D. Meier (2006), “The Toyota Way Fieldbook”. *McGraw-Hill*.
- Masaaki Imai (1986), “The Key To Japan’s Competitive Success”. *MCGRAW-HILL EDUCATION – EUROPE*.
- Ohno, T. (1988), “Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production” *TAYLOR & FRANCIS INC*.
- Rivera, L., e Manotas D. F., “How to Foresee and Measure the Real Economic Impact of a Lean Manufacturing Implementation”, acessado em: [http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-00557-7\\_115.pdf](http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-00557-7_115.pdf). (último acesso: Julho 2013).
- Rocha, Dulio (2002). “Fundamentos da Administração da Produção”. *Gráfica Lcr*.
- Shingo, S. (1986), “Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System”. *Productivity Press*.
- Slack, N., Chambers, S., Johnston R. (2000), “Administração da Produção”, (2.<sup>a</sup> ed.). *Atlas*.
- Soares, D., Bastos J., Gavazzo., D., Pereira., J.P. e Baptista A.J., “Lean Management Methods in Product Development: A Case Study”, acessado em: [http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-00557-7\\_112.pdf](http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-00557-7_112.pdf). (último acesso: Julho 2013).
- SRAMPORT (2012), Manual de acolhimento, Coimbra.
- Suzaki, K. (2010) “Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a melhoria contínua”, (1.<sup>a</sup> ed.). *LeanOpPress*.
- William J. Stevenson (2008). “Operations Management”, (10.<sup>a</sup> ed.). *McGraw-Hill/Irwin*.
- Womack, J.P., D.T. Jones e Roos, D. (1990), “The Machine That Changed The World”. *Rawson Associates*.
- Womack, J.P., e D.T. Jones. (2003), “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation”. *Simon and Shuster*.



## ANEXO A

Gráfico de circulação.



### Legenda:

- ➔ – Trajeto das rodas.
- (azul escuro) – Colaborador afeto ao 1º posto da estação de Lacing.
- (azul claro) – Colaborador afeto ao 2º posto da estação de Lacing.
- (roxo) – Terceiro elemento do Lacing.
- (vermelho) – Colaborador afeto ao 1º posto da estação de Park Tool.
- (marrom) – Colaborador afeto ao 2º posto da estação de Park Tool.
- (laranja) – Colaborador afeto ao 3º posto da estação de Park Tool.
- (laranja claro) – Colaborador afeto ao 4º posto da estação de Park Tool.
- (laranja muito claro) – Colaborador afeto ao 5º posto da estação de Park Tool.
- (laranja muito claro) – Colaborador afeto ao 6º posto da estação de Park Tool.
- (amarelo) – Colaborador afeto ao 1º posto da estação de Trueing.
- (laranja) – Colaborador afeto ao 2º posto da estação de Trueing.
- (verde escuro) – Colaborador afeto ao 1º posto da estação de Decals.
- (verde escuro) – Colaborador afeto ao 2º posto da estação de Decals.
- (verde claro) – Terceiro elemento do Decals.
- (cinza) – Colaborador 1 da expedição.
- (preto) – Colaborador 2 da expedição.

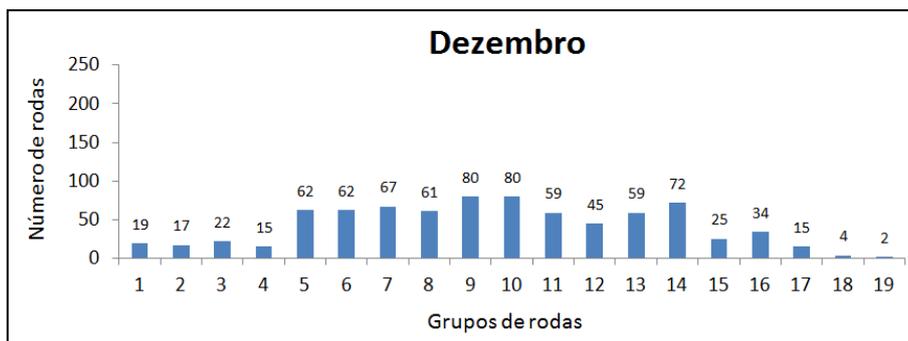
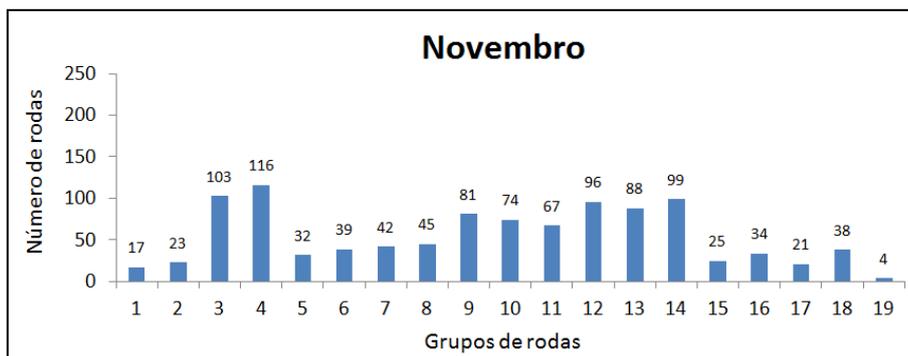
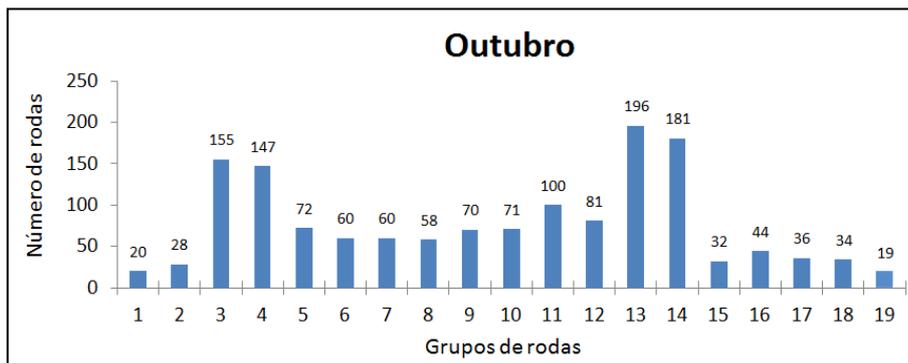
## ANEXO B

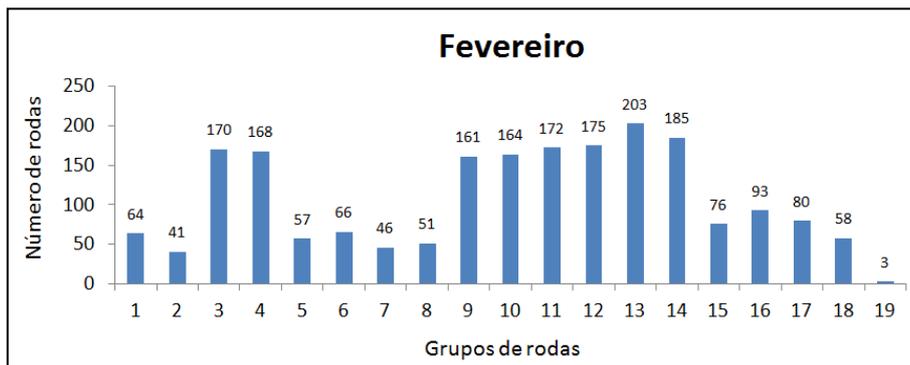
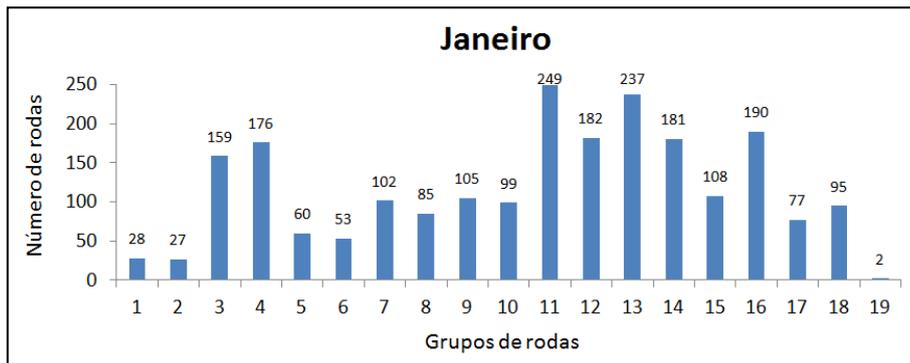
Modelos de rodas montadas na empresa.

<b>Grupo</b>	<b>Modelo</b>
1	WH 101 CL V1 700F
2	WH 101 CL V1 700R
3	WH 202 CC V1 700F
4	WH 202 CC V1 700R
5	WH 202 TU V1 700F
6	WH 202 TU V1 700R
7	WH 303 CC V1 700F
8	WH 303 CC V1 700R
9	WH 303 TU V1 700F
10	WH 303 TU V1 700R
11	WH 404 CC V1 700F
12	WH 404 CC V1 700R
13	WH 404 TU V1 700F
14	WH 404 TU V1 700R
15	WH 808 CC V1 700F
16	WH 808 CC V1 700R
17	WH 808 TU V1 700F
18	WH 808 TU V1 700R
19	Restantes modelos
20	WH 60 CL V1 700F
21	WH 60 CL V1 700R

## ANEXO C

Rodas montadas por mês.





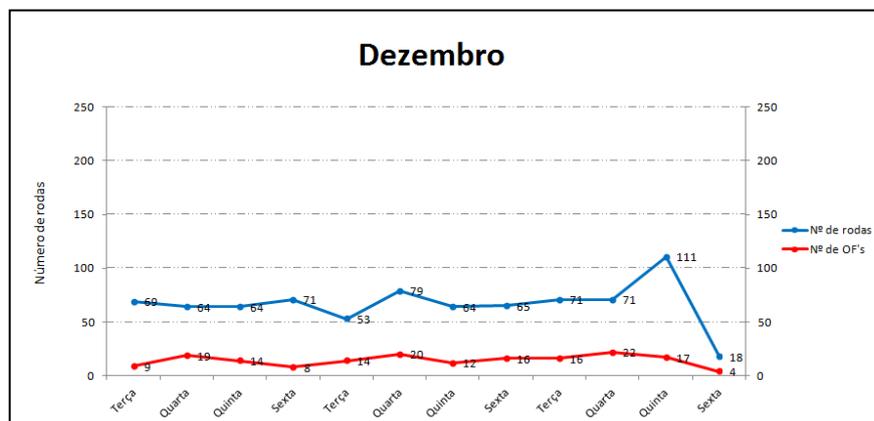
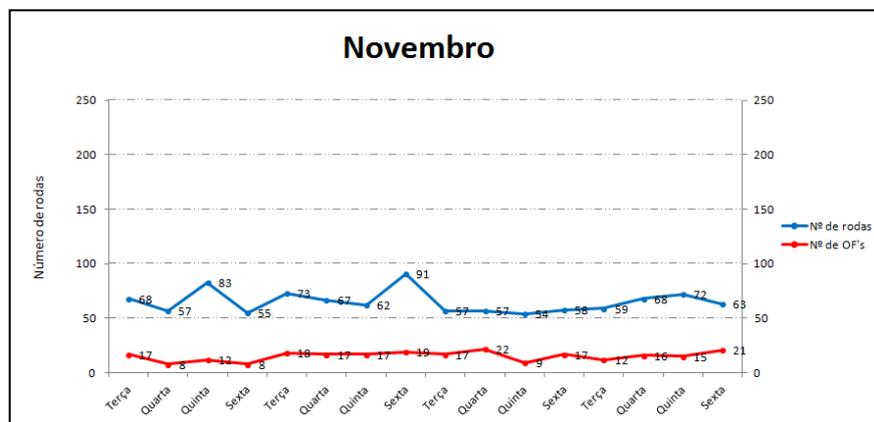
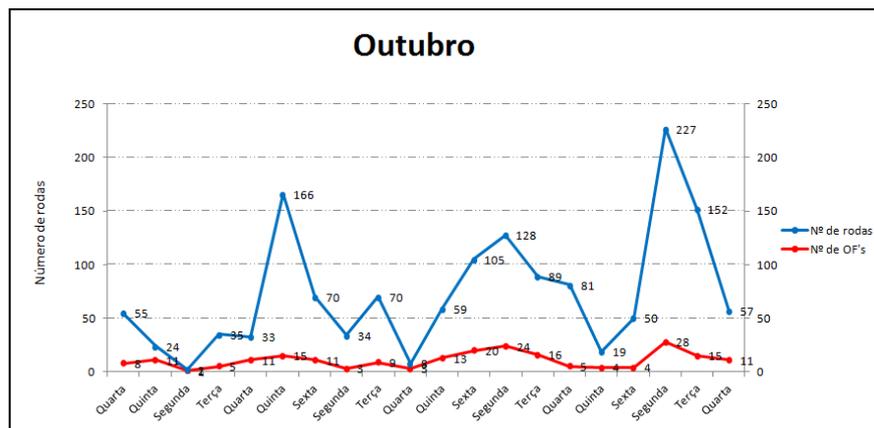
## ANEXO D

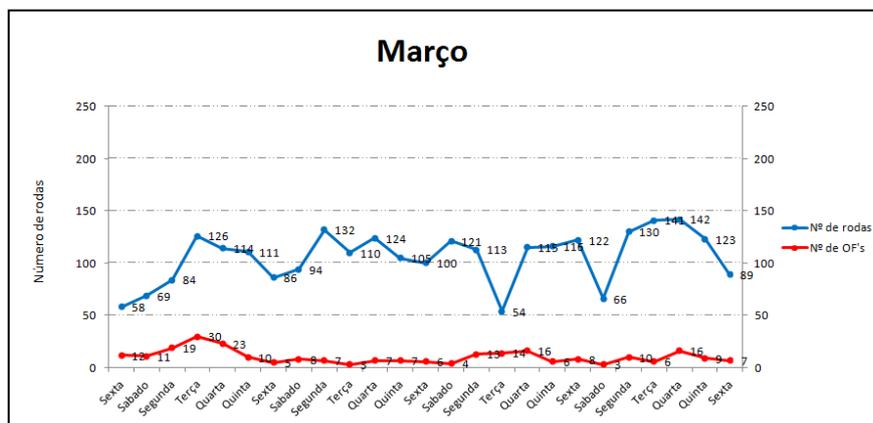
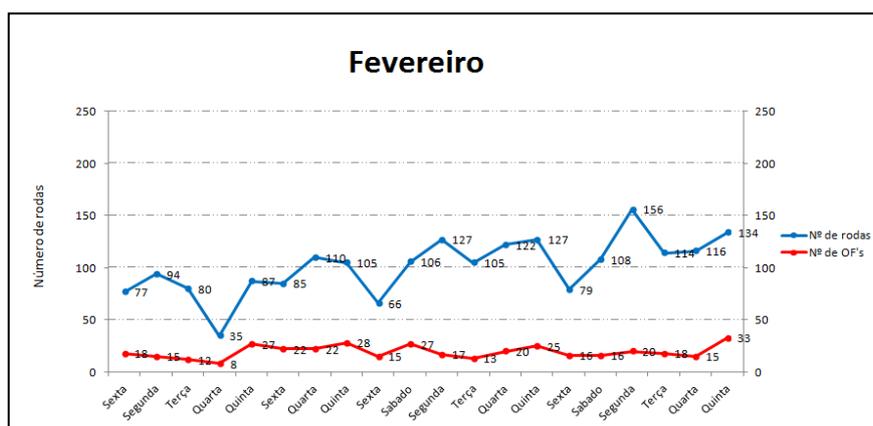
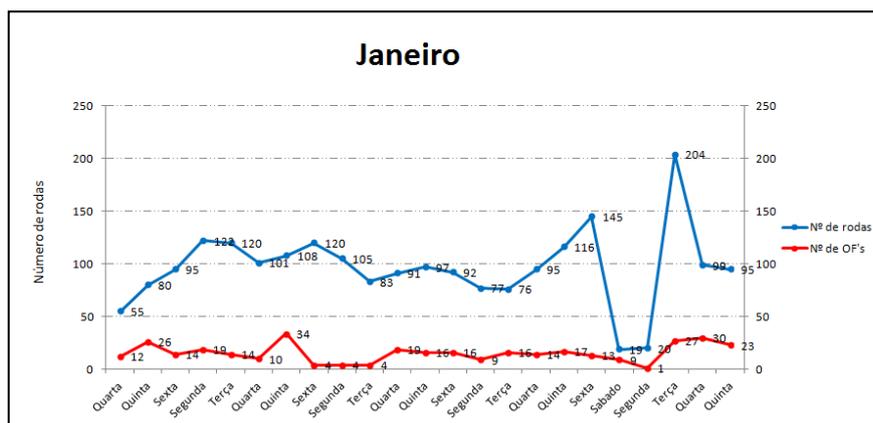
Procura de cada grupo de rodas.

Grupo	Nº Rodas	%	% acum.
13	877	8,628	8,628
14	809	7,959	16,586
11	788	7,752	24,338
12	738	7,260	31,599
4	696	6,847	38,446
3	683	6,719	45,165
20	593	5,834	50,999
9	592	5,824	56,822
21	578	5,686	62,509
10	558	5,489	67,998
16	479	4,712	72,710
7	455	4,476	77,186
8	387	3,807	80,994
5	349	3,433	84,427
15	345	3,394	87,821
6	317	3,119	90,939
18	289	2,843	93,783
17	272	2,676	96,458
2	187	1,840	98,298
1	173	1,702	100

## ANEXO E

Número de OF's e rodas montadas diariamente.





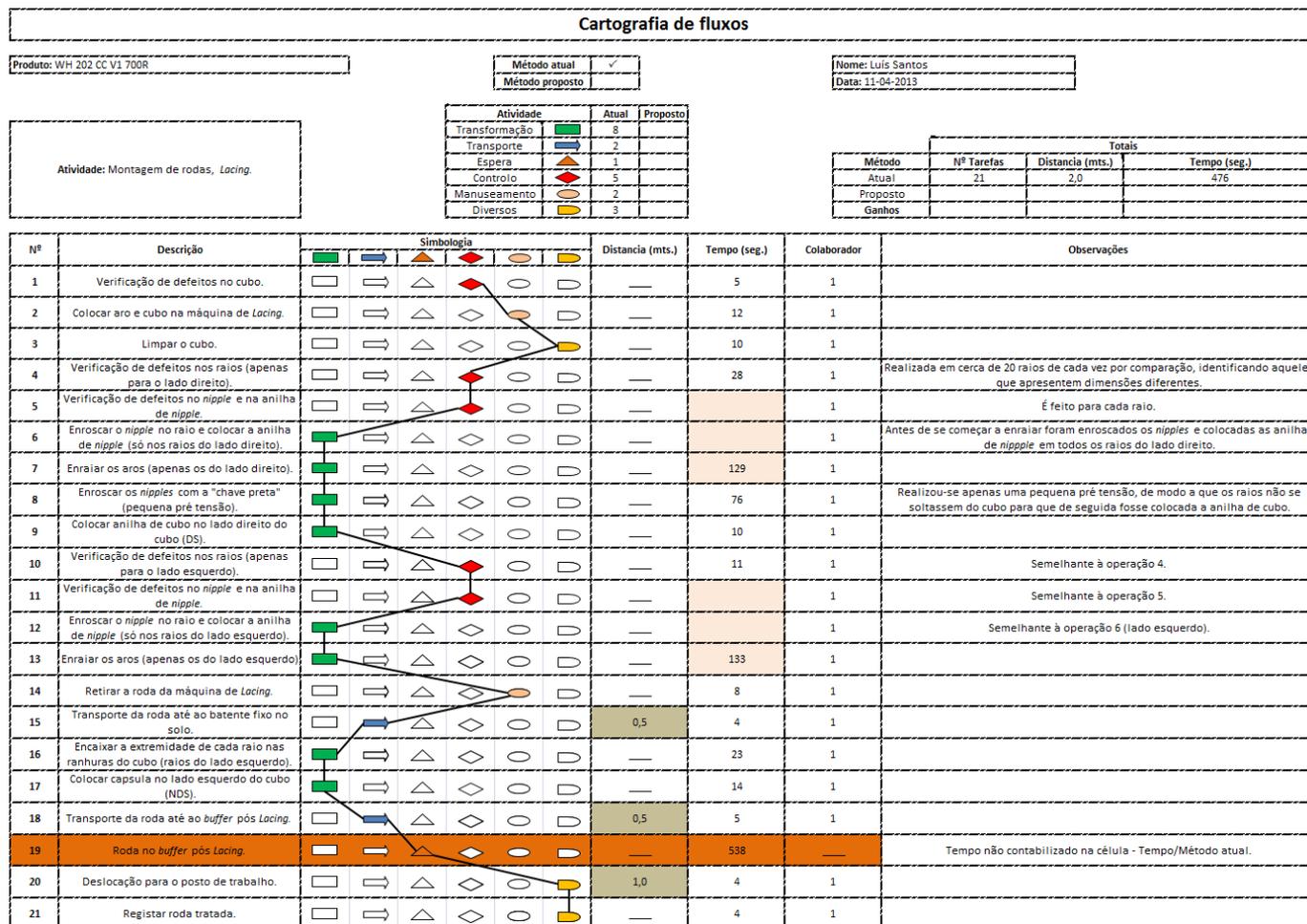
## ANEXO F

Tempos médios de permanência das rodas para cada estação.

<b>Grupo</b>	<b>Modelo</b>	<i>Lacing</i>	<i>Park Tool</i>	<i>Trueing</i>	<i>Decals</i>
1	WH 101 CL V1 700F	8,4	17,2	8,2	8,3
2	WH 101 CL V1 700R	9,0	22,4	7,0	8,1
3	WH 202 CC V1 700F	9,0	19,0	7,0	8,2
4	WH 202 CC V1 700R	10,4	24,0	8,2	7,7
5	WH 202 TU V1 700F	8,0	21,8	6,2	8,1
6	WH 202 TU V1 700R	8,6	22,6	6,6	7,8
7	WH 303 CC V1 700F	6,8	16,8	5,6	7,5
8	WH 303 CC V1 700R	8,2	22,8	6,8	7,3
9	WH 303 TU V1 700F	7,0	17,6	5,8	7,1
10	WH 303 TU V1 700R	7,6	23,2	6,4	6,4
11	WH 404 CC V1 700F	6,2	16,7	7,0	7,0
12	WH 404 CC V1 700R	7,4	21,8	6,6	6,9
13	WH 404 TU V1 700F	6,6	14,8	6,0	6,9
14	WH 404 TU V1 700R	7,8	23,4	5,6	7,3
15	WH 808 CC V1 700F	7,0	14,4	5,8	7,5
16	WH 808 CC V1 700R	8,0	17,2	6,2	7,5
17	WH 808 TU V1 700F	7,6	16,8	5,6	8,3
18	WH 808 TU V1 700R	8,6	18,1	5,8	8,2
19	Restantes modelos	_____	_____	_____	_____
20	WH 60 CL V1 700F	7,2	20,8	5,3	6,9
21	WH 60 CL V1 700R	10,6	16,6	5,4	6,6

# ANEXO G

## Cartografia de fluxo para uma roda do grupo 4 (WH 202 CC VI 700R).



# Análise e propostas de melhoria para um layout de montagem de rodas de bicicleta

## Cartografia de fluxos

Produto: WH 202 CC V1 700R

Método atual  
Método proposto ✓

Nome: Luís Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Lacing.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	8	7
Transporte	2	2
Espera	1	1
Controlo	5	0
Manuseamento	2	2
Diversos	3	2

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	21	2,0	476
Proposto	14	2,0	452
Ganhos	7	0	24

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		□	⇨	△	◇	○	▭				
1	Colocar aro e cubo na máquina de Lacing.	□	⇨	△	◇	○	▭	—	12	1	
2	Enraiar os aros (apenas os do lado direito).	□	⇨	△	◇	○	▭	—	48	1	
3	Enroscar os nipples com a "chave preta" (pequena pré tensão).	□	⇨	△	◇	○	▭	—	76	1	
4	Pré-tensionar os raios.	□	⇨	△	◇	○	▭	—	196	1	Devia ter sido feita a pré tensão completa ou seja a atividade 4 do "Park Tool atual" (130 seg.).
5	Colocar anilha de cubo no lado direito do cubo (DS).	□	⇨	△	◇	○	▭	—	10	1	
6	Enraiar os aros (apenas os do lado esquerdo)	□	⇨	△	◇	○	▭	—	48	1	
7	Retirar a roda da máquina de Lacing.	□	⇨	△	◇	○	▭	—	8	1	
8	Transporte da roda até ao batente fixo no solo.	□	⇨	△	◇	○	▭	0,5	4	1	
9	Encaixar a extremidade de cada raio nas ranhuras do cubo (raios do lado esquerdo).	□	⇨	△	◇	○	▭	—	23	1	
10	Colocar capsula no lado esquerdo do cubo (NDS).	□	⇨	△	◇	○	▭	—	14	1	
11	Transporte da roda até ao buffer pós Lacing.	□	⇨	△	◇	○	▭	0,5	5	1	
12	Roda no buffer pós Lacing.	□	⇨	△	◇	○	▭	—	538	—	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
13	Deslocação para o posto de trabalho.	□	⇨	△	◇	○	▭	1,0	4	1	
14	Registrar roda tratada.	□	⇨	△	◇	○	▭	—	4	1	

Cartografia de fluxos

Produto: WH 202 CC V1 700R

Método atual   
Método proposto

Nome: Luís Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Park Tool.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	4	
Transporte	6	
Espera	2	
Controlo	5	
Manuseamento	5	
Diversos	6	

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	28	11,0	1445
Proposto			
Ganhos			

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
1	Deslocação ao buffer pós Lacing.							1,0	3	3	
2	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							1,0	4	3	
3	Colocar a roda no suporte do Park Tool.							—	3	3	Como não foi realizada a pré tensão completa anteriormente, (para acelerar a cadencia de rodas na estação de Lacing) a pré tenção foi realizada no Park Tool pelo "3º elemento do Lacing".
4	Pré-tensionar os raios.							—	196	3	
5	Reletrar a roda do suporte do Park Tool.							—	2	3	
6	Segurar no cubo e ver se a roda "gira" sem problemas.							—	6	3	
7	Transporte da roda até ao buffer pós Lacing.							—	5	3	
8	Roda no buffer pós Lacing.							—	234	—	A roda foi colocada novamente no no buffer pós Lacing novamente. Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
9	Deslocação à zona de buffer pós Lacing.							1,5	6	7	
10	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							1,5	8	7	
11	Pausa para se alimentar.							—	374	7	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
12	Medir a centralidade do cubo.							—		7	
13	Colocar a roda no suporte do Park Tool.							—		7	
14	Lubrificar a zona do aro em contacto com cada nipple.							—		7	
15	Limpar o aro.							—		7	
16	Medir a tensão no raios.							—		7	
17	Tencionar os raios.							—		7	
18	Endireitar os raios.							—		7	
19	Medir empeno vertical e lateral (corrigir se necessário).							—		7	
20	Reletrar a roda do suporte do Park Tool.							—		7	
21	Medir a centralidade do cubo.							—		7	
22	Transporte da roda até à máquina de estabilizar rodas.							3,0		7	
23	Accionar a máquina de estabilizar com a roda.							—		7	
24	Retirar a roda da máquina de estabilizar.							—		7	
25	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							3,0		7	De novo as tarefas de 12 a 21 (excepto 14 e 15).
26	Transporte da roda até ao buffer pós Park Tool.							—	1207	7	
27	Roda no buffer pós Park Tool.							—	197	—	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
28	Registrar roda tratada.							—	5	2	

# Análise e propostas de melhoria para um layout de montagem de rodas de bicicleta

## Cartografia de fluxos

Produto: WH 202 CC V1 700R

Método atual   
Método proposto

Nome: Luis Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Park Tool.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	4	3
Transporte	6	4
Espera	2	1
Controlo	5	4
Manuseamento	5	3
Diversos	6	5

Totais			
Método	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	28	11,0	1445
Proposto	20	6,0	1216
Ganhos	8	5	229

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação à zona de buffer pós lacing.	1	1	0	0	0	0	1,5	6	7	
2	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	1,5	8	7	
3	Pausa para se alimentar.	0	0	0	0	0	0	—	374	7	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
4	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	—	7	
5	Colocar a roda no suporte do Park Tool.	0	0	0	0	1	0	—	—	7	
6	Lubrificar a zona do aro em contacto com cada nipple.	0	0	0	0	0	1	—	—	7	
7	Limpar o aro.	0	0	0	0	0	1	—	—	7	
8	Medir a tensão no raios.	0	0	0	1	0	0	—	—	7	
9	Tencionar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	—	7	
10	Endireitar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	—	7	
11	Medir empeno vertical e lateral (corrigir se necessário).	0	0	0	1	0	0	—	—	7	
12	Retirar a roda do suporte do Park Tool.	0	0	0	0	1	0	—	—	7	
13	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	—	7	
14	Transporte da roda até à máquina de estabilizar rodas.	0	1	0	0	0	0	1,5	—	7	Se a máquina de estabilizar estivesse mais próxima seria de esperar uma poupança de 5 segundos por deslocamento, passando de 1207 para 1197.
15	Accionar a máquina de estabilizar com a roda.	1	0	0	0	0	0	—	—	7	
16	Retirar a roda da máquina de estabilizar.	0	0	0	0	1	0	—	—	7	
17	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	1,5	—	7	De novo tarefas de 4 a 13 (excepto 6 e 7).
18	Transporte da roda até ao buffer pós Park Tool.	0	1	0	0	0	0	—	1197	7	
19	Roda no buffer pós Park Tool.	0	0	0	0	0	0	—	197	—	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
20	Registrar roda tratada.	0	0	0	0	0	1	—	5	7	

Produto: WH 202 CC V1 700R

Método atual   
Método proposto

Nome: Luis Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Trueing.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	1	1
Transporte	3	3
Espera	1	1
Controlo	3	3
Manuseamento	4	4
Diversos	3	3

Totais			
Método	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	15	3,5	326
Proposto			
Ganhos			

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	1	1	0	0	0	0	0,5	4	10	
2	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	12	10	
3	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	0,5	5	10	
4	Colocar a roda na máquina de Trueing.	0	0	0	0	1	0	—	15	10	
5	Endireitar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	39	10	
6	Realizar testes de tensão (e corrigir se necessário).	0	0	0	1	0	0	—	206	10	
7	Retirar a roda da máquina de Trueing	0	0	0	0	1	0	—	12	10	
8	Transporte da roda até à "bancada da cola".	0	1	0	0	0	0	1,0	5	10	
9	Colocar a roda no suporte da "bancada da cola".	0	0	0	0	1	0	—	3	10	
10	Verificar o empeno lateral.	0	0	0	1	0	0	—	10	10	Rodas com nipples que contêm massa branca no seu interior não é colocada cola.
11	Retirar a roda do suporte da "bancada da cola".	0	0	0	0	1	0	—	3	10	
12	Transporte da roda até ao buffer pós Trueing.	0	1	0	0	0	0	0,5	5	10	
13	Roda no buffer pós Trueing.	0	0	0	0	0	0	—	644	—	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
14	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	0	0	0	0	0	1	1,0	4	10	
15	Registrar roda tratada.	0	0	0	0	0	1	—	3	10	

**Cartografia de fluxos**

Produto: WH 202 CC V1 700R

Método atual	
Método proposto	✓

Nome: Luis Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Trueing.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	1	1
Transporte	3	2
Espera	1	1
Controlo	3	2
Manuseamento	4	2
Diversos	3	3

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	15	3,5	326
Proposto	11	2,5	305
Ganhos	4	1,0	21

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	1	1	0	0	0	0	0,5	4	10	
2	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	12	10	
3	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	0,5	5	10	
4	Colocar a roda na máquina de Trueing.	0	0	0	0	1	0	—	15	10	
5	Endireitar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	39	10	
6	Realizar testes de tensão (e corrigir se necessário).	0	0	0	1	0	0	—	206	10	
7	Retirar a roda da máquina de Trueing.	0	0	0	0	1	0	—	12	10	
8	Transporte da roda até ao buffer pós Trueing.	0	1	0	0	0	0	0,5	5	10	
9	Roda no buffer pós Trueing.	0	0	0	0	0	0	—	644	—	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
10	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	0	0	0	0	0	0	1,0	4	10	
11	Registrar roda tratada.	0	0	0	0	0	0	—	3	10	

**Cartografia de fluxos**

Produto: WH 202 CC V1 700R

Método atual	
Método proposto	✓

Nome: Luis Santos  
Data: 11-04-2013

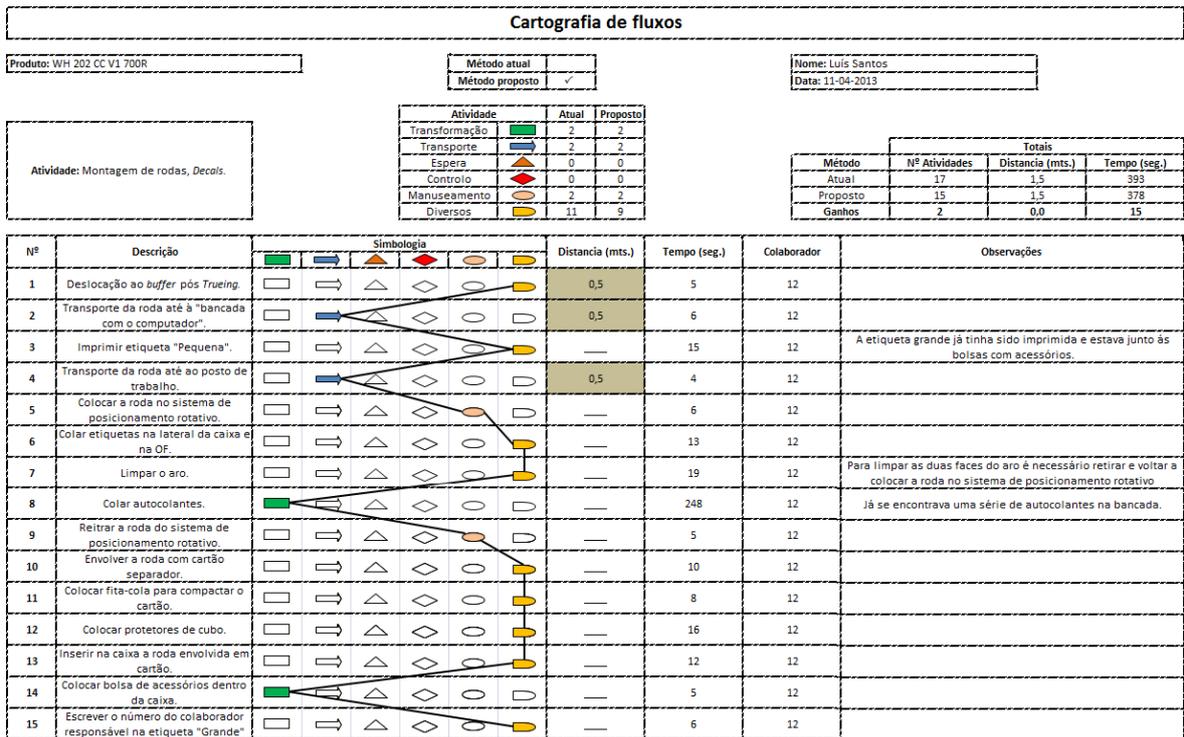
Atividade: Montagem de rodas, Decals.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	2	2
Transporte	2	2
Espera	0	0
Controlo	0	0
Manuseamento	2	2
Diversos	11	11

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	17	1,5	393
Proposto			
Ganhos			

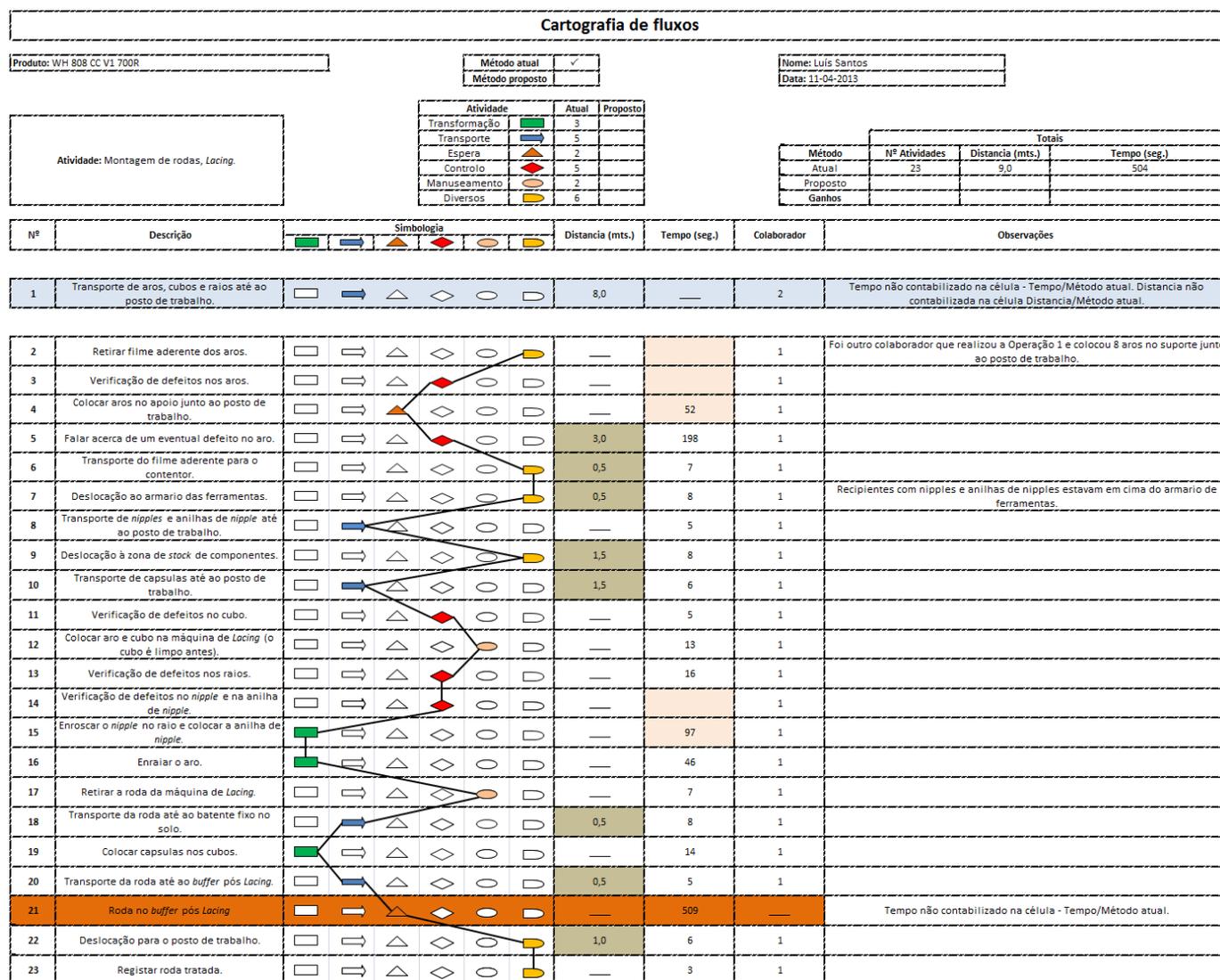
Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Trueing.	1	1	0	0	0	0	0,5	5	12	
2	Transporte da roda até à "bancada com o computador".	0	1	0	0	0	0	0,5	6	12	
3	Imprimir etiqueta "Pequena".	0	0	0	0	0	0	—	15	12	A etiqueta grande já tinha sido imprimida e estava junto às bolsas com acessórios.
4	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	0,5	4	12	
5	Colocar a roda no sistema de posicionamento rotativo.	0	0	0	0	1	0	—	6	12	
6	Colar etiquetas na lateral da caixa e na OF.	0	0	0	0	0	0	—	13	12	
7	Limpar o aro.	0	0	0	0	0	0	—	19	12	
8	Colar autocolantes.	1	0	0	0	0	0	—	248	12	Para limpar as duas faces do aro é necessário retirar e voltar a colocar a roda no sistema de posicionamento rotativo
9	Retirar a roda do sistema de posicionamento rotativo.	0	0	0	0	1	0	—	5	12	Já se encontrava uma série de autocolantes na bancada, uma vez que o número de rodas da OF era elevado e já se tinha trazido os autocolantes.
10	Envolver a roda com cartão separador.	0	0	0	0	0	0	—	10	12	
11	Colocar fita-cola para compactar o cartão.	0	0	0	0	0	0	—	8	12	
12	Colocar protetores de cubo.	0	0	0	0	0	0	—	16	12	
13	Inserir na caixa a roda envolvida em cartão.	0	0	0	0	0	0	—	12	12	
14	Colocar bolsa de acessórios dentro da caixa.	1	0	0	0	0	0	—	5	12	
15	Escrever o número do colaborador responsável na etiqueta "Grande" colada na	0	0	0	0	0	0	—	6	12	
16	Registrar roda tratada.	0	0	0	0	0	0	—	3	12	
17	Agrafar o topo da caixa de papel.	0	0	0	0	0	0	—	12	12	

# Análise e propostas de melhoria para um layout de montagem de rodas de bicicleta



# ANEXO H

## Cartografia de fluxo para uma roda do grupo 15 (WH 808 CC VI 700R).



# Análise e propostas de melhoria para um layout de montagem de rodas de bicicleta

## Cartografia de fluxos

Produto: WH 808 CC V1 700R

Método atual	
Método proposto	✓

Nome: Luis Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Lacing.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	3	2
Transporte	5	2
Espera	2	2
Controlo	5	2
Manuseamento	2	2
Diversos	6	3

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	23	9,0	504
Proposto	13	5,0	352
Ganhos	10	4,0	152

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Retirar filme aderente do aro.	□	⇒	△	◇	○	○	—		1	Foi outro colaborador que colocou 8 aros no suporte junto ao posto de trabalho. O colaborador 1 apenas teve de retirar o filme aderente dos 8 (de seguida).
2	Verificação de defeitos no aro.	□	⇒	△	◇	○	○	—		1	
3	Colocar aro no apoio junto ao posto de trabalho.	□	⇒	△	◇	○	○	—	52	1	
4	Falar acerca de um eventual defeito no aro.	□	⇒	△	◇	○	○	3,0	198	1	
5	Colocar aro e cubo na máquina de Lacing (o cubo é limpo antes).	□	⇒	△	◇	○	○	—	13	1	
6	Enraiar o aro.	■	⇒	△	◇	○	○	—	46	1	
7	Retirar a roda da máquina de Lacing.	□	⇒	△	◇	○	○	—	7	1	
8	Transporte da roda até ao batente fixo no solo.	□	⇒	△	◇	○	○	0,5	8	1	
9	Colocar capsulas nos cubos.	■	⇒	△	◇	○	○	—	14	1	
10	Transporte da roda até ao buffer pós Lacing.	□	⇒	△	◇	○	○	0,5	5	1	
11	Roda no buffer pós Lacing	□	⇒	△	◇	○	○	—	509	—	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
12	Deslocação para o posto de trabalho.	□	⇒	△	◇	○	○	1,0	6	1	
13	Registrar roda tratada.	□	⇒	△	◇	○	○	—	3	1	

Produto: WH 808 CC V1 700R

Método atual	
Método proposto	✓

Nome: Luis Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Park Tool.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	3	
Transporte	4	
Espera	1	
Controlo	4	
Manuseamento	3	
Diversos	2	

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	17	8,0	980
Proposto			
Ganhos			

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Lacing.	□	⇒	△	◇	○	○	1,0	5	5	
2	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	□	⇒	△	◇	○	○	1,0	6	5	
3	Medir a centralidade do cubo.	□	⇒	△	◇	○	○	—		5	
4	Colocar a roda no suporte do Park Tool.	□	⇒	△	◇	○	○	—		5	
5	Medir a tensão no raios.	□	⇒	△	◇	○	○	—		5	
6	Apertar os raios.	■	⇒	△	◇	○	○	—		5	
7	Endireitar os raios.	■	⇒	△	◇	○	○	—		5	
8	Medir empeno vertical e lateral (corrigir se necessário).	□	⇒	△	◇	○	○	—		5	
9	Retirar a roda do suporte do Park Tool.	□	⇒	△	◇	○	○	—		5	
10	Medir a centralidade do cubo (corrigir se necessário).	□	⇒	△	◇	○	○	—		5	
11	Transporte da roda até à máquina de estabilizar.	□	⇒	△	◇	○	○	3,0		5	
12	Aclonar a máquina de estabilizar com a roda.	■	⇒	△	◇	○	○	—		5	
13	Retirar a roda da máquina de estabilizar.	□	⇒	△	◇	○	○	—		5	
14	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	□	⇒	△	◇	○	○	3,0		5	De novo as tarefas de 3 a 10.
15	Transporte da roda até ao buffer pós Park Tool.	□	⇒	△	◇	○	○	—	966	5	
16	Roda no buffer pós Park Tool.	□	⇒	△	◇	○	○	—	124	5	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
17	Registrar roda tratada.	□	⇒	△	◇	○	○	—	3	5	

**Cartografia de fluxos**

Produto: WH 808 CC V1 700R

Método atual	✓
Método proposto	✓

Nome: Luís Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Park Tool.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	3	3
Transporte	4	4
Espera	1	1
Controlo	4	4
Manuseamento	3	3
Diversos	2	2

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	17	8,0	980
Proposto	17	5,0	970
Ganhos	0	3,0	10

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós <i>Lacing</i> .	1	1	0	0	0	0	1,0	5	5	
2	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	1,0	6	5	
3	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	—	5	
4	Colocar a roda no suporte do <i>Park Tool</i> .	0	0	0	0	1	0	—	—	5	
5	Medir a tensão no raios.	0	0	0	1	0	0	—	—	5	
6	Apertar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	—	5	
7	Endireitar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	—	5	
8	Medir empeno vertical e lateral (corrigir se necessário).	0	0	0	1	0	0	—	—	5	
9	Retirar a roda do suporte do <i>Park Tool</i> .	0	0	0	0	1	0	—	—	5	
10	Medir a centralidade do cubo (corrigir se necessário).	0	0	0	1	0	0	—	—	5	
11	Transporte da roda até à máquina de estabilizar.	0	1	0	0	0	0	1,5	—	5	Se a máquina de estabilizar estivesse mais próxima seria de esperar uma poupança de 5 segundos por deslocamento, passando de 960 para 950.
12	Acionar a máquina de estabilizar com a roda.	1	0	0	0	0	0	—	—	5	
13	Retirar a roda da máquina de estabilizar.	0	0	0	0	1	0	—	—	5	
14	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	1,5	—	5	De novo as tarefas de 3 a 10.
15	Transporte da roda até ao buffer pós <i>Park Tool</i> .	0	1	0	0	0	0	—	956	5	
16	Roda no buffer pós <i>Park Tool</i> .	0	0	0	0	0	0	—	124	5	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.
17	Registrar roda tratada.	0	0	0	0	0	0	—	3	5	

**Cartografia de fluxos**

Produto: WH 808 CC V1 700R

Método atual	✓
Método proposto	✓

Nome: Luís Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Truing.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	2	2
Transporte	3	3
Espera	1	1
Controlo	2	2
Manuseamento	4	4
Diversos	4	4

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	16	6,5	364
Proposto			
Ganhos			

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós <i>Park Tool</i> .	1	1	0	0	0	0	1,5	5	10	
2	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	15	10	
3	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	1,5	5	10	
4	Colocar a roda na máquina de <i>Truing</i> .	0	0	0	0	1	0	—	8	10	
5	Endireitar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	47	10	
6	Realizar testes de tensão (e corrigir se necessário).	0	0	0	1	0	0	—	183	10	
7	Retirar a roda da máquina de <i>Truing</i> .	0	0	0	0	1	0	—	10	10	
8	Transporte da roda até à "bancada da cola".	0	1	0	0	0	0	1,0	5	10	
9	Colocar a roda no suporte da "bancada da cola".	0	0	0	0	1	0	—	3	10	
10	Aplicar cola na zona do aro em contato com o <i>mipple</i> .	1	0	0	0	0	0	—	55	10	
11	Limpar o aro e verificar empeno lateral.	0	0	0	0	0	1	—	12	10	
12	Retirar a roda do suporte da "bancada da cola".	0	0	0	0	1	0	—	3	10	
13	Transporte da roda até ao buffer pós <i>Truing</i> .	0	1	0	0	0	0	0,5	5	10	
14	Roda no buffer pós <i>Truing</i> .	0	0	0	0	0	0	—	1258	—	Foram colocadas outras rodas no buffer pós <i>Truing</i> vindas das estantes e foi dada prioridade a essas rodas. Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método
15	Deslocação ao buffer pós <i>Park Tool</i> .	0	1	0	0	0	0	2,0	5	10	
16	Registrar roda tratada.	0	0	0	0	0	0	—	3	10	

# Análise e propostas de melhoria para um layout de montagem de rodas de bicicleta

## Cartografia de fluxos

Produto: WH 808 CC V1 700R

Método atual  
Método proposto ✓

Nome: Luis Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Trueing.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	2	2
Transporte	3	2
Espera	1	1
Controlo	2	2
Manuseamento	4	2
Diversos	4	4

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	16	6,5	364
Proposto	13	5,5	353
Ganhos	3	1,0	11

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	□	→	△	◇	○	▭	1,5	5	10	
2	Medir a centralidade do cubo.	□	→	△	◇	○	▭	—	15	10	
3	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	□	→	△	◇	○	▭	1,5	5	10	
4	Colocar a roda na máquina de Trueing.	□	→	△	◇	○	▭	—	8	10	
5	Endireitar os raios.	■	→	△	◇	○	▭	—	47	10	
6	Realizar testes de tensão (e corrigir se necessário).	□	→	△	◇	○	▭	—	183	10	
7	Aplicar cola na zona do aro em contacto com o nipple.	■	→	△	◇	○	▭	—	55	10	
8	Retirar a roda da máquina de Trueing.	□	→	△	◇	○	▭	—	10	10	
9	Limpar o aro e verificar empeno lateral.	□	→	△	◇	○	▭	—	12	10	
10	Transporte da roda até ao buffer pós Trueing.	□	→	△	◇	○	▭	0,5	5	10	
11	Roda no buffer pós Trueing.	□	→	△	◇	○	▭	—	1244	—	Foram colocadas outras rodas no buffer pós Trueing vindas das estantes e foi dada prioridade a essas rodas. Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método
12	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	□	→	△	◇	○	▭	2,0	5	10	
13	Registrar roda tratada	□	→	△	◇	○	▭	—	3	10	

## Cartografia de fluxos

Produto: WH 808 CC V1 700R

Método atual  
Método proposto ✓

Nome: Luis Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Decals.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	2	2
Transporte	2	2
Espera	0	0
Controlo	0	0
Manuseamento	2	2
Diversos	11	11

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	17	1,5	377
Proposto			
Ganhos			

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Trueing.	□	→	△	◇	○	▭	0,5	6	11	O colaborador 11 foi ao buffer pós trueing do lado direito (o colaborador 11 está no posto da esquerda).
2	Transporte da roda até à "bancada com computador".	□	→	△	◇	○	▭	0,5	5	11	
3	Imprimir etiqueta "Pequena".	□	→	△	◇	○	▭	—	10	11	
4	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	□	→	△	◇	○	▭	0,5	3	11	
5	Colocar a roda no sistema de posicionamento rotativo.	□	→	△	◇	○	▭	—	5	11	
6	Colar etiquetas na lateral da caixa e na OF.	□	→	△	◇	○	▭	—	5	11	
7	Limpar aro.	□	→	△	◇	○	▭	—	22	11	
8	Colar autocolantes.	■	→	△	◇	○	▭	—	256	11	
9	Afixar o saco de acessórios à roda.	■	→	△	◇	○	▭	—	8	11	
10	Retirar a roda do sistema de posicionamento rotativo.	□	→	△	◇	○	▭	—	6	11	
11	Envolver a roda com cartão separador.	□	→	△	◇	○	▭	—	8	11	
12	Colocar fita-cola para compactar o cartão.	□	→	△	◇	○	▭	—	14	11	
13	Colocar protetores de cubo.	□	→	△	◇	○	▭	—	12	11	
14	Inserir na caixa a roda envolvida em cartão.	□	→	△	◇	○	▭	—	9	11	
15	Escrever o número do colaborador na etiqueta "Grande" colada na caixa.	□	→	△	◇	○	▭	—	5	11	
16	Registrar roda tratada.	□	→	△	◇	○	▭	—	3	11	
17	Agrafar o topo da caixa de papel.	□	→	△	◇	○	▭	—	10	13	Tempo não contabilizado na célula - Tempo/Método atual.

**Cartografia de fluxos**

Produto: WH 808 CC V1 700R

Método atual  
Método proposto ✓

Nome: Luís Santos  
Data: 11-04-2013

Atividade: Montagem de rodas, Decals.

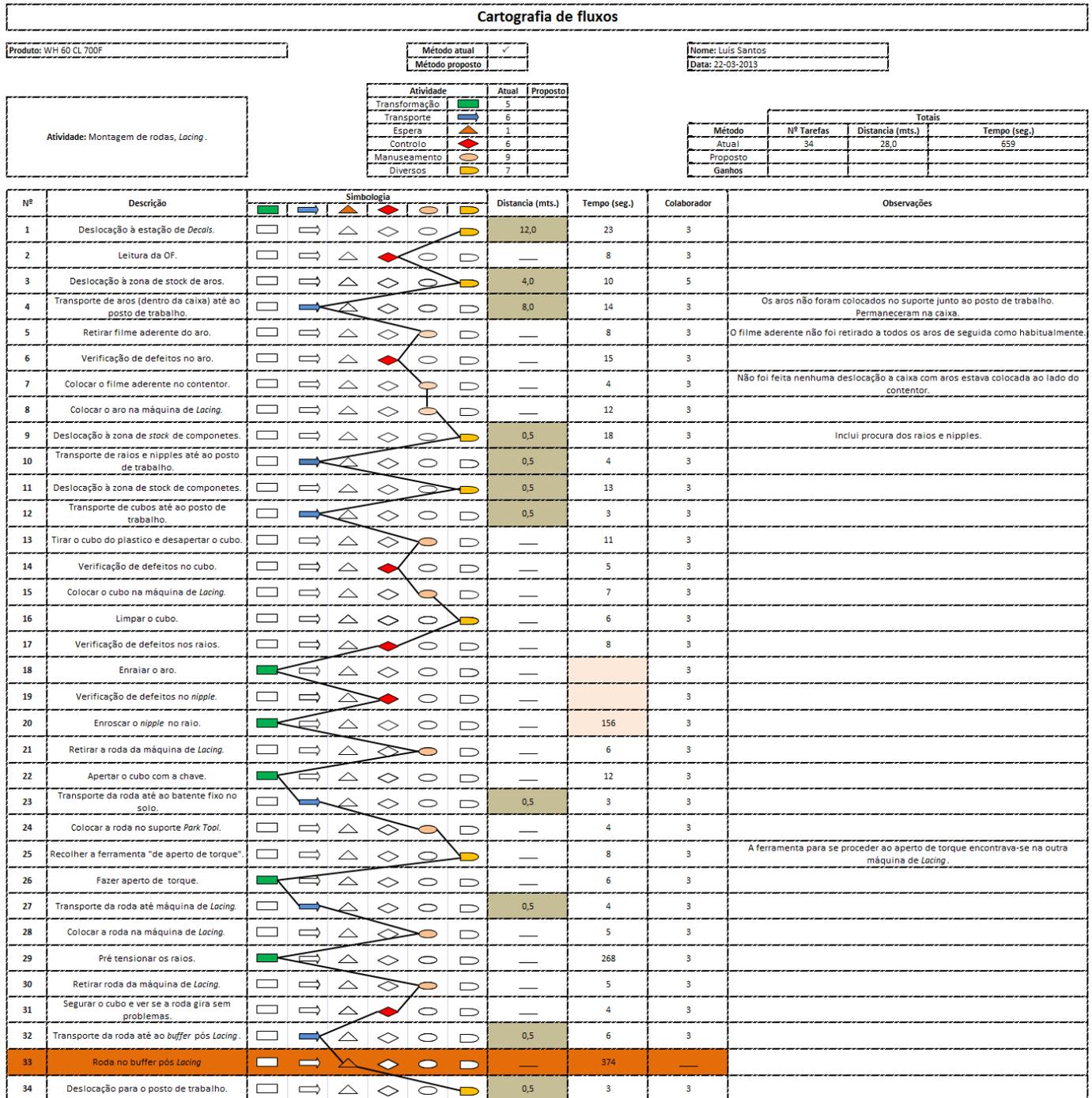
Atividade	Atual	Proposto
Transformação	2	2
Transporte	2	2
Espera	0	0
Controlo	0	0
Manuseamento	2	2
Diversos	11	9

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	17	1,5	377
Proposto	15	1,5	374
Ganhos	2	0,0	3

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		□	→	△	◇	○	▭				
1	Deslocação ao buffer pós truing.	□	→	△	◇	○	▭	0,5	6	11	O colaborador 11 foi ao buffer pós truing do lado direito (o colaborador 11 está no posto da esquerda).
2	Transporte da roda até à "bancada com computador".	□	→	△	◇	○	▭	0,5	5	11	
3	Imprimir etiqueta "Pequena".	□	→	△	◇	○	▭	—	10	11	
4	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	□	→	△	◇	○	▭	0,5	3	11	
5	Colocar a roda no sistema de posicionamento rotativo.	□	→	△	◇	○	▭	—	5	11	
6	Colar etiquetas na lateral da caixa e na OF.	□	→	△	◇	○	▭	—	5	11	
7	Limpar aro .	□	→	△	◇	○	▭	—	22	11	
8	Colar autocolantes.	■	→	△	◇	○	▭	—	256	11	
9	Afixar o saco de acessórios à roda.	■	→	△	◇	○	▭	—	8	11	Para situações em que a bolsa de acessórios não leva a ... (ficando a bolsa menos volumosa) é afixada aos raios.
10	Reitrar a roda do sistema de posicionamento rotativo.	□	→	△	◇	○	▭	—	6	11	
11	Envolver a roda com cartão separador.	□	→	△	◇	○	▭	—	8	11	
12	Colocar fita-cola para compactar o cartão.	□	→	△	◇	○	▭	—	14	11	
13	Colocar protetores de cubo.	□	→	△	◇	○	▭	—	12	11	
14	Inserir na caixa a roda envolvida em cartão.	□	→	△	◇	○	▭	—	9	11	
15	Escrever o número do colaborador na etiqueta "Grande" colada na caixa.	□	→	△	◇	○	▭	—	5	11	

# ANEXO I

## Cartografia de fluxo para uma roda do grupo 20 (WH 60 CL VI 700R).



Cartografia de fluxos

Produto: WH 60 CL 700F

Método atual	
Método proposto	✓

Nome: Luís Santos  
Data: 22-03-2013

Atividade: Montagem de rodas, Lacing.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	5	4
Transporte	6	3
Espera	1	1
Controlo	6	2
Manuseamento	9	8
Diversos	7	1

Método	Nº Tarefas	Totais	
		Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	34	28,0	659
Proposto	19	2,0	422
Ganhos	15	26,0	237

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		□	⇒	△	◇	○	▭				
1	Retirar filme aderente do aro.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	8	3	O filme aderente não foi retirado a todos os aros de seguida como habitualmente.
2	Verificação de defeitos no aro.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	15	3	
3	Colocar o filme aderente no contentor.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	4	3	
4	Colocar o aro na máquina de Lacing.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	12	3	
5	Colocar o cubo na máquina de Lacing.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	7	3	
6	Enraiar o aro.	■	⇒	△	◇	○	▭	—	50	3	
7	Retirar a roda da máquina de Lacing.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	6	3	
8	Apertar o cubo com a chave.	■	⇒	△	◇	○	▭	—	12	3	
9	Transporte da roda até ao batente fixo no solo.	□	⇒	△	◇	○	▭	0,5	3	3	
10	Colocar a roda no suporte Park Tool.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	4	3	
11	Fazer aperto de torque.	■	⇒	△	◇	○	▭	—	6	3	
12	Transporte da roda até máquina de Lacing.	□	⇒	△	◇	○	▭	0,5	4	3	
13	Colocar a roda na máquina de Lacing.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	5	3	
14	Pré tensionar os raios.	■	⇒	△	◇	○	▭	—	268	3	
15	Retirar roda da máquina de Lacing.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	5	3	
16	Segurar o cubo e ver se a roda gira sem problemas.	□	⇒	△	◇	○	▭	—	4	3	
17	Transporte da roda até ao buffer pós Lacing.	□	⇒	△	◇	○	▭	0,5	6	3	
18	Roda no buffer pós Lacing	□	⇒	△	◇	○	▭	—	374	—	
19	Deslocação para o posto de trabalho.	□	⇒	△	◇	○	▭	0,5	3	3	

# Análise e propostas de melhoria para um layout de montagem de rodas de bicicleta

Produto: WH 60 CL 700F

Método atual   
Método proposto

Nome: Luís Santos  
Data: 22-03-2013

Atividade: Montagem de rodas, Park Tool.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	4	
Transporte	6	
Espera	1	
Controlo	4	
Manuseamento	2	
Diversos	4	

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	21	14,0	1372
Proposto			
Ganhos			

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
1	Deslocação ao buffer pós Lacing.							2,5	6	8	
2	Transporte da roda até ao buffer pós Park Tool.							1,0	4	8	A roda foi transportada para o buffer pós Park Tool servindo de apoio à roda para se medir a centralidade do cubo.
3	Medir a centralidade do cubo.							—	22	8	
4	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							2,0	5	8	
5	Colocar a roda no suporte do Park Tool.							—	3	8	
6	Medir a tensão no raios.							—		8	
7	Lubrificar a zona do aro em contacto com cada nipple.							—		8	
8	Limpar o aro.							—		8	
9	Apertar os raios.							—		8	
10	Endireitar os raios.							—		8	
11	Medir empeno vertical e lateral (e corrigir se necessário).							—		8	
12	Retirar a roda do suporte do Park Tool.							—		8	
13	Medir a centralidade do cubo.							—		8	Para a medição da centralidade do cubo a roda foi apoiada em cima do suporte do Park Tool.
14	Transporte da roda até à máquina de estabilizar.							3,5		8	
15	Accionar a máquina de estabilizar com a roda.							—		8	
16	Retirar a roda da máquina de estabilizar.							—		8	
17	Transporte da roda até ao posto de trabalho.							3,5		8	De novo as tarefas de 5 a 13 (excepto 7 e 8).
18	Transporte da roda até ao buffer pós Park Tool.							0,5	1325	8	
19	Roda no buffer pós Park Tool.							—	229	—	
20	Deslocação para o posto de trabalho							0,5	4	8	
21	Registar roda tratada.							0,5	3	8	

Cartografia de fluxos

Produto: WH 60 CL 700F

Método atual   
Método proposto

Nome: Luís Santos  
Data: 22-03-2013

Atividade: Montagem de rodas, Park Tool.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	4	4
Transporte	6	6
Espera	1	1
Controlo	4	4
Manuseamento	2	2
Diversos	4	4

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	21	14,0	1372
Proposto	21	11,0	1362
Ganhos	0	3,0	10

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Lacing.	1	1	0	0	0	0	2,5	6	8	
2	Transporte da roda até ao buffer pós Park Tool.	0	1	0	0	0	0	1,0	4	8	
3	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	22	8	
4	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	2,0	5	8	
5	Colocar a roda no suporte do Park Tool.	0	0	0	0	1	0	—	3	8	
6	Medir a tensão no raios.	0	0	0	1	0	0	—	—	8	
7	Lubrificar a zona do aro em contacto com cada nipple.	0	0	0	0	0	1	—	—	8	
8	Limpar o aro.	0	0	0	0	0	1	—	—	8	
9	Apertar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	—	8	
10	Endireitar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	—	8	
11	Medir empeno vertical e lateral (e corrigir se necessário).	0	0	0	1	0	0	—	—	8	
12	Retirar a roda do suporte do Park Tool.	0	1	0	0	0	0	—	—	8	
13	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	—	8	
14	Transporte da roda até à máquina de estabilizar.	0	1	0	0	0	0	2,0	—	8	Se a máquina de estabilizar estivesse mais próxima seria de esperar uma poupança de 5 segundos por deslocamento.
15	Accionar a máquina de estabilizar com a roda.	0	0	0	0	0	0	—	—	8	
16	Retirar a roda da máquina de estabilizar.	0	1	0	0	0	0	—	—	8	
17	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	2,0	—	8	De novo as tarefas de 4 a 12 (exceto 7 e 8).
18	Transporte da roda até ao buffer pós Park Tool.	0	1	0	0	0	0	0,5	1315	8	O tempo total passou de 1440 para 1430 devido à "pupança" nas deslocações para a máquina de estabilizar.
19	Roda no buffer pós Park Tool.	0	0	0	0	0	0	—	229	—	
20	Deslocação para o posto de trabalho	0	1	0	0	0	0	0,5	4	8	
21	Registrar roda tratada.	0	0	0	0	0	1	0,5	3	8	

Produto: WH 60 CL 700F

Método atual   
Método proposto

Nome: Luís Santos  
Data: 22-03-2013

Atividade: Montagem de rodas, Truing.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	1	1
Transporte	3	3
Espera	1	1
Controlo	3	3
Manuseamento	4	4
Diversos	3	3

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	15	3,5	384
Proposto	—	—	—
Ganhos	—	—	—

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	1	1	0	0	0	0	0,5	5	10	
2	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	16	10	
3	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	0,5	5	10	
4	Colocar a roda na máquina de Truing.	0	0	0	0	1	0	—	8	10	
5	Endireitar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	—	10	
6	Realizar testes de tensão (e corrigir se necessário).	0	0	0	1	0	0	—	319	10	
7	Retirar a roda da máquina de Truing.	0	1	0	0	0	0	—	6	10	
8	Transporte da roda até à "bancada da cola".	0	1	0	0	0	0	1,0	4	10	
9	Colocar a roda no suporte da "bancada da cola".	0	0	0	0	1	0	—	3	10	
10	Medir empeno lateral.	0	0	0	1	0	0	—	6	10	
11	Retirar a roda do suporte da "bancada da cola".	0	1	0	0	0	0	—	3	10	
12	Transporte da roda até ao buffer pós Truing.	0	1	0	0	0	0	0,5	4	10	
13	Roda no buffer pós Truing.	0	0	0	0	0	0	—	568	—	
14	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	0	1	0	0	0	0	1,0	2	10	
15	Registrar roda tratada.	0	0	0	0	0	1	—	3	10	

# Análise e propostas de melhoria para um layout de montagem de rodas de bicicleta

## Cartografia de fluxos

Produto: WH 60 CL 700F

Método atual  
Método proposto ✓

Nome: Luís Santos  
Data: 22-03-2013

Atividade: Montagem de rodas, Trueing.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	1	1
Transporte	3	2
Espera	1	1
Controlo	3	2
Manuseamento	4	2
Diversos	3	3

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	15	3,5	384
Proposto	11	2,5	368
Ganhos	4	1,0	16

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	1	1	0	0	0	0	0,5	5	10	
2	Medir a centralidade do cubo.	0	0	0	1	0	0	—	16	10	
3	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	0,5	5	10	
4	Colocar a roda na máquina de Trueing.	0	0	0	0	1	0	—	8	10	
5	Endireitar os raios.	1	0	0	0	0	0	—	—	10	
6	Realizar testes de tensão (e corrigir se necessário).	0	0	0	1	0	0	—	319	10	
7	Retirar a roda da máquina de Trueing.	0	0	0	0	1	0	—	6	10	
8	Transporte da roda até ao buffer pós Trueing.	0	1	0	0	0	0	0,5	4	10	
9	Roda no buffer pós Trueing.	0	0	0	0	0	0	—	568	—	
10	Deslocação ao buffer pós Park Tool.	0	0	0	0	0	1	1,0	2	10	
11	Registar roda tratada.	0	0	0	0	0	1	—	3	10	

## Cartografia de fluxos

Produto: WH 60 CL 700F

Método atual  
Método proposto ✓

Nome: Luís Santos  
Data: 22-03-2013

Atividade: Montagem de rodas, Decals.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	1	1
Transporte	3	2
Espera	0	0
Controlo	0	0
Manuseamento	2	2
Diversos	12	12

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	18	3,5	481
Proposto	14	2,5	465
Ganhos	4	1,0	16

Nº	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		Transformação	Transporte	Espera	Controlo	Manuseamento	Diversos				
1	Deslocação ao buffer pós Trueing.	1	1	0	0	0	0	0,5	5	12	
2	Transporte da roda até à "bancada com computador".	0	1	0	0	0	0	0,5	5	12	
3	Imprimir etiqueta pequena.	0	0	0	0	0	1	—	8	12	
4	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	0,5	6	12	
5	Colocar a roda no sistema de posicionamento rotativo.	0	0	0	0	1	0	—	7	12	
6	Colar etiquetas na lateral da caixa e na OF.	0	0	0	0	0	1	—	8	12	
7	Escrever o número do colaborador responsável na etiqueta "Grande" colada na	0	0	0	0	0	1	—	5	12	
8	Deslocação ao armário que contém todos os tipos de autocolantes.	0	0	0	0	0	1	1,0	6	12	
9	Transporte dos autocolantes até ao posto de trabalho.	0	1	0	0	0	0	1,0	3	12	
10	Limpar aro.	0	0	0	0	0	1	—	15	12	
11	Colar autocolantes.	1	0	0	0	0	0	—	368	12	
12	Retirar a roda do sistema de posicionamento rotativo.	0	0	0	0	1	0	—	6	12	
13	Envolver a roda com cartão separador.	0	0	0	0	0	1	—	5	12	
14	Colocar fita-cola para compactar o cartão.	0	0	0	0	0	1	—	4	12	
15	Colocar protetores de cubo.	0	0	0	0	0	1	—	6	12	
16	Inserir na caixa a roda envolvida em cartão e a bolsa de acessórios.	0	0	0	0	0	1	—	8	12	
17	Agrafar o topo da caixa de papel.	0	0	0	0	0	1	—	11	12	
18	Registar roda tratada.	0	0	0	0	0	1	—	5	12	

**Cartografia de fluxos**

Produto: WH 60 CL 700F

Método atual  
Método proposto ✓

Nome: Luís Santos  
Data: 22-03-2019

Atividade: Montagem de rodas, Decals.

Atividade	Atual	Proposto
Transformação	1	1
Transporte	3	2
Espera	0	0
Controlo	0	0
Manuseamento	2	2
Diversos	12	9

Método	Totais		
	Nº Tarefas	Distancia (mts.)	Tempo (seg.)
Atual	18	3,5	481
Proposto	14	1,5	456
Ganhos	4	2	25

Nº Ati.	Descrição	Simbologia						Distancia (mts.)	Tempo (seg.)	Colaborador	Observações
		□	→	△	◇	○	▭				
1	Deslocação ao buffer pós Trueing.	□	→	△	◇	○	▭	0,5	5	12	
2	Transporte da roda até à "bancada com computador".	□	→	△	◇	○	▭	0,5	5	12	
3	Imprimir etiqueta pequena.	□	→	△	◇	○	▭	—	8	12	
4	Transporte da roda até ao posto de trabalho.	□	→	△	◇	○	▭	0,5	6	12	
5	Colocar a roda no sistema de posicionamento rotativo.	□	→	△	◇	○	▭	—	7	12	
6	Colar etiquetas na lateral da caixa e na OF.	□	→	△	◇	○	▭	—	8	12	
7	Escrever o número do colaborador responsável na etiqueta "Grande" colada na	□	→	△	◇	○	▭	—	5	12	
8	Limpar aro.	□	→	△	◇	○	▭	—	15	12	
9	Colar autocolantes.	■	→	△	◇	○	▭	—	368	12	
10	Retirar a roda do sistema de posicionamento rotativo.	□	→	△	◇	○	▭	—	6	12	
11	Envolver a roda com cartão separador.	□	→	△	◇	○	▭	—	5	12	
12	Colocar fita-cola para compactar o cartão.	□	→	△	◇	○	▭	—	4	12	
13	Colocar protetores de cubo.	□	→	△	◇	○	▭	—	6	12	
14	Inserir na caixa a roda envolvida em cartão e a bolsa de acessórios.	□	→	△	◇	○	▭	—	8	12	

## ANEXO J

Tempos padrão por estação.

Grupo	Média	%	Média x %
1	8,4	1,702	14,296
2	9,0	1,840	16,557
3	9,0	6,719	60,472
4	10,4	6,847	71,209
5	8,0	3,433	27,467
6	8,6	3,119	26,819
7	6,8	4,476	30,438
8	8,2	3,807	31,219
9	7,0	5,824	40,767
10	7,6	5,489	41,720
11	6,2	7,752	48,063
12	7,4	7,260	53,726
13	6,6	8,628	56,942
14	7,8	7,959	62,078
15	7,0	3,394	23,758
16	8,0	4,712	37,698
17	7,6	2,676	20,336
18	8,6	2,843	24,451
20	7,2	5,834	42,003
21	10,6	5,686	60,273
<b>Estação de <i>Lacing</i> Média Padrão</b>			7,903

Grupo	Média	%	Média x %
1	17,2	1,702	29,273
2	22,4	1,840	41,208
3	19,0	6,719	127,664
4	24,0	6,847	164,329
5	21,8	3,433	74,847
6	22,6	3,119	70,479
7	16,8	4,476	75,199
8	22,8	3,807	86,804
9	17,6	5,824	102,501
10	23,2	5,489	127,355
11	16,7	7,752	129,460
12	21,8	7,260	158,273
13	14,8	8,628	127,689
14	23,4	7,959	186,233
15	14,4	3,394	48,874
16	17,2	4,712	81,051
17	16,8	2,676	44,954
18	18,1	2,843	51,460
20	20,8	5,834	121,342
21	16,6	5,686	94,391
<b>Estação de <i>Park Tool</i> Média padrão</b>			19,434

Grupo	Média	%	Média x %
1	8,2	1,702	13,956
2	7,0	1,840	12,878
3	7,0	6,719	47,034
4	8,2	6,847	56,146
5	6,2	3,433	21,287
6	6,6	3,119	20,582
7	5,6	4,476	25,066
8	6,8	3,807	25,889
9	5,8	5,824	33,779
10	6,4	5,489	35,132
11	7,0	7,752	54,265
12	6,6	7,260	47,917
13	6,0	8,628	51,766
14	5,6	7,959	44,569
15	5,8	3,394	19,685
16	6,2	4,712	29,216
17	5,6	2,676	14,985
18	5,8	2,843	16,490
20	5,3	5,834	30,919
21	5,4	5,686	30,705
<b>Estação de Trueing Média Padrão</b>			6,323

Grupo	Média	%	Média x %
1	8,3	1,702	14,126
2	8,1	1,840	14,901
3	8,2	6,719	55,097
4	7,7	6,847	52,722
5	8,1	3,433	27,810
6	7,8	3,119	24,325
7	7,5	4,476	33,571
8	7,3	3,807	27,792
9	7,1	5,824	41,350
10	6,4	5,489	35,132
11	7,0	7,752	54,265
12	6,9	7,260	50,095
13	6,9	8,628	59,531
14	7,3	7,959	58,098
15	7,5	3,394	25,455
16	7,5	4,712	35,342
17	8,3	2,676	22,210
18	8,2	2,843	23,313
20	6,9	5,834	40,253
21	6,6	5,686	37,529
<b>Estação de Decals Média Padrão</b>			7,329

## ANEXO K

### Folha Excel – Balanceamentos de linha.

Tempo médio por posto			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	7,903	474,180
Park Tool	Menor que 1 hora	19,434	1166,040
Trueing	Menor que 1 hora	6,323	379,380
Decals	Menor que 1 hora	7,329	439,740
Total / Lead Time		40,989	

Tempo médio por estação			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	3,952	237,090
Park Tool	Menor que 1 hora	3,533	212,007
Trueing	Menor que 1 hora	4,215	252,920
Decals	Menor que 1 hora	3,665	219,870

Número de horas do turno		7,5	
Preencher		Minutos	450
		Segundos	27000

Nº de postos ocupados			
3ºs Elementos	Fixos aos postos		
1	2		
	5,5		
	1,5		
1	2	13	

Nº de rodas	
	106,753

Tempo livre de cada operador por roda			
	Horas	Minutos	Segundos
Lacing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	15,830
Park Tool	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	40,913
Trueing	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	0,000
Decals	Menor que 1 hora	Menor que 1 minuto	33,050
Mais elevado	0,011	0,682	40,913
Tempos totais	Menor que 1 hora	1,497	89,793

## ANEXO L

### Tarefas complementares – Caso 1.

Preencher		3º Elemento do <i>Lacing</i>			Tempo (seg)	Nº ocorrências	Seg.	3º Elemento do <i>Lacing</i>			Tempo (seg)	Nº ocor.	Seg.
Nº Horas do turno		Tarefas esporádicas						Tarefas					
7,5		5	Dar Formação ou qualquer tipo de explicação.		60	10	600	1	Abastecer as estantes com cubos para o <i>Lacing</i> .		120	2	240
Nº Rodas		6	Tomar decisões relacionadas com deformidades.		60	10	600	3º Elemento do <i>Lacing</i>					
129		7	Visitar gabinete de metrologia.		60	5	300	Tarefas					
Tempo total, tarefas regulares		8	Informar qual o "nível de pré tensão" necessário no <i>Lacing</i> .		60	5	300	2	Ocupar um dos postos de qualquer estação.		0	0	0
Horas	Minutos	9	Organizar a colocação dos aros nas estantes.		60	5	300	3º Elemento do <i>Lacing</i>					
1	34	10	Determinar o local para colocar as rodas.		60	5	300	Tarefas					
Tempo restante		11	Comunicar a escassez de componentes ou materiais (ou outros assuntos).		60	10	600	3.1	Auxiliar os dois postos de trabalho do <i>Lacing</i> (Enroskar <i>nipples</i> ).		0	0	0
Horas	Minutos	12	Transportar as caixas para a palete (ou estante).		25	15	375	3.2	Auxiliar os dois postos de trabalho do <i>Lacing</i> (Abastecimentos).		0	0	0
5	56	13	Outras.		0	0	0	4	Reparações.		60	90	5400
Tempo tarefas esporádicas		3º Elemento do <i>Lacing</i>											
Horas	Minutos	Tarefas											
0	57												
Tempo tarefas esporádicas e regulares		Tempo (seg)											
Horas	Minutos	Nº ocor.											
2	31	Seg.											
Tempo restante (tarefas esporádicas e regulares)													
Horas	Minutos												
4	59												

## ANEXO M

### Tarefas complementares – Caso 2.

Preencher		3º Elemento do <i>Lacing</i>				3º Elemento do <i>Lacing</i>				
		Tarefas esporádicas				Tarefas				
Nº Horas do turno		Tempo (seg)	Nº ocorrências	Seg.	Tempo (seg)	Nº ocor.	Seg.			
7,5		60	10	600	120	2	240			
Nº Rodas										
125										
Tempo total, tarefas regulares						3º Elemento do <i>Lacing</i>				
Horas	Minutos	Tarefas				Tempo (seg)	Nº ocor.	Seg.		
4	41	5	Dar Formação ou qualquer tipo de explicação.	600	0	0	0			
Tempo restante		6	Tomar decisões relacionadas com deformidades.	600	2	0	0			
Horas	Minutos	7	Visitar gabinete de metrologia.	300	3.1	Auxiliar os dois postos de trabalho do <i>Lacing</i> (Enroskar <i>nipples</i> ).	90	63	5670	
2	49	8	Informar qual o "nível de pré tensão" necessário no <i>Lacing</i> .	300	3.2	Auxiliar os dois postos de trabalho do <i>Lacing</i> (Abastecimentos).	306	18	5508	
Tempo tarefas esporádicas		9	Organizar a colocação dos aros nas estantes.	300	4	Reparações.	60	90	5400	
Horas	Minutos	10	Determinar o local para colocar as rodas.	300						
0	57	11	Comunicar a escassez de componentes ou materiais (ou outros assuntos).	600						
Tempo tarefas esporádicas e regulares		12	Transportar as caixas para a paleta (ou estante).	375						
Horas	Minutos	13	Outras.	0						
5	38									
Tempo restante (tarefas esporádicas e regulares)										
Horas	Minutos									
1	52									

## ANEXO N

### Tarefas complementares – Caso 3.

Preencher		3º Elemento do <i>Decals</i>				3º Elemento do <i>Decals</i>						
		Tarefas		Tempo (seg)		Tarefas esporádicas		Tempo (seg)		Nº ocorrências		
Nº Horas do turno	7,5	1	Colocar os acessórios nas bolsas.	138	por roda	16422	11	Colocar as rodas de "disco" recebidas em novas caixas e tirar novas etiquetas.	300	por roda	5	1500
Nº Rodas	119	2	Colocar caixas junto aos postos da estação de Decals.	15	por resma	180	12	Transportar as rodas para as estantes e de novo para a "linha de montagem".	20	por roda	10	200
Nº Dfs	15	3	Colocar cartão separador junto aos postos da estação de Decals.	15	por resma	180	13	Abastecer os recipientes com acessórios.	120	por abast.	10	1200
Nº caixas por resma	10	4	Cortar a fita que agrega as caixas de cada resma.	6	por resma	72	14	Comunicar a escassez de acessórios ou materiais. (ao 3º elemento do <i>Lacing</i> ).	180	por ocor.	2	360
Nº Cartões por resma	10	5	Colocar a fita no contentor.	8	por resma	96	15	Ajudar a colocar o <i>Spoke Fixator</i> .	60	por ocor.	5	300
<b>Tempo total, tarefas regulares</b>		6	Agrafar o fundo da caixa de cartão.	12	por roda	1428	16	Outras.	0	por ocor.	0	0
Horas	Minutos	7	Agrafar o topo da caixa de cartão.	12	por roda	1428						
6	28	8	Transportar as caixas para a paleta (ou estante).	25	por caixa	2375						
<b>Tempo restante</b>		9	Imprimir etiquetas "Grandes".	15	por DF	225						
Horas	Minutos	10	Selecionar os autocolantes que os operadores do Decals vão utilizar.	15	por DF	225						
1	2											
<b>Tempo tarefas esporádicas</b>												
Horas	Minutos											
0	60											
<b>Tempo tarefas esporádicas e regulares</b>												
Horas	Minutos											
7	28											
<b>Tempo restante (tarefas esporádicas e regulares)</b>												
Horas	Minutos											
0	2											