



Diogo Dionízio Rei

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Estudo de Melhoria de Processos numa Linha de Montagem de Bicicletas

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas,
Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Doutor Rogério Salema Araújo Puga Leal

Vogal(ais): Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas

Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Estudo de Melhoria de Processos numa Linha de Montagem de Bicicletas

Copyright © Diogo Dionízio Rei, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Terminada mais esta etapa gostaria de agradecer a todos, que de uma forma ou de outra contribuíram para a conclusão do meu percurso acadêmico.

Em primeiro lugar agradeço à Interbike e a todos os seus colaboradores, pela oportunidade concedida para a realização da presente dissertação e por toda a ajuda dada ao longo deste projeto. Em especial ao engenheiro Richard Ferreira, que se mostrou sempre disponível para me acompanhar e me ajudar.

À professora Helena Navas, que ao longo da realização desta dissertação, sempre se mostrou disponível para me ajudar e esclarecer as minhas dúvidas, partilhando os seus conhecimentos.

Um obrigado também para todos os meus amigos e colegas, com quem pude disfrutar de todo este percurso acadêmico. que tornaram toda esta experiência mais agradável e dos quais levos excelentes memórias.

Finalmente, agradeço à minha família, especialmente os meus pais, que de forma incondicional e incansável me apoiaram, durante todos estes anos de universidade e me permitiram concluir mais esta etapa na minha vida.

Resumo

Atualmente, num mundo cada vez mais global, existe a necessidade de as empresas serem mais competitivas, apresentando produtos com qualidade a preço reduzidos. Estas necessidades levam a que as empresas adotem estratégias que lhes permitam alcançar uma redução de custos, ao mesmo tempo que melhoram os seus processos produtivos.

Neste âmbito, surgiu a oportunidade de realizar um estudo do processo de montagem de bicicletas, numa linha dedicada sobretudo a bicicletas elétricas, na empresa Interbike. Neste segmento de mercado altamente competitivo, a aplicação de ferramentas analíticas da filosofia *Lean* e da metodologia TRIZ, poderá trazer elevados benefícios para a empresa.

No contexto deste estudo foram analisados os processos produtivos, de gestão e de controlo existentes na empresa e foram identificadas algumas oportunidades de melhoria. Posteriormente, foram sugeridas propostas de melhoria, tendo sempre em consideração os princípios e os fundamentos da filosofia *Lean* e da metodologia TRIZ. Foram ainda avaliadas a conveniência e a prioridade de implementação das propostas sugeridas da metodologia TRIZ e das filosofias *Lean*.

A implementação das melhorias mostrou-se relevante para a empresa, traduzindo-se num aumento da produtividade da linha de montagem, na melhoria da organização e limpeza dos postos de trabalho e na redução de defeitos durante o transporte de componentes. Após a implementação de algumas das melhorias sugeridas, houve um aumento do número de bicicletas do modelo *Greenland* em 12 unidades diárias. O resultado obtido na auditoria 5S, realizada no fim do estudo foi de 73.4%, enquanto que o resultado da auditoria inicial tinha sido de apenas 46.9%. Caso todas as melhorias propostas sejam implementadas o resultado seria de 82.8%.

Também foi desenvolvido um novo meio de transporte, especialmente criado para a movimentação de forquetas, que permitiu reduzir os defeitos originados pelo transporte inadequado.

Foram sugeridas três propostas para melhorar a comunicação e o *feedback* dado a fornecedores. Foram ainda propostas ações de formação para colaboradores e introdução de métricas e sistemas de avaliação do desempenho dos funcionários.

Palavras-chave: *Lean*; TRIZ; 5S; Melhoria contínua; Bicicleta

Abstract

Nowadays, in an increasingly global world, there is a need for companies to be successively more competitive, delivering quality products at a reduced price. These needs lead companies to adopt strategies that allows them to achieve costs reductions while improving their production processes.

Related with this theme, I had the opportunity to carry out a study in a bicycle production company, in a special line dedicated mostly to the assembly electric bicycles. This is a highly competitive market in which the application of continuous improvement tools and TRIZ methodology can bring high benefits to the company.

In the context of this study, all the processes were analyzed, as well as the main improvement opportunities, in a quest to search for the best practices to implement that could help the company to improve and optimize their processes and their situation. The next step was the recommendation of some improvement proposal, always taking into account the principles and foundations of the *Lean* philosophy and TRIZ methodology.

The application of the improvements proposals proved to be relevant to the context of the company, allowing them to increase the productivity rate of the assembly line, as well as improving the organization of the workstation, all while reducing the number of defects occurred during the transportation of one of the components.

The Assembly line balancing performed during this study helped to raise the number of bicycles assembled from 52 to 68 bicycles per day.

The outcome of the 5S audit performed at the end of the study achieved 73.4%, while the initial result was only 46.9%. If all of the proposals are implemented the expected result will be 82.8%

A new car, reserved for the transport of the forks, was also developed, which allowed the company to reduce the number of defects originated by inadequate transport.

Three proposals have been suggested to improve communication and *feedback* to suppliers. It was suggested to the company to carry out training actions and to implement metrics to evaluate the performance of their staff.

Keywords: *Lean*; TRIZ; 5S; Continuous improvement; Waste; Bike

Índice de matérias

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do tema.....	1
1.2. Objetivos e metodologia do estudo	3
1.3. Estrutura da dissertação.....	4
2. Filosofia <i>Lean</i> e metodologia TRIZ.....	7
2.1. Filosofia <i>Lean</i>	7
2.1.1. Origem e definição da filosofia <i>Lean</i>	7
2.1.2. TPS.....	9
2.1.3. Princípios do <i>Lean</i>	10
2.1.4. Os 3Ms do pensamento <i>Lean</i> e os 7 tipos de desperdício	12
2.1.5. Ferramentas <i>Lean</i>	14
2.1.6. <i>Respect for the people</i>	17
2.2. TRIZ.....	18
2.2.1. Origem da metodologia TRIZ.....	18
2.2.2. Níveis de inovação	21
2.2.3. Conceitos Fundamentais da TRIZ.....	22
2.2.4. Ferramentas e Técnicas da TRIZ.....	25
3. Caracterização da empresa	35
3.1. InterBike, LDA – <i>Coluer Bicycles</i>	35
3.1.1. Missão e valores da InterBike	36
3.1.2. Linhas de montagem e catálogos de produtos.....	37
3.1.3. Processo de montagem	38
3.2. Análise da situação inicial e identificação de problemas	45
3.2.1. Análise da <i>checklist</i>	46
3.2.2. Observação do processo de montagem	49
4. Propostas de melhoria	53
4.1. Redução dos defeitos de pintura.....	53

4.1.1. Conceção de um novo meio de transporte.....	53
4.2. Balanceamento da linha	60
4.3. Redução de desperdícios	66
4.3.1. Ferramenta 5S	66
4.4. Formação dos operadores.....	79
4.4.1. Desenvolvimento do SOP <i>Greenland</i>	79
4.4.2. Melhoria da motivação.....	80
4.5. <i>Feedback</i> a fornecedores.....	81
5. Conclusões e trabalhos futuros.....	83
5.1. Discussão de resultados e <i>Status</i> das medidas sugeridas	83
5.2. Conclusões	84
5.3. Limitações e trabalhos futuros	86
Bibliografia	89
Anexos.....	93
Anexo A- 40 Princípios inventivos	93
Anexo B- <i>Checklist</i> da bicicleta Modelo 1.....	100
Anexo C- <i>Checklist</i> da bicicleta <i>Greenland</i>	102
Anexo D- Identificação dos números utilizados no Pareto da bicicleta Modelo 1.....	104
Anexo E- Identificação dos números utilizados no Pareto da bicicleta <i>Greenland</i>	105
Anexo F-Diagrama de Pareto dos defeitos da bicicleta Modelo 1	106
Anexo G-Diagrama de Pareto dos defeitos da bicicleta <i>Greenland</i>	107
Anexo H- Formulário 5S.....	108
Anexo I- Proposta de <i>layout</i>	109
Anexo J- Auditoria Inicial 5S.....	110
Anexo K- Auditoria Final 5S (real).....	111
Anexo L- Auditoria Final 5S (hipotético)	112
Anexo M- SOP <i>Greenland</i>	113

Índice de figuras

Figura 1.1- Vendas veículos na União Europeia.....	2
Figura 1.2- Mercado global de bicicletas elétricas em 2016 e 2025	2
Figura 2.1- Estrutura do sistema de produção da Toyota.....	9
Figura 2.2- Os três tipos de processo	11
Figura 2.3- Representação dos 5 princípios do Lean.	12
Figura 2.4- Muda, muri e muda.....	14
Figura 2.5- Esquema representativo do 5S.....	15
Figura 2.6- Modelo genérico de resolução de problemas	20
Figura 2.7- Ferramentas TRIZ mais pesquisadas.....	26
Figura 2.8- Sistema técnico completo	26
Figura 2.9- Solução geral 1	28
Figura 2.10- Solução geral 2	28
Figura 2.11- Solução geral 3	29
Figura 2.12- Solução geral 4	29
Figura 2.13- Solução geral 5	29
Figura 2.14- Solução geral 6	30
Figura 2.15- Solução geral 7	30
Figura 3.1- Exemplos de bicicletas da Coluer.....	35
Figura 3.2- Bicicleta modelo 1.....	38
Figura 3.3- Bicicleta Greenland.	38
Figura 3.4- Fluxograma de processos da bicicleta Modelo 1.....	39
Figura 3.5- Pré-montagens realizadas na preparação do Modelo 1.....	39
Figura 3.6- Fluxograma do processo de montagem da bicicleta modelo 1, na linha L2.....	40
Figura 3.7- Fluxograma do processo de montagem da bicicleta modelo 1, no chão.....	41
Figura 3.8- Fluxograma do processo de embalagem da bicicleta Modelo 1.....	42
Figura 3.9- Esquema de montagem bicicleta Greenland na linha L2.....	43
Figura 3.10- Fluxograma dos processos de montagem da bicicleta Greenland.	44
Figura 3.11- Pré-montagens realizadas para a bicicleta Greenland.	44
Figura 3.12- Fluxograma do processo de montagem da bicicleta Greenland, na linha L2.	45
Figura 3.13- Exemplo da checklist preenchida da bicicleta Greenland.	46
Figura 4.1- Carro das forquetas inicial.....	53
Figura 4.2- Vista frontal do carro das forquetas.....	59
Figura 4.3- Vista lateral do carro das forquetas.	59
Figura 4.4- Solução geral número 2.	61

Figura 4.5- Esquema de montagem no modelo Greenland, após balanceamento.	65
Figura 4.6- Carro das forquetas.....	67
Figura 4.7- Carro dos quadros.....	67
Figura 4.8- Bancada de trabalho.	68
Figura 4.9- Carro das rodas traseiras.....	68
Figura 4.10- Carro dos guiadores.....	69
Figura 4.11- Linha L2.	70
Figura 4.12- Estante da empresa Interbike.....	70
Figura 4.13- Prensa de cartão, rebarbadora e bancada de trabalho.	71
Figura 4.14- Zonas de arrumação definidas no novo layout.	71
Figura 4.15- Zonas de arrumação temporária.	73
Figura 4.16- Recipiente para o lixo colocado próximo ao posto de trabalho.....	74
Figura 4.17- Ferramentas atribuídas a um posto de trabalho.	75
Figura 4.18- Versão resumida do SOP.....	76
Figura 4.19- Componentes junto ao posto.....	77
Figura 4.20- Material de limpeza.	77
Figura 4.21- Comparação de desempenhos entre as auditorias.....	78
Figura 4.22- Exemplo de uma página do SOP Greenland.	79

Índice de tabelas

Tabela 2.1- Comparação entre a produção em massa e produção Lean.....	8
Tabela 2.2- Níveis de inovação	21
Tabela 2.3- Notação Utilizada nos Modelos de Substância-Campo.	27
Tabela 2.4- Classes das soluções-padrão.	28
Tabela 2.5- 39 Parâmetros de engenharia	31
Tabela 2.6- 40 princípios inventivos	32
Tabela 3.1- Dados auxiliares da checklist da bicicleta Modelo 1.	47
Tabela 3.2- Dados auxiliares da checklist da bicicleta Greenland.	47
Tabela 3.3- Ferramenta 5 porquês aos defeitos comuns aos dois modelos.	48
Tabela 3.4- Ferramenta 5 porquês em cada um dos modelos.....	49
Tabela 3.5- Tarefas pertencentes a cada posto e tempos médios.	52
Tabela 4.1- Características do carro das forquetas inicial	53
Tabela 4.2- Parâmetros identificados para matriz idealidade.....	54
Tabela 4.3- Matriz idealidade.....	55
Tabela 4.4- Matriz de contradições, baseada na matriz idealidade.	58
Tabela 4.5- Características do carro das forquetas.	60
Tabela 4.6- Tarefas e respectivas precedências da bicicleta Greenland.	61
Tabela 4.7- Tempos individuais de cada tarefa.	63
Tabela 4.8- Tempos cronometrados na situação final.	64
Tabela 4.9- Comparação entre a situação inicial e final.....	65
Tabela 5.1- Status de aplicação das medidas sugeridas.	83

Lista de Siglas e Acrónimos

5S- *Seiri; Seiton; Seiso; Seiketsu; Shitsuke*

BMX- *Bicycle Motocross*

JIT- *Just in Time*

MRP- *Material Requirements Planning*

SOP- *Standard Operating Procedure*

TPS- *Toyota Production System*

TRIZ- *Teorija Reschenija Izobretatel'skich Zodac*

WIP- *Work-in-Progress*

URSS- *União das Repúblicas Socialistas Soviéticas*

TOC- *Theory of Constraints*

QFD- *Quality Function Deployment*

ARIZ- *Algorithm for Inventive Problem Solving*

1.Introdução

No presente capítulo, pretende-se fazer um enquadramento geral sobre o tema abordado ao longo desta dissertação, bem como apresentar quais os objetivos e a metodologia do estudo. A última parte deste capítulo encontra-se reservada para a apresentação da estrutura geral da dissertação.

1.1.Enquadramento do tema

Numa altura em que a competitividade entre empresas é cada vez maior, surge a necessidade de estas serem sucessivamente mais eficientes e de melhorarem os seus processos. Uma das maneiras para alcançar estes objetivos é através da aplicação das metodologias *Lean* e da inovação alcançada através das diversas ferramentas da TRIZ (*Teorija Reschenija Izobretatel'skich Zodac*).

O pensamento *Lean* aparece como uma cultura operacional que visa a aproximação da performance produtiva das empresas aos requisitos dos seus clientes através da redução de desperdícios, isto é, tudo o que não acrescenta valor ao produto final. Este tipo de metodologia tem vindo a afirmar-se, tendo uma enorme relevância nos vários setores da indústria, visto que possibilita uma melhoria significativa do funcionamento das empresas, com investimentos quase nulos, envolvendo toda a organização na criação de valor, redução de desperdícios e procura da perfeição.

Por outro lado, a metodologia TRIZ auxilia-nos ao longo do processo de inovação, através da utilização de um conjunto de ferramentas, que são utilizadas para gerar soluções para os problemas detetados. A aplicação simultânea e conjunta destas duas metodologias, podem auxiliar, deste modo as organizações para que se tornem mais competitivas, através da otimização dos seus processos e redução de desperdícios.

A empresa escolhida para a realização do estudo e implementação das propostas de melhoria foi a Interbike, Lda. Esta empresa foca-se no setor do ciclismo, tendo já uma vasta experiência na montagem de bicicletas e contando atualmente com 30 colaboradores. Este é um

setor que se encontra em crescimento, especialmente a gama de bicicletas elétricas, tal como se pode verificar através da figura 1.1.

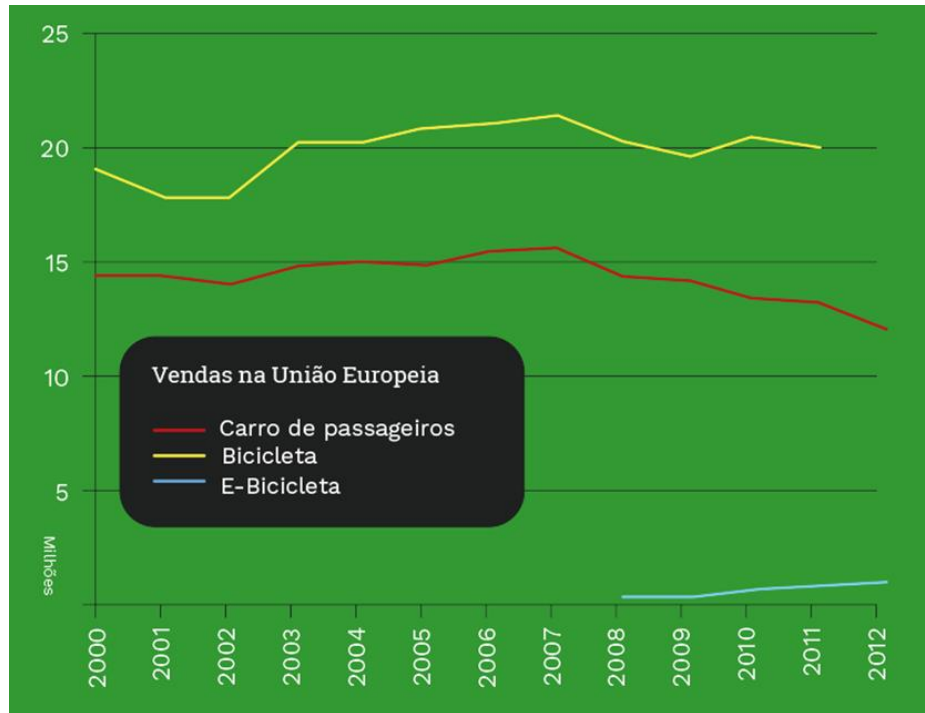


Figura 1.1-Vendas veículos na União Europeia (adaptado de Portugal Bike Value, nd).

Uma vez que este estudo se focou numa linha de montagem direcionada para as bicicletas elétricas importa também quantificar este mercado. Recorrendo às previsões apresentadas na figura 1.2, é possível confirmar que este crescimento se manterá nos próximos anos, havendo uma expansão do mercado de mais de 8 mil milhões de dólares americanos. Deste modo, caso a Interbike consiga apresentar processos competitivos e produtos que os clientes considerem ser superiores à concorrência, poderá beneficiar do crescimento do mercado.

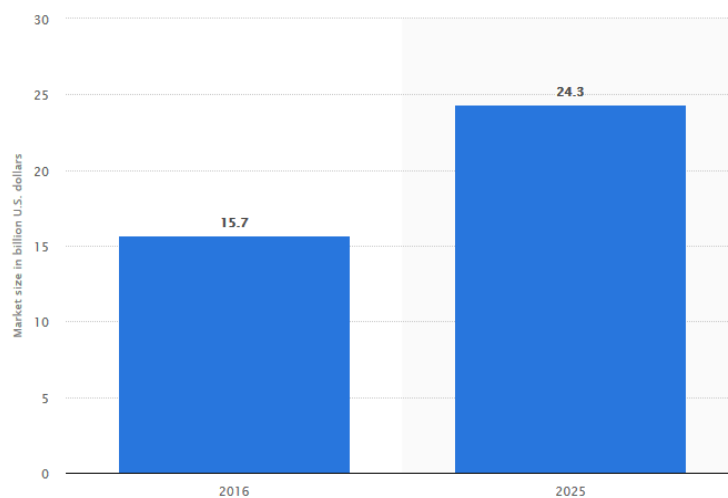


Figura 1.2- Mercado global de bicicletas elétricas em 2016 e 2025 (adaptado de Statista, 2016)

1.2. Objetivos e metodologia do estudo

Este estudo tinha como principais objetivos a redução dos desperdícios e a melhoria de produtividade do processo de montagem de bicicletas na empresa Interbike, em especial na linha L2. Para se alcançar estes objetivos recorreu-se à filosofia *Lean* e às ferramentas da metodologia TRIZ, tendo sido seguidas um conjunto de etapas.

A primeira etapa realizada foi a caracterização do processo produtivo utilizado na montagem, quer da bicicleta Modelo 1, quer da bicicleta *Greenland*. Para realizar esta caracterização, foram estudados os processos e as tarefas realizadas pelos operadores, foram analisadas as técnicas de gestão e de controlo, foi observado o processo de montagem, foram consultados os documentos de apoio da empresa para os modelos em estudo e foi realizado um *brainstorming* com os colaboradores.

Numa segunda etapa deste estudo, através de um conjunto de técnicas analíticas tais como a análise substância-campo, entrevistas, *brainstorming*, auditoria 5S (*Seiri; Seiton; Seiso; Seiketsu; Shitsuke*), fluxogramas e consulta de documentos da empresa, foram identificadas as oportunidades de melhoria sobre as quais se poderia atuar.

Para as oportunidades de melhoria identificadas na fase anterior, aplicou-se a ferramenta 5 Porquês. Esta ferramenta permite avaliar se os problemas encontrados, são de fato a causa-raiz ou apenas um efeito. Recorreu-se ainda às *checklists*, onde estão registados os defeitos e não-conformidades da bicicleta Modelo 1 e *Greenland*, e organizou-se os dados num diagrama de Pareto, que permitiu priorizar os defeitos.

Na fase seguinte deste estudo, foram elaboradas as propostas de melhoria para a empresa Interbike. Estas propostas incluem o desenvolvimento de um meio de transporte, para movimentar as forquetas, a melhoria na limpeza e organização da linha L2, a melhoria na motivação dos colaboradores, melhoria no *feedback* a fornecedores, o balanceamento da linha e por fim, o desenvolvimento de um SOP (*Standard Operating Procedure*).

A fase número cinco realizada durante este estudo correspondeu ao acompanhamento e à monitorização da implementação das propostas de melhoria, que tinham sido sugeridas anteriormente.

Posteriormente, na fase seguinte, foram analisados os resultados da implementação das propostas de melhoria. Uma destas análises foi realizada através de uma auditoria 5S, que obteve um aumento significativo para a empresa. Outra foi realizada recorrendo à comparação dos

valores do número de bicicletas *Greenland* montadas antes e depois da aplicação das propostas de melhoria.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos:

1. Introdução;
2. Revisão da literatura;
3. Caracterização da empresa;
4. Propostas de melhoria;
5. Conclusões e trabalhos futuros.

O primeiro capítulo corresponde à introdução onde é indicado o enquadramento do tema, a metodologia e a forma como a presente dissertação se encontra organizada.

No segundo capítulo desenvolveu-se sobre as metodologias que foram utilizadas ao longo deste estudo. Primeiramente aborda-se a filosofia *Lean* e os fundamentos associados, bem como as ferramentas que foram aplicadas. Numa segunda fase, aborda-se a metodologia TRIZ, sendo explicitadas as várias ferramentas e técnicas que foram aplicadas na realização desta dissertação.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa Interbike, local onde foi realizado o presente estudo, bem como os diferentes processos de montagem da bicicleta Modelo 1 e *Greenland*. É ainda analisada a situação inicial da empresa, baseada na avaliação das folhas de verificação de qualidade (*checklists*) e nas observações feitas durante o processo de montagem.

O quarto capítulo incide na apresentação das propostas de melhoria para os problemas identificados no terceiro capítulo. As medidas sugeridas foram baseadas nas metodologias e ferramentas apresentadas anteriormente.

O quinto capítulo serve para retirar conclusões finais e avaliar qual o *status* das medidas sugeridas. Também são verificadas as limitações do estudo apresentado e as perspetivas para trabalhos futuros.

Por fim, é possível encontrar a informação relevante em anexo, que devido à sua extensão, não foi possível incluir nos capítulos referidos anteriormente. Estes anexos estão estruturados da seguinte maneira:

Anexo A- 40 Princípios inventivos;

Anexo B- *Checklist* da bicicleta Modelo 1;

Anexo C- *Checklist* da bicicleta *Greenland*;

Anexo D- Identificação dos números utilizados no Pareto da bicicleta Modelo 1;

Anexo E- Identificação dos números utilizados no Pareto da bicicleta *Greenland* ;

Anexo F-Diagrama de Pareto dos defeitos da bicicleta Modelo 1;

Anexo G-Diagrama de Pareto dos defeitos da bicicleta *Greenland*;

Anexo H- Formulário 5S;

Anexo I- Proposta de *layout*;

Anexo J- Auditoria Inicial 5S;

Anexo K- Auditoria Final 5S (real);

Anexo L- Auditoria Final 5S (hipotético);

Anexo M- SOP *Greenland*.

2. Filosofia *Lean* e metodologia TRIZ

Ao longo deste capítulo será efetuada a revisão da literatura da filosofia *Lean* e da metodologia TRIZ, utilizadas ao longo deste estudo.

2.1. Filosofia *Lean*

O presente subcapítulo debruça-se sobre os conceitos fundamentais da filosofia *Lean*.

2.1.1. Origem e definição da filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* teve a sua origem no século XX, na parte final dos anos quarenta, no Japão. Muitas vezes era apelidado de TPS, ou na sua forma extensa *Toyota Production System*, foi fundado por Taiichi Ohno (Womack *et al.*, 2007).

Este sistema diferia bastante dos métodos de produção que tinham sido implementados por Henry Ford, nas empresas *General Motors* e *Ford Motor Company*, no início do século XX. A produção de automóveis, que era realizada em massa, veio mudar o paradigma que estava previamente em vigor. Com a introdução da produção em série passaram a ser utilizadas oficinas de maiores dimensões e mão de obra com uma menor qualificação, a qual tinha associado um custo inferior (Pinto, 2008). Este tipo de produção em massa estava sobretudo presente na indústria automóvel americana e europeia, era realizada em torno de um elevado número de *stocks*, sendo baseado em sistemas complexos e num planeamento dos materiais necessários (MRP- *Material Requirements Planning*) (Melton, 2005).

Associado aos processos implementados por Henry Ford aumentou exigência dos clientes, que começaram a querer um produto final que fosse de acordo aos seus padrões e necessidades, com uma qualidade superior e com preços mais reduzidos (Pinto, 2008). No entanto, segundo Womack *et al.* (2003), esta variabilidade apresentava grandes dificuldades para os sistemas de produção em massa, já que os produtos resultantes eram limitados a uma produção padronizada. Com o aumento do número de produtos existentes no mercado, as empresas começaram a adotar novas estratégias comerciais, para que pudessem vender os seus produtos mantendo a competitividade num mercado cada vez mais disputado. Isto, levou as empresas a tentarem arranjar soluções que combatessem os desperdícios, indo de encontro às expectativas dos seus clientes, procurando novas formas de produção.

Quando em 1929, Kiichiri (filho de Sakiichi Toyoda – fundador da *Toyota*) visitou os Estados Unidos da América para observar o processo de produção e tentar replicá-la no Japão, concluiu que esta era incompatível com a realidade japonesa, uma vez que as fábricas japonesas

não eram competitivas o suficiente para disputar o mercado com as empresas americanas. Após uma fase de reestruturação na empresa japonesa, onde aconteceram alguns despedimentos, os responsáveis da *Toyota* chegaram à conclusão que teriam que alterar o seu método de fabrico, pois não seriam capazes de replicar a maneira como a *Ford* produzia. Alguns dos requisitos que foram definidos pelos dirigentes foi que a produção teria que ser mais flexível, apresentar um custo inferior, uma qualidade superior e os desperdícios teriam que ser minimizados (Dekier, 2012).

Segundo Melton (2005) o TPS (*Toyota Production System*), que não dependia de um ciclo de produção com uma longa duração, oferecia uma maior flexibilidade e apresentava ainda uma eficiência superior. A melhoria na qualidade era obtida principalmente devido á redução no número de falhas e dos processos de correção de defeitos. Outra das características deste sistema era a redução dos custos (investimento, não qualidade, serviços, manutenção de equipamentos, matérias-primas e horas extras realizadas pelos operadores), tempos de entrega, quantidade de produto acabado, entre outros tipos de desperdícios, mas também aumentar a taxa de disponibilidade dos equipamentos (Womack *et al.*, 2007).

Uma comparação de alguns pontos entre a produção em massa e a produção *Lean* é apresentada na tabela 2.1.

Tabela 2.1- Comparação entre a produção em massa e produção *Lean* (adaptado de Melton, 2005).

	Produção em massa	Produção <i>Lean</i>
Desenvolvido por:	Henry Ford	<i>Toyota</i>
Responsáveis pelo design:	Trabalhadores especializados numa função	Equipas com capacidades a diferentes níveis na organização
Operadores:	Com baixa ou nenhuma qualificação	Equipas com capacidades a diferentes níveis na organização
Equipamento:	Máquinas caras com uma só função	Sistemas de produção manuais e automáticos flexíveis
Métodos de produção:	Elevado volume de produtos padronizados	Produtos que o cliente encomendou
Filosofia organizacional:	Hierárquica	Fluxos de valor, que distribuem as responsabilidades pelos diversos níveis da organização
Filosofia:	Bom é suficiente	Busca pela perfeição

2.1.2.TPS

O TPS foi evoluindo com o passar dos anos, estando assente em 2 pilares principais, que são evidenciados na figura 2.1.

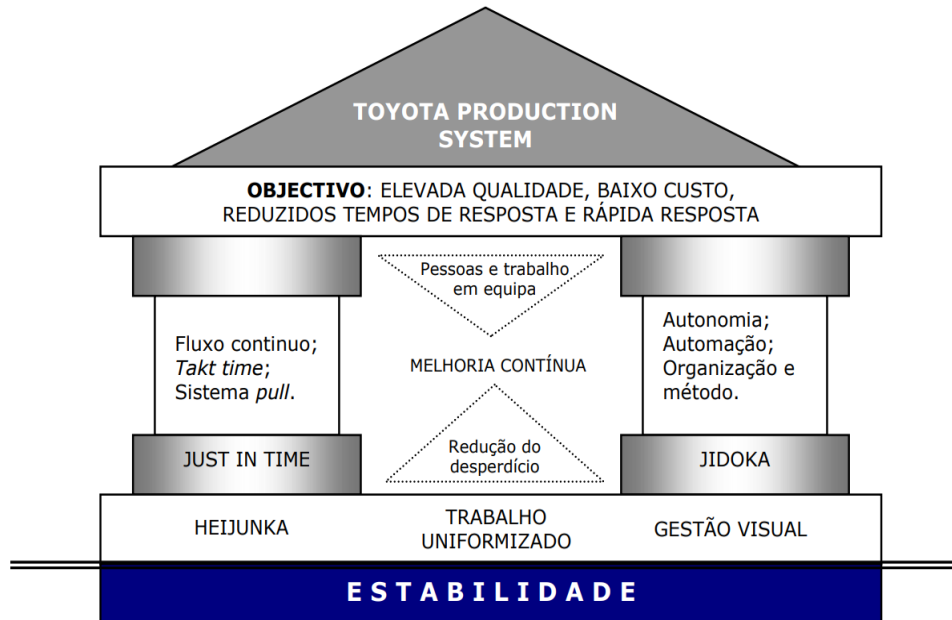


Figura 2.1- Estrutura do sistema de produção da Toyota (Pinto, 2008).

JIT

Just-in-time, ou na sua versão abreviada JIT, é um dos fundamentos da estrutura do TPS, que defende que o fluxo de materiais e de informação deverá ser contínuo e estar disponível na hora certa, isto é, nem mais cedo nem mais tarde e na quantidade correta (Pinto, 2008).

Os elementos principais desta filosofia foram sumarizados por Womack *et al.* (2003):

- Fluxo contínuo- no qual a informação e os materiais são fornecidos de maneira contante;
- Produção *Pull*- este princípio defende que quem “puxa” a produção é o cliente, isto é, o produto só é começado a ser produzido quando se recebe a encomenda do cliente;
- *Takt time*- tempo de ciclo ajustado á procura, isto é, o tempo disponível para realizar a produção dividido pela procura do mercado.

Liker (2004) defendeu que a implementação desta filosofia tem como metas atingir zero defeitos, zero *stocks*, tempos de *setup* nulos e zero movimentações.

Verificou-se que o JIT apresenta vantagens comparativamente a outras filosofias, permitindo reduzir o nível de *stocks* e os seus custos associados. Outras das vantagens são a redução do tempo de aprovisionamento dos produtos, redução do tempo perdido com atividades

que não acrescentam valor ao produto e um melhor conhecimento dos problemas existentes, todas estas vantagens provocam um aumento na qualidade final do produto (Imai, 1986).

Jidoka

Outro pilar do TPS é o *Jidoka*, que consiste na transferência do controlo de qualidade para as máquinas, sendo destas a responsabilidade pela deteção de desvios e falhas que estejam presentes no produto. As máquinas têm capacidade de parar as linhas de produção de maneira autónoma, para que o problema possa ser corrigido, fazendo com que a sua resolução seja mais rápida e eficaz, evitando a propagação de defeitos ao longo da linha. (Wilson, 2010). Deste modo é possível a um só operador supervisionar inúmeras máquinas (Womack *et al.*, 2003). Outra das vantagens associadas a este princípio é o fato de ser reduzido o inventário em processo, conhecido por WIP (*Work-in-Progress*), levando a uma redução do *lead time* (corresponde ao tempo entre o momento do pedido realizado pelo cliente e a sua entrega), devido á eliminação dos tempos não produtivos, um menor investimento (uma vez que são adaptados os equipamentos já existentes) e um aumento da produtividade (Pinto, 2008).

Resumindo, o TPS é um sistema que foi desenvolvido para fornecer ás pessoas as técnicas e as ferramentas necessária para a realização do seu trabalho, promovendo a melhoria contínua e permitindo o aperfeiçoamento do seu desempenho. Este modelo, causa uma maior dependência nas pessoas e nas suas habilidades (Liker, 2004).

2.1.3.Princípios do *Lean*

Womack *et al.* (2003) identificaram os princípios *Lean* como sendo:

Valor- este princípio defende que a empresa deverá saber exatamente qual o valor do produto para o cliente (Dekier, 2012). Esta definição difere da definição tradicional, onde o valor era resultante da adição do custo de fabrico com uma margem de lucro pretendida. Deste modo, o consumidor assumiria todo os custos do processo produtivo, mesmo que este fosse ineficiente (Ohno, 1988)

Cadeia de valor- para Pinto (2008) uma cadeia de valor é o conjunto de todas as ações necessárias para que as ordens dadas pelos clientes sejam satisfeitas. Womack *et al.* (2003) observaram que caso se analisasse toda a cadeia de valor era possível separar os processos em três tipos diferentes:

- Processos que geram valor;
- Processos que não acrescentam valor, mas que são essenciais para o correto funcionamento de outras atividades e para a qualidade do produto;

- Processos que não acrescentam valor e que deverão ser eliminados o mais cedo possível.

Estes três tipos de processos encontram-se esquematizados na figura 2.2.

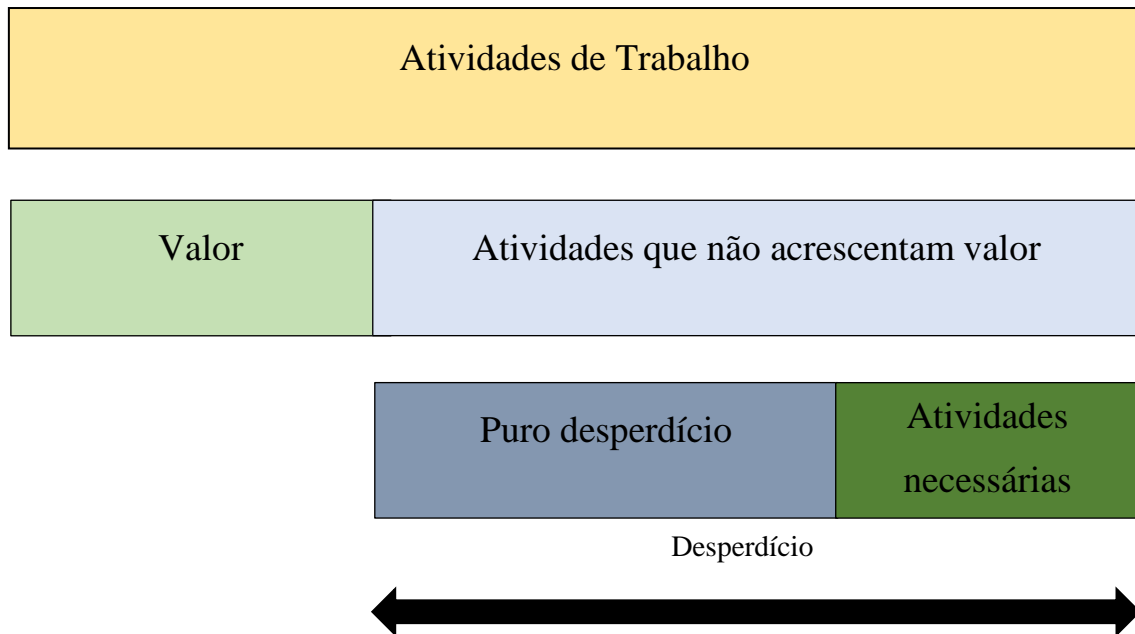


Figura 2.2- Os três tipos de processo (adaptado de Pinto, 2008).

Numa empresa tradicional o desperdício pode representar até 95% do tempo total da empresa. O mais comum é que as empresas foquem os seus recursos nos restantes 5%, visando aumentar a produtividade, ignorando o ganho potencial, que as atividades de valor não acrescentando apresentam (Pinto, 2008).

Fluxo- após a correta identificação da cadeia de valor e do valor, o próximo passo é criar um fluxo. Este é descrito por produzir unicamente o que é necessário, na altura em que é preciso, eliminando todos os desperdícios que surjam (Womack *et al.*, 2003). Esta eliminação de desperdícios e de atividades que não acrescentam valor tem como objetivo criar um fluxo que seja o mais fluído e constante possível e que possibilite fabricar produtos e serviços à medida que estes são solicitados pelo cliente (Pinto, 2008).

Puxar- este princípio defende que a empresa deverá deixar o cliente gerar a procura que vai iniciar a produção (Dekier, 2012). Deste modo apenas vai ser produzido o necessário, ou seja, o que o cliente necessita, que será posteriormente entregue na quantidade necessária, na altura em que o cliente pediu. Isto permite evitar a acumulação de *stocks* (Pinto, 2008).

Perfeição- a procura pela perfeição do projeto é algo que deverá estar sempre presente nos horizontes da empresa, esta etapa será atingida após a aplicação dos vários requisitos referidos anteriormente, permitindo inovar e melhorar processos, mas também eliminar todas as atividades que não acrescentam valor e geram desperdício.

Deste modo, através da análise dos princípios podemos facilmente constatar que a filosofia *Lean* visa aumentar a criação de valor, quer seja através da redução de desperdícios, e de atividades que não acrescentam valor, quer seja fazendo mais com menos, isto é, utilizando de maneira mais eficientes os recursos ao qual a organização já tem acesso.

Na figura 2.3 estão representados os 5 princípios fundamentais nos quais a filosofia *Lean* está inspirada.

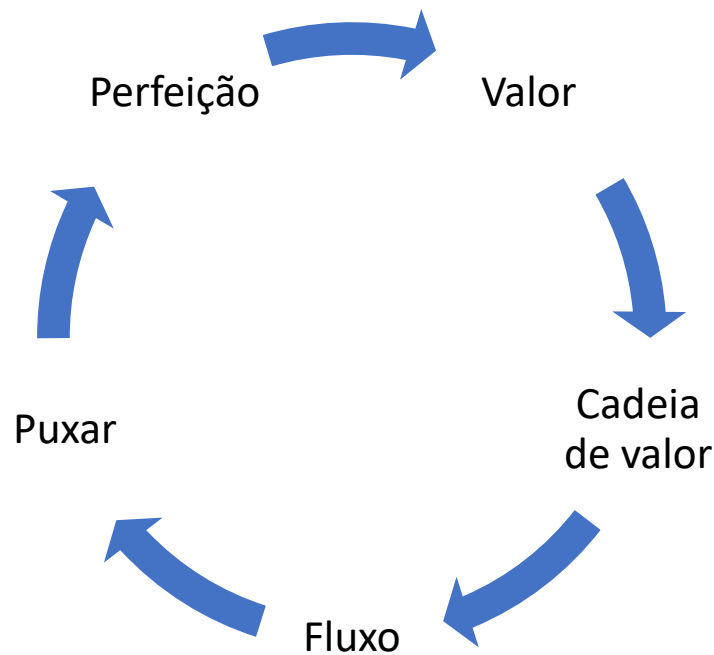


Figura 2.3- Representação dos 5 princípios do Lean.

2.1.4.Os 3Ms do pensamento *Lean* e os 7 tipos de desperdício

Outro dos pontos associados ao sistema produtivo da *Toyota* são os chamados 3 Ms, que descrevem coletivamente formas de desperdício que deverão ser eliminadas (Marchwinski *et al.*, 2008).

Mura representa a variabilidade e a flutuação existente num processo, havendo alturas em que a capacidade não é utilizada e outros em que não é suficiente, um exemplo desta situação acontece quando um operário se apressa, na sua cadência e depois necessita de esperar (Marchwinski *et al.*, 2008).

Muri representa a falta de capacidade e a conseqüente sobrecarga de um equipamento, o qual resulta num esforço extra para o operador (Marchwinski *et al.*, 2008).

Muda, que pode ser traduzido como desperdício, é definido como uma atividade que não acrescenta qualquer valor ao processo produtivo e que consome recursos que poderiam ser utilizados para outras tarefas. Ohno (1988) identificou os sete tipos de desperdícios associados ao Muda:

- Excesso de produção

Representa o excesso de produção realizada pelo operador, um exemplo desta situação acontece quando um operário em vez de se esperar pelo próximo trabalho, começa a realizar o trabalho seguinte, este tipo de desperdício origina um aumento nos produtos em *stocks* e uma maior utilização dos meios de transporte (Ohno, 1988).

- Excesso de *stocks*

Ocorre quando são armazenados em excesso produtos, matérias-primas e materiais intermédios, que acarretam custos para a empresa (Melton, 2005).

- Transportes

Pode ser realizado por pessoas, materiais e informações e resulta em capital, tempo e energia despendida (Pinto, 2008).

- Tempos de espera

São os períodos de tempo em que as pessoas, máquinas, equipamentos e peças estão parados, resultando em *lead times* com maior duração e fluxos variáveis (Pinto, 2008).

- Sobre processamento

Corresponde à realização de processamento desnecessário ou incorretos, causado normalmente por ferramentas de qualidade reduzida ou por um design inadequado (Marchwinski *et al.*, 2008).

- Movimentações desnecessárias

Os operadores realizam movimentos que não acrescentam valor, tais como procurar por peças, ferramentas, documentos, etc (Marchwinski *et al.*, 2008).

- Defeitos

Erros ocorridos durante o processo de fabrico, o qual vai requerer trabalho adicional, pode ser causado por material com especificações incorretas, dados com erros ou falhas na comunicação (Melton, 2005).

Womack *et al.* (2003), identificaram mais um tipo de desperdícios que foi designado como criatividade desperdiçada, que representa o não aproveitamento e conseqüentemente a perda de ideias, habilitações e oportunidades de melhoria.

Na figura 2.4 apresenta-se uma situação que visa exemplificar os 3Ms. Neste caso é necessário efetuar a expedição de seis toneladas de encomendas e cada caminhão tem apenas três toneladas de capacidade.

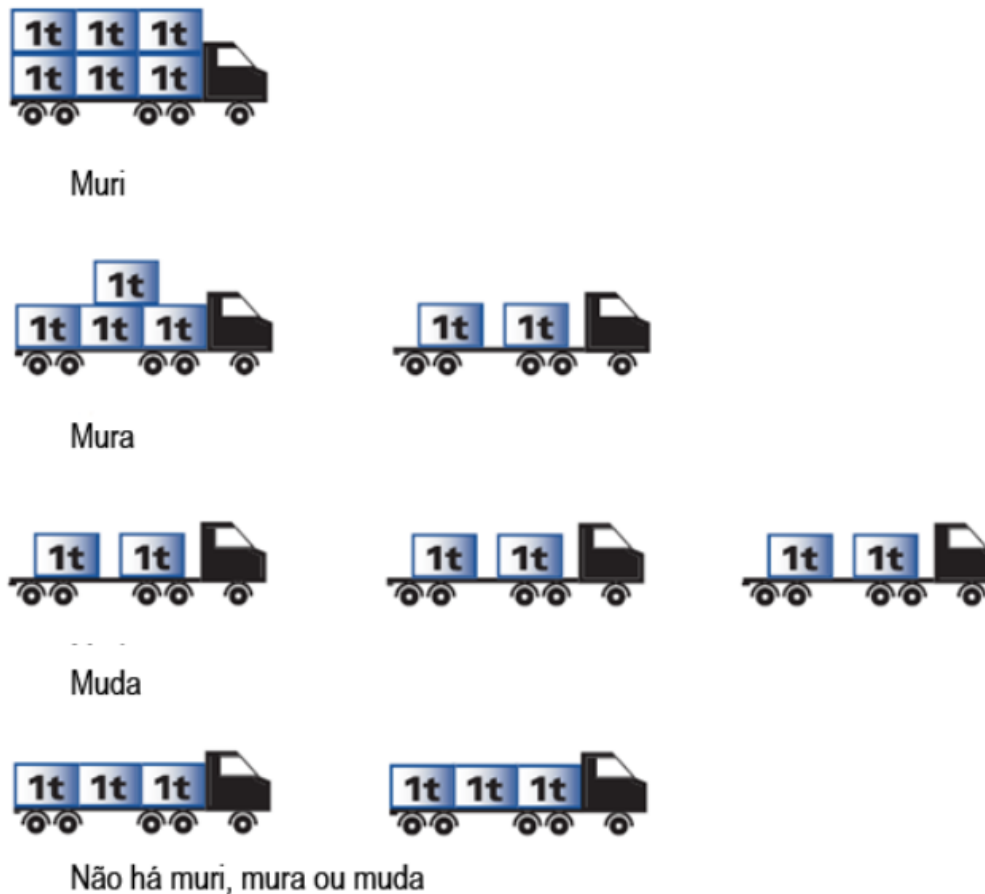


Figura 2.4- Muda, muri e muda (adaptado de Marchwinski *et al.*, 2008).

2.1.5. Ferramentas *Lean*

Associado à filosofia *Lean* existe um leque variado de ferramentas analíticas que podem ser aplicadas visando reduzir o desperdício e aumentar a criação de valor. Neste capítulo apenas serão abordadas as ferramentas que foram utilizadas na realização deste estudo.

5S

A ferramenta 5S visa criar postos de trabalho mais eficientes, seguros e organizados, e apesar de ser aplicada na fábrica, os seus efeitos são sentidos por toda a organização (Pinto, 2008)

O seu nome provém de cinco palavras em japonês:

- *Seiri* (organização)

Representa a capacidade da empresa em distinguir o que é necessário e deve ser mantido do que é desnecessário e deve ser descartado (Hirano, 1995).

- *Seiton* (arrumação)

Representa a disposição e a forma com que os produtos são arrumados. O objetivo é que qualquer pessoa saiba onde os vários produtos estão localizados (Hirano, 1995).

- *Seiso* (limpeza)

Representa o senso de que a limpeza é essencial para a melhoria, uma vez que transmite uma mensagem a todos que trabalham no lugar de que ali, se procura trabalhar com qualidade (Pinto, 2008).

- *Seiketsu* (uniformização)

Representa as normas de trabalho que deverão ser cumpridas por todos. Estas normas têm como objetivo garantir que a cultura de limpeza não será perdida com o passar do tempo (Gapp *et al.*, 2008).

- *Shitsuke* (disciplina)

Representa o senso da responsabilidade e significa trabalhar de forma consistente com as regras definidas pela organização, mantendo os padrões de arrumação e limpeza (Pinto, 2008).

Na figura 2.5 é mostrado um esquema com os 5 princípios integrantes da ferramenta 5S.



Figura 2.5- Esquema representativo do 5S (adaptado de Marchwinski *et al.*, 2008).

Gestão visual

Pinto (2009) definiu que a gestão visual é uma ferramenta que traduz o estado em que o sistema se encontra, em tempo real. Deste modo, as ferramentas analíticas, atividades, indicadores de produção e outros constituintes do sistema devem ser colocados em locais onde possam ser facilmente vistos por toda a gente envolvida no sistema (Marchwinski *et al.*, 2008).

Segundo Hall (1987) os objetivos que a gestão visual visa alcançar são:

- Maior autonomia por parte dos operários, tendo eles maior responsabilidade na tomada de decisão;
- Melhor comunicação entre as chefias e os operadores;
- Maior partilha de informação ao longo dos vários níveis organizacionais;
- Informação mais simples e visual.

A implementação destes sistemas simples e intuitivos ajudam os operários a melhor gerir e controlar os processos, evitando erros e desperdícios (Pinto, 2008).

Trabalho padronizado

O trabalho padronizado é uma das bases do sistema produtivo da *Toyota* e o seu objetivo é uniformizar ou normalizar as operações, isto significa que todos deverão fazer tudo da mesma maneira, seguindo as mesmas sequências e com recurso às mesmas ferramentas (Pinto, 2008). Marchwinski *et al.* (2008) verificaram que estes procedimentos deveriam ser elaborados com base em três elementos distintos:

- *Takt time*;
- A sequência de trabalho na qual o operador realiza as tarefas;
- Inventário constante e padrão, que incluiu as unidades necessárias para manter as máquinas a funcionar sem qualquer problema.

Segundo Dennis (2002) é essencial que os operadores participem na criação destes procedimentos, uma vez que irá permitir a criação de normas mais eficazes e adaptadas ao ambiente de trabalho, bem como integrar mais os operadores no processo produtivo.

As principais vantagens destacadas por Dennis (2002) são:

- Processo mais estável, que pode ser repetido várias vezes, mantendo os padrões de qualidade, custo, segurança, etc;
- Melhor controlo sobre a produção;
- Detecção de problemas facilitada;

- Preservação do *know-how*, uma vez que o processo é descrito de forma exaustiva por procedimentos e normas;
- Facilidade no treino de trabalhadores.

Deste modo, o trabalho padronizado assume-se como um fator importantíssimo para a produção *Lean*, permitindo acrescentar valor ao produto, reduzindo a variabilidade e o desperdício (Spear *et al.*, 1999).

SOP

SOP, ou *Standard Operating Procedures* são um conjunto de instruções que descrevem de forma clara, cada passo necessário para completar um trabalho ou uma operação. A sua interpretação deve ser de fácil compreensão, para que qualquer pessoa que esteja a realizar a tarefa seja capaz de saber como atuar (U.S. Environmental Protection Agency, 2007)

Segundo U.S. Environmental Protection Agency (2007) existem inúmeras vantagens no desenvolvimento de um SOP, tais como:

- Minimiza a variabilidade;
- Facilita a formação de novos operadores;
- Protege a companhia da perda de *know-how*;
- Eliminação/redução de erros por desatenção ou esquecimento;
- Permite reduzir a dependência na memória.

2.1.6. Respect for the people

O princípio *Respect for the people* está assente em duas partes principais, o respeito e o trabalho em equipa. O respeito pode ser definido como a atitude de valorização das restantes pessoas, realizando todos os esforços possíveis para tentar construir uma relação de respeito mútuo e confiança. Por outro lado, o trabalho em equipa pode ser descrito como a partilha de oportunidades de desenvolvimento, que são compartilhadas entre os colaboradores e que contribuem para o seu crescimento pessoal e profissional, melhorando o espírito de equipa e aumentando a produtividade (Liker, 2004).

Segundo Liker (2004) os princípios *do Respect for the people* deverão ser seguidos por todos os colaboradores e por todos os *stakeholders*, para que toda as pessoas da organização se possam sentir valorizadas.

Para Kaplan *et al.*, (1996) a satisfação dos empregados para com o seu empregador é influenciada pelos seguintes fatores:

- A sua influência e participação nas decisões tomadas pela empresa;
- O reconhecimento e *feedback* recebido;
- A informação disponível e formação para a realização do seu trabalho;
- Os estímulos para se ser criativo e assumirem a tomada de decisões;
- A satisfação de um modo global em relação à empresa.

Sem o envolvimento dos colaboradores, sem o seu apoio e a sua motivação não é possível implementar uma cultura *Lean* na empresa, podendo na verdade levar a que sejam criados desperdícios caso as pessoas estejam descontentes e insatisfeitas com a empresa.

2.2. TRIZ

O presente subcapítulo debruça-se sobre os conceitos fundamentais associados à metodologia TRIZ.

2.2.1. Origem da metodologia TRIZ

TRIZ (*Teorija Reschenija Izobretatel'skich Zodac*) representa a abreviação do que pode ser traduzido do russo como teoria inventiva de resolução de problemas. Esta teoria foi desenvolvida por Genrich Altshuller, que a começou a desenvolver em 1946, na antiga URSS. Apesar de ter alcançado sucesso na ex-URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas), a TRIZ é relativamente desconhecida no mundo ocidental, isto deveu-se a inúmeros fatores políticos e económicos que levavam a que fosse difícil partilhar conhecimento com os restantes países. No entanto, a partir de 1990 o número de empresas que aplicam esta metodologia para alcançarem soluções novas e inovadoras aumentou (Savranski, 2000). Uma das explicações para este aumento de utilizadores é o fato de esta teoria ser utilizada como complemento para outras filosofias tais como o TOC (*Theory of Constraints*), seis sigma, QFD (*Quality Function Deployment*), esta aplicação conjunta de vários métodos permite aumentar a eficiência dos sistemas. (Rantanen *et al.*, 2010). As soluções alcançadas através da aplicação da metodologia TRIZ acelera e melhora o processo de resolução de problemas nas diversas áreas de atividade (Navas, 2014a).

A TRIZ consiste num conjunto de ferramentas e técnicas que resultaram do estudo de milhares de patentes, estas foram analisadas de forma rigorosa e científica, portanto a TRIZ corresponde a um método analítico que proporciona um retorno rápido e fácil (Barry *et al.*, 1996). A TRIZ tem como objetivo o auxílio na elaboração de projetos, onde as simples práticas de engenharia não foram suficientes para produzir resultados satisfatórios (Navas, 2014a)

Segundo InnoSkills (2009) 90% dos problemas com os quais os engenheiros se deparavam já tinham sido solucionados numa outra área técnica, confirmando a hipótese que grande parte das soluções derivavam de conhecimento já adquirido. Deste modo, seria necessário melhorar o sistema de resolução de problemas, visto que a grande maioria dos casos não dependia de uma nova resolução baseada em descobertas científicas.

Desde que a TRIZ foi desenvolvida, que conta com uma série de ferramentas e técnicas desenvolvidas por Altshuller (2007), tais como:

- Níveis de inovação;
- Matriz de Contradições;
- Idealidade;
- Análise Substância Campo;
- 76 Soluções padrão;
- 7 Soluções Gerais;
- ARIZ (*Algorithm for Inventive Problem Solving*);
- Outras ferramentas avançadas.

No entanto, estas técnicas por si só não são garantia de resultados. É necessário conhecimento, formação e experiência para que todas as potencialidades sejam aproveitadas (Savranski, 2000).

Savranski (2000) identificou algumas das características presentes nesta metodologia:

- **Baseada no conhecimento**

Uma vez que os seus métodos de resolução de problemas genéricos são retirados da análise de patentes que foram recolhidas dos vários locais do mundo e das distintas áreas de engenharia, podemos dizer que esta é baseada no conhecimento acumulado na área onde o problema ocorre.

- **Orientada para as pessoas**

Os métodos e as heurísticas da TRIZ são orientados para o utilizador humano e não para o uso computacional, uma vez que a maior parte das vezes tratam-se de problemas que ocorrem uma única vez.

- **Sistemática**

Característica que é atribuída, uma vez que existem procedimentos e heurísticas, que visam proporcionar uma aplicação eficaz e controlada das soluções já conhecidas a problemas novos.

- **Solução inventiva de problemas**

Esta metodologia visa auxiliar na criação de novos métodos criativos de resolução de problemas.

O modelo genérico para a resolução de problemas utilizando a TRIZ encontra-se representado na figura 2.6.

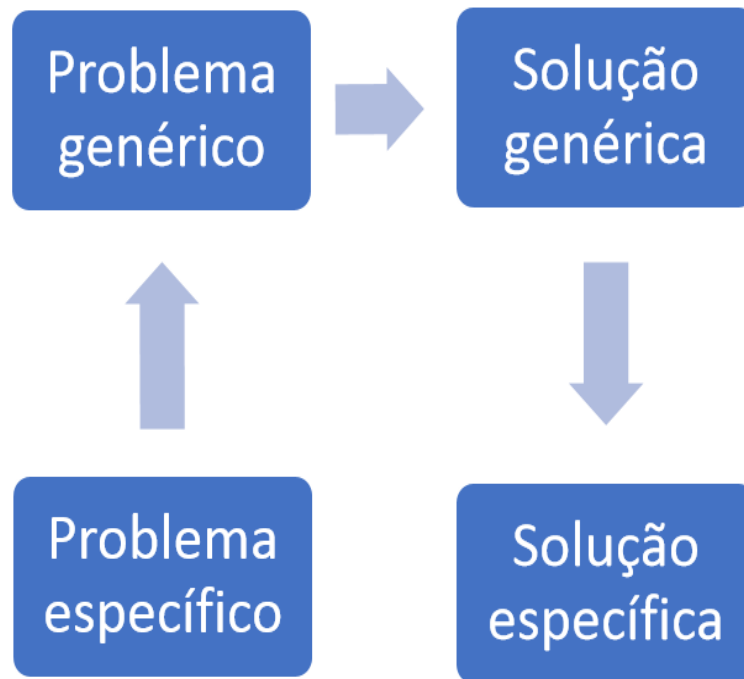


Figura 2.6- Modelo genérico de resolução de problemas (adaptado de Fey & Rivin, 1997).

Deste modo para a correta aplicação desta metodologia existem algumas regras que deverão ser cumpridas, primeiro tem que se analisar se estamos na presença de um problema específico ou de um problema genérico.

Caso se trate de um problema genérico deverão ser procuradas resoluções de problemas com base em livros, artigos ou até com o auxílio de especialistas, ou verificar se o problema não tem uma solução conhecida. Caso se trate de um problema específico, deve-se tentar encontrar um problema que seja similar, isto é, que apresente uma natureza parecida com o problema inicial, mas que seja mais “abstrato”, ou seja deve-se tentar reformular o problema específico, num problema geral. De seguida, deve-se tentar encontrar soluções para o problema genérico e adaptá-las ao nosso problema inicial (Carvalho, 2007).

2.2.2. Níveis de inovação

Como resultado de toda a análise realizada por Altshuller, foi possível identificar cinco níveis distintos de inovação, que são agrupados consoantes as suas características inventivas (Navas, 2014b). Os cinco níveis de inovação encontram-se apresentados na tabela 2.2.

Tabela 2.2- Níveis de inovação (adaptado de Navas, 2014b).

Nível	Descrição	% das patentes analisadas
1	Corresponde às soluções rotineiras, que recorrem a métodos que são bem conhecidos na área da especialidade. Nível não muito inovador.	30%
2	Pequenas alterações ou correções em sistemas já existentes, recorrendo a métodos conhecidos na indústria.	45%
3	Corresponde às melhorias importantes, que resolvem contradições em sistemas típicos de determinado ramo de atividade. Caracterizam-se por serem soluções criativas.	20%
4	Tratam-se das soluções que são baseadas na aplicação de novos princípios científicos. Neste caso, os problemas vão ser resolvidos através da aplicação de uma nova tecnologia, que substitui a antiga.	4%
5	Soluções inovadoras baseadas em descobertas científicas, que não tinham sido previamente exploradas.	1%

Segundo Navas (2014b) a aplicação da TRIZ visa auxiliar o desenvolvimento e a elaboração de novas soluções principalmente nos níveis três e quatro, que correspondem quase a um quarto da totalidade das patentes analisadas, uma vez que o conhecimento tradicional e quotidiano, não permite alcançar os resultados pretendidos.

2.2.3. Conceitos Fundamentais da TRIZ

A metodologia TRIZ é baseada nos seguintes conceitos fundamentais:

- Contradição;
- Recursos;
- Idealidade;
- Padrões de evolução.

Antes da aplicação de qualquer ferramenta, é necessário compreender quais os conceitos e quais as suas implicações. Deste modo, cada um destes irá ser aprofundado.

Contradição

Uma contradição ocorre quando um sistema, na procura de uma solução, encontra uma oposição ou um confronto de princípios, isto é, existe a melhoria de um parâmetro, mas em sentido inverso ocorre também a depreciação de um outro parâmetro. Segundo Navas (2014c), as contradições mais comuns são confiabilidade / complexidade; produtividade/ precisão; resistência /ductilidade.

Altshuller (2002) consegue demonstrar que o desenvolvimento, ou a conceção de um sistema não é realizada de maneira uniforme, o que leva a que surjam contradições.

Para Savransky, (2000) as contradições podem ser classificadas em três tipos:

- **Contradição administrativa**

Segundo Navas (2014c), corresponde a uma contradição entre as necessidades e a capacidade, acontece quando é preciso realizar algum requisito para evitar que algum fenómeno indesejado aconteça, mas não se sabe como. É o tipo de contradição mais fácil de ser eliminada, não apresenta valor heurístico e não mostra a direção para alcançar uma resposta correta (Savransky, 2000).

- **Contradição técnica**

Representa o conflito entre dois subsistemas, no qual uma ação é simultaneamente útil e prejudicial, isto é, a introdução de uma ação que pretende melhorar certas propriedades ou características do sistema, provoca simultaneamente efeitos prejudiciais em outros subsistemas (Savransky, 2000).

- **Contradição física**

A contradição física acontece quando um sistema necessita que uma operação seja executada e que simultaneamente a mesma operação não seja para satisfazer as condições de um

problema, isto é, existe uma incompatibilidade nos requisitos relativos a um mesmo elemento do sistema (Savransky, 2000).

O objetivo da metodologia TRIZ é a eliminação destas contradições, tentando alcançar uma solução (Barry *et al.*, 1996).

Segundo Navas (2014c) existem duas abordagens para a resolução destas contradições, a primeira baseia-se na aplicação das ferramentas analíticas da TRIZ e a segunda baseia-se na transformação das contradições técnicas em físicas, onde se deverá posteriormente aplicar os instrumentos analíticos da TRIZ.

Recursos

Após a identificadas as contradições do sistema, é imperativo realizar uma análise aos recursos disponíveis, para que se possa eliminar os conflitos definidos. Um recurso pode ser definido como tudo aquilo que pode ser utilizado para resolver um problema e melhorar o sistema, deverão ser utilizados recursos de baixo custo. As melhorias devem ser feitas até que se atinja a plena utilização dos recursos. (Navas, 2014d). Savransky (2000) agrupou os recursos nas seguintes categorias:

- **Recursos Naturais ou Ambientais**- Qualquer material ou campo que existe na natureza;
- **Recursos de Tempo**- Intervalos de tempo antes do início, após o final, e entre ciclos de um processo tecnológico, que são parcialmente ou completamente inutilizados;
- **Recursos de Espaço**- Posições, locais e ordem dos subsistemas;
- **Recursos do Sistema**- Novas propriedades técnicas úteis ou funções obtidas com conexões entre subsistemas;
- **Recursos de Substâncias**- Qualquer material que produz a técnica ou o seu meio ambiente;
- **Recursos Energéticos e de Campo**- Qualquer fluxo de energia existente ou, que seja produzido durante um processo e o seu meio envolvente;
- **Recursos de Informação**- Qualquer sinal já existente ou que poderá ser produzido;
- **Recursos Funcionais**- Capacidade de uma técnica ou processo para executar funções secundárias ou auxiliares.

Altshuller (2007) também agrupou os recursos nas seguintes categorias:

Baseados na Acessibilidade:

- **Internos**- Está limitado aos elementos principais do sistema;
- **Externos**- Inclui os recursos do meio ambiente geral, mas também os específicos para um dado sistema;

- **Recursos do Super Sistema**
- **Recursos de Baixo Custo Acessíveis** – Inclui também os desperdícios.
Baseados na Prontidão para a Utilização:
- **Recursos Prontamente Disponíveis**-Podem ser utilizados no seu estado atual;
- **Derivados** - Recursos modificados facilmente disponíveis.

Idealidade

Altshuller (2007) define que a idealidade revela o quão perto um sistema se encontra de ser o melhor. Deste modo, pode-se dizer que a idealidade é o objetivo que leva a que as organizações melhorem os seus sistemas, para os tornar mais rápidos, melhores e com custos inferiores. Deste modo, a idealidade pode ser descrita através da equação 2.1:

$$Idealidade = \frac{N^{\circ} \text{ de } f.\text{benéficas}}{N^{\circ} \text{ de } f.\text{prejudiciais}} \quad (2.1)$$

Onde:

Nº de f. benéficas – Número de funções benéficas;

Nº de f. prejudiciais- Número de funções prejudiciais.

Analisando a equação 2.1 é possível perceber que a idealidade pode ser aumentada se se aumentar o número de funções benéficas e/ou reduzir o número de funções prejudiciais. Diminuindo os custos é outra forma de aumentar o valor de idealidade (Navas, 2014e).

Para Navas (2014e) as funções benéficas incluem as funções úteis principais, as funções auxiliares e as funções secundárias. Por outro lado, as funções prejudiciais incluem todos os fatores que são nocivos ao sistema.

Segundo Navas (2014e) é essencial compreender que o sistema ideal, ou seja, o sistema que não consome recursos, não tem custos e executa todas as suas funções na perfeição, não existe. É, simplesmente um incentivo psicológico na busca do aperfeiçoamento, que também pode servir como método de comparação e avaliação entre as soluções proposta e o suposto sistema ideal. Para se aproximar o sistema ideal do sistema real, é necessário solucionar contradições, reduzir a utilização de recursos, simplificar o sistema, sem que de forma alguma se adicione funções prejudiciais.

Padrões de evolução

Através do estudo de milhares de patentes Altshuller verificou que os diferentes sistemas técnicos seguiam regularmente os mesmo padrões de evolução. Com estes padrões é possível

saber quais as tendências dos sistemas, bem como prever a sua evolução, permitindo a criação e desenvolvimento de ferramentas inovadoras (Altshuller, 2007).

Os seguintes modelos de evolução foram propostos por Altshuller, e sintetizados por Navas (2015) e por Gadd (2011):

- **Completar as partes do sistema-** condição essencial para o sistema seja viável, para que seja um sistema técnico e complexo;
- **Condutividade de energia dentro do sistema-** é fundamental que a energia passe por todas as partes do sistema;
- **Harmonização do ritmo das partes do sistema-** É necessária coordenação entre os vários ritmos e cadências de todas as partes do sistema;
- **Aumento da idealidade-** desenvolvimento de todos os sistemas para que se aumenta a idealidade através do aumento da fiabilidade, da eficácia e da simplicidade, utilizando sempre o menor espaço e energia possível. Inclui também a diminuição das funções prejudiciais;
- **Desenvolvimento desigual dos elementos do sistema-** os vários elementos e/ou componentes do sistema não evoluem de forma igual, tendo formas de evolução e momentos distintos;
- **Transição para um supersistema-** Ao serem reduzidas as hipóteses de desenvolvimento do sistema, ocorre a transição das funções para um supersistema, que continuará a ser desenvolvido e aprimorado;
- **Transição de macro para micro-** Com o avançar do tempo os sistemas tendem a tornarem-se sucessivamente mais pequenos, até que atinjam um tamanho microscópico;
- **Incremento do desenvolvimento substância-campo-** O desenvolvimento de sistemas técnicos segue a direção de aumento do número de sistemas substâncias-campo e suas ligações.

2.2.4.Ferramentas e Técnicas da TRIZ

Ao longo dos anos foram desenvolvidas várias ferramentas por Alshuller, com o objetivo de solucionar os vários problemas com diferentes graus de complexidade (Savransky, 2000).

Segundo Chechurin (2016) cerca de 90% das pesquisas feitas demonstram que são utilizadas múltiplas ferramentas da metodologia TRIZ. As ferramentas mais comuns podem ser visualizadas na figura 2.7.

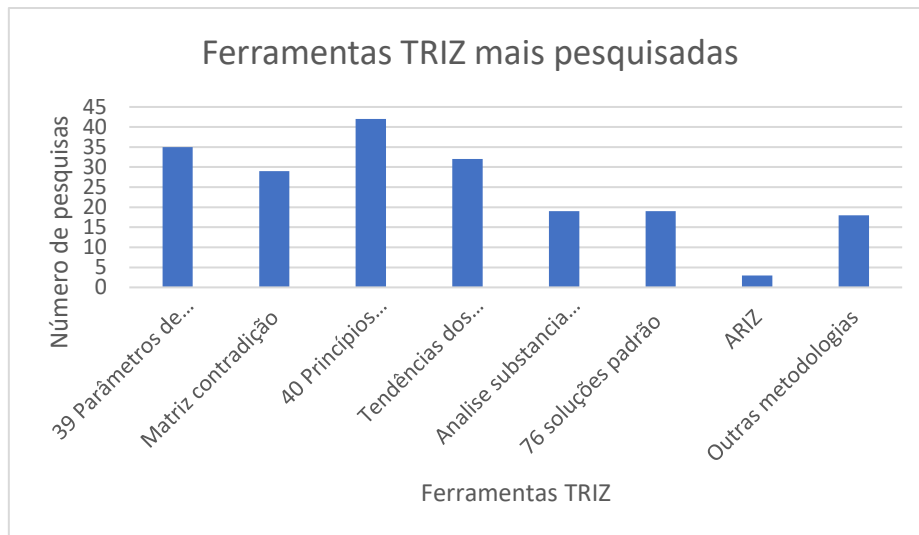


Figura 2.7- Ferramentas TRIZ mais pesquisadas (adaptado de Chechurin, 2016).

Ao longo deste estudo serão destacadas as seguintes ferramentas: Matriz Idealidade, Análise Substância-Campo, Princípios Inventivos e a Matriz de Contradições.

Análise Substância-Campo

A análise substância-campo, também chamada pela sua forma inglesa *SuField*, apresenta-se como uma ferramenta essencial no contexto da TRIZ que permite a modulação de um sistema de uma forma gráfica, encontrando soluções padronizadas, possibilitando a melhoria do sistema em estudo (Savranski, 2000).

Um sistema técnico completo na análise-substância campo é representado através de um triângulo que é composto por duas substâncias diferentes (S1 e S2) e por um campo, designado pela letra F, tal como se pode observar na figura 2.8 (Navas, 2014g).

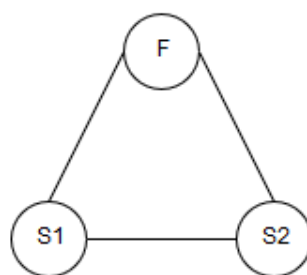


Figura 2.8- Sistema técnico completo (Fey et al., 1997).

Normalmente as substâncias S1 e S2 podem ser um:

- Material;
- Ferramenta;



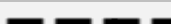




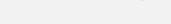

- Componente;
- Pessoa;
- Ambiente

Enquanto o campo F pode ser:

- Mecânico
- Térmico
- Químico
- Elétrico
- Magnético

Entre as diversas substâncias de um sistema podem existir vários tipos de relações distintas, que são representadas por uma notação específica, tal como se pode observar na tabela 2.3.

Tabela 2.3- Notação Utilizada nos Modelos de Substância-Campo (Adaptado de Savransky, 2000).

Símbolos	Significado
	Conexão (normal)
	Ação ou efeito desejado
	Inatividade
	Ação ou efeito desejado insuficiente
	Ação ou efeito prejudicial
	Quebra de conexão
	Operador de solução
	Interação
	Várias ações

Segundo Altshuller (2002) para se proceder à aplicação da ferramenta análise substância-campo dever-se-á realizar as seguintes fases:

1. Construir o diagrama de Substância-Campo;
2. Identificar a situação problemática;
3. Escolher de uma das soluções genéricas;
4. Desenvolver uma solução específica.

Para complementar a análise substância-campo, Altshuller e os seus associados sintetizaram 76 soluções padrão, que podem ser agrupadas em cinco classes distintas, tal como demonstrado na tabela 2.4 (Miller *et al.*, 2000).

Tabela 2.4- Classes das soluções-padrão (adaptado de Miller *et al.*, 2000).

Classe	Descrição	Nº de soluções padrão
1	Melhorar o sistema sem ou com pouca alteração	13
2	Melhorar o sistema com alteração do sistema	23
3	Transições entre os vários sistemas	6
4	Identificação e medição	17
5	Estratégias para a simplificar e melhorar	17
	Total:	76

Segundo Navas (2013a) as 76 soluções podem ser condensadas e generalizadas em sete soluções padrão:

Solução geral 1

Complementar um modelo Substância-Campo que se encontre incompleto (figura 2.9).

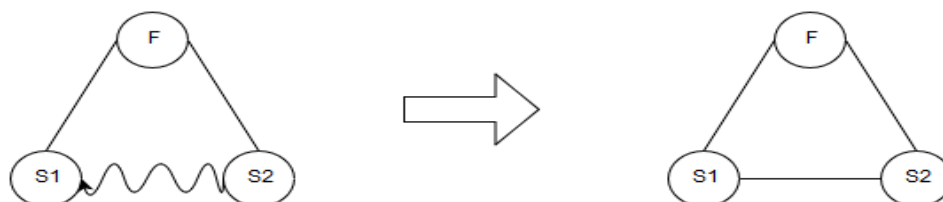


Figura 2.9- Solução geral 1 (adaptado de Altshuller, 2007).

Solução geral 2

Alterar substância “S2”, mantendo inalterada a substância S1, para eliminar ou reduzir impacto negativo ou produzir/melhorar o impacto positivo (figura 2.10).

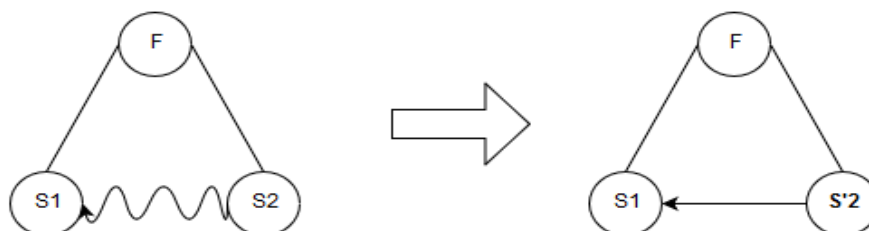


Figura 2.10- Solução geral 2 (adaptado de Altshuller, 2007).

Solução geral 3

Alterar substância “S1”, mantendo inalterada a substância S2, para eliminar ou reduzir impacto negativo ou produzir/melhorar o impacto positivo (figura 2.11).

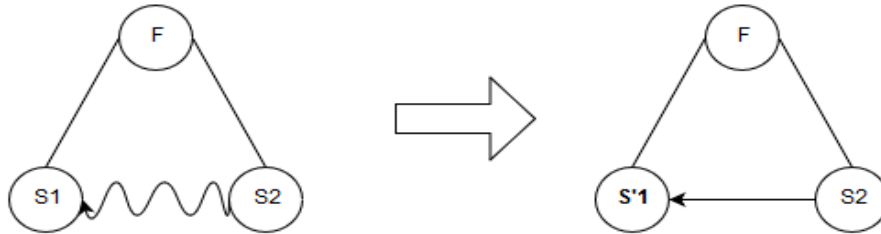


Figura 2.11- Solução geral 3 (adaptado de Altshuller, 2007).

Solução geral 4

Alterar o campo F, para eliminar/reduzir o impacto negativo ou produzir/ melhorar o impacto positivo (figura 2.12).

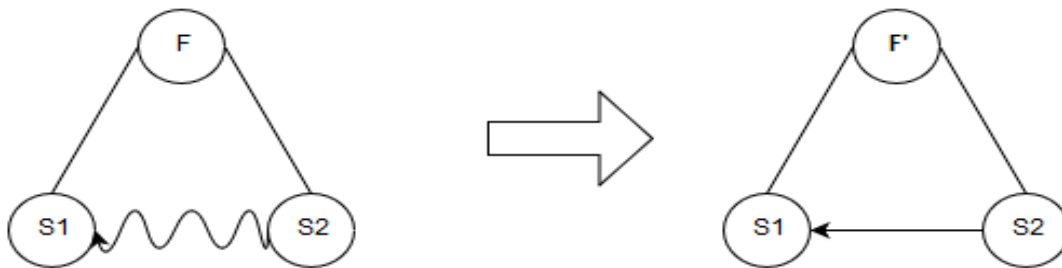


Figura 2.12- Solução geral 4 (adaptado de Altshuller, 2007).

Solução geral 5

Eliminar, neutralizar ou isola o impacto negativo através de um outro campo “Fx”, que de interaja com o sistema e contrarie o efeito do campo “F” (figura 2.13).

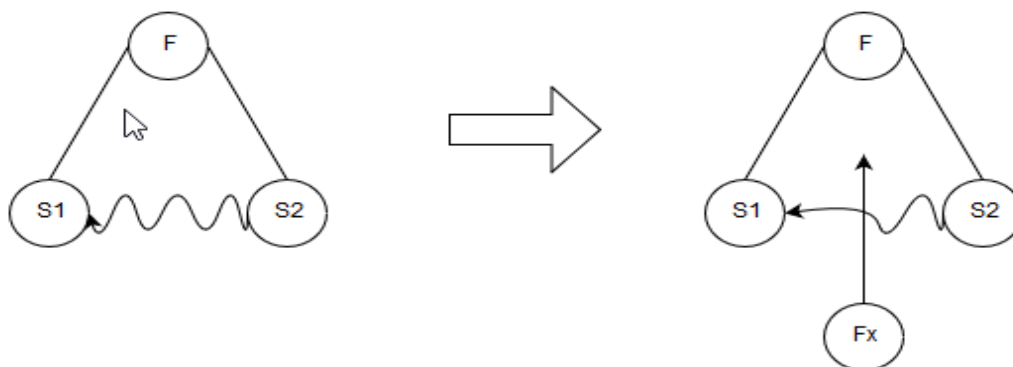


Figura 2.13- Solução geral 5 (adaptado de Altshuller, 2007).

Solução geral 6

Similar à solução geral número 5, esta solução caracteriza-se pela introdução de um campo positivo “F+”, que atue com o campo “F” e que melhore o efeito positivo, mas também minimize o impacto negativo no sistema, para que as suas características sejam mantidas (figura 2.14)

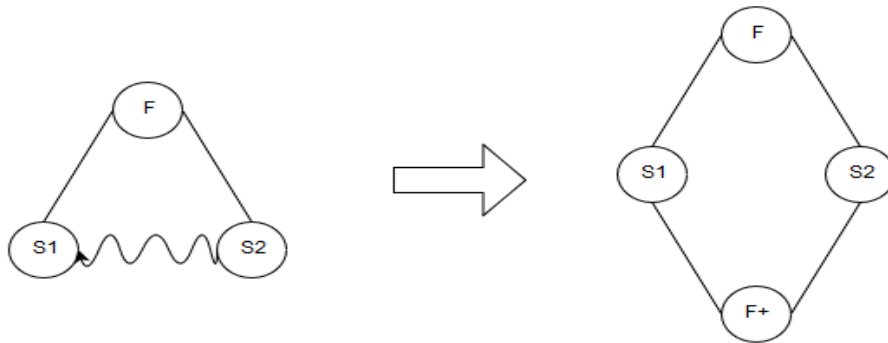


Figura 2.14- Solução geral 6 (adaptado de Altshuller, 2007).

Solução geral 7

Expansão de um modelo substância-campo, para um novo sistema em cadeia, através da introdução de uma nova substância “S3”, que irá interagir com os campos “F” e “F2” (figura 2.15).

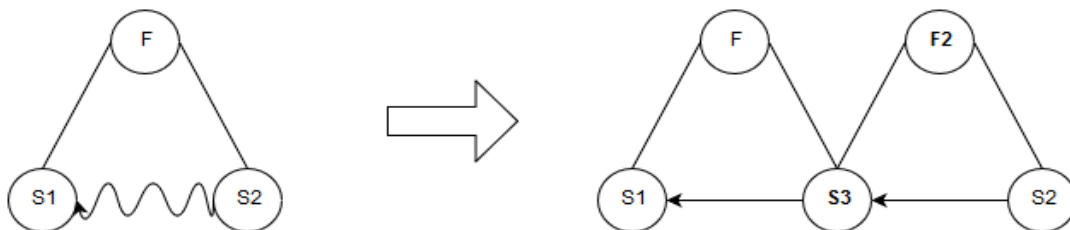


Figura 2.15- Solução geral 7 (adaptado de Altshuller, 2007).

Os Princípios Inventivos e a Matriz de Contradições

A matriz de contradições é bastante usada na metodologia TRIZ, sendo constituída por 39 parâmetros de engenharia e por 40 princípios inventivos.

Com esta ferramenta é possível identificar os princípios inventivos, essenciais para que a melhoria do sistema aconteça. A matriz contradição é construída através das seguintes etapas:

1. Identificar os parâmetros de engenharia a ser melhorado (exibido nas linhas);

2. Identificar a contradição, que resulta da melhoria do parâmetro de engenharia escolhido (exibido nas colunas);
3. Cruzar a linha com a coluna, de forma a determinar quais os princípios inventivos correspondentes.

Caso não exista qualquer relação entre os parâmetros técnicos ou princípios inventivos com o caso de estudo, estes poderão ser excluídos da matriz de contradições.

Na tabela 2.5, são apresentados os trinta e nove parâmetros de engenharia.

Tabela 2.5- 39 Parâmetros de engenharia (adaptado de Navas, 2013b).

1. Peso (objeto móvel)	21. Potência
2. Peso (objeto imóvel)	22. Perda de energia
3. Comprimento (objeto móvel)	23. Perda de massa
4. Comprimento (objeto imóvel)	24. Perda de informação
5. Área (objeto móvel)	25. Perda de tempo
6. Área (objeto imóvel)	26. Quantidade de matéria
7. Volume (objeto móvel)	27. Fiabilidade
8. Volume (objeto imóvel)	28. Precisão de medição
9. Velocidade	29. Precisão de fabrico
10. Força	30. Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto
11. Tensão, pressão	31. Efeitos colaterais prejudiciais
12. Forma	32. Manufaturabilidade
13. Estabilidade do objeto	33. Conveniência de uso
14. Resistência	34. Manutenção
15. Durabilidade (objeto móvel)	35. Adaptabilidade
16. Durabilidade (objeto imóvel)	36. Complexidade do dispositivo
17. Temperatura	37. Complexidade no controlo
18. Claridade	38. Nível de automação
19. Energia dispensada (objeto móvel)	39. Produtividade
20. Energia dispensada (objeto imóvel)	

Segundo Savransky (2000) os parâmetros de engenharia apresentados podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- **Parâmetros físicos e geométricos**- inclui parâmetros tais como massa, tamanho, energia, etc.;

- **Parâmetros técnicos positivos-** inclui parâmetros como produtividade, adaptabilidade, etc.;
- **Parâmetros técnicos negativos-** inclui parâmetros como desperdícios de tempo, de substância, perda de informação, etc.

Altshuller (2002) identificou que existiam apenas 1250 conflitos que surgiam na evolução de um sistema, e que estes poderiam ser solucionados caso se recorresse aos 40 princípios inventivos, que são apresentados na tabela 2.6.

Tabela 2.6- 40 princípios inventivos (adaptado de Navas, 2013b).

1. Segmentação	21. Corrida apressada
2. Extração	22. Conversão de prejuízo em proveito
3. Qualidade local	23. Reação
4. Assimetria	24. Mediação
5. Combinação	25. Autosserviço
6. Universalidade	26. Cópia
7. Nidificação	27. Objeto económico com vida curta em vez de um dispendioso e durável
8. Contrapeso	28. Substituição do sistema mecânico
9. Contra-acção prévia	29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
10. Acção prévia	30. Membranas flexíveis ou películas finas
11. Amortecimento prévio	31. Utilização de materiais porosos
12. Equipotencialidade	32. Mudança de cor
13. Inversão	33. Homogeneidade
14. Esfericidade	34. Rejeição e recuperação de componentes
15. Dinamismo	35. Transformação do estado físico ou químico
16. Acção parcial ou excessiva	36. Mudança de fase
17. Transição para uma nova dimensão	37. Expansão térmica
18. Vibrações mecânicas	38. Utilização de oxidantes fortes
19. Acção periódica	39. Ambiente inerte
20. Continuidade de uma acção útil	40. Materiais compósitos

No anexo A estão disponíveis os 40 princípios inventivos e as suas características.

Matriz Idealidade

Para Navas (2013a) o objetivo da matriz idealidade auxilia na identificação dos requisitos que se mostram benéficos para os processos em investigação e que são o resultado da interação entre os requisitos selecionados.

Ao contrário da matriz contradição, na qual os parâmetros de engenharia já se encontram definidos, na matriz idealidade, é a pessoa que aplica a ferramenta que tem essa responsabilidade.

As interações representadas com um sinal “+” identificam as funções benéficas, enquanto as representadas com um sinal “-” exibem as interações prejudiciais. Deste modo, é possível calcular o número de interações prejudiciais e benéficas, podendo-se posteriormente, recorrendo à equação 2.1, calcular o valor da idealidade do sistema.

Segundo Bligh (2006) a idealidade é uma ferramenta que permite a análise e resolução dos problemas encontrados no sistema. A matriz idealidade proporciona a possibilidade de manter o sistema atuais, mas também de criar novos sistemas que possam dar resposta aos problemas encontrados.

3. Caracterização da empresa

Neste capítulo será apresentada e caracterizada a empresa onde foi realizado o presente estudo. Serão ainda explicitados os valores e a missão da empresa, a sua organização interna e os diferentes tipos de produtos produzidos nas instalações. Por fim, será descrito e analisado de forma detalhada, o processo utilizado na montagem das diferentes bicicletas em estudo.

3.1. InterBike, LDA – Coluer Bicycles

A InterBike, LDA é uma empresa localizada em Portugal, na região de Aveiro, mais concretamente em Vagos, que se dedica à montagem e comercialização de bicicletas de montanha, estrada, elétricas, BMX (*Bicycle Motocross*), cidade e infantis. Alguns dos modelos comercializados, das diferentes gamas são apresentados na figura 3.1. Apesar de a maior parte da produção ser sob a marca própria Coluer, são também montadas bicicletas para outros fabricantes, como será demonstrado nos tópicos seguintes.



Figura 3.1- Exemplos de bicicletas da Coluer (Coluer, 2018)

A Coluer foi fundada em Espanha em 1991, pelo ciclista profissional Luis Mayoral. Este era um dos membros mais importantes da seleção espanhola de ciclismo, tendo ganho diversos prémios durante a sua carreira. No início, a montagem era feita de forma artesanal, com um

número de modelos limitados. Com o avançar dos anos e devido à aceitação da marca no mercado, ocorreu a expansão do número de produtos em catálogos e foi aberta uma nova fábrica localizada em Portugal.

1991- Criação da marca *Coluer* pelo ciclista Luis Mayoral.

1998- Abertura da unidade fabril InterBike, na zona industrial de Vagos para a produção de todas as bicicletas da marca.

2001- Expansão do armazém, visando aumentar a capacidade de armazenamento de *stock* e de produto acabado, deixando o produto de ser armazenado no exterior da fábrica.

2003- Expansão de armazém.

2004- As bicicletas de baixa gama e com um custo inferior passam a ser produzidas em países como a Malásia, Indonésia, Bangladesh e Taiwan, servindo a InterBike como local de montagem das bicicletas topo de gama e como armazém para as bicicletas produzidas no estrangeiro.

2004-Expansão de armazém.

2008- Passagem da produção de todas as bicicletas para a InterBike, devido ao aumento dos preços de mão-de-obra e regras impostas pela união europeia.

2018-Instalação de uma linha destinada à montagem de bicicletas elétricas.

Atualmente a Interbike conta com 30 colaboradores, que estão distribuídos pelas diversas áreas da estrutura da empresa.

3.1.1.Missão e valores da InterBike

A InterBike apresenta uma especial atenção pela busca e manutenção dos mais elevados padrões de qualidade, visando proporcionar ao cliente máxima fiabilidade em todos os seus produtos, tudo isto com um preço competitivo e com qualidade comprovada.

Os valores nos quais a InterBike baseia a sua atividade são:

- Atenção ao cliente, assegurando assistência técnica e garantia vitalícia para os produtos da gama alta;
- Garantia de qualidade em todas as bicicletas, que são submetidas aos mais exigentes testes antes da sua expedição;
- Possibilidade de personalização do produto pelo cliente;
- Oferta aos clientes dos melhores produtos, com um design inovador, para que possam disfrutar de uma experiência mais enriquecedora;

- Compromisso com a legislação em vigor, cumprindo todas as normas e legislações em prática no setor do ciclismo.

3.1.2. Linhas de montagem e catálogos de produtos

Na InterBike encontram-se instaladas 2 linhas de montagem distintas e um espaço de trabalho individual, cada um destes locais destina-se à produção de diferentes tipos de bicicletas.

O espaço E1 corresponde a um espaço de trabalho, onde as bicicletas de gama alta (principalmente bicicletas de estrada e de montanha, com quadros em carbono) são montadas. Esta montagem é realizada por apenas um colaborador.

A linha L1 corresponde à linha de montagem número um e destina-se à montagem das bicicletas de gama baixa, tais como as bicicletas de criança, de cidade, de montanha e BMX.

A linha **L2** representa a linha onde este estudo se vai aprofundar, sendo destinada essencialmente às bicicletas elétricas. Esta linha foi instalada recentemente e a sua utilização alterna entre linha de produção em série e postos de trabalho individuais (situação na qual a linha se encontra parada e as bicicletas são produzidas por apenas um operador).

No catálogo de produtos da marca *Coluer* encontram-se listadas 117 bicicletas distintas, cada uma destas com várias opções de personalização diferentes. Estas 117 bicicletas podem ser agrupadas nas seguintes categorias:

- Montanha;
- Estrada;
- Elétricas;
- BMX;
- Cidade;
- Infantis.

Ao longo deste estudo as bicicletas que serão analisadas de forma mais exaustiva são dois modelos pertencentes à categoria elétrica, que são produzidos na linha L2:

- **Modelo 1**- Este modelo de bicicleta elétrica foi produzido para uma outra marca, que subcontratou a mão-de-obra e que por razões de confidencialidade, será denominado por modelo 1.
- **Greenland**- Bicicleta elétrica pertencente ao catálogo da marca *Coluer*.

Na figura 3.2 está ilustrada a bicicleta modelo 1, enquanto na figura 3.3 está a bicicleta *Greenland*.



Figura 3.2- Bicicleta modelo 1.



Figura 3.3- Bicicleta Greenland.

3.1.3. Processo de montagem

Modelo 1

O modelo 1, apesar da sua montagem ser realizada na linha L2, foi montado por um operador apenas, num posto individual, com a linha de montagem parada. Esta situação ocorria devido à elevada velocidade da linha, que não permitia realizar todas as operações necessárias à montagem da bicicleta durante o seu percurso.

Antes das peças chegarem até aos operadores, eram realizadas uma série de pré-montagens, que visavam preparar e facilitar o trabalho necessário. Em seguida as bicicletas são montadas num posto de trabalho individual, que é composto por duas fases, a primeira que ocorre com a bicicleta na linha de montagem com a bicicleta presa num suporte e a segunda com a bicicleta no chão. No passo seguinte ocorre o controlo de qualidade das bicicletas, recorrendo-se a uma *checklist*. Por fim, ocorre a preparação para a expedição, na qual as bicicletas são revestidas e protegidas, antes de serem embaladas. A sequência de processos encontra-se representada no fluxograma, na figura 3.4.

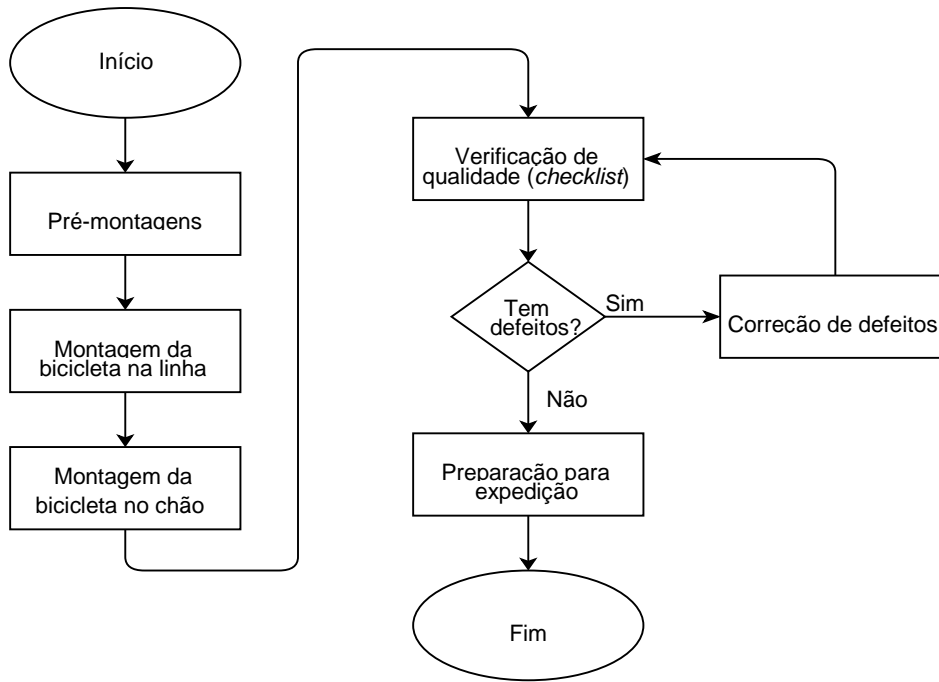


Figura 3.4- Fluxograma de processos da bicicleta Modelo 1.

As pré-montagens realizadas encontram-se representadas na figura 3.5.

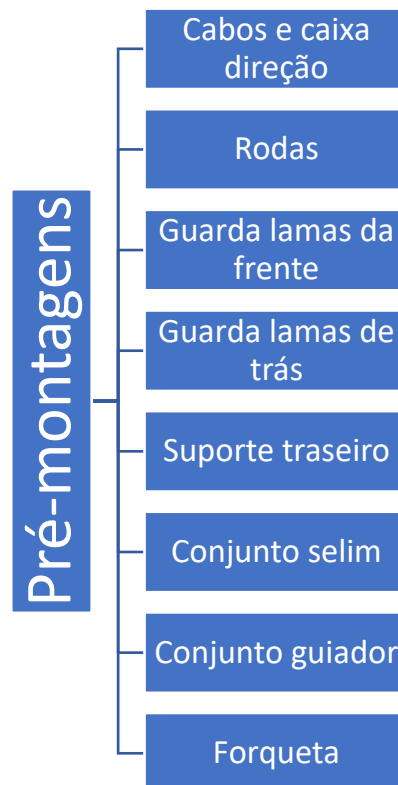


Figura 3.5- Pré-montagens realizadas na preparação do Modelo 1.

Os processos realizados durante a montagem da bicicleta Modelo 1 na linha L2 encontram-se representados na figura 3.6.

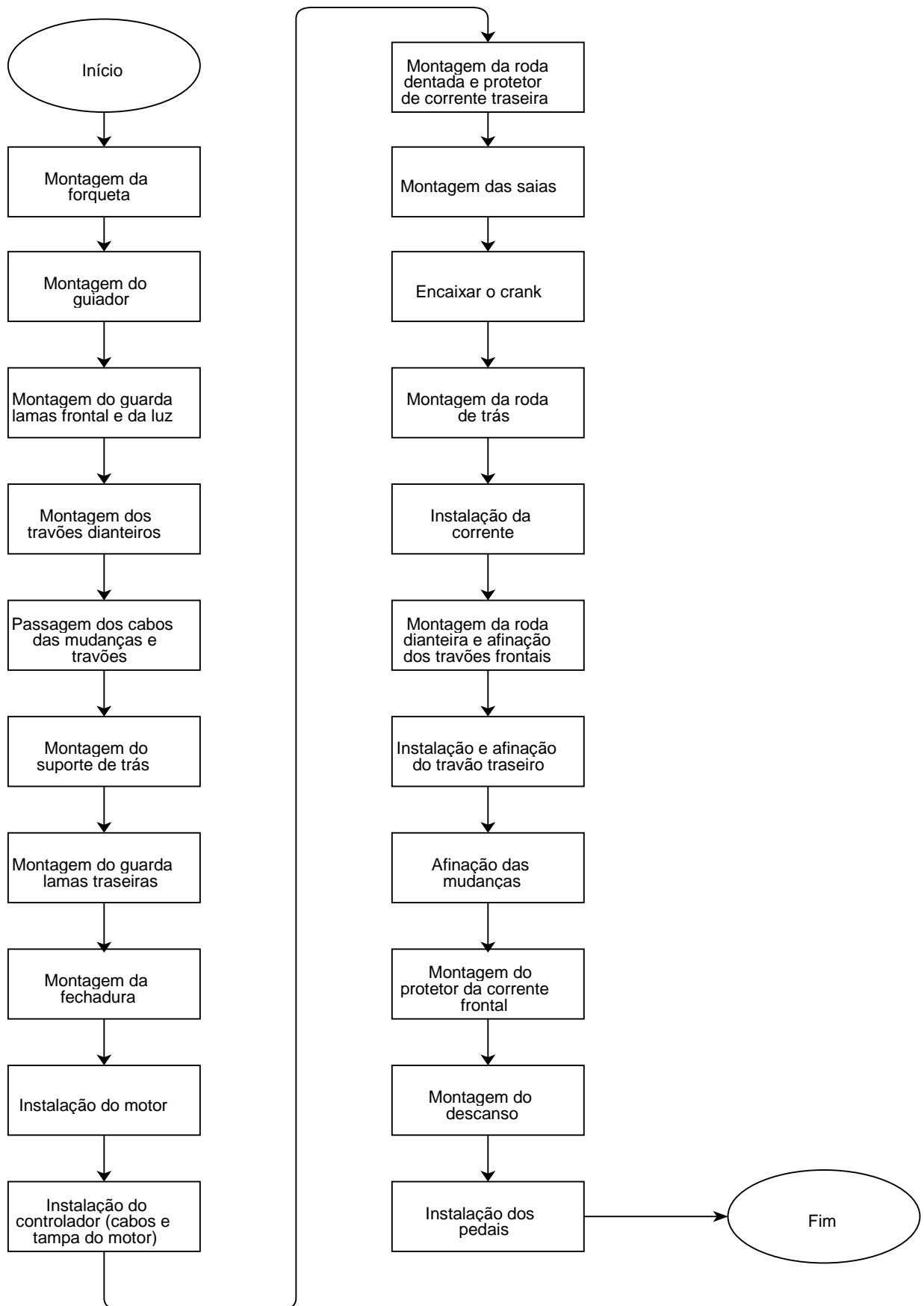


Figura 3.6- Fluxograma do processo de montagem da bicicleta modelo 1, na linha L2.

Os processos realizados durante a montagem da bicicleta no chão encontram-se representados na figura 3.7.

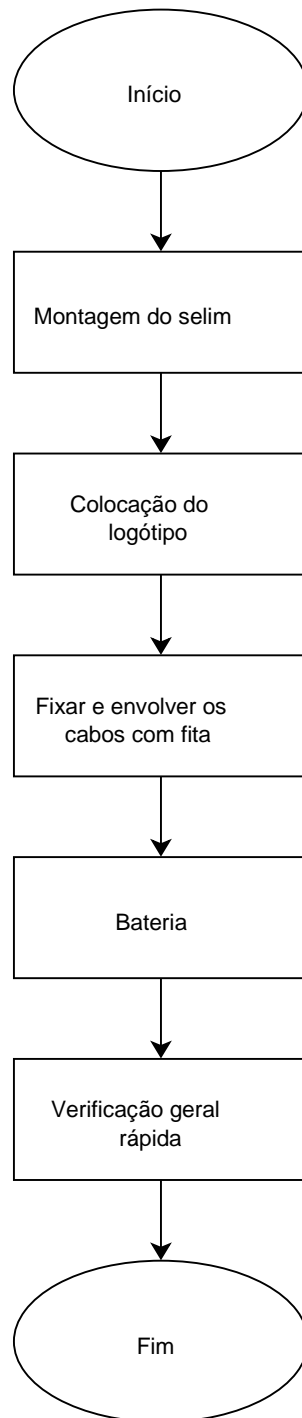


Figura 3.7- Fluxograma do processo de montagem da bicicleta modelo 1, no chão.

O passo seguinte passava pelo controlo de qualidade da bicicleta. Este era realizado recorrendo a uma *checklist*, tal como a que se encontra no anexo B. Nesta *checklist*, eram verificados se os requisitos de qualidade eram cumpridos ou não, (*ok* ou não *ok*), bem como o tipo de defeito e se já se encontravam resolvido.

Por fim é realizado a preparação para a expedição. Os passos realizados neste processo encontram-se representados no fluxograma da figura 3.8.

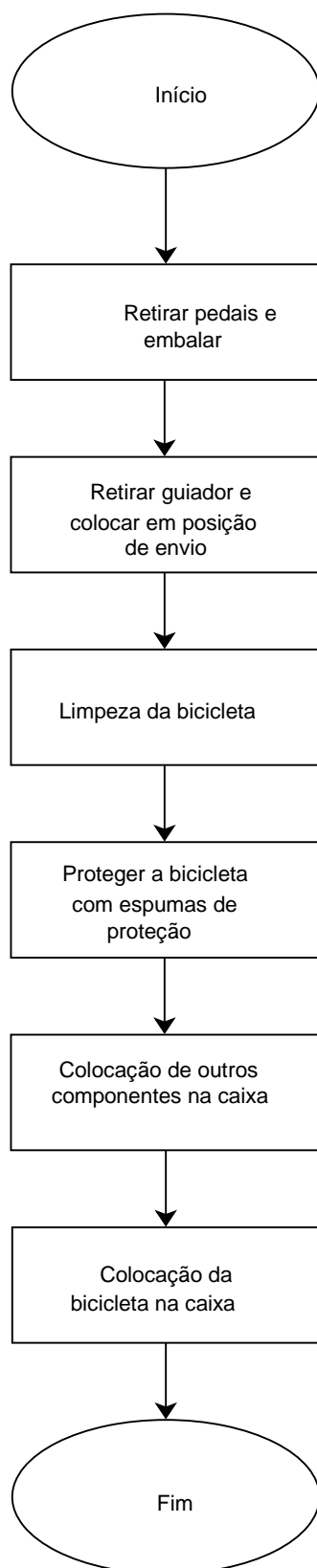


Figura 3.8- Fluxograma do processo de embalagem da bicicleta Modelo 1.

Greenland

O modelo *Greenland* é uma das bicicletas pertencentes à marca *Coluer*, produzidas na Interbike. Trata-se de uma bicicleta elétrica montada na linha L2. O método de montagem utilizado corresponde a um sistema onde a linha se move durante um minuto e trinta segundos, em seguida para durante sete minutos em cada posto, passando posteriormente para o posto de trabalho seguinte, onde parará outros sete minutos, até seguir para o próximo. Na figura 3.9, encontra-se um esquema simplificado do sistema utilizado na L2 para a montagem do modelo *Greenland*.

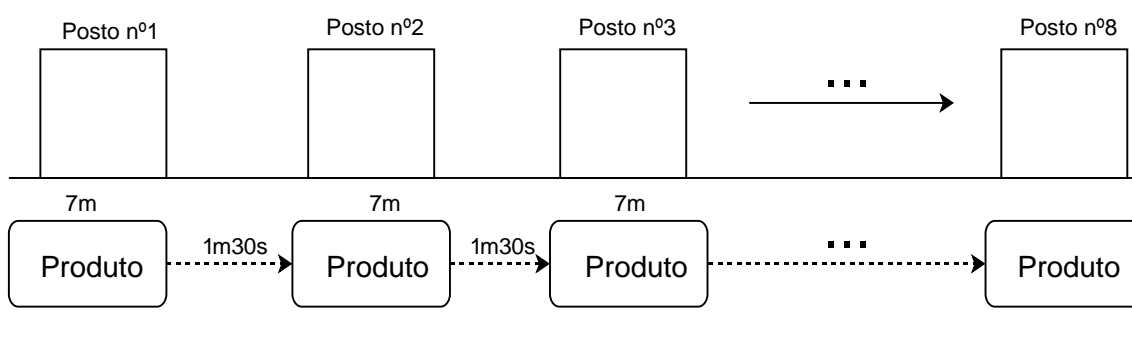


Figura 3.9- Esquema de montagem bicicleta Greenland na linha L2.

Esta foi primeira vez que este modelo de bicicleta foi montado na Interbike e tendo sido possível a presença nestas reuniões, deste modo, alguns dos princípios *Lean* encontram-se desde já implementados, bem como algumas soluções para problemas que surgiram ao longo da montagem da bicicleta Modelo 1. Antes de se distribuírem as tarefas, foram estudadas as ferramentas, os materiais e os componentes necessários para a realização da mesma. A análise dos tempos utilizados na realização de tarefas semelhantes, na montagem de bicicletas anteriores, permitiu fazer esta distribuição.

Os operadores foram posteriormente informados sobre quais as tarefas a realizar em cada posto, bem como a forma e ordem correta de montagem, foram também alertados para os erros mais suscetíveis de acontecer, com base em operações semelhantes já realizadas nas montagens de outras bicicletas. Foi fornecido um documento onde estavam listadas as ferramentas pertencentes a cada posto de trabalho, que continha também um espaço dedicado a sugestões/necessidades do posto, que seriam posteriormente avaliadas pelo chefe de linha e implementadas caso se verificasse a sua necessidade. Estas alterações implementadas permitiram otimizar e uniformizar mais o processo de montagem da bicicleta, bem como oferecer melhor condições aos vários postos de trabalho e melhorar a comunicação na organização.

A sequência de processo realizados para a montagem gerais da bicicleta *Greenland* é semelhante à do modelo 1, tal como se pode observar na figura 3.10.

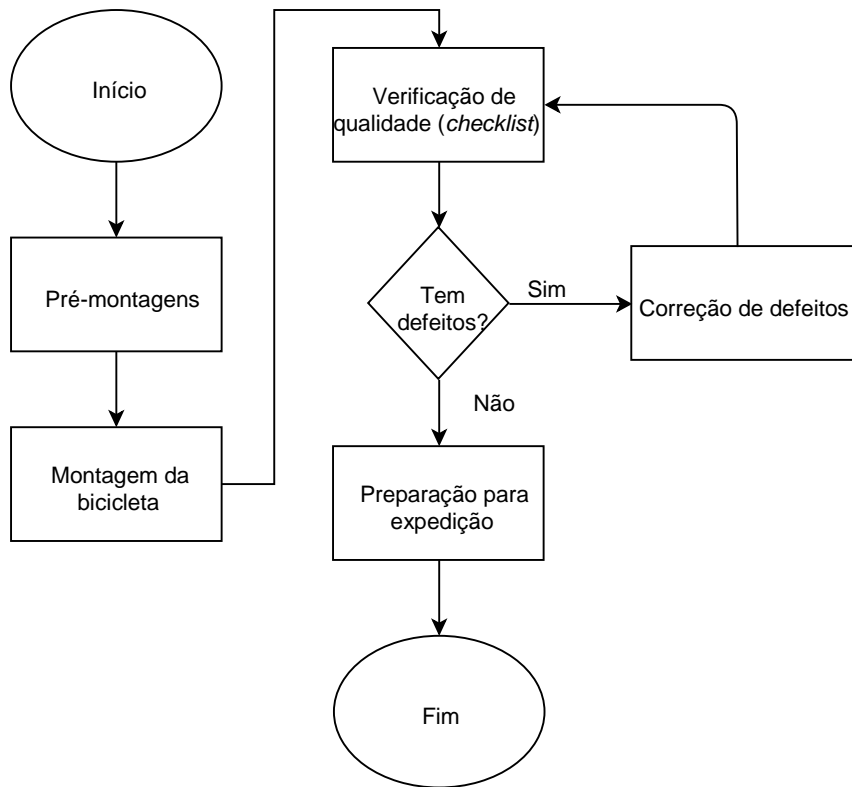


Figura 3.10- Fluxograma dos processos de montagem da bicicleta Greenland.

Antes de se proceder à montagem da bicicleta *Greenland* era necessário realizar uma série de pré-montagens, tal como se encontra esquematizado na figura 3.11.

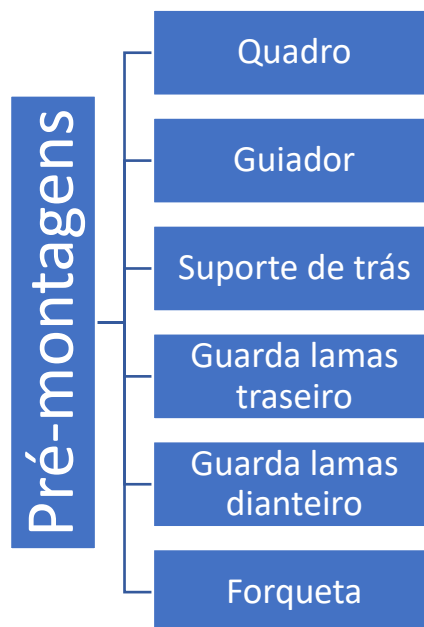


Figura 3.11- Pré-montagens realizadas para a bicicleta Greenland.

Após concluídas as várias pré-montagens, os diversos componentes foram distribuídos ao longo da linha e as pessoas colocadas nos seus postos de trabalho. As tarefas atribuídas a cada posto de trabalho seguem a ordem representada no fluxograma da figura 3.12.

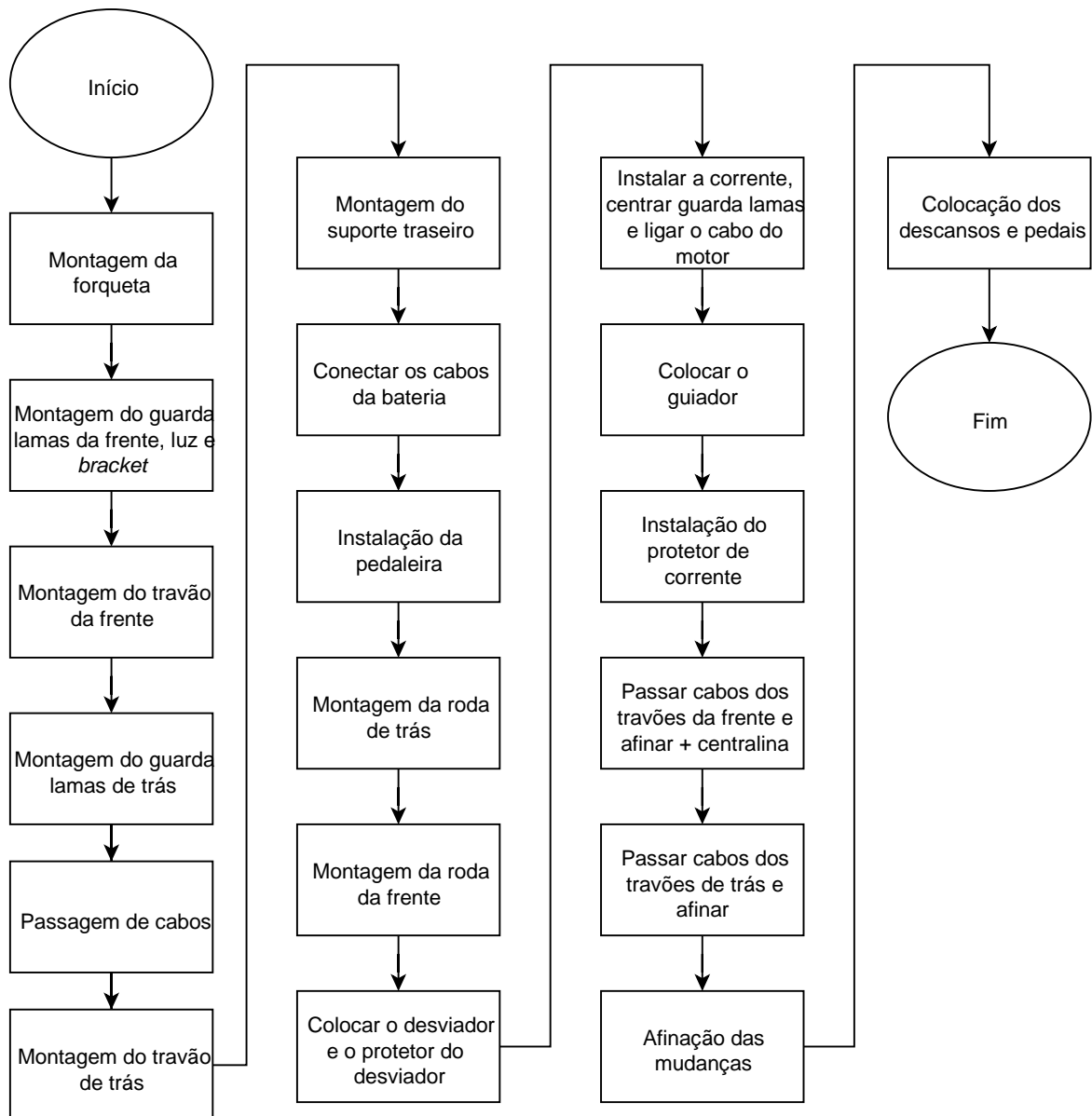


Figura 3.12- Fluxograma do processo de montagem da bicicleta Greenland, na linha L2.

Posteriormente ocorria o processo de verificação de qualidade utilizando a *checklist* (anexo C), sendo o último passo a preparação para expedição. Ambos os procedimentos realizados são iguais aos do modelo 1.

3.2. Análise da situação inicial e identificação de problemas

Após o estudo e observação das várias etapas dos processos de montagens das bicicletas Modelo 1 e *Greenland*, é imperativo realizar uma análise à situação inicial da empresa. Para além dos dados recolhidos mediante a observação direta do processo, irão também ser analisados os dados relativos à *checklist* para cada um dos modelos.

3.2.1. Análise da checklist

Para se poder ter uma melhor noção da situação inicial foi essencial realizar uma análise às *checklists* provenientes da bicicleta Modelo 1 e *Greenland*. Um exemplo de uma folha de verificação de qualidade preenchida é apresentado na figura 3.13.

Figura 3.13- Exemplo da checklist preenchida da bicicleta Greenland.

Os dados provenientes de todas as *checklists* da bicicleta Modelo 1, foram organizados na tabela 3.1. No anexo D encontra-se a lista com a identificação de cada um dos itens representados na tabela 3.1.

Tabela 3.1- Dados auxiliares da checklist da bicicleta Modelo 1.

Item	Número Incidências	%	Item	Número Incidências	%	Item	Número Incidências	%	Item	Número Incidências	%
1	39	13,2%	16	2	0,7%	31	0	0,0%	46	1	0,3%
2	2	0,7%	17	2	0,7%	32	0	0,0%	47	8	2,7%
3	6	2,0%	18	10	3,4%	33	2	0,7%	48	1	0,3%
4	8	2,7%	19	0	0,0%	34	11	3,7%	49	1	0,3%
5	8	2,7%	20	0	0,0%	35	1	0,3%	50	3	1,0%
6	24	8,1%	21	3	1,0%	36	8	2,7%	51	3	1,0%
7	21	7,1%	22	12	4,1%	37	7	2,4%	52	5	1,7%
8	1	0,3%	23	11	3,7%	38	3	1,0%			
9	2	0,7%	24	5	1,7%	39	1	0,3%			
10	9	3,1%	25	1	0,3%	40	0	0,0%			
11	0	0,0%	26	11	3,7%	41	1	0,3%			
12	2	0,7%	27	15	5,1%	42	2	0,7%			
13	2	0,7%	28	11	3,7%	43	3	1,0%			
14	5	1,7%	29	19	6,4%	44	1	0,3%			
15	0	0,0%	30	0	0,0%	45	2	0,7%			

Os dados provenientes de todas as bicicletas *Greenland*, foram organizados na tabela 3.2. No anexo E encontra-se a lista com a identificação de cada um dos itens representados na tabela 3.2.

Tabela 3.2- Dados auxiliares da checklist da bicicleta *Greenland*.

Item	Número de Incidências	%	Item	Número de Incidências	%	Item	Número de Incidências	%	Item	Número de Incidências	%
1	10	4,8%	11	1	0,5%	21	38	18,3%	31	0	0,0%
2	0	0,0%	12	9	4,3%	22	6	2,9%	32	1	0,5%
3	6	2,9%	13	16	7,7%	23	0	0,0%	33	13	6,3%
4	0	0,0%	14	0	0,0%	24	11	5,3%	34	0	0,0%
5	0	0,0%	15	2	1,0%	25	1	0,5%	35	1	0,5%
6	0	0,0%	16	3	1,4%	26	6	2,9%			
7	0	0,0%	17	0	0,0%	27	0	0,0%			
8	0	0,0%	18	17	8,2%	28	18	8,7%			
9	0	0,0%	19	11	5,3%	29	1	0,5%			
10	35	16,8%	20	2	1,0%	30	0	0,0%			

Posteriormente, foi elaborado um diagrama de Pareto para cada uma das situações, para facilitar a visualização dos defeitos mais comuns e relevantes em cada um dos modelos. O diagrama de Pareto com os dados relativos aos defeitos presentes na bicicleta Modelo 1 está representado no anexo F.

Através da análise do diagrama é perceptível que os defeitos mais comuns são os defeitos de pintura, o empeno das rodas, a tensão dos raios, barulhos no protetor de corrente e problemas de afinação no travão de trás e no travão da frente. Neste caso a regra de Pareto, que enuncia que 20% das causas são responsáveis por 80% dos defeitos, não é cumprida, uma vez que 20% das causas correspondem apenas a cerca de 63% dos defeitos existentes.

O diagrama de Pareto com os dados relativos aos defeitos presentes na bicicleta *Greenland* está representado no anexo G.

No caso da bicicleta *Greenland* pode-se verificar que 71,2% dos defeitos totais existentes têm origem em 20% das causas. Os sete tipos de defeitos mais comuns são os barulhos do protetor de corrente, o alinhamento do suporte/ roda de trás, ajuste do parafuso do avanço, afinação/aperto do travão de trás, alinhamento do guarda lamas da frente, aperto e nivelamento do selim e por fim afinação/ aperto do travão da frente.

Como se pode constatar, alguns destes defeitos são comuns a ambas as bicicletas, como tal, esses defeitos vão se assumir como os mais importantes, uma vez que uma única solução poderá afetar problemas que acontecem em dois tipos de bicicletas. Dos defeitos registados em ambas as bicicletas destacam-se os barulhos no protetor de corrente, a afinação/ aperto do travão de trás, afinação/ aperto do travão da frente e os defeitos de pintura.

5 Porquês

Uma vez identificados os principais defeitos nos processos de montagem, torna-se relevante encontrar as suas respetivas causas-raiz, de forma a que se consiga atuar de forma concreta e específica na escolha de soluções eficientes. Deste modo, foi aplicada a ferramenta de análise 5 Porquês. Na tabela 3.3 é apresentada a ferramenta 5 porquês aplicada aos defeitos mais comuns em ambas as bicicletas.

Tabela 3.3- Ferramenta 5 porquês aos defeitos comuns aos dois modelos.

Defeitos mais importantes comuns a ambas as bicicletas					
Tipos de defeito	Defeitos de pintura			Barulho no protetor de corrente	Afinação/aperto dos travões
Porquê?	Danificado nas instalações		Enviado com defeito pelo fornecedor	Protetor com aba demasiado comprida	Desatenção dos operadores
Porquê?	Danificado durante a montagem	Danificado durante movimentações do produto	Controlo de qualidade insuficiente	Enviado com defeito pelo fornecedor	Falta de instrução
Porquê?	Desatenção dos operadores	Falta de acondicionamento durante o transporte	Requisitos de qualidade incorretos	Falta de <i>feedback</i>	
Porquê?	Falta de instrução	Meio de transporte incorretos	Falta de <i>feedback</i>		
Porquê?					

De seguida aplicou-se a mesma ferramenta, mas agora para os restantes defeitos mais comuns em cada um dos modelos. Estes encontram-se representados na tabela 3.4.

Tabela 3.4- Ferramenta 5 porquês em cada um dos modelos.

Bicicleta	Modelo 1	Greenland	
Tipos de defeito	Empeno das rodas/ tensão dos raios	Ajuste do parafuso do avanço	Nivelamento do selim
Porquê?	Raios com tensão máxima	Desatenção dos operadores	Desatenção dos operadores
Porquê?	Cumprimento dos raios insuficiente	Falta de instrução	Falta de instrução
Porquê?	Rodas fabricadas e enraçadas pelo fornecedor		
Porquê?	Falta de <i>feedback</i>		
Porquê?			

Ao estudar a tabela 3.3 e a tabela 3.4 é possível verificar que defeitos diferentes têm causas-raiz semelhantes/iguais das quais se destaca a falta de *feedback* (*feedback* este dado pela empresa aos seus fornecedores, que contribui para uma comunicação deficiente entre ambos e consequente chegada de material defeituoso) e a falta de instrução dos operadores.

3.2.2. Observação do processo de montagem

Modelo 1

Através da observação direta do processo de montagem da bicicleta Modelo 1 foi possível identificar alguns problemas quer a nível organizacional, quer a nível de componentes de montagem. São estes problemas que vão ser revistos de forma mais aprofundada. Tal como explicado anteriormente, esta bicicleta é montada de forma individual num posto de trabalho, que está localizada numa linha de produção, que se encontra parada durante todo o processo.

Elevado número de deslocações

Durante o processo de montagem das bicicletas constatou-se que os operadores efetuavam inúmeras deslocações, abandonando, deste modo o seu posto de trabalho. Estas deslocações podem ser divididas em três categorias principais:

- Deslocações para procurar ferramentas:

Para a montagem destas bicicletas eram necessárias várias chaves específicas, massa consistente, uma aparafusadora, uma pistola hidráulica com diferentes pontas, entre outras. No entanto, cada operador não tinha por vezes todas as ferramentas que necessitava no seu posto, tendo necessidade de se deslocar aos postos adjacentes, ou caso estes estivessem ocupados, ir à outra linha. No caso da aparafusadora, verificou-se que estas não eram suficientes para o número de operadores que trabalhavam nestes postos, levando a que regularmente fosse necessário esperar até que a sua utilização fosse concluída. Após uma análise mais aprofundada, concluiu-se que esta situação tem origem devido à desorganização dos postos de trabalho e à consequente falta de atribuição das ferramentas a cada posto, mas também devido à insuficiência de alguns tipos de ferramentas.

- Deslocações para colocar o lixo no recipiente:

Durante a montagem era necessário desembalar vários componentes, que vinham envolvidos com plástico, cartão e esferovite de proteção. Havia apenas um recipiente para colocar o lixo que estava localizado no centro da linha. Como consequência havia necessidade de deslocação até este recipiente para se proceder à remoção dos materiais.

- Deslocações para ir buscar componentes necessários para a montagem:

Corresponde ao tipo de deslocação mais comum neste processo. Ao longo das diversas etapas da montagem eram necessários inúmeros componentes da bicicleta, bem como porcas, parafusos e anilhas, que se traduziam em deslocações constantes até à bancada de materiais. Esta situação acontecia devido ao fato de todas as peças necessárias para a montagem estarem armazenadas num único local, tendo cada operador de se deslocar até esse sítio para ir buscar cada um dos componentes.

Dúvidas no procedimento e na ordem de montagem

No decorrer da observação realizada ao processo de montagem descobriu-se que a ordem de montagem não era uniforme de posto para posto e que surgiam dúvidas sobre qual a tarefa seguinte a realizar. Os operadores não têm acesso a um procedimento e, sendo alguns recém-contratados, foram ensinados de forma rápida e apressada, sem que tenham tido uma formação

adequada. A não uniformização dos métodos de trabalho constitui um dos desperdícios identificados previamente no capítulo 2 e como tal uma das situações que podem ser otimizadas.

Trocas de postos de trabalho

Uma situação que se verificou acontecer com alguma frequência foi a troca de linhas e/ou postos de trabalho. Este acontecimento ocorria principalmente quando era necessário render outros operadores, ou quando havia necessidades imediatas de produção de outros tipos de bicicleta. Outra causa desta situação é a limitação (física ou por falta de conhecimento de como o processo se realiza) de alguns operadores para executar determinadas tarefas.

Desmotivação por parte dos operadores

Durante o período de análise foi possível falar com os operadores e verificou-se que alguns se apresentavam desmotivados, não só em relação ao trabalho, mas também em relação à empresa. Alguns dos pontos mais referidos foram a falta de *feedback* e de reconhecimento por parte dos seus superiores e a falta de organização presente na distribuição de trabalho.

Outra situação que suscitou algumas reclamações foi a falta de aquecimento do pavilhão principal, que durante o inverno atinge temperaturas idênticas às exteriores, provocando desconforto nos trabalhadores durante o seu período laboral.

Greenland

Com implementação de um método de montagem novo, bem como das diversas melhorias que foram introduzidas logo desde o início (baseadas nas oportunidades identificadas no processo de montagem da bicicleta Modelo 1) verificou-se uma elevada taxa de produtividade, comparativamente aos modelos produzidos anteriormente nestas instalações.

No entanto, através da observação do processo de fabrico foi possível identificar que o balanceamento da linha era deficiente, uma vez que em alguns postos, os operadores concluíam as suas tarefas antes do tempo previsto, enquanto outros tinham dificuldade em acompanhar a cadência da linha.

Infelizmente, o lote de bicicletas *Greenland* que foi montado apresentava dimensões reduzidas, pelo que não foi possível realizar uma análise exaustiva ao estudo dos tempos, uma vez que a amostra era insuficiente. Deste modo, não foram calculados os tempos normais e padrão, nem foi definido um nível de significância para a amostra.

Tal como se pode observar através da tabela 3.5 é possível constatar que o balanceamento dos postos não se encontra feito de maneira eficiente. Esta situação acontece devido ao fato de

haver uma discrepância entre os tempos reais medidos na linha e os tempos que serviram como base para o balanceamento inicial.

Deste modo, a maior oportunidade de melhoria identificada foi a falta de balanceamento da linha.

Tabela 3.5- Tarefas pertencentes a cada posto e tempos médios.

Posto:	Tarefas	Tempos medidos no posto (s)			Média de tempos do posto (s)
1º Posto	Forqueta	240	270		255
	Guarda lamas da frente, luz e <i>bracket</i>	260			
	Travão da frente	250			
2º Posto	Guarda lamas de trás	260	240		243
	Passagem de cabos	230			
3º Posto	Travão de trás	315	349		346
	Suporte traseiro	375			
4ºPosto	Controlador e ligações elétricas	420	450	467	446
5ºPosto	Pedaleira	440			427
	Roda de trás	410			
	Roda da frente	430			
6ºPosto	Desviador e protetor do desviador	350	353		348
	Corrente e centrar guarda lamas trás	340			
7ºPosto	Guiador	410			308
	Protetor de corrente	375			
	Travão da frente (afinar) e centralina	138			
8ºPosto	Travão de trás (afinar)	490			472
	Afinar mudanças	440			
	Descanso e pedais	485			

4. Propostas de melhoria

Neste capítulo serão apresentadas e desenvolvidas as propostas de melhoria que visam solucionar e otimizar os problemas identificados na montagem das bicicletas modelo 1 e *Greenland*. Estas soluções serão desenvolvidas com o auxílio das ferramentas analíticas das filosofias Lean e das metodologias TRIZ.

4.1. Redução dos defeitos de pintura

No presente subcapítulo explica-se a concepção de um novo meio de transporte, que visa reduzir o número de defeitos de pintura.

4.1.1. Concepção de um novo meio de transporte

As forquetas são um dos principais constituintes das bicicletas, permitindo conectar a roda da frente, com o quadro e o guidador. No entanto, antes de se proceder à montagem deste componente com os restantes é necessário efetuar uma pré-montagem, na qual se ajusta o comprimento do tubo superior, bem como se coloca os *spacers* e anilhas que serão depois ajustados. Para realizar o transporte das forquetas do espaço de pré-montagens até à zona onde vai ocorrer a montagem das bicicletas é utilizado o carro apresentado na figura 4.1.



Figura 4.1- Carro das forquetas inicial.

As principais características do carro das forquetas encontram-se sintetizadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1- Características do carro das forquetas inicial.

Comprimento:	1.20 m
Largura:	0.55 m
Altura:	0.70 m
Capacidade:	20 forquetas

Este meio de transporte possui, no entanto, algumas desvantagens e problemas associados, que provocam alguns defeitos nas forquetas, bem como queixas por parte do funcionário alocado à preparação das forquetas. Os principais problemas associados a este carro são:

- Defeitos de pintura, provocados pelo choque entre as várias forquetas;
- Não podem ser transportadas forquetas grandes;
- As forquetas por vezes giram sobre si próprias, caindo ao chão;
- Necessidade do operador se baixar para empurrar o carro;
- Capacidade reduzida.

Assim, para que seja possível encontrar soluções para o problema identificado, utilizou-se a análise Substância-Campo, uma ferramenta da metodologia TRIZ. Após efetuada a análise, esta situação pode ser considerada como um sistema completo com efeito indesejado ou prejudicial, no qual a substância S1 corresponde às forquetas que serão transportadas, por sua vez a substância S2 pode ser identificada como o carro das forquetas, enquanto o campo F é uma força mecânica.

Tal como descrito no capítulo 2, as 76 soluções padrões existentes podem ser compiladas em 7 soluções gerais. Após a análise cuidada do sistema, é possível concluir que a solução geral que melhor se adequa é a número 2, na qual se atua na substância S2. A modificação da substância S2 pode ocorrer, quer através da alteração do carro das forquetas inicial, quer através do desenvolvimento de um novo, que tenha novas características e funcionalidades.

Formulação do problema

Após a inspeção das características consideradas essenciais no meio de transporte antigo utilizado para o transporte das forquetas, importa agora estabelecer quais os parâmetros essenciais que deverão ser cumpridos, para que o novo carro possa corrigir os defeitos identificados. Esses parâmetros são apresentados na tabela 4.2.

Tabela 4.2- Parâmetros identificados para matriz idealidade.

Número	Descrição	Parâmetro
1	Reduzir o número de defeitos provocado pelo choque entre forquetas	Defeitos
2	Aumentar a facilidade com que se transportam as forquetas	Mobilidade
3	Baixo custo de aquisição ou conceção do carro	Custo
4	Aumentar o número de forquetas transportadas	Capacidade
5	Aumentar a usabilidade do equipamento	Usabilidade
6	Aumentar a variedade de forquetas que se pode transportar	Variedade

Uma vez identificados os parâmetros essenciais para o desenvolvimento do novo meio de transporte, é possível elaborar a Matriz idealidade e reconhecer quais as interações existentes entre os parâmetros.

Matriz idealidade

Na tabela 4.3 podemos observar a matriz idealidade, onde se encontram assinaladas as várias interações entre os diversos parâmetros. As interações do tipo positivo são representadas pelo símbolo “+”, enquanto para o tipo negativo é utilizado o símbolo “-”, por sua vez para interações inexistentes, que não apresentam nenhuma relação lógica, não é utilizada qualquer notação.

Tabela 4.3- Matriz idealidade.

Parâmetros	1- Defeitos (-)	2- Mobilidade (+)	3- Custo (-)	4- Capacidade (+)	5- Usabilidade (+)	6- Variedade (+)
1- Defeitos (-)			-	-		
2- Mobilidade (+)			-	-	+	
3- Custo (-)	-	-		-		
4- Capacidade (+)	-	-	-		-	+
5- Usabilidade (+)		+	-			+
6- Variedade (+)	-	-	-	-	+	

As interações entre os parâmetros apresentados na matriz idealidade baseiam-se nos seguintes pressupostos:

Reduzir o número de defeitos provocado pelo choque entre forquetas (Defeitos)

O carro das forquetas tem como objetivo realizar o transporte das forquetas de um local para outro, este transporte deverá ser assegurado mantendo sempre a integridade de todos os componentes. Deste modo, poderão ter que ser transportadas menos forquetas, bem como ser utilizados materiais, que evitem defeitos que possam ser realizados durante o transporte. A variedade de forquetas que podem ser transportadas também poderá ser reduzido.

Aumentar a facilidade com que se transportam as forquetas (Mobilidade)

A mobilidade do carro das forquetas é essencial, este deverá ser feito com materiais leves, o que terá um impacto negativo no custo. Quantas menos forquetas forem transportadas mais fácil

será de efetuar o transporte, pelo que o parâmetro capacidade e variedade, poderão ser afetados de forma prejudicial. Um ponto que beneficiará com o aumento da mobilidade será a usabilidade, uma vez que quanto mais fácil a movimentação do carro, mais fácil será a sua utilização.

Baixo custo de aquisição ou conceção do carro (Custo)

O parâmetro custo é um dos parâmetros com mais interações prejudiciais, este fato acontece devido à necessidade de investimento para dotar o meio de transporte com as diversas características necessárias, por exemplo caso se queira reduzir os custos poderá ser necessário reduzir a qualidade dos materiais o que irá influenciar de forma negativa o parâmetro mobilidade.

Aumentar o número de forquetas transportadas (Capacidade)

O número de forquetas transportadas é um dos parâmetros mais importantes na conceção do carro das forquetas, uma vez que uma capacidade superior implicará uma redução no número de deslocações necessárias. Este parâmetro poderá interagir negativamente com os parâmetros mobilidade, defeitos, custos e capacidade. No entanto, o parâmetro variedade será beneficiado, já que aumentando o número de forquetas transportadas, haverá mais espaço disponível para mais variedade.

Aumentar a usabilidade do equipamento (Usabilidade)

A usabilidade do equipamento corresponde à facilidade de uso (colocação e remoção dos componentes), bem como se do ponto de vista ergonómico é fácil ou não de ser utilizado, sem que seja necessário realizar um elevado esforço físico. Sendo assim, as interações deste parâmetro são positivas com o parâmetro mobilidade, uma vez que o aumento da mobilidade conduzirá ao aumento da usabilidade e vice-versa, bem como com o parâmetro variedade. O parâmetro custo interagir de forma negativa.

Aumentar o tipo de forquetas que se pode transportar (Variedade)

Existindo vários tipos de bicicletas, que necessitam de forquetas distintas, com diferentes tamanhos e diâmetros, é fundamental que o novo carro tenha capacidade para transportar uma grande variedade de forquetas. Deste modo, poderão haver interações prejudiciais com os parâmetros defeitos, mobilidade, custos e capacidade e uma interação positiva com o parâmetro usabilidade.

Através da equação 2.1, apresentada no capítulo 2, é possível calcular qual o valor da idealidade. Este cálculo é apresentado na equação 4.1.

$$\text{Idealidade} = \frac{5}{16} = 0,3125 \quad (\text{equação 4.1})$$

Tal como se pode verificar através da equação o nível da idealidade é de 0.3125, valor este que ainda é bastante inferior a 1. Isto acontece devido ao fato do número de interações prejudiciais ser muito superior ao número de interações benéficas. Ao analisar individualmente cada um dos parâmetros utilizados na elaboração da matriz idealidade verifica-se que é possível fazer a correspondência com um parâmetro de engenharia equivalente, o que facilitará a elaboração da matriz contradições e possibilitará a escolha de princípios inventivos que deverão ser aplicados para alcançar um aumento na idealidade do sistema. Deste modo, foram selecionados os parâmetros que apresentavam mais interações negativas, razão pelo qual o parâmetro número 5, “Aumentar a usabilidade do equipamento (Usabilidade)” não foi considerado.

1. Reduzir o número de defeitos (Defeitos)- 29. Precisão de fabrico:

A precisão de fabrico é descrita como a proximidade entre as características reais de um sistema ou objeto e as características especificadas ou requeridas.

2. Aumentar a facilidade com que se transportam as forquetas (Mobilidade)- 33. Conveniência de uso:

A conveniência de uso é descrita como a simplicidade do processo.

3. Baixo custo de aquisição ou conceção (Custo)- 32. Manufaturabilidade:

A manufaturabilidade é descrita como a facilidade de manufatura, montagem e inspeção.

4. Aumentar o número de forquetas transportadas (Capacidade)- 26. Quantidade de matéria:

A quantidade de matéria é descrita como o número ou quantidade de materiais, substâncias, peças ou subsistemas que podem ser alterados.

6. Aumentar a variedade de forquetas que se pode transportar (Variedade)- 35. Adaptabilidade:

A adaptabilidade é descrita como a capacidade de um sistema responder positivamente a alterações externas, inclusive o seu uso em múltiplas formas e sob diferentes condições.

Finalizada a adaptação dos parâmetros escolhidos aos 39 parâmetros de engenharia, é agora possível construir a Matriz de Contradições, baseada na Matriz Idealidade, para que posteriormente se verifique quais os princípios inventivos relevantes para o desenvolvimento do novo carro das forquetas. A Matriz Contradições é apresentada na tabela 4.4.

Tabela 4.4- Matriz de contradições, baseada na matriz idealidade.

Parâmetros de engenharia	26	29	32	33	35
26. Quantidade de matéria		33, 30	29, 1, 35, 27	35, 29, 25, 10	
29. Precisão de fabrico	32, 30		-		
32. Manufaturabilidade	35, 23, 1, 24	-		2, 5, 13, 16	
33. Conveniência de uso	12, 35		2, 5, 12		
35. Adaptabilidade	3, 35, 15	-	1, 13, 31	15, 34, 1, 16, 7	

Após listados todos os princípios inventivos para cada uma das contradições, importa agora selecionar quais os mais relevantes e úteis para a situação descrita, uma vez que existem vários que não são compatíveis com a realidade da situação. A descrição de cada um dos princípios pode ser consultada no anexo A. Deste modo, os princípios mais relevantes são os seguintes:

Princípio 1 – Segmentação:

A. Dividir o objeto em partes independentes

Princípio 2 - Extração (Extração, Recuperação, Remoção):

A. Extrair do objeto a parte ou a propriedade que “perturba”

Princípio 7 – Nidificação:

B. Passar o objeto através de uma cavidade num outro objeto

Princípio 12 – Equipotencialidade:

A. Alterar as condições de trabalho, de modo que um objeto não precise de ser levantado ou abaixado

Princípio 15 – Dinamismo:

A. Ajustar as características do objeto ou do meio ambiente ao melhor desempenho em cada fase do funcionamento

Princípio 16 - Ação Parcial ou Excessiva:

A. Se for difícil obter o efeito desejado a 100%, alcançar mais ou menos o efeito desejado

Ao analisar os princípios inventivos identificados há algumas características para o novo carro que parecem benéficas caso sejam aplicadas, tais como:

- Compartimento individual para cada forqueta, com um diâmetro suficientemente grande para comportar diversos tipos;
- Vários níveis de forquetas, localizados a diferentes alturas;
- Aumentar a altura do carro para que seja mais fácil de transportar;
- Evitar que as forquetas toquem umas nas outras quando colocadas na posição de transporte.

Após várias sessões de *brainstorming*, onde estiveram presentes colaboradores-chave da empresa, chegou-se a um modelo que se considerou respeitar as características identificadas.

Posteriormente, após avaliada a viabilidade e conformidade do modelo em relação aos requisitos definidos, foi produzido o primeiro carro das forquetas, tal apresentado nas figuras 4.2 e 4.3.



Figura 4.2- Vista frontal do carro das forquetas.



Figura 4.3- Vista lateral do carro das forquetas.

Para que o custo do carro das forquetas fosse o menor possível, tentou-se utilizar materiais que estavam disponíveis, mas já não eram utilizados, tais como tábuas antigas, bem como a estrutura metálica, que é constituída por partes de outras estruturas, que foram posteriormente soldadas e pintadas. Devido a esta situação foi possível reduzir o parâmetro custo.

As características do novo carro das forquetas estão representadas na tabela 4.5:

Tabela 4.5- Características do carro das forquetas.

Comprimento:	1.15 m
Largura:	0.80 m
Altura:	1,60 m
Capacidade:	30 forquetas

Apesar de relativamente simples, o novo carro, apresenta inúmeras vantagens comparativamente ao modelo antigo, das quais se destacam:

- Maior capacidade;
- Possibilidade de transportar vários tipos de forquetas;
- Não existe contacto entre forquetas, diminuindo o número de defeitos de pintura;
- Maior facilidade para mover o carro;
- Maior facilidade para carregar e descarregar as forquetas.

Após ser produzido e testado a empresa decidiu avançar para o desenvolvimento de um segundo carro, com as mesmas características, tendo agora na sua posse dois carros das forquetas iguais.

4.2. Balanceamento da linha

Tal como constato anteriormente o balanceamento da linha não era o ideal, existindo uma enorme disparidade nos tempos médio necessários para a conclusão das tarefas em cada posto. Aplicando a ferramenta análise substância-campo, pode afirmar-se que estamos na presença de um sistema completo ineficiente, no qual a substância S1 corresponde à bicicleta que está a ser montada, neste caso o modelo *Greenland*, enquanto a substância S2 é identificado como os operadores e o processo de montagem, por fim o campo F corresponde às ações mecânicas que são aplicadas sobre a bicicleta pelas pessoas, para procederem à montagem da bicicleta.

Concluída a identificação dos parâmetros que descrevem o sistema, podemos agora aplicar a solução mais conveniente. Neste caso, a solução geral número 2, na qual se irá atuar sobre a substância S2 (figura 4.4), de forma a reduzir ou eliminar o impacto negativo.

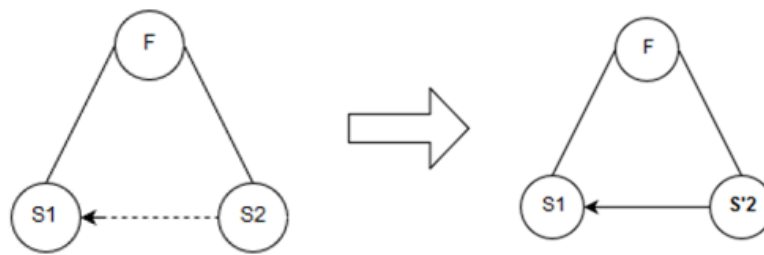


Figura 4.4- Solução geral número 2.

Para se poder atuar sobre a substância S2, ou seja, sobre o processo de montagem é importante perceber as relações existentes entre as várias atividades realizadas ao longo da montagem da bicicleta *Greenland*. Sendo assim, começou-se por analisar quais as precedências existentes entre as várias tarefas, de forma a inferir se é possível alterar a sua ordem de montagem, sem comprometer o resultado final. Na tabela 4.6 é possível verificar as precedências existentes entre as diversas tarefas.

Tabela 4.6- Tarefas e respectivas precedências da bicicleta *Greenland*.

Número	Tarefa	Precedências
1	Forqueta	-
2	Guarda lamas da frente, luz e <i>bracket</i>	1
3	Travão da frente	1
4	Guarda lamas de trás	-
5	Passagem de cabos	4
6	Travão de trás	4
7	Suporte traseiro	5
8	Controlador e ligações elétricas	5
9	Pedaleira	-
10	Roda de trás	6, 7, 8
11	Roda da frente	2, 3
12	Desviador e protetor do desviador	7, 9
13	Corrente e centrar guarda lamas trás	10, 12
14	Guiador	1
15	Protetor de corrente	13
16	Travão da frente (afinar) e centralina	8, 11, 14
17	Travão de trás (afinar)	13, 14
18	Afinar mudanças	17
19	Descanso e pedais	15

Tabela 4.7- Tempos individuais de cada tarefa.

Tarefas	Tempos da tarefa (s)
Forqueta	41
Guarda lamas da frente, luz e <i>bracket</i>	180
Travão da frente	57
Guarda lamas de trás	90
Passagem de cabos	130
Travão de trás	121
Suporte traseiro	256
Controlador e ligações elétricas	420
Pedaleira	181
Roda de trás	32
Roda da frente	193
Desviador e protetor do desviador	270
Corrente e centrar guarda lamas trás	123
Guiador	71
Protetor de corrente	64
Travão da frente (afinar) e centralina	236
Travão de trás (afinar)	246
Afinar mudanças	173
Descanso e pedais	100

É importante destacar que apenas foi realizada uma medição para se recolher referentes aos valores individuais de cada tarefa e visto que, algumas destas tarefas já eram familiares ao operador enquanto outras eram totalmente novas, poderá ser existir uma diferença na situação final. Na tabela 4.8 pode-se observar as alterações propostas ao processo de montagem, baseadas nos tempos anteriormente cronometrados. A coluna “tempos medidos” corresponde aos valores cronometrados em cada um dos postos, sendo estes de seguida utilizados para o cálculo da média dos tempos em cada posto.

Tabela 4.8- Tempos cronometrados na situação final.

Posto:	Tarefa	Tempos medidos em cada posto (s)		Média de tempos de cada posto (s)
1º Posto	Forqueta	410		395
	Guarda lamas da frente, luz e bracket	380		
	Travão da frente	375		
	Roda da frente	415		
2º Posto	Guarda lamas de trás	370	330	349
	Passagem de cabos	360		
	Fios centralina	335		
3º Posto	Abrir caixa da centralina	380		352
	Ligar os restantes fios da centralina	315		
	Suporte traseiro	360		
4ºPosto	Travão de trás	370	340	354
	Fechar caixa da centralina	375	330	
5ºPosto	Pedaleira	330		333
	Desviador e protetor do desviador	320		
	Roda de trás	355		
	Afinar calco do travão da frente	325		
6ºPosto	Afinar calco do travão de trás	380	365	362
	Corrente e centrar guarda lamas trás	340		
7ºPosto	Guiador	370		388
	Protetor de corrente	380		
	Descanso e pedais	380		
	Travão da frente (afinar) e centralina	420		
8ºPosto	Travão de trás (afinar)	340	375	358
	Afinar mudanças	360		

A amarelo estão assinaladas as atividades que foram alteradas. Entre essas tarefas existem algumas que foram simplesmente mudadas de posto, bem como outras que foram subdivididas em tarefas menores que a compunham, por exemplo a atividade “Controlador e ligações

elétricas”, que acontecia na situação inicial corresponde às atividades: “Fios centralina”, “Abrir caixa da centralina”, “Ligar os restantes fios da centralina” e “Fechar caixa da centralina” na situação final.

Graças à melhor distribuição das tarefas entre postos e à melhoria geral do balanceamento entre operações e postos foi possível alcançar uma redução no tempo necessário em cada posto de trabalho. Anteriormente, cada posto dispunha de 8 minutos e 30 segundos (510 segundos), o que correspondia 68 minutos para a montagem de uma bicicleta *Greenland*. Após a aplicação das propostas de melhoria verificou-se que o tempo necessário em cada posto era apenas 7 minutos (420 segundos) o que corresponde a 56 minutos para a montagem de uma bicicleta. Este valor representa uma redução de 12 minutos em relação à situação anterior, o que se traduz em mais 12 bicicletas produzidas por dia. Na tabela 4.9 é possível verificar a comparação entre a situação inicial e a situação final.

Tabela 4.9- Comparação entre a situação inicial e final.

Parâmetros	Situação inicial	Situação final
Tempo por posto	8m30s	7m
Tempo por bicicleta	1h8m	56m
Ganho	12 minutos	
Bicicletas por hora	7,06	8,57
Bicicletas por dia	56	68
Ganho	12 bicicletas por dia extra	

Na figura 4.5 pode-se verificar o processo de produção da bicicleta *Greenland* após realizadas as alterações. É então possível constatar que existiu uma diminuição de um minuto e trinta segundos no tempo de paragem efetuado em cada posto.

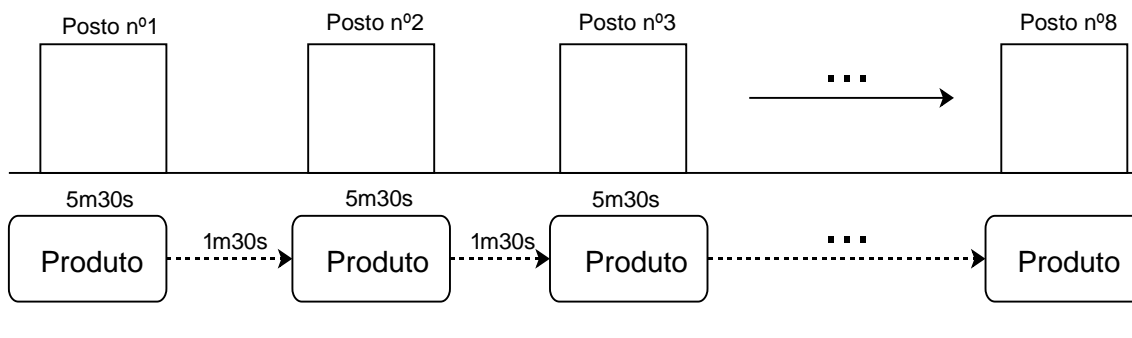


Figura 4.5- Esquema de montagem no modelo Greenland, após balanceamento.

4.3.Redução de desperdícios

Um dos principais objetivos da metodologia *Lean* é a redução dos vários tipos de desperdícios, bem como o aumento da eficiência de todo o processo produtivo. Tal como demonstrado no capítulo 3, os tipos de desperdícios identificados todos muito distintos um dos outros, pelo que terão que ser aplicadas diferentes estratégias. Para alcançar uma maior organização e arrumação do espaço de trabalho, bem como reduzir o número de movimentações será utilizada a ferramenta 5S.

4.3.1.Ferramenta 5S

Tal como explicitado anteriormente, a ferramenta 5S está assente em cinco sentidos (organização, arrumação, limpeza, uniformização e disciplina). Para que seja possível aferir a situação em que a empresa se encontra em cada um dos sentidos, foi elaborada uma *checklist* 5S e foram realizadas duas auditorias, num primeiro momento, antes de ter sido aplicada qualquer proposta de melhoria e uma segunda, que avalia o impacto das propostas de melhoria na diminuição dos desperdícios e no aumento da organização da linha L2.

É importante destacar que a ferramenta 5S será apenas aplicada à linha L2 e à sua área envolvente, uma vez que foi neste local que o estudo se focou, ignorando as restantes linhas e o armazém. A *checklist* 5S está disponível no anexo H. Cada um dos parâmetros foi classificado de 0-4, de seguida todos os valores foram somados e foi calculado o desempenho final da linha. Este valor servirá como referência para a comparação entre a situação inicial e final.

1ª Auditoria

A primeira auditoria foi realizada dia 23 de novembro e o desempenho final obtido foi de 46,9%. O documento utilizado e preenchido durante a auditoria está disponível no anexo J. Tal como se pode observar os pontos no qual a linha L2 obtém a pontuação mínima são referentes à marcação dos pés das máquinas, à disponibilidade do material de limpeza na linha de montagem e à inexistência de métodos de trabalho uniformes. Após esta primeira auditoria, foi definido que o desempenho final que se pretende alcançar seria 80%, deste modo, não bastará apenas atuar nos pontos classificados com 0, mas também nos restantes, pelo que terão que ser implementadas medidas, que visem dar resposta aos vários parâmetros com pontuações mais baixas.

Marcação dos pés das máquinas e zonas de arrumação

Tal como referido anteriormente, um dos parâmetros classificados com a pontuação 0 foi a identificação dos pés das máquinas. Uma vez que estas marcações são inexistentes, é conveniente demarcar e assinalar todas as novas zonas de arrumação, de circulação e os pés das máquinas. Estas zonas terão que estar adaptadas aos variados elementos presentes na linha L2,

bem como à utilização que se pretende dar ao espaço. Desta forma serão enumerados todos os elementos móveis (tais como veículos de transporte de material) e todos os elementos fixos (tais como a prensa de cartão e estantes) e descritas as suas características, funcionalidades e locais onde costumam estar localizados, para que posteriormente se possa apresentar a proposta de layout e de marcações adequada. Existem cinco tipos diferentes de elementos com mobilidade:

Carro das forquetas

Corresponde ao meio de transporte destinado à deslocação das forquetas, que foi desenvolvido previamente, visando reduzir o número de defeitos de pintura presentes nas forquetas. Encontra-se ilustrado na figura 4.6.



Figura 4.6- Carro das forquetas.

Este veículo apresenta as seguintes dimensões: (1,15x0,8) metros. Existem dois carros destinados ao transporte das forquetas, cada um com capacidade para trinta forquetas (seis em cada um dos cinco níveis existentes). Estes carros costumam estar posicionados normalmente na zona inicial da linha de montagem.

Carro dos quadros

Corresponde ao meio de transporte utilizado para a deslocação dos quadros dos vários modelos de bicicletas produzidos na empresa Interbike, tal como mostrado na figura 4.7.

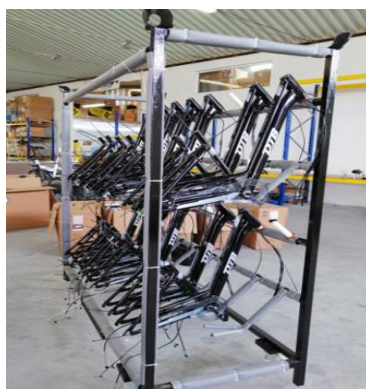


Figura 4.7- Carro dos quadros.

Existem seis carros cuja função é o transporte dos quadros das bicicletas, cada um com capacidade para dezasseis bicicletas (duas linhas horizontais com oito posições cada uma). As dimensões associadas a este veículo são: (2,13x0,85) m. Estes carros ficam localizados normalmente na parte inicial da linha de trabalho, visto que a colocação do quadro no suporte da linha é sempre a primeira tarefa a ser realizada.

Bancadas de trabalho

As bancadas de trabalho existentes destinam-se a funções de apoio à montagem das bicicletas. Estas funções incluem o armazenamento de componentes, ferramentas e por vezes de produtos de limpeza, que vão sendo usados pelos operadores à medida que a montagem das bicicletas vai sendo realizada. Na figura 4.8 encontra-se representada uma bancada de trabalho.



Figura 4.8- Bancada de trabalho.

Existem sete bancadas de trabalho distintas, que são colocadas ao longo da linha, consoante a necessidade de componentes ou ferramentas associadas a cada posto. As dimensões de uma bancada de trabalho são as seguintes: (2x1) m.

Carro das rodas

Para a deslocação dos vários tipos de rodas utilizados nas bicicletas produzidas na empresa Interbike, utiliza-se o carro das rodas, tal como representado na figura 4.9.



Figura 4.9- Carro das rodas traseiras.

Existem quatro carros destinados à armazenagem das rodas de bicicletas. No entanto, estes são divididos da seguinte forma, dois carros para as rodas dianteiras da bicicleta e outros dois para as rodas traseiras. A capacidade varia de acordo com o tipo de roda que está armazenado no carro, uma vez que as dimensões são distintas. Deste modo, a capacidade alterna entre cinquenta e oito rodas dianteiras ou quarenta e seis, no caso das rodas traseiras. As dimensões de cada um dos carros das rodas são as seguintes: (1,53x1,05) m.

Carro dos guidadores

Para se efetuar o transporte e alimentar a linha com os guidadores é utilizado o carro dos guidadores, tal como ilustrado na figura 4.10.



Figura 4.10- Carro dos guidadores.

Existe apenas um carro dos guidadores, que tem as seguintes dimensões: (0,85x0,85) m. Este meio de transporte tem capacidade para armazenar quarenta e quatro guidadores no total (onze lugares em cada uma das quatro colunas). Este carro tem um mecanismo que permite a sua rotação, para que se possa alcançar os guidadores que estão colocados nas colunas mais afastadas.

Relativamente aos elementos fixos, ou seja, que não apresentam mobilidade, podem ser divididos em cinco tipos distintos:

Linha de montagem

A linha de montagem, figura 4.11, é o local onde ocorre a montagem das bicicletas elétricas na Interbike. Esta encontra-se localizada na parte central do pavilhão e tem as seguintes dimensões: (0,68x20) m.



Figura 4.11- Linha L2.

Estantes

Na linha L2 e área envolvente existem três conjuntos de estantes distintos. O primeiro conjunto está localizado no canto inferior esquerdo do armazém e tem as seguintes dimensões: (2x1) m. O segundo conjunto é o maior e está localizado ao longo da parede esquerda do pavilhão, sendo constituído por várias estantes individuais que estão agrupadas, as suas dimensões são as seguintes: (11,5x1) m. Por fim, o terceiro conjunto está localizado no canto superior direito e tem as seguintes dimensões: (2x1) m.

Uma imagem de uma estante individual é apresentada na figura 4.12.



Figura 4.12- Estante da empresa Interbike.

Prensa de cartão, rebarbadora e bancada de trabalho

A prensa de cartão, a rebarbadora e a bancada de trabalho estão localizadas no canto inferior direito do armazém (figura 4.13). Como a prensa de cartão só é utilizada ao final do dia, concentram-se elevados volumes de cartão, proveniente principalmente de caixas antigas e da remoção dos componentes das suas embalagens originais, pelo que é necessário tomar em consideração este espaço necessário, para o armazenamento temporário de cartão.



Figura 4.13- Prensa de cartão, rebarbadora e bancada de trabalho.

As zonas de arrumação que foram definidas no novo layout e estão identificadas na figura 4.14.

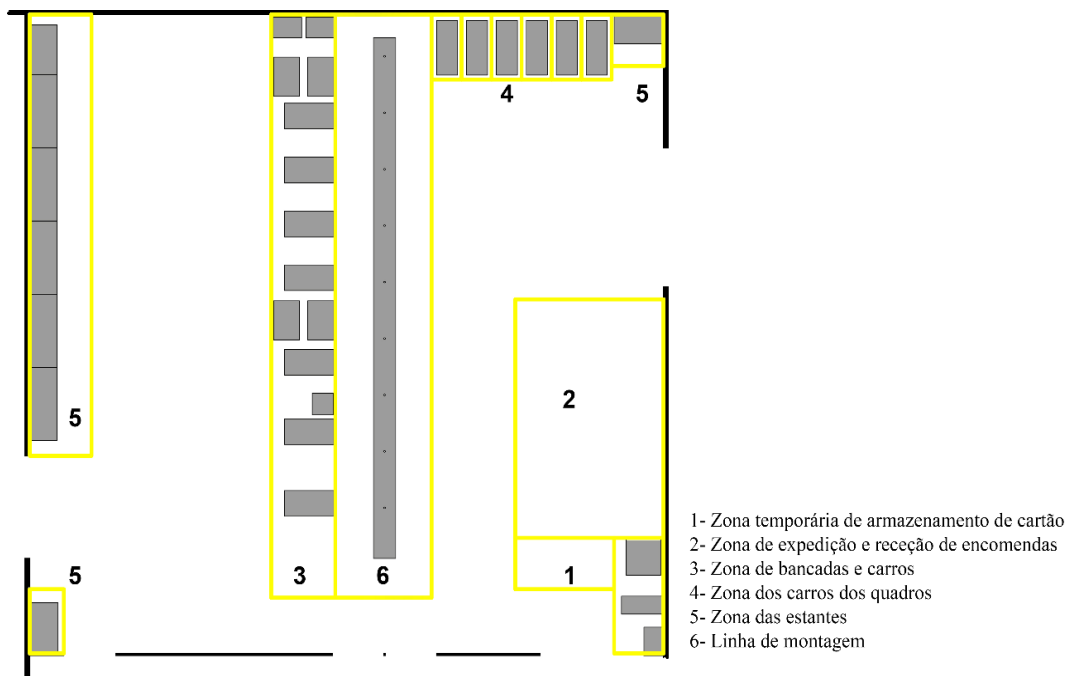


Figura 4.14- Zonas de arrumação definidas no novo layout.

Tal como se pode observar na figura 4.14 existem seis zonas de arrumação distintas delimitadas por linhas amarelas que se destinam a acomodar diferentes tipos de produtos.

1. Zona temporária de armazenamento de cartão

Esta zona, identificada com o número 1, servirá para armazenar o cartão que será posteriormente descartado na prensa de compactação. Uma vez que esta operação de compactação só costuma ser realizada no fim do turno de trabalho, é comum acumularem-se grandes quantidades de cartão, pelo que é necessário que esta zona tenha dimensões grandes o suficiente para albergar todas as caixas, sem comprometer o corredor de circulação, utilizado para o transporte de encomendas e para a passagem da empilhadora. Deste modo, propõe-se que esta zona tenha as dimensões de (2x4) m, o número de caixas que podem ser armazenadas nesta zona varia de acordo com as dimensões das caixas.

2. Zona de expedição e receção de encomendas

A zona de expedição de encomendas, que corresponde ao número 2 na figura 4.14, é o local para onde são transportadas as bicicletas, antes de se proceder à sua expedição. Estas são apenas deslocadas quando está prevista que a expedição seja realizada nesse dia, portanto o tempo máximo que as encomendas passam nesta zona nunca é superior a um dia. Importa destacar que esta zona, é apenas dedicada a encomendas de reduzidas dimensões, estando apenas reservado a encomendas transportadas em carrinhas ou camiões de pequenas dimensões. Existe uma segunda doca, localizada na outra parte do armazém de onde são expedidas as encomendas que têm necessidade de um meio de transporte de maiores dimensões. Para além da expedição, também se realiza ali a receção de encomendas de pequenas dimensões. Esta zona tem as seguintes dimensões: (9,3x6) m.

3. Zona de bancadas e carros

Tal como listado anteriormente existem vários tipos distintos de elementos móveis (bancadas, carro das forquetas, carros dos guiadores, carro das rodas e carro dos quadros) que podem ser posicionados em diferentes locais da linha de montagem. No entanto, a configuração mais conveniente corresponde à situação na qual o elemento móvel “carro dos quadros” fica estacionado numa outra área dedicada, ficando os restantes elementos móveis nesta zona. As dimensões desta zona são as seguintes: (22.73x2.6) m.

4. Zona dos carros dos quadros

A zona dedicada para a alocação dos carros dos quadros está localizada ao lado do primeiro posto de trabalho, uma vez que o quadro é normalmente o primeiro componente a ser posto na linha de montagem. Esta zona está dividida em seis espaços individuais, cada um com (1,22x2,53) m. O fato de cada carro ter o seu espaço individual visa aumentar a arrumação e impedir que os operadores coloquem os carros de maneira desorganizada e sem cuidado, obrigando-os a respeitar as áreas delimitadas.

As dimensões totais desta zona são as seguintes: (7,3x2,53) m.

5. Zona das estantes

Tal como é possível observar na figura 4.14 existem três zonas de estantes distintas, a maior delas e a que tem uma utilização superior, está localizada no lado esquerdo do armazém, as dimensões desta zona são as seguintes: (2,5x17,2) m. A zona de armazenagem do canto inferior esquerdo apresenta dimensões menores, visto que é apenas uma única estante e que a sua utilização não é muito elevada, as suas medidas são as seguintes: (1,38x2,5) m. Por fim, a estante do canto superior direito tem uma zona de armazenagem com (2,097x2) m. A razão pela qual estas zonas apresentam diferentes distâncias à estante, está relacionada com o espaço disponível e com a utilização que é dada às mesmas.

6. Linha de montagem

Identificada com o número 6, é em redor da linha de montagem que todas as operações de montagem das bicicletas se irão realizar, como tal esta assume-se como o elemento central deste layout. A linha de montagem está envolvida por uma zona de segurança que assegura uma distância suficiente para a montagem das bicicletas, com os componentes localizados ao lado, permite a passagem de cada um dos elementos móveis caso seja necessário, bem como da empilhadora. As distâncias da zona da linha de montagem são as seguintes: (22,73x3,9) m.

Para além das zonas previamente identificadas, que são delimitadas pelas linhas amarelas existem outras duas zonas que se destinam ao armazenamento de bicicletas produzidas na linha L2, tal como se pode observar na figura 4.15. No entanto não existirá qualquer marcação para esta zona, uma vez que a sua utilização não é feita de forma regular.

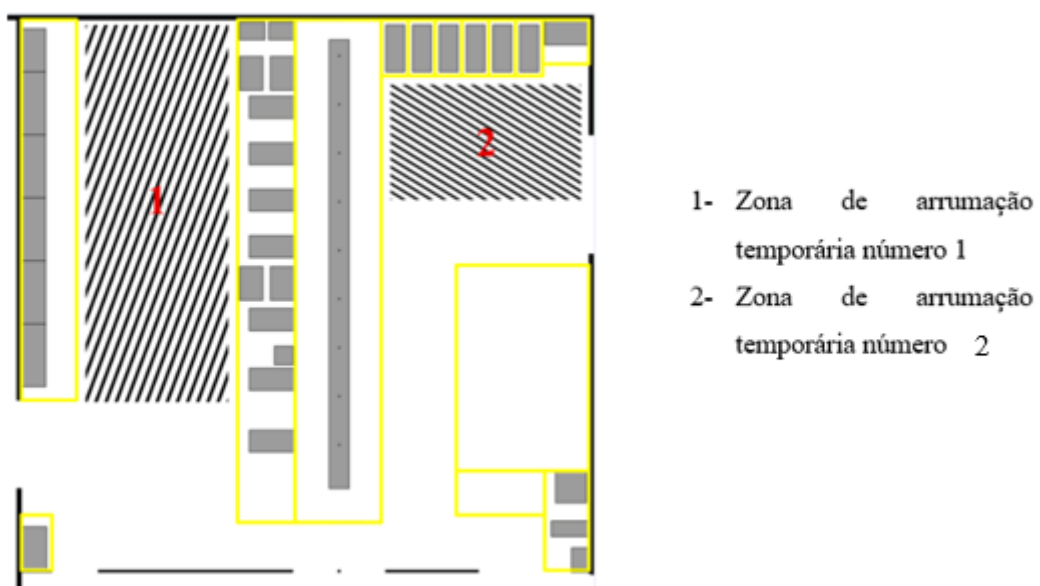


Figura 4.15- Zonas de arrumação temporária.

Estas duas zonas de arrumação, deverão apenas ser utilizadas para realizar o armazenamento temporário das bicicletas, isto é, após a sua produção elas são transportadas para uma das zonas, onde ficarão até serem devidamente inspecionadas (verificação de qualidade) e embaladas. Posteriormente, deverão ser movidas para outro local antes de serem transportadas. Foi decidido que estas duas zonas de arrumação temporárias destinadas ao produto acabado não ficariam delimitadas, visto que por vezes este espaço é utilizado para outras funções, tais como a realização das pré-montagens ou de testes nas bicicletas.

É possível consultar a proposta de layout, bem como as várias linhas que serão marcadas e as suas respetivas dimensões no anexo I.

Melhorias nos postos de trabalho

Após a escolha de quais as marcações a serem feitas, importa agora atuar nos outros parâmetros da auditoria 5S. No entanto é importante salientar, que algumas destas melhorias não visam dar uma resposta única aos parâmetros avaliados durante a auditoria do 5S, uma vez que algumas destas medidas são direcionadas para a resolução dos problemas identificados durante a fase de observação do processo de montagem. Contudo, de forma global todas as melhorias efetuadas nos postos de trabalho terão um impacto positivo, quer na redução dos desperdícios, quer na melhoria do desempenho final da linha L2 na auditoria 5S.

Colocação do recipiente para o lixo

Um dos desperdícios identificados no capítulo anterior foi o excesso de movimentações que eram realizados para colocar lixo no recipiente. Isto acontecia devido ao fato de haver um único recipiente do lixo, sendo necessário percorrer grandes distâncias para se proceder à remoção dos resíduos, caso os operadores estivessem localizados numa das extremidades da linha. Como tal, após ser realizado um estudo e ser analisado quais os postos de trabalho em que era necessário desempacotar componentes, foi colocado um caixote próximo desse posto, aproveitando uma das caixas, nos quais os componentes vinham acondicionados. É possível ver este recipiente na figura 4.16.



Figura 4.16- Recipiente para o lixo colocado próximo ao posto de trabalho.

Distribuição de ferramentas a cada posto de trabalho

Um dos pontos avaliados durante a auditoria 5S foi “Não existem materiais ou ferramentas desnecessárias na zona de trabalho”. Este foi identificado como um parâmetro que poderia ser melhorado e como tal, durante o estudo do processo de montagem da bicicleta *Greenland*, foram verificadas quais as ferramentas essenciais a cada posto. A melhoria consistiu na posterior atribuição das ferramentas ao posto, nas quais essas tarefas eram realizadas, tal como se pode observar na figura 4.17. Importa destacar que estas ferramentas serão utilizadas exclusivamente neste posto, não havendo transferências nem para outras posições da linha de trabalho, nem para outras linhas de montagem da empresa. Esta proposta permitirá reduzir as deslocações realizadas para ir buscar ferramentas necessárias a outros postos ou a outras linhas de montagem, maximizando o tempo disponível para o colaborador proceder à montagem da bicicleta.

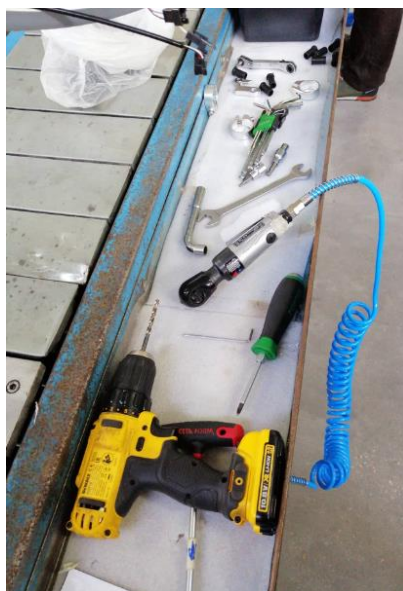


Figura 4.17- Ferramentas atribuídas a um posto de trabalho.

Versão resumida do SOP

Uma das oportunidades de melhoria identificadas no capítulo anterior foram as dúvidas no procedimento e na ordem de montagem. Para resolver este problema foi desenvolvido o SOP. No entanto, para operadores que já tinham formação e conhecimento de como realizar o processo verificou-se que o SOP devido ao seu tamanho e descrição detalhada, não era prático e poderia ser substituído por uma versão resumida, onde apenas estivessem apresentadas as operações a realizar no posto e as ferramentas necessárias. Esta versão resumida, tem apenas a informação essencial e permite ao operador, caso tenha alguma dúvida momentânea relembrar as operações a realizar. É, no entanto, pertinente salientar que esta versão resumida, deverá ser apenas atribuída aos colaboradores experientes e que já estão rotinados com a montagem de bicicletas, já que para

operadores em formação ou em processo de aprendizagem é recomendável a utilização do SOP completo, com todas as informações relevantes para a montagem da bicicleta. Um exemplo do SOP resumido é apresentado na figura 4.18.

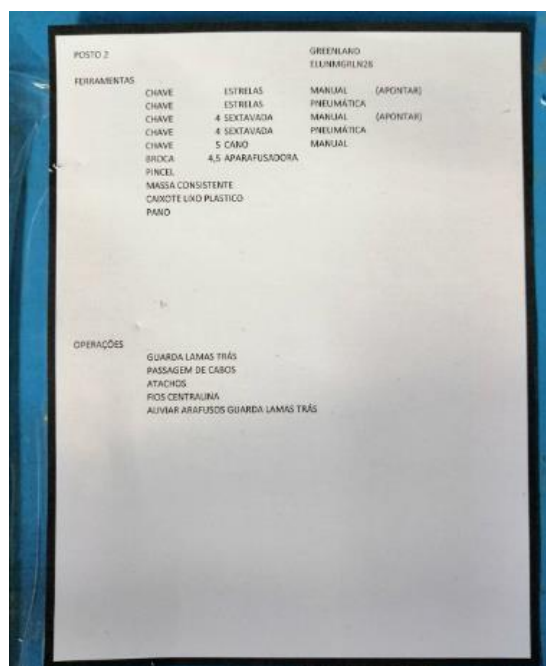


Figura 4.18- Versão resumida do SOP.

Na parte de trás do SOP existe uma área destinada a pedidos e recomendações, o que contribuirá para a melhoria da comunicação interna.

Aquisição de novas pistolas pneumáticas

Procurando solucionar o problema associado às elevadas deslocções realizadas para ir procurar ferramentas a outras postos, em especial aparafusadoras, foram adquiridas pistolas pneumáticas novas, tal como várias pontas diferentes. Estas pistolas pneumáticas serão distribuídas pelos postos onde foi identificado que seriam necessárias.

Componentes colocados juntos ao posto de trabalho

Ir buscar componentes foi identificado como a principal causa de deslocções realizadas ao longo do processo de montagem da bicicleta Modelo 1. Para tentar solucionar este problema, foi analisado todo o processo de montagem e anotado os componentes afetos a cada tarefa. De seguida, foram posicionados os componentes numa bancada situada ao lado dos postos de trabalho onde seriam utilizados, evitando assim, que os operadores necessitem de se deslocar ao centro da linha para obter os componentes. Um exemplo de uma bancada de trabalho, com alguns dos componentes da bicicleta *Greenland*, é apresentado na figura 4.19.



Figura 4.19- Componentes junto ao posto.

Melhoria na ergonomia do posto de trabalho

Para melhorar a ergonomia e a facilidade com que o trabalho é realizado por determinado operador, procurou-se adaptar o posto de trabalho às características das pessoas que o realizam. Deste modo, para operadores com uma estatura reduzida, foi colocada uma paleta, o que permite uma posição mais cómoda e menos desconfortável, reduzindo o esforço efetuado por parte do colaborador no processo de montagem.

Colocação de materiais de limpeza na linha de montagem

Um dos parâmetros presente no formulário 5S avaliado durante a auditoria foi “O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho”, que foi avaliado com uma pontuação de 0. Como tal foi essencial distribuir e colocar algum material de limpeza perto da linha de montagem, para que qualquer operador lhe possa aceder caso necessite. Com exceção das operações em que se coloca massa consistente ou óleo em alguns componentes, a maioria do trabalho de montagem não tem associado muitas operações que envolvem tarefas em que é possível sujar-se, pelo que apenas foi colocado um único balde com um pano e detergente para toda a linha de montagem (figura 4.20). No futuro, caso se verifique que este material de limpeza é insuficiente para todos os postos, deverão ser distribuídos mais nas zonas em que se apure que a sua colocação é mais benéfica.



Figura 4.20- Material de limpeza.

2ª Auditoria (comparação)

Concluída a aplicação das propostas de melhoria referentes ao 5S, estão agora reunidas as condições de realizar a segunda auditoria à linha L2 e verificar se a meta de 80%, previamente definida, foi alcançada. Para tal foram realizadas duas auditorias, a primeira avaliando a situação real na altura, e uma segunda avaliando uma situação hipotética final.

Na situação real final são apenas consideradas as melhorias já postas em prática, enquanto na situação hipotética se considerará que todas as melhorias sugeridas já estão implementadas, especialmente a medida que tem como objetivo marcar os pés das máquinas e definir as zonas de arrumação. Esta medida, que ainda não estava implementada, influenciará os parâmetros “As zonas de arrumação estão identificadas” e “Os pés das máquinas estão devidamente identificados” ambos pertencentes ao senso da arrumação. No anexo K, é possível encontrar a *checklist* referente à auditoria final real, onde se constata que o desempenho final foi de 73,4%, que fica abaixo da meta de 80%. Por outro lado, no anexo L, está disponível a auditoria final hipotética, que superou a meta dos 80%, alcançando 82,3%.

Na figura 4.21 podem ser consultados os valores associados a cada uma das auditorias.

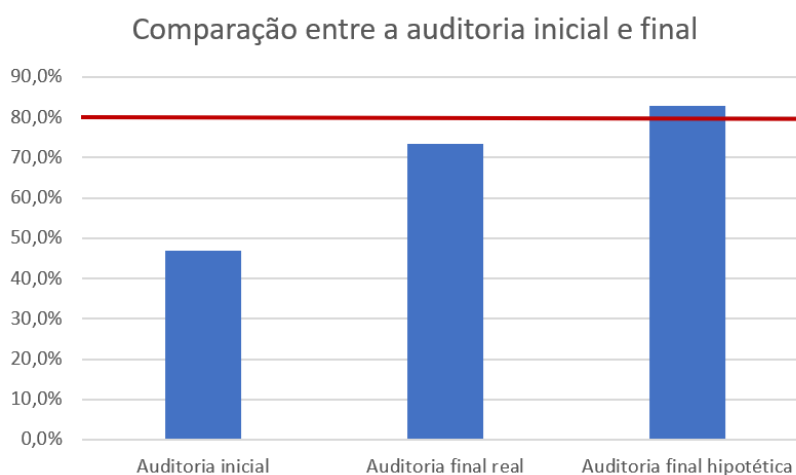


Figura 4.21- Comparação de desempenhos entre as auditorias.

Algumas das vantagens associadas à implementação das propostas de melhoria do 5S são:

- Maior organização da linha L2 e das zonas envolventes;
- Diminuição do número de movimentações;
- Maior arrumação e facilidade para encontrar ferramentas e componentes;
- Os vários elementos móveis têm agora um espaço dedicado;
- Melhoria na limpeza da linha L2.

4.4. Formação dos operadores

4.4.1. Desenvolvimento do SOP *Greenland*

Tal como demonstrado no capítulo anterior uma das oportunidades de melhoria identificadas foram as dúvidas no procedimento e na correta ordem de montagem da bicicleta. Para solucionar este problema foi desenvolvido o SOP da bicicleta *Greenland*. Uma vez que a bicicleta *Greenland* era também ela um modelo novo, que nunca tinha sido montado anteriormente na Interbike, achou-se conveniente desenvolver um SOP, que poderá ser utilizado na formação de novos operadores, bem como na uniformização de todo o processo de montagem, independentemente do operador que o realiza. Este SOP servirá como manual de instruções de referência para as próximas vezes que for necessário produzir o modelo *Greenland*. É importante referir que este manual tem como base o processo de montagem que foi previamente balanceado, numa das propostas de melhoria anteriores. Na figura 4.22 é apresentado um exemplo de uma das páginas do SOP, podendo a sua versão completa ser consultado no anexo M.



Figura 4.22- Exemplo de uma página do SOP *Greenland*.

Uma vez que o SOP apresenta um elevado número de folhas, o que não é prático caso seja necessário consultar durante o período de trabalho com a linha em andamento, desenvolveu-se uma versão resumida, na qual está disponível uma quantidade de informação inferior, onde se poderá consultar quais as tarefas a realizar e a sua respetiva ordem, assim como as ferramentas pertencentes àquele posto de trabalho. No entanto, esta versão deverá ser apenas atribuída a colaboradores experientes, que possam estar a sentir dificuldades na montagem da bicicleta, já

que para os trabalhadores que se encontrem em formação, a quantidade de informação é insuficiente, não sendo descritas de forma detalhada todas as fases do processo de montagem.

4.4.2.Melhoria da motivação

Uma das oportunidades de melhoria identificadas anteriormente foi a desmotivação por parte de alguns operários. Esta desmotivação é motivada principalmente pela falta de organização da empresa e pela falta de *feedback*. Como tal, a Interbike beneficiaria da aplicação da metodologia *Respect for the people*, pertencente à filosofia *Lean Management*, cujo os pontos principais estão assentes no respeito por todas as pessoas pertencentes à organização, independentemente da função desempenhada, bem como na sua valorização enquanto pessoa e trabalhador. Deste modo, considera-se benéfica a aplicação das seguintes medidas:

Tratar as pessoas bem e demonstrar preocupação com as condições de trabalho

A metodologia *Respect for the people* está assente e dependente na preocupação que as chefias demonstram pelo bem-estar dos seus trabalhadores e pelas condições de trabalho. Desta forma sugere-se que as chefias e as restantes pessoas responsáveis pela tomada de decisão visitem de forma regular as várias zonas de montagem de bicicletas, para que possam estar a par das situações experienciadas pelos operários, bem como das suas principais dificuldades e constrangimentos enfrentados. Para que a comunicação entre ambas as partes seja possível será necessário haver uma relação em que o respeito é mútuo. Sempre que se considerar pertinente, e seja financeiramente viável, a empresa deverá tentar atender aos pedidos realizados pelos operadores, demonstrando assim, preocupação para com as condições de trabalho existentes.

Encorajar os colaboradores a expressar ideias e opiniões

Estando estabelecida uma via de diálogo entre as várias hierarquias da empresa será agora necessário encorajar os trabalhadores a expressarem as suas ideias e as suas propostas de melhoria. Para estimular os colaboradores a partilhar as suas ideias sugere-se a implementação de um sistema de recompensas, onde quando se repare que determinado trabalhador fez um número de propostas de melhoria úteis e que foram aplicadas, seria recompensado pela empresa, através da atribuição de um incentivo financeiro ou de promoções na compra de artigos da empresa Interbike.

Implementar métricas e objetivos

Para manter os colaboradores a par das metas e objetivos definidos, deverão ser implementadas métrica e parâmetros que permitam aferir qual o seu desempenho. No entanto, é importante destacar que estes parâmetros devem ser concretos e mensuráveis e devem permitir verificar de forma objetiva se os esforços de melhoria e as metas previamente definidas estão, de

fato a ser cumpridas. Caso os trabalhadores tenham metas definidas e objetivos bem traçados, poderão ajudar a empresa a ser mais produtiva e eficiente, ficando mais motivados e comprometidos com a organização, uma vez que será mais fácil ver o resultado de todo o seu esforço e dedicação. Caso os objetivos não sejam atingidos, estas métricas poderão ser utilizadas como forma de deteção de que alguma anomalia ou problema poderá estar a acontecer.

Envolver os operadores no processo de decisão

Para demonstrar aos colaboradores da Interbike que a sua opinião importa e que a empresa está de fato, preocupada com o que os trabalhadores pensam, sugere-se que estes tenham um papel mais ativo na tomada de decisões da empresa. Isto poderá ser feito através de reuniões periódicas com os vários trabalhadores, nas quais serão abordados os temas mais relevantes da empresa e os problemas que os trabalhadores estejam a enfrentar e quais as suas respetivas propostas de soluções. Desta forma, valoriza-se o conhecimento e o *know-how*, levando a que a empresa seja mais competitiva e possa ter uma perspetiva diferente da que costuma ser utilizada para a tomada de decisão.

Apostar no desenvolvimento profissional e pessoal dos funcionários

Para promover um maior compromisso com a empresa e demonstrar que esta importa com todos os seus funcionários, quer na vertente pessoal, quer na vertente profissional, sugere-se a aposta em atividades de desenvolvimento profissional e pessoal dos trabalhadores. Esta aposta pode ser alcançada através da disponibilização de formações, nas várias áreas em que os colaboradores mostrem interesse, ou com a organização de atividades marcadas pela empresa, que visem integrar e formar um grupo de trabalho mais coeso e motivado. Caso esta aposta seja bem-sucedida, aumentará o compromisso com a empresa e contribuirá para a realização pessoal e profissional dos colaboradores. Poderão também ser realizados eventos de cariz solidário, que contribuirão para uma maior integração na comunidade, melhorando a opinião sobre a empresa junto de futuros trabalhadores.

4.5. *Feedback* a fornecedores

No capítulo anterior foram identificadas as várias causas responsáveis pelos diversos defeitos encontrados nas bicicletas Modelo 1 e *Greenland*. Uma das causas mais comuns era a falta de *feedback*, que era responsável pelo empeno das rodas/tensão dos raios, defeitos de pintura e pelos barulhos no protetor de corrente. Tendo em vista a resolução destes problemas foram apresentadas três alternativas à empresa. Cada uma das alternativas apresenta as suas vantagens e desvantagens e a Interbike deverá analisar qual a mais conveniente tendo em conta a realidade da empresa e o nível de compromisso com o fornecedor em causa.

Parâmetros de qualidade mais exigentes e rigorosos do fornecedor

A primeira alternativa apresentada à Interbike passa por estipular novos parâmetros de qualidade ao fornecedor. Estes parâmetros definidos seriam mais exigentes e rigorosos e teriam em conta todas as falhas já identificadas, para produtos provenientes daquele fornecedor. Para tal, seria necessário estar em constante comunicação, promovendo uma maior integração a montante da cadeia de valor. Esta é a alternativa de mais fácil implementação, uma vez que apenas será necessário melhorar o controlo de qualidade realizado por parte do fornecedor, não havendo necessidade de realizar investimentos avultados. Caso o controlo de qualidade seja feito de forma mais exigente espera-se que cheguem menos peças defeituosas às instalações da Interbike, melhorando assim, a relação com o fornecedor. A comunicação constante com o fornecedor permitirá garantir a conformidade de todos os parâmetros definidos, bem como informar sobre novos requisitos que venham a ser necessários.

Novos procedimentos de produção por parte dos fornecedores

A segunda alternativa proposta à Interbike passa por verificar com os seus fornecedores se existem processos de produção que sejam mais recentes e inovadores e que assegurem um número de defeitos inferiores. Caso esses processos estejam disponíveis e haja a convicção de que a sua utilização representa uma mais valia real para a Interbike, importa saber se o fornecedor tem disponibilidade para realizar o investimento e atualizar as suas infraestruturas. Esta alternativa apresenta uma enorme desvantagem para o fornecedor, uma vez que o obrigaria a investir em novas infraestruturas e em novos processos de produção.

Procurar um fornecedor alternativo

A terceira alternativa apresentada à Interbike passa pela seleção de um novo fornecedor. Apesar da Interbike ter vários fornecedores disponíveis, esta opção apresentar-se-ia como desfavorável a curto prazo, uma vez que os preços praticados pelo fornecedor atual são bastante reduzidos, quando comparados com a restante concorrência. Contudo, o fornecedor atual apresenta também algumas desvantagens, para além do elevado número de defeitos encontrados nas peças recebidas, também o *lead time* é bastante alto, visto que todos os componentes são expedidos e transportados a partir da China.

5. Conclusões e trabalhos futuros

Ao longo deste capítulo serão sintetizadas as análises realizadas nos capítulos anteriores, e será analisado o *status* das propostas de melhoria, isto é, se estas se encontram em fase de implementação ou se já estão em prática. Serão ainda retiradas conclusões dos resultados obtidos, derivados da aplicação das diferentes metodologias selecionadas. A última parte deste capítulo está reservada para a apresentação de sugestões e de recomendações para trabalhos que possam vir a ser desenvolvidos no futuro, caso se queira dar seguimento ao presente estudo.

5.1. Discussão de resultados e *Status* das medidas sugeridas

Neste momento, das treze propostas de melhoria apresentadas já se encontram implementadas dez medidas, na sua totalidade, estando a proposta melhoria da motivação em fase de implementação. Por outro lado, a marcação dos pés das máquinas e zonas de arrumação e o *feedback* a fornecedores ainda estão em fase de análise, estando a sua implementação para já em suspenso. Na tabela 5.1, estão enumeradas as várias medidas sugeridas e o seu status de implementação,

Tabela 5.1- *Status de aplicação das medidas sugeridas.*

Medidas sugeridas	Em análise	Em implementação	Já implementad
Conceção de um novo meio de transporte			x
Balanceamento da linha			x
Marcação dos pés das máquinas e zonas de arrumação	x		
Colocação do recipiente para o lixo			x
Distribuição de ferramentas a cada posto de trabalho			x
Versão resumida do SOP			x
Aquisição de novas pistolas pneumáticas			x
Componentes colocados juntos ao posto de trabalho			x
Melhoria na ergonomia do posto de trabalho			x
Colocação de materiais de limpeza na linha de montagem			x
Desenvolvimento do SOP <i>Greenland</i>			x
Melhoria da motivação		x	
Feedback a fornecedores	x		

O impacto da aplicação das melhorias associadas ao 5S espera-se que se traduza num aumento de 35,9% na próxima auditoria a realizar.

Do ponto de vista da melhoria do balanceamento da linha de montagem, verificou-se que o número de bicicletas produzidas por dia aumentou em 12, derivado da redução do tempo necessário para a produção total de uma bicicleta.

5.2. Conclusões

Hoje em dia, as empresas têm sido forçadas a inovar e a aplicar novas técnicas para que consigam atingir uma vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes. Com a crescente complexidade dos problemas apresentados pelas empresas, existe cada vez mais uma aposta em metodologias que se dediquem a alcançar inovações. A metodologia TRIZ oferece um conjunto de ferramentas, que se aplicadas em conjunto com a filosofia *Lean*, podem trazer enormes benefícios para as organizações. A aplicação destas técnicas, tem como principal objetivo aumentar eficiência e a produtividade, enquanto se reduz os desperdícios.

O mercado das bicicletas elétricas, que se prevê que cresça nos próximos anos, é um exemplo de um mercado extremamente competitivo, onde as empresas para atingir as suas metas deverão melhorar os seus processos produtivos e reduzir os seus desperdícios tanto quanto possível. A Interbike, enquanto empresa responsável pela montagem das bicicletas da marca *Coluer*, enquadra-se neste lote de empresas que busca o aumento da eficiência, através da melhoria dos seus processos de montagem.

Para alcançar estes objetivos começou por ser analisado todo o processo de montagem de duas bicicletas. Numa primeira fase foram observadas quais as tarefas realizadas durante o processo produtivo da bicicleta Modelo 1, numa segunda fase, analisou-se a bicicleta *Greenland*. Esta primeira etapa de análise foi realizada observando e questionando, de forma minuciosa e detalhada os colaboradores, tendo sido registado cada etapa e os respetivos desperdícios associados. Na bicicleta *Greenland*, foram ainda cronometradas os tempos necessários a cada operador para a realização das tarefas no seu posto de trabalho. Simultaneamente à recolha de dados, foram também aprofundados os conhecimentos sobre as filosofias *Lean* e TRIZ, recorrendo a livros, artigos e dissertações.

Para analisar melhor a situação inicial da empresa, foram estudadas as *checklists*, onde estão registadas a quantidade e o tipo de defeitos identificados durante o controlo de qualidade realizado às bicicletas Modelo 1 e *Greenland*. Posteriormente, foram analisadas quais os defeitos mais frequentes através do diagrama de Pareto, tendo-se aplicado, de seguida a ferramenta 5 Porquês, que permitiu identificar as causas-raiz de cada um dos defeitos.

Identificadas as causas-raiz dos defeitos e os tipos de desperdícios existentes durante o processo de montagem, foi possível sugerir propostas de melhoria, que visavam corrigir e melhorar a situação inicial. Todas as propostas de melhoria sugeridas foram baseadas nas filosofias *Lean* e nas metodologias TRIZ.

Uma das principais causas de defeitos identificadas foi a utilização de um meio de transporte, que não era adequado ao componente a transportar. Assim sendo, foi desenvolvido um novo carro destinado ao transporte das forquetas. Para o desenvolvimento deste carro, recorreu-se às ferramentas da TRIZ - análise substância-campo, matriz idealidade, matriz contradição/matriz idealidade e aos 40 princípios inventivos. Foi realizada uma reunião de *brainstorming*, chegando-se a um modelo que respeitava os requisitos e os princípios inventivos selecionados.

A proposta de melhoria seguinte, tinha como objetivo balancear a linha de montagem para a bicicleta *Greenland*. Foi utilizada a análise substância-campo, onde se verificou que era necessário atuar sobre a ordem dos processos. Assim, procedeu-se à reorganização das atividades realizadas nos postos de trabalho. Para esta reorganização ser possível, foi necessário cronometrar a duração de cada tarefa e foi elaborada uma nova ordem de montagem, o que permitiu aumentar o número de bicicletas diárias montadas.

Para se conseguir reduzir os desperdícios, organizar o local de trabalho e aumentar a produtividade na linha L2 recorreu-se à ferramenta 5S. Começou-se por realizar uma primeira auditoria, na qual se identificaram os pontos que deveriam ser melhorados e posteriormente foram sugeridas as seguintes medidas:

- Marcação dos pés das máquinas e zonas de arrumação;
- Colocação de recipientes para o lixo;
- Distribuição de ferramentas a cada posto de trabalho;
- Versão resumida do SOP;
- Aquisição de novas pistolas pneumáticas;
- Componentes colocados juntos ao posto de trabalho;
- Melhoria na ergonomia do posto de trabalho;
- Colocação de materiais de limpeza na linha de montagem.

Quando todas as medidas estiverem aplicadas será expectável um aumento de 35,9% no desempenho da linha L2 em relação à primeira auditoria.

Para facilitar a formação de novos colaboradores e reduzir o número de falhas e de erros por esquecimento, foi elaborado um SOP para a bicicleta *Greenland*. Este SOP será bastante útil,

uma vez que irá contribuir para a uniformização do processo de montagem, independentemente do operador que o realiza.

Relativamente à melhoria da motivação dos operadores foram sugeridas à empresa a aplicação de diversas medidas, tais como:

- Tratar as pessoas bem e demonstrar preocupação com as condições de trabalho;
- Encorajar os colaboradores a expressar ideias e opiniões;
- Implementar métricas e objetivos;
- Envolver os operadores no processo de decisão;
- Apostar no desenvolvimento profissional e pessoal dos funcionários.

Caso estas medidas sejam aplicadas, espera-se que o compromisso dos trabalhadores com a empresa aumente, melhorando a capacidade de trabalho em equipa, criando um melhor ambiente de trabalho.

Para evitar que continuem a ser recebidas, sucessivamente, peças defeituosas deverá ser reavaliada a relação com os principais fornecedores da Interbike. Para tal sugerem-se três abordagens distintas, a primeira passa por estabelecer parâmetros de qualidade mais exigentes e rigorosos ao fornecedor, a segunda por verificar se existem métodos de produção alternativos, e a terceira alternativa, passa por alterar o fornecedor. Estas medidas, caso sejam bem-sucedidas, deverão reduzir o número de peças com defeitos.

Para que todas as propostas surtam o efeito desejado, é recomendável que se continue a acompanhar de forma contínua todos os processos e parâmetros. Isto, requererá que a empresa continue a investir e a monitorizar todos os aspetos relacionados com a montagem de bicicletas e com a gestão dos seus colaboradores.

5.3.Limitações e trabalhos futuros

No decorrer da realização do presente estudo foram encontradas algumas limitações, das quais se destacam as seguintes:

- Os tempos cronometrados na montagem da bicicleta *Greenland* eram provenientes de uma amostra reduzida, o que levou a que não houvesse dados suficientes para calcular os tempos normais e padrões, levando que os dados tenham uma maior incerteza;
- Não foi avaliado qual o impacto em termos monetários das propostas de melhoria, no entanto, verificou-se que relativamente à situação inicial, havia um impacto positivo em todo o processo de montagem, quando implementadas as medidas sugeridas.

Para continuar a promover a melhoria contínua, deverão ser desenvolvidos esforços, que deem seguimento aos métodos e às ferramentas aplicadas, deste modo todos os processos e parâmetros deverão ser monitorizados regularmente. No entanto, existem algumas recomendações para desenvolvimento de trabalhos futuros, tais como:

- Estudo dos processos produtivos das restantes bicicletas e elaboração do seu respetivo SOP;
- Aplicação do 5S às restantes linhas e partes do armazém;
- Estabelecimento de parâmetros e métricas que possam avaliar o desempenho de produção e dos colaboradores;
- Formação contínua dos trabalhadores;
- Análise da cadeia de valor de toda a organização, incluindo os seus fornecedores e clientes.

Bibliografia

- Altshuller, G. 2007. *The Innovation Algorithm - TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity (2ª Edição)*, Worcester, Technical Innovation Center, Inc.
- Altshuller, G., Shulyak, L. & Rodman, S. 2002. *40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation*, Worcester, Technical Innovation Center, Inc.
- Barry, K., Domb, E. & Slocum, M. S., 1996. *TRIZ – What is TRIZ?*. Disponível em: <http://www.triz-journal.com/triz-what-is-triz/> [Acedido a 3 de novembro de 2018]
- Bligh, A. 2006. *The Overlap Between TRIZ and Lean, Manufacturing Systems, University of Rhode Island*, 1. Disponível em: http://www.innovation-triz.com/papers/TRIZ_Lean.pdf [Acedido a 9 dezembro 2018].
- Carvalho, M. 2007. Metodologia IdeaTriz para a Ideação de Novos Produtos. *Universidade Federal de Santa Catarina*. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89798/248368.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acedido a 10 dezembro 2018].
- Coluer 2018, Bicicletas. Disponível em <https://www.coluer.com/categoria>, [Acedido a 17 de dezembro 2019]
- Dekier, L. 2012. The Origins and Evolution of Lean Management System. *Journal of International Studies*, 5, 46–51.
- Dennis, P. 2002. *Lean Production Simplified (2ª edição)*, New York, Productivity Press.
- Fey, Victor R & Rivin, Eugene I 1997, *The science of innovation: a managerial overview of the TRIZ methodology*, Southfield, TRIZ Group.
- Gadd, K. 2011. *TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving*, Oxford, John Wiley & Sons, Ltd.
- Gapp, R., Fisher, R. & Kobayashi, K. 2008. Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. *Management Decision*, 46(4), 565–579
- Hall, R. 1987. *Attaining Manufacturing Excellence: Just-in-time, Total Quality, Total People Involvement*, Minnesota, Dow Jones-Irwin.
- Hirano H., 1995. *5 pillars of the visual workplace: the sourcebook for 5s implementation*. Portland, Productivity Press.
- Imai, M., 1986. *Kaizen: The key to Japan's competitive success*, New York, McGraw-Hill.
- InnoSkills 2009. Instrumentos para o desenvolvimento de soluções inovadoras: TRIZ. *InnoSkills – Competências de Inovação para PMEs*, 1. Disponível em: http://www.innosupport.net/uploads/media/4.9._TRIZ_01.pdf [Acedido a 4 de novembro 2018].
- Kaplan, Robert S. & David P. Norton 1996. *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*, Boston, Harvard Business School Press
- Leonid C. 2016. *Research and Practice on the Theory of Inventive Problem Solving (Triz): Linking Creativity, Engineering and Innovation*, 1, Lappeenranta, Springer International Publishing.
- Liker, J., 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer (1ª edição)*, New York, McGraw-Hill.

- Marchwinski, C., Shook, J., & Schroeder, A. 2008. *Lean Lexicon - A Graphical Glossary for Lean Thinkers*, Cambridge, MA. Lean Enterprise Institute
- Melton, T. 2005. *The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. *Chemical Engineering Research and Design*, 83, 662–673.
- Miller, J., Domb, E., & Terninko, J. 2000. The Seventysix Standard Solutions, with Examples Section One. *The Triz Journal*. Disponível em: <https://triz-journal.com/using-76-standard-solutions-case-study-improving-world-food-supply/> [Acedido a 8 dezembro 2018].
- Navas, H. 2013a. TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation, Advances in Industrial Design Engineering, *IntechOpen*. Disponível em: <http://www.intechopen.com/embed/advances-in-industrial-design-engineering/triz-design-problem-solving-with-systematic-innovation> [Acedido a 13 dezembro 2018]
- Navas, H. 2013b, TRIZ uma Metodologia para a resolução de Problemas, *Guia de Empresas Certificadas*, 1, 28-32
- Navas, H. 2014a. Fundamentos do TRIZ (Parte I - Necessidade de Resolver Problemas). *Inovação e Empreendedorismo*, 50, 3.
- Navas, H. 2014b. Fundamentos do TRIZ (Parte II - Níveis de Inovação). *Inovação e Empreendedorismo*, 51, 3.
- Navas, H. 2014c. Fundamentos do TRIZ: Parte III - Contradições Técnicas e Físicas. *Inovação e Empreendedorismo*, 52, 3.
- Navas, H. 2014d. Fundamentos do TRIZ: Parte IV - Análise de Recursos. *Inovação e Empreendedorismo*, 53, 3.
- Navas, H. 2014e. Fundamentos do TRIZ: Parte V - Idealidade de um sistema. *Inovação e Empreendedorismo*, 54, 3.
- Navas, H. 2014f. Fundamentos do TRIZ. Parte VII - Princípios Inventivos ou Técnicas para Vencer Conflitos. *Newsletter Inovação & Empreendedorismo*, 56, 4.
- Navas, H. 2014g. Fundamentos do TRIZ. Parte VIII - Modelo Substância-Campo. *Newsletter Inovação & Empreendedorismo*, 57, 3.
- Navas, H. 2015. Fundamentos do TRIZ. Parte X - Evolução de Sistemas. *Newsletter Inovação & Empreendedorismo*. 59, 6.
- Ohno, T 1988. *The Toyota Production System: Beyond Large Scale-Production*, Oregon, Productivity Press
- Pinto, J. 2008. *Lean Thinking: introdução ao pensamento magro*, Porto, Comunidade Lean Thinking.
- Pinto, J. 2009. *Pensamento Lean (1ª edição)*, Lisboa, Lidel - Edições técnicas.
- Portugal Bike Value, Dados estatísticos. Disponível em: <http://portugalbikevalue.pt/0/pt/dados-estatisticos/>, [Acedido a 10 de janeiro 2019]
- Rantanen, K., Domb, E. 2010. *Simplified TRIZ*, New York, Auerbach Publications.
- Savransky, S. 2000. *Engineering of Creativity (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving)*, New York, CRC Press.
- Spear, S., & Bowen, H. 1999. Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77. Disponível em: <https://hbr.org/1999/09/decoding-the-dna-of-the-toyotaproduction-system> [Acedido a 20 outubro, 2018].

Statista 2016. E-bikes - market size worldwide 2016/2025. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/674381/size-global-market-electric-bicycles/> [Acedido a 10 de janeiro 2019]

U.S. Environmental Protection Agency 2007. Guidance for Preparing Standard Operating Procedures (SOPs). EPA QA/G-6. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/g6-final.pdf> [Acedido a 16 dezembro 2018].

Wilson, L. 2010. *How to Implement Lean Manufacturing (1ª edição)*, New York, McGraw-Hill Companies.

Womack, J., & Jones, D. 1996. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation (edição de 2003)*, New York, Free Press.

Womack, J., Jones, D., & Roos, D. 2007. *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production (2ª edição)*, New York, Free Press.

Anexo A- 40 Princípios inventivos

(Adaptado de Navas, 2013b)

Princípio 1 – Segmentação:

- A. Dividir o objeto em partes independentes
- B. Secionar o objeto (para facilitar a montagem e desmontagem)
- C. Aumentar o grau de segmentação do objeto

Princípio 2 - Extração (Extração, Recuperação, Remoção):

- A. Extrair do objeto a parte ou a propriedade que “perturba”
- B. Extrair do objeto apenas a parte ou a propriedade necessária

Princípio 3 - Qualidade Local:

- A. Providenciar a transição de uma estrutura homogênea de um objeto ou ambiente externo (ação) para uma estrutura heterogênea
- B. Fazer com que os diferentes componentes do objeto executem as funções diferentes
- C. Colocar cada parte do objeto em condições mais favoráveis para o seu funcionamento

Princípio 4 – Assimetria:

- A. Substituir uma forma simétrica por uma forma assimétrica
- B. Se um objeto já for assimétrico, aumentar o seu grau de assimetria

Princípio 5 – Combinação:

- A. Combinar no espaço os objetos homogêneos ou objetos destinados a operações contíguas
- B. Combinar no tempo as operações homogêneas ou contíguas

Princípio 6 – Universalidade:

- A. Se um objeto servir para realizar várias funções, assim, poder-se-á eliminar os outros elementos

Princípio 7 – Nidificação:

A. Colocar o objeto dentro de outro, que, por sua vez, é colocado no interior de um terceiro objeto, etc.

B. Passar o objeto através de uma cavidade num outro objeto

Princípio 8 – Contrapeso:

A. Compensar o peso de um objeto juntando-o com um outro objeto que gera uma força de elevação

B. Compensar o peso de um objeto com forças aerodinâmicas ou hidrodinâmicas geradas pelo meio ambiente

Princípio 9 – Contra- Ação Prévia:

A. Realizar uma contra-acção por antecipação

B. Submeter o objeto ao pré-carregamento com contra tensão para compensar tensões excessivas ou indesejáveis

Princípio 10 – Ação Prévia:

A. Realizar as alterações necessárias num objeto com antecedência total ou parcial

B. Colocar os objetos com antecedência de modo que eles possam entrar em ação no momento oportuno e numa posição conveniente

Princípio 11 – Amortecimento Prévio:

A. Compensar a confiabilidade relativamente baixa de um objeto com contramedidas tomadas com antecedência.

Princípio 12 – Equipotencialidade:

A. Alterar as condições de trabalho, de modo que um objeto não precise de ser levantado ou abaixado

Princípio 13 – Inversão:

A. Em vez de uma ação ditada pelas especificações do problema, aplicar uma ação oposta (por exemplo, arrefecimento em vez de aquecimento)

B. Transformar elemento móvel do objeto ou do meio ambiente em imóvel e o elemento imóvel em móvel

Princípio 14 – Esfericidade:

- A. Substituir os elementos lineares por curvilíneos, as superfícies planas por superfícies esféricas e as formas cúbicas por formas esferoidais
- B. Usar rolos, esferas, espirais
- C. Substituir movimento linear por movimento rotativo; utilizar forças centrífugas

Princípio 15 – Dinamismo:

- A. Ajustar as características do objeto ou do meio ambiente ao melhor desempenho em cada fase do funcionamento
- B. Se um objeto for imóvel, torná-lo móvel. Tornar o objeto intermutável
- C. Dividir o objeto em partes que possam mudar de posição relativamente a cada uma das outras partes

Princípio 16 - Ação Parcial ou Excessiva:

- A. Se for difícil obter o efeito desejado a 100%, alcançar mais ou menos o efeito desejado

Princípio 17 – Transição para uma Nova Dimensão:

- A. Providenciar a transição do movimento ou localização unidimensionais em bidimensionais; dos bidimensionais em tridimensionais, etc.
- B. Utilizar composição de objetos em vários níveis
- C. Inclinar o objeto ou colocá-lo de lado
- D. Utilizar o lado oposto de uma dada superfície
- E. Projetar linhas óticas nas áreas adjacentes ou no lado oposto do objeto

Princípio 18 - Vibrações Mecânicas:

- A. Utilizar oscilação
- B. Se oscilação já existir, aumentar a sua frequência até à ultrassônica
- C. Usar a frequência de ressonância
- D. Substituir as vibrações mecânicas por piezo-vibrações
- E. Usar vibrações ultrassônicas em conjunto com um campo eletromagnético

Princípio 19 – Ação Periódica:

- A. Substituir uma ação contínua por uma periódica (impulso)

- B. Se uma ação já é periódica, mudar a sua frequência
- C. Aproveitar os intervalos entre os impulsos para realizar ações adicionais

Princípio 20 - Continuidade de uma Ação Útil:

- A. Realizar ações sem interrupções. Todos os elementos do objeto devem operar em plena capacidade
- B. Remover movimentos em repouso e intermédios
- C. Substituir movimentos vai-e-vem por rotativos

Princípio 21 – Corrida Apressada:

- A. Realizar operações prejudiciais ou perigosas a uma velocidade muito alta

Princípio 22 – Conversão de Prejuízo em Proveito:

- A. Utilizar fatores nocivos (especialmente os ambientais) para obter um efeito positivo
- B. Remover um fator prejudicial combinando-o com um outro fator prejudicial
- C. Aumentar a intensidade de ação nociva até que esta deixe de ser prejudicial

Princípio 23 – Reação:

- A. Introduzir reação
- B. Se a reação já existir, mudá-la

Princípio 24 – Mediação:

- A. Usar um objeto intermediário para transferir ou executar uma ação
- B. Ligar temporariamente o objeto original a um outro que seja fácil de remover

Princípio 25 – Autoserviço:

- A. Providenciar que o objeto, além de servir a si próprio, realize também operações suplementares e de reparação
- B. Fazer uso dos materiais e da energia desperdiçados

Princípio 26 – Cópia:

- A. Usar uma cópia simples e barata, em vez do objeto original, se este for complexo, caro, frágil ou inconveniente em funcionamento

B. Se uma cópia ótica visível já for utilizada, substituí-la por uma cópia infravermelha ou ultravioleta

C. Substituir o objeto (ou sistema de objetos) pela sua imagem ótica. A imagem pode ser reduzida ou aumentada.

Princípio 27 - Objeto Económico com Vida Curta em Vez de Outro Dispendioso e Durável:

A. Substituir um objeto caro por um outro mais barato, mesmo comprometendo outras propriedades (por exemplo, durabilidade)

Princípio 28 - Substituição do Sistema Mecânico:

A. Substituir um sistema mecânico por um sistema ótico, acústico, térmico ou olfativo

B. Usar um campo elétrico, magnético ou eletromagnético para a interação com o objeto

C. Substituir campos:

Campos estacionários por campos móveis

Campos fixos por campos que mudam com o tempo

Campos aleatórios por campos estruturados

D. Utilizar campos em conjunto com partículas ferromagnéticas

Princípio 29 - Utilização de Sistemas Pneumáticos ou Hidráulicos:

A. Substituir as peças sólidas de um objeto por gás ou líquido. Estas peças podem usar ou água para insuflar, ou usar amortecedores pneumáticos ou hidrostáticos

Princípio 30 - Membranas Flexíveis ou Películas Finas:

A. Substituir construções tradicionais por membranas flexíveis ou películas finas

B. Isolar o objeto do meio ambiente utilizando membranas flexíveis ou películas finas

Princípio 31 - Utilização de Materiais Porosos:

A. Tornar o objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserção, revestimentos, etc.)

B. Se o objeto já for poroso, preencher os poros com alguma substância

Princípio 32 - Mudança de Cor:

A. Alterar a cor do objeto ou do seu ambiente

- B. Alterar o grau de translucidez do objeto ou do seu ambiente
- C. Usar aditivos coloridos para observar objetos ou processos que são difíceis de ver
- D. Se tais aditivos já forem utilizados, aplicar traços luminescentes ou atômicos

Princípio 33 – Homogeneidade:

- A. Fazer objetos que interagem com o objeto principal do mesmo material (ou de material com características semelhantes) do material do objeto principal

Princípio 34 - Rejeição e Recuperação de Componentes:

- A. Depois de ter concluído a sua função ou de se tornar inútil, rejeitar (descartar, dissolver, evaporar, etc.) o elemento do objeto ou modificá-lo durante o processo de trabalho deste
- B. Reparar os elementos do objeto durante o seu trabalho

Princípio 35 - Transformação do Estado Físico ou Químico:

- A. Alterar o estado físico do sistema
- B. Alterar a concentração ou densidade
- C. Alterar o grau de flexibilidade
- D. Alterar a temperatura ou volume

Princípio 36 – Mudança de Fase:

- A. Usar o fenômeno de mudança de fase (por exemplo, a alteração do volume, a libertação ou a absorção de calor, etc.)

Princípio 37 - Expansão Térmica:

- A. Usar a expansão ou contração de material alterando a temperatura
- B. Usar vários materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica

Princípio 38 – Utilização de Oxidantes Fortes:

- A. Obter transição de um nível de oxidação para um nível mais alto
- Do ar ambiente para ar oxigenado
- Do ar oxigenado para oxigênio
- Do oxigênio para oxigênio ionizado
- Do oxigênio ozonado para ozono

Princípio 39 - Ambiente Inerte:

- A. Substituir o ambiente normal por um inerte
- B. Introduzir uma substância neutra ou aditivos ao objeto
- C. Realizar o processo em vácuo

Princípio 40 - Materiais Compósitos:

- A. Substituir materiais homogêneos por compósitos

Anexo B- Checklist da bicicleta Modelo 1

Inter Bike, Importação e Exportação, Lda



Número de Série

Cor


Tamanho

GERAL

Item	Campo de Verificação	OK	NOK	OBS
1	Pintura			
2	Aperto Roda de Trás			
3	Aperto Roda da Frente			
4	Aperto Crank Esquerda			
5	Aperto Crank Direita			
6	Empeno Rodas			
7	Tensão dos Raios			
8	Tampa da Válvula			
9	Rasto de Pneus			
10	Alinhamento Suporte / Roda de Trás			
11	Confrontação talha suporte / talha bicicleta			
12	Aperto Suporte Traseiro			
13	Alinhamento Guarda-lamas de Trás			
14	Alinhamento Guarda-lamas da Frente			
15	Aperto do Descanso			
16	Aperto das varetas Guarda-lamas Trás			
17	Aperto das varetas Guarda-lamas Frente			
18	Aperto Suporte Bateria / Alinhamento			
19	Aperto da Fechadura			
20	Tampas dos Parafusos Fechadura			
21	Verificação do Fecho da Fechadura			
22	Afinação / Aperto Travão Trás			
23	Afinação / Aperto Travão Frente			
24	Verificação do Reforço do Travão de Trás / Apertos			
25	Verificação do Reforço do Travão de Frente / Apertos			
26	Verificação dos Aventais / Parafusos / Int. / Ext.			
27	Protector Corrente Centrado			

28	Parafuso Aperto Protector Corrente Interior / Exterior							
Item	Campo de Verificação	OK	NOK	OBS				
29	Barulhos do Protector de Corrente							
30	Verificação do Parafuso Guarda-lamas / BB							
31	Tampa Motor Encaixada							
32	Parafusos Tampa Motor							
33	Tampa do Sensor de Velocidade							
34	Verificar Sensor de Velocidade no Raio							
35	Alinhamento Luz Frontal							
36	Verificação dos Cabos da Luz Frontal							
37	Verificação da Passagem dos Cabos Frontais							
38	Verificação da Manga Protectora / Espirais da Frente							
39	Verificação da Manga Protectora / Espirais de Trás							
40	Verificar Tampas na Testa do Quadro							
41	Aplicação Chapa na Testa do Quadro							
42	Posição / Ajuste Altura Guiador							
43	Óleo dos Travões							
44	Ajuste das Manetes do Travão							
45	Aperto Manípulo da Mudanças							
46	Ajuste Parafusos do Avanço							
47	Verificação da 4ª Mudança (Amarelo / Amarelo) Nexus							
48	Verificação / Aperto dos Comandos do Display							
49	Verificação da Suspensão							
50	Verificação da Direcção							
51	Aperto e Nivelamento do Selim							
52	Teste Final Tracção Motor / Mudanças							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;">Verificação</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Data</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Verificação		Data	
Verificação								
Data								
EMBALAGEM								
Item	Campo de Verificação	OK	NOK	OBS				
1	Limpeza Pneus							
2	Limpeza Bicicletas							
3	Tampa Espigão							
4	Manual							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;">Verificação</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Data</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Verificação		Data	
Verificação								
Data								

Anexo C- Checklist da bicicleta Greenland

Inter Bike, Importação e Exportação, Lda										
<table border="1"> <tr> <td>Número de Série</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </table>		Número de Série		<table border="1"> <tr> <td>Cor</td> <td>Tamanho</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Cor	Tamanho				
Número de Série										
Cor	Tamanho									
GERAL										
Item	Campo de Verificação	OK	NOK	OBS						
1	Pintura									
2	Aperto Roda de Trás									
3	Aperto Roda da Frente									
4	Aperto Crank Esquerda									
5	Aperto Crank Direita									
6	Empeno Rodas									
7	Tensão dos Raios									
8	Tampa da Válvula									
9	Rasto de Pneus									
10	Alinhamento Suporte / Roda de Trás									
11	Aperto Suporte Traseiro									
12	Alinhamento Guarda-lamas de Trás									
13	Alinhamento Guarda-lamas da Frente									
14	Aperto do Descanso									
15	Aperto das varetas Guarda-lamas Trás									
16	Aperto das varetas Guarda-lamas Frente									
17	Aperto Suporte Bateria / Alinhamento									
18	Afinação / Aperto Travão Trás									
19	Afinação / Aperto Travão Frente									
20	Verificação Protector Corrente									
21	Barulhos do Protector de Corrente									
22	Alinhamento Luz Frontal									
23	Verificação da Passagem dos Cabos Frontais									
24	Verificação da Manga Protectora / Espirais de Trás									
25	Posição / Ajuste Altura Guiador									
26	Ajuste das Manetes do Travão									
27	Ajuste Manípulo da Mudanças									

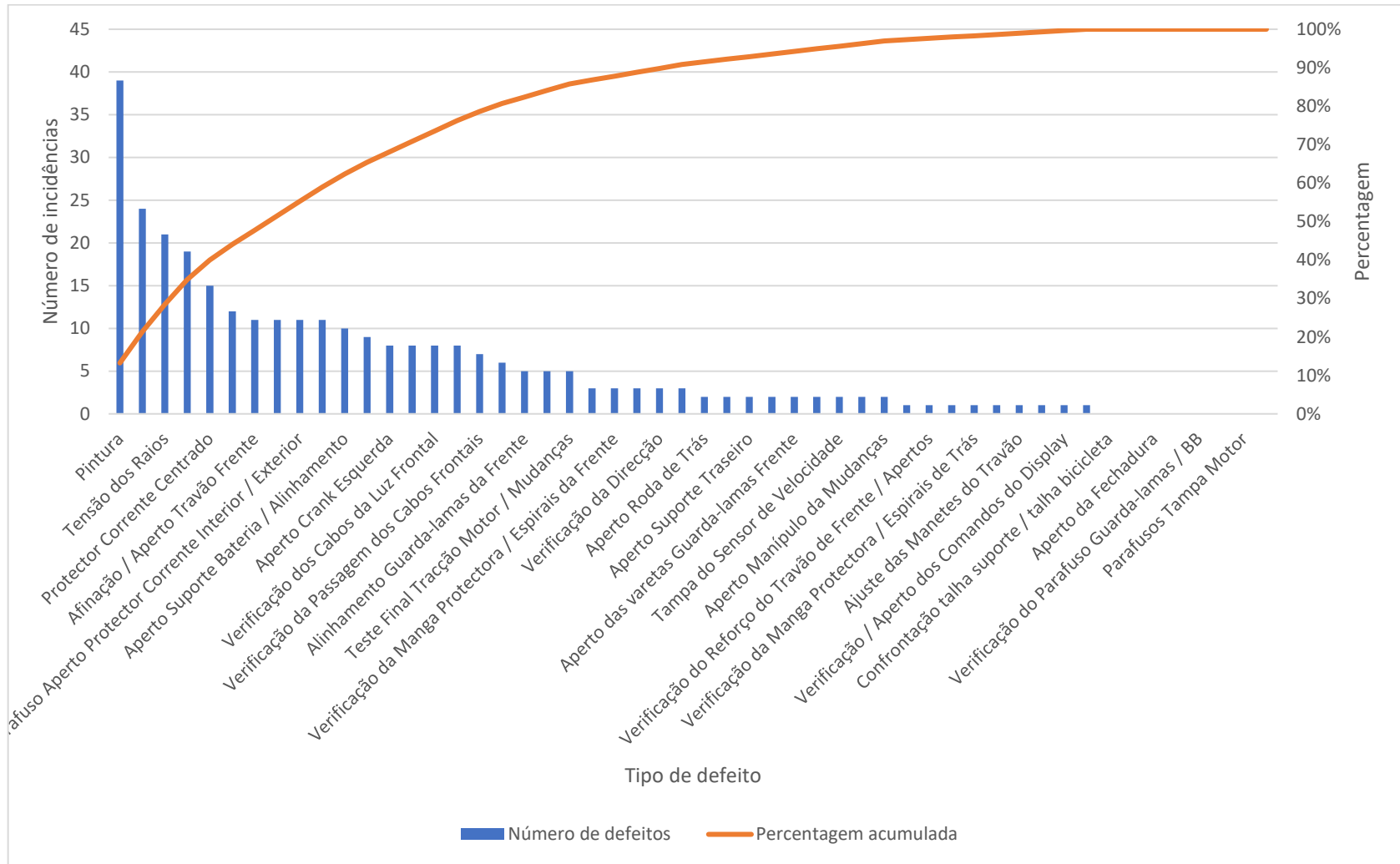
Anexo D- Identificação dos números utilizados no Pareto da bicicleta Modelo 1

Pintura	1	Protetor Corrente Centrado	27
Aperto Roda de Trás	2	Parafuso Aperto Protetor Corrente Interior / Exterior	28
Aperto Roda da Frente	3	Barulhos do Protetor de Corrente	29
Aperto <i>Crank</i> Esquerda	4	Verificação do Parafuso Guarda-lamas / BB	30
Aperto <i>Crank</i> Direita	5	Tampa Motor Encaixada	31
Empeno Rodas	6	Parafusos Tampa Motor	32
Tensão dos Raios	7	Tampa do Sensor de Velocidade	33
Tampa da Válvula	8	Verificar Sensor de Velocidade no Raio	34
Rasto de Pneus	9	Alinhamento Luz Frontal	35
Alinhamento Suporte / Roda de Trás	10	Verificação dos Cabos da Luz Frontal	36
Confrontação talha suporte / talha bicicleta	11	Verificação da Passagem dos Cabos Frontais	37
Aperto Suporte Traseiro	12	Verificação da Manga Protetora / Espirais da Frente	38
Alinhamento Guarda-lamas de Trás	13	Verificação da Manga Protetor / Espirais de Trás	39
Alinhamento Guarda-lamas da Frente	14	Verificar Tampas na Testa do Quadro	40
Aperto das varetas Guarda-lamas Trás	15	Aplicação chapa na Testa do Quadro	41
Aperto das varetas Guarda-lamas Frente	16	Posição / Ajuste Altura Guiador	42
Aperto do Descanso	17	Óleo dos Travões	43
Aperto Suporte Bateria / Alinhamento	18	Ajuste das Manetes do Travão	44
Aperto da Fechadura	19	Aperto Manípulo da Mudanças	45
Tampas dos Parafusos Fechadura	20	Ajuste Parafusos do Avanço	46
Verificação do Fecho da Fechadura	21	Verificação da 4ª Mudança (Amarelo / Amarelo) <i>Nexus</i>	47
Afinação / Aperto Travão Trás	22	Verificação / Aperto dos Comandos do Display	48
Afinação / Aperto Travão Frente	23	Verificação da Suspensão	49
Verificação do Reforço do Travão de Trás / Apertos	24	Verificação da Direção	50
Verificação do Reforço do Travão de Frente / Apertos	25	Aperto e Nivelamento do Selim	51
Verificação dos Aventais / Parafusos / Int. / Ext.	26	Teste Final Tração Motor / Mudanças	52

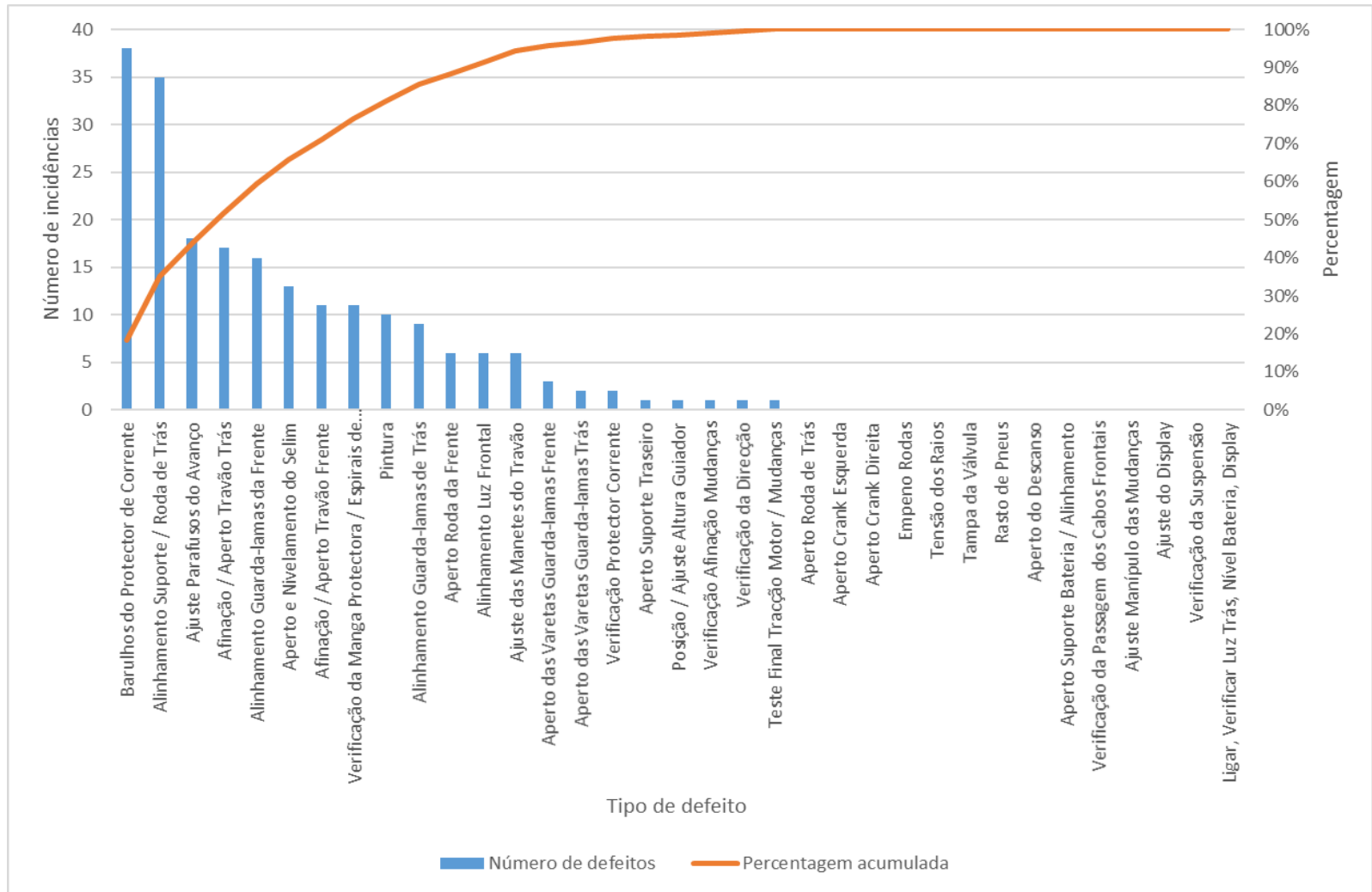
Anexo E- Identificação dos números utilizados no Pareto da bicicleta *Greenland*

Pintura	1	Afinação / Aperto Travão Frente	19
Aperto Roda de Trás	2	Verificação Protetor Corrente	20
Aperto Roda da Frente	3	Barulhos do Protetor de Corrente	21
Aperto <i>Crank</i> Esquerda	4	Alinhamento Luz Frontal	22
Aperto <i>Crank</i> Direita	5	Verificação da Passagem dos Cabos Frontais	23
Empeno Rodas	6	Verificação da Manga Protetora / Espirais de Trás	24
Tensão dos Raios	7	Posição / Ajuste Altura Guiador	25
Tampa da Válvula	8	Ajuste das Manetes do Travão	26
Rasto de Pneus	9	Ajuste Manípulo das Mudanças	27
Alinhamento Suporte / Roda de Trás	10	Ajuste Parafusos do Avanço	28
Aperto Suporte Traseiro	11	Verificação Afinação Mudanças	29
Alinhamento Guarda-lamas de Trás	12	Ajuste do Display	30
Alinhamento Guarda-lamas da Frente	13	Verificação da Suspensão	31
Aperto do Descanso	14	Verificação da Direcção	32
Aperto das Varetas Guarda-lamas Trás	15	Aperto e Nivelamento do Selim	33
Aperto das Varetas Guarda-lamas Frente	16	Ligar, Verificar Luz Trás, Nível Bateria, Display	34
Aperto Suporte Bateria / Alinhamento	17	Teste Final Tracção Motor / Mudanças	35
Afinação / Aperto Travão Trás	18		

Anexo F-Diagrama de Pareto dos defeitos da bicicleta Modelo 1



Anexo G-Diagrama de Pareto dos defeitos da bicicleta *Greenland*



Anexo H- Formulário 5S

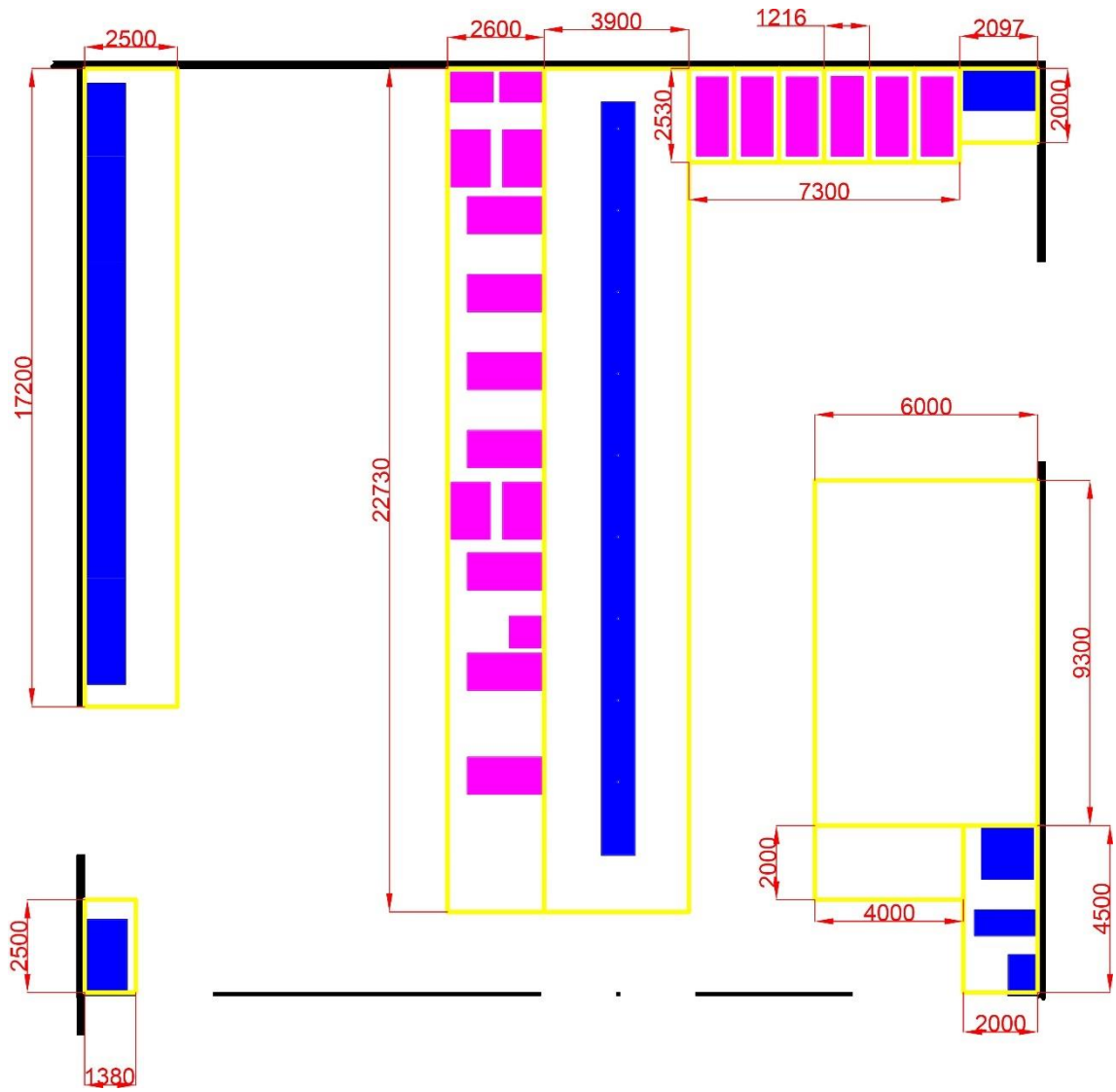
Auditor:		Desempenho final
Data:		
Empresa:		
Linha:		

Senso	Parâmetro	Pontuação
Organização	Não existem materiais ou ferramentas desnecessárias na zona de trabalho	
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	
	A informação necessária está disponível e organizada em quadros ou painéis	
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	
	As zonas de arrumação estão identificadas	
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	
Uniformização	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	
	Existem standard de qualidade do produto	
	Existem registos de não conformidade do produto	
Disciplina	Existe a formação necessária	
	As normas de segurança são cumpridas	
	No local de trabalho, todas as condições estão seguras, livre de acidentes	

0	1	2	3	4
Não	Executado ocasionalmente	Parcialmente executado	Executado, salvo exceções	Sim

Anexo I- Proposta de layout

(medidas em mm)



Anexo J- Auditoria Inicial 5S

Auditor:	Diogo Rei	Desempenho final
Data:	23/11/2018	
Empresa:	Interbike	46,9%
Linha:	L2	

Senso	Parâmetro	Pontuação
Organização	Não existem materiais ou ferramentas desnecessárias na zona de trabalho	1
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	1
	A informação necessária está disponível e organizada em quadros ou painéis	3
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	1
	As zonas de arrumação estão identificadas	1
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	0
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	1
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	2
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	0
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	2
Uniformização	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	0
	Existem standard de qualidade do produto	4
	Existem registos de não conformidade do produto	4
Disciplina	Existe a formação necessária	2
	As normas de segurança são cumpridas	4
	No local de trabalho, todas as condições estão seguras, livre de acidentes	4

0	1	2	3	4
Não	Executado ocasionalmente	Parcialmente executado	Executado, salvo exceções	Sim

Anexo K- Auditoria Final 5S (real)

Auditor:	Diogo Rei	Desempenho final
Data:	10/1/2019	
Empresa:	Interbike	73,4%
Linha:	L2	

Senso	Parâmetro	Pontuação
Organização	Não existem materiais ou ferramentas desnecessárias na zona de trabalho	4
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	3
	A informação necessária está disponível e organizada em quadros ou painéis	3
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	4
	As zonas de arrumação estão identificadas	1
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	0
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	3
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	2
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	4
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	2
Uniformização	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	3
	Existem standard de qualidade do produto	4
	Existem registos de não conformidade do produto	4
Disciplina	Existe a formação necessária	2
	As normas de segurança são cumpridas	4
	No local de trabalho, todas as condições estão seguras, livre de acidentes	4

0	1	2	3	4
Não	Executado ocasionalmente	Parcialmente executado	Executado, salvo exceções	Sim

Anexo L- Auditoria Final 5S (hipotético)

Auditor:	Diogo Rei	Desempenho final
Data:	10/1/2019	
Empresa:	Interbike	82,8%
Linha:	L2	

Senso	Parâmetro	Pontuação
Organização	Não existem materiais ou ferramentas desnecessárias na zona de trabalho	4
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	3
	A informação necessária está disponível e organizada em quadros ou painéis	3
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	4
	As zonas de arrumação estão identificadas	3
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	4
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	3
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	2
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	4
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	2
Uniformização	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	3
	Existem standard de qualidade do produto	4
	Existem registos de não conformidade do produto	4
Disciplina	Existe a formação necessária	2
	As normas de segurança são cumpridas	4
	No local de trabalho, todas as condições estão seguras, livre de acidentes	4

0	1	2	3	4
Não	Executado ocasionalmente	Parcialmente executado	Executado, salvo exceções	Sim

Anexo M- SOP *Greenland*

Standard Operating Procedures



GREENLAND

Nome do procedimento: Montagem principal Greenland na Linha		Versão: 1
SOP nº: 1	Aprovado por:	
Ativo a partir de: 29/11/2018		
Autor: Diogo Rei		

Para sua segurança respeite as normas de trabalho estabelecidas pela empresa.

Introdução:

Procedimento de montagem da bicicleta Greenland para produção em série, na linha de montagem.

Procedimento:

1. Montagem da forqueta

Encaixar a forqueta no quadro.

Colocar por ordem a anilha de plástico (a), *spacer* (b) e a anilha de alumínio (c) – figura 2.

Apertar a peça travão (figura 3).



2. Montagem do guarda lamas da frente, luz e *bracket*

Alinhar o furo do farol com o da forqueta, colocar o parafuso e enroscar.

Apertar o guarda lamas ao suporte nos locais indicados na figura.

Colocar o parafuso, porca e anilha no suporte de conexão e apertar, tal como mostrado na figura.





3. Montagem do travão da frente

Instalar a parte direita do travão no lado direito da forqueta.

Prender a mola de torção.

Apertar o parafuso.

Repetir o procedimento para a parte direita do travão.



4. Montagem da roda da frente

Colocar a roda da frente no suporte da forqueta, as marcas da roda deverão estar a apontar para a frente (figura 2)

Colocar o *spacer* em gancho e o *spacer* normal na parte exterior da forqueta.

Apertar o parafuso, tal como indicado na figura 1.



5. Montagem do guarda lamas de trás

Montar o suporte do desviador e apertar o parafuso.

Fixar o guarda-lamas ao suporte, tal como na figura 1.

Alinhar o guarda-lamas com o furo no suporte e com o auxílio de um berbequim, furar o guarda lamas e apertar o parafuso e a porca

Apertar o suporte do guarda lamas à estrutura, tal como na figura 4.



6. Passagem de cabos

Unir os fios com uma abraçadeira.

Passar os fios ao longo da parte interna do guarda lamas traseiro e passar pelo furo no guarda lamas.

Fixar os fios ao guarda lamas com as peças de encaixe.

Encaixar a peça no furo do guarda lamas, com os fios a passar pelo meio.



7. Abrir tampa da centralina

Desapertar os parafusos e remover a tampa da centralina.



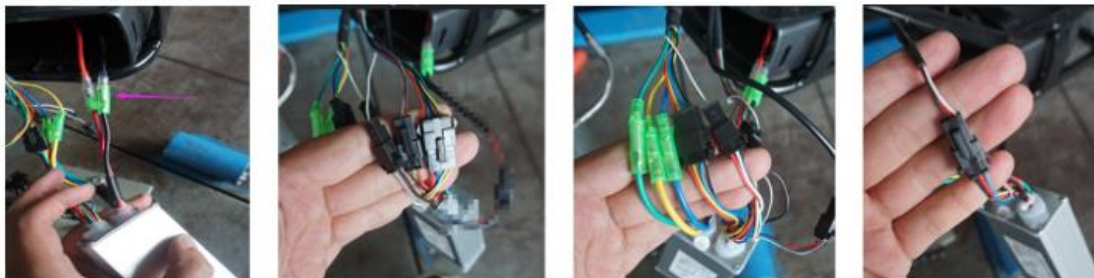
8. Conectar os cabos da bateria

Conectar o fio da energia ao controlador (figura 1).

Conectar o fio do motor ao controlador (figura 2).

Conectar o conjunto de fios ao controlador (figura 3).

Conectar o fio do sensor ao controlador (figura 4).



9. Montagem do suporte traseiro

Alinhar e fixar o furo do quadro com o do suporte (figura 1 e 2).

Posicionar o suporte no outro apoio e apertar os dois parafusos (figura 3).



10. Montagem do travão de trás

Colocar o lado esquerdo dos travões no lado esquerdo do quadro.

Prender a mola de torção.

Apertar o parafuso.

Repetir o procedimento para a parte direita do travão.



11. Fechar a tampa da centralina

Colocar o tubo de proteção em redondo dos cabos

Colocar os cabos e o controlador na caixa da bateria e alinhar o tubo exterior com a abertura.

Colocar a tampa, encaixar e apertar os parafusos anteriormente removidos.



12. Instalação da pedaleira

Instalar a pedaleira e o *crank* no lado direito do suporte.

Apertar bem o parafuso.

Por o *crank* do lado esquerdo a 180º e apertar.



13. Colocar o desviador e o protetor do desviador

Colocar o desviador no suporte e apertar o parafuso (figura 1)

Passar o protetor do desviador, *spacer* e porca pelo cabo do motor.



14. Montagem da roda de trás

Aliviar o parafuso.

Pousar a bicicleta no encaixe (figura 2) e apertar os parafusos.

Passar o protetor de pé pelo cabo de motor e encaixar no parafuso do desviador.



15. Instalar a corrente, centrar o guarda lamas e ligar o cabo do motor

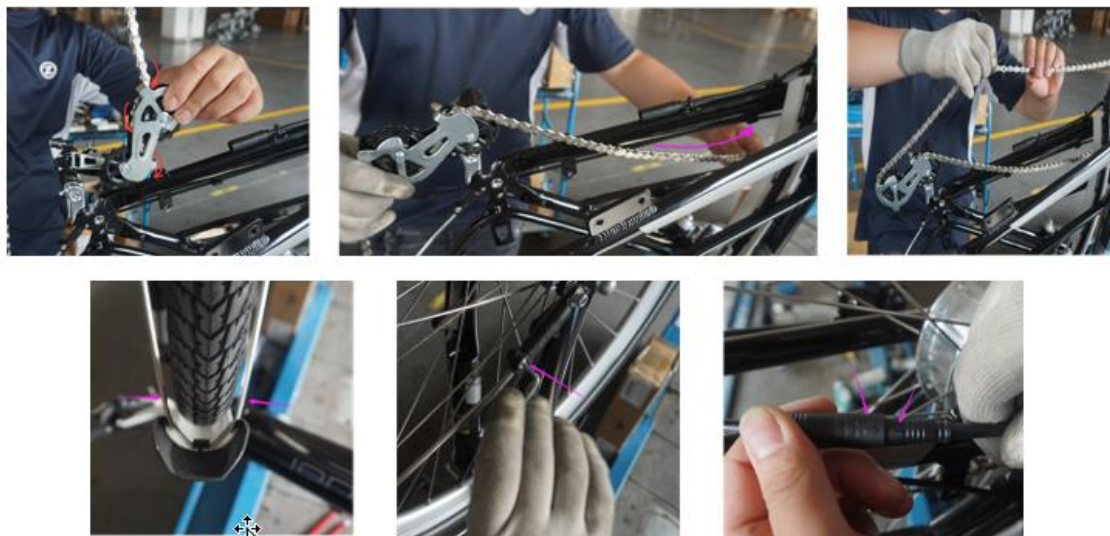
Passar a corrente tal como indicado nas setas da a figura 1.

Passar a corrente pelo desviador, pelo meio do quadro (figura 2) e pela roda dentada.

Fixar a corrente com o cravador de correntes.

Verificar o guarda lamas e a roda (figura 4) e centrar caso seja necessário (figura 5).

Conectar o cabo do motor com o da roda traseira, com as setas alinhadas uma para a outra.

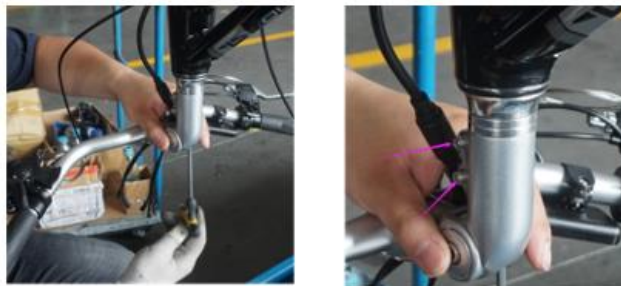


16. Colocar o guidador

Retirar a proteção e encaixar o guidador na forqueta.

Ajustar o guidador e apertar o parafuso vertical (figura 1).

Apertar os parafusos indicados na (figura 2).



17. Instalação do protetor de corrente

Alinhar os três furos do protetor de corrente tal como mostrado na figura 1.

Colocar os parafusos e apertar.



18. Colocação do descanso e dos pedais

Colocar o descanso no suporte e apertar os parafusos

Colocar o pedal no encaixe e apertar nos sentidos indicados.



19. Passar cabos dos travões da frente e afinar + Centralina

Adicionar um pouco de massa ao cabo e passa-lo por dentro da manga de borracha do travão da frente (figura1)

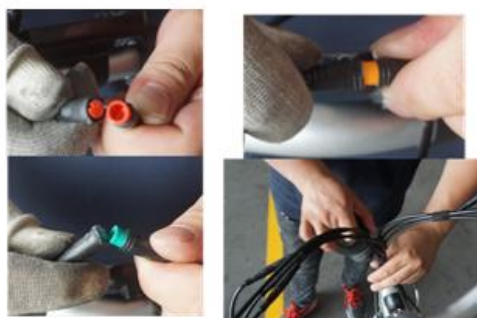
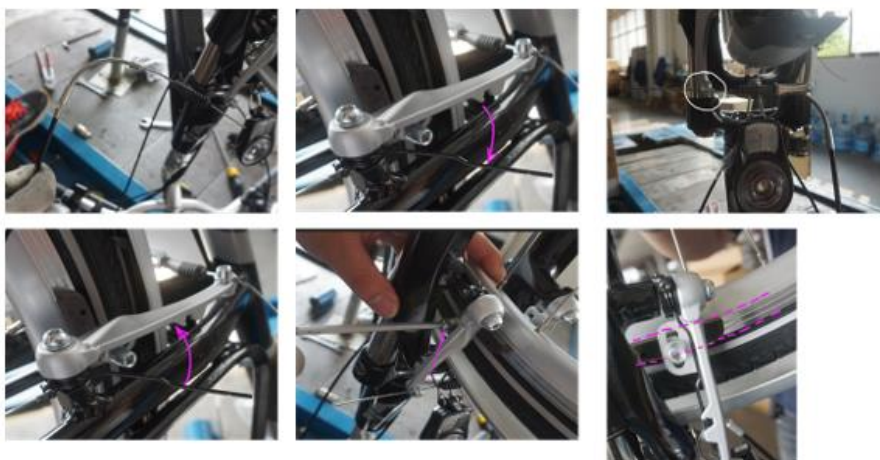
Soltar a mola de torção dos travões (figura 2) e conectar o lado direito do travão ao lado esquerdo e apertar o parafuso (figura 3).

Pressionar a mola de torção dos travões (figura 4).

Afinar os travões apertando ou desapertando o parafuso da (figura 5).

Confirmar o correto alinhamento do travão (figura 6) e adicionar a cabeça no final do cabo.

Conectar os cabos com a cor correspondente e prender com fita adesiva (figura 7,8,9,10)



20. Passar cabos dos travões de trás e afinar

Adicionar um pouco de massa ao cabo e passa-lo por dentro da manga de borracha do travão da frente (figura 1)

Soltar a mola de torção dos travões (figura 2) e conectar o lado direito do travão ao lado esquerdo e apertar o parafuso (figura 3).

Pressionar a mola de torção dos travões (figura 4).

Afinar os travões apertando ou desapertando o parafuso da (figura 5).

Confirmar o correto alinhamento do travão (figura 6) e adicionar a cabeça no final do cabo.



21. Ajuste das mudanças

Adicionar um pouco de massa ao cabo e passa-lo por dentro da manga de borracha (figura 1).

Engatar a 7ª mudança (figura 2).

Fixar o cabo interno com o desviador e de seguida fixar o cabo interno com o parafuso (figura d).

Girar a roda e testas para confirmar se as mudanças estão afinadas (figura 4).



Notas/observações: