



CONCEÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS

NUNO DANIEL OLIVEIRA BARBOSA

novembro de 2018

CONCEÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS

Nuno Daniel Oliveira Barbosa

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



CONCEÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS

Nuno Daniel Oliveira Barbosa
1120930

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Engenheiro João Augusto de Sousa Bastos

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Maria Teresa Ribeiro Pereira

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP

Orientador

Mestre João Augusto de Sousa Bastos

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP

Coorientador

Doutor Paulo António da Silva Ávila

Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP

Arguente

Doutor Gonçalo Figueira

Investigador Sénior, INESC TEC

AGRADECIMENTOS

A vida é feita de objetivos e desafios, que tem de ser ultrapassados, como a dissertação de mestrado é um projeto que exige grande dedicação, englobando diversos desafios, e sem o apoio e incentivos das pessoas não poderiam ser ultrapassados.

Por vezes, uma simples troca de ideias e diálogo com outras pessoas contribuem na elaboração de um trabalho mais perfeito

Deste modo, agradeço a todas as pessoas que me ajudaram a realizar, o fim de mais uma etapa, a conclusão do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, agradecendo de uma forma especial:

Ao meu orientador científico, Engenheiro João Bastos, pelo contributo inculido ao logo da dissertação, através dos seus ensinamentos e sua supervisão.

A todos os meu colegas de curso, pela compreensão e apoio prestado ao longo destes últimos anos, com especial agradecimento à Alexandra Martins, Diogo Martins e Liliana Carneiro.

Aos colegas da empresa por todo o apoio prestado, com destaque ao colega Rui Santos.

Por fim e não menos importante, à minha família, em particular aos meus pais, a minha irmã, cunhado, sobrinho, e a afilhada pela paciência, compreensão, apoio e incentivo que sempre me transmitiram no percurso do ensino superior.

A Todos, o meu muito Obrigado!

Nuno Daniel Oliveira Barbosa

PALAVRAS CHAVE

Lean, Trabalho Standardizado, Balanceamento, Sistema *Kanban*, Inversor Fotovoltaico

RESUMO

A presente dissertação foi realizada numa empresa do ramo de energia, mais concretamente na área de equipamentos de conversão de energia renovável, no âmbito do Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O estudo de caso teve como principal objetivo, a execução de uma proposta de construção de uma linha de montagem de inversores fotovoltaicos. Esta proposta resultou do aumento da procura deste tipo de equipamentos. Para tal, foram impostos os seguintes requisitos: o *takt time* deveria situar-se em oito horas de trabalho, a linha de montagem ter um espaço de ocupação máximo - 255 m², e ter de agregar todos os postos de abastecimento necessários à linha, bem como o próprio abastecimento dos postos de montagem efetuado pela logística.

A metodologia aplicada na resolução do problema em estudo, foi a aplicação da filosofia *Lean*, com recurso a ferramentas tais como: balanceamento da linha de montagem, controlo da produção através do sistema *Kanban*, e a aplicação do trabalho standardizado.

Com a aplicação da metodologia descrita, foi possível chegar a uma solução para o problema proposto. Após um balanceamento, efetuado por tipo de tarefas e por posto de trabalho, verificou-se que era necessário criar cinco postos de trabalho, acrescidos de um posto de pré-montagem. Também, em alguns casos eram necessários dois trabalhadores no mesmo posto. Conjuntamente, foi necessário criar uma listagem de todo o material/peças que seriam utilizadas em cada posto. Após esta identificação foi possível desenvolver o modelo de controlo de produção baseado no sistema *Kanban*.

Por fim, um dos tópicos mais importantes desenvolvidos no decorrer do trabalho consistiu na criação de instruções de trabalho que proporcionarão um trabalho standardizado por parte dos colaboradores, prevenindo falhas e aumentando a qualidade de produção dos inversores fotovoltaicos.

Como resultado final resultante do presente trabalho de estágio foi possível a definição e especificação detalhada da linha de montagem de inversores fotovoltaicos de acordo com os requisitos, encontrando-se esta no momento da escrita deste relatório em fase de construção.

KEYWORDS

Lean, Standard Work, Balancing, Kanban System, Photovoltaic Inverter

ABSTRACT

The present thesis is based in a company of the energy sector, specifically in the equipment of renewable energy conversion, within the scope of the Master of Industrial Management and Engineering, of the School of engineering of Polytechnic of Porto.

The main objective of the case study was building a proposal of an assembly line for photovoltaic inverters. This proposal is due to the increase of the demand for this type of equipment. To achieve this goal, the following requirements must be fulfilled: takt time should be eight working hours, the assembly line must have a maximum occupation space of 255 m², and has to join all the necessary assembly stations to the line, as well as the logistic supply chain.

The applied methodology to solve the problem was the application of the Lean philosophy, using tools such as: assembly line balancing, production control through the Kanban system, and the application of the standard work.

It was possible to reach a solution for the proposed problem. After balancing, by type of tasks and by workstation, it was verified the requirement to create five jobs, plus a pre-assembly station. In some cases, two workers are required at the same station. It was also necessary to create a list of all the material / parts that would be used in each station. After this identification, it was possible to develop the production control model based on the Kanban system.

Finally, one of the most important topics developed in this study consists of performing work instructions that will provide a more efficient work by the employees, preventing failures and increasing the production quality of the photovoltaic inverters.

As result of this study, it was possible to define and detail the assembly line of photovoltaic inverters according to the requirements, which is in the construction stage at the time of writing this thesis.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AC	<i>Alternat Current</i>
AGV	<i>Automated guided vehicle</i>
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Continua
DC	<i>Direct Current</i>
EDP	Energias de Portugal
JIT	<i>Just-In-Time</i>
LP	<i>Lean Production</i>
OP	Operários
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i> (Planear, Executar, Verificar, Atuar)
SERUP	Sistema eletrónico de registo de unidades de produção
ST	<i>Standard Work</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TS	Trabalho Standardizado
UPAC	Unidades de produção para autoconsumo
WIP	<i>Work in Process</i>

Lista de Unidades

ha	hectare
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hora
m	metro
m ²	Metros Quadrados
mm	milímetros
MW	Megawatt
W	Watt
Wh	Watt-hora

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Bottleneck</i>	O local no fluxo de valor que afeta negativamente o rendimento; como limitação de capacidade de recursos, um gargalo não permitirá que um sistema atenda à procura do cliente.
<i>Kanban</i>	Um método de regular o fluxo de mercadorias dentro da fábrica e com fornecedores. Com base no reabastecimento automático através de cartões de sinal que indicam quando são necessários mais bens.
<i>Lean</i>	Metodologia que visa organizar as atividades humanas de modo a entregar mais valor, eliminando os desperdícios.
<i>Milk Run</i>	Veículo de entregas de matérias primas, em que ao mesmo tempo que deixa a mercadoria, leva a outra, e recolhe caixas vazias, entre unidades fabris, para economizar nos custos de transporte.
<i>mizusumashi</i>	Veículo de transporte de matéria prima que se move rápida e eficientemente de um lugar para outro, para coletar e entregar material na unidade fabril.
<i>Pull</i>	A produção <i>pull</i> é liderada pelo cliente, ou seja, a organização apenas produz quando recebe a encomenda.
<i>Stack, ou Power Stack</i>	Unidade de conversão de energia de DC para AC, ou vise versa.
<i>Takt Time</i>	É o ritmo de produção necessário para ir ao encontro dos níveis de procura do cliente. Na prática, corresponde ao tempo de ciclo requerido pelo cliente, podendo ser calculado através do quociente entre o tempo diário disponível e a procura diária do cliente.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - METODOLOGIA DA DISSERTAÇÃO UTILIZANDO CICLO PDCA	5
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DA RADIAÇÃO SOLAR NA EUROPA E NORTE DE AFRICA (HULD, 2012B)	9
FIGURA 3 - RADIAÇÃO GLOBAL E POTENCIAL ELÉTRICO EM PORTUGAL (HULD, 2012A).....	10
FIGURA 4 - INSTALAÇÃO DE AUTOCONSUMO DE 250 W (ALVES, 2012).....	11
FIGURA 5 - CENTRAL SOLAR DA AMARELEJA NO ALENTEJO (ENERGIA, 2008).....	11
FIGURA 6 - INSTALAÇÃO SOLAR PARA AUTOCONSUMO (TÊXTEIS J. F. ALMEIDA, 2018)	12
FIGURA 7 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO BÁSICO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO COM INVERSOR. ADAPTADO DE (SMA, 2018).....	12
FIGURA 8 - EXEMPLO DE ESQUEMA COM COTADOR DE PRODUÇÃO E CONSUMO (SOUSA, 2014).	13
FIGURA 9 - EXEMPLO DE UM MICRO INVERSOR (SOLAR, 2018).	13
FIGURA 10 - EXEMPLO DE INVERSOR PARA GRANDES INSTALAÇÕES (SIEMENS, 2018).	14
FIGURA 11 - PRINCÍPIOS <i>LEAN</i> (CALDEIRA, 2014).....	15
FIGURA 12 - DESAFIOS DO <i>JUST IN TIME</i> (ADAPTADO DE (CALDERONE, 2017)).....	16
FIGURA 13 - EXEMPLO DE INSTRUÇÃO DE MONTAGEM (GOMES, 2014)	19
FIGURA 14 - EXEMPLO DE INSTRUÇÃO DE MONTAGEM COM AJUDA VISUAL (GOMES, 2014)	19
FIGURA 15 - UMA DAS ETAPAS DA LINHA DE MONTAGEM DA FORD, 1913 (MERCOKY, 2016)	20
FIGURA 16 - EXEMPLO DE UMA LINHA DE MONTAGEM ATUAL (VÍTOR M, 2016).....	20
FIGURA 17 - LINHA RETA BÁSICA (ADAPTADO POR (FONSECA, 2014))	22
FIGURA 18 - LINHAS RETAS COM MÚLTIPLOS POSTOS (ADAPTADO POR (FONSECA, 2014))	22
FIGURA 19 - LINHA EM U (ADAPTADO POR (FONSECA, 2014)).....	23
FIGURA 20 - LINHA CIRCULAR (ADAPTADO POR (FONSECA, 2014)).....	23
FIGURA 21 - EXEMPLO PRÁTICO DE UMA ETIQUETA <i>KANBAN</i> ,(SEJZER, 2017)	25
FIGURA 22 - EXEMPLO PÁRTICO DA APLICAÇÃO DE <i>KANBAN</i> ,(SEJZER, 2017)	25
FIGURA 23 - EXEMPLO DE RECEÇÃO DE COBRE COM APROXIMADAMENTE 500 KG.....	31
FIGURA 24 - PLANTA DO ESPAÇO DISPONIBILIZADO PARA A CONSTRUÇÃO DA LINHA DE MONTAGEM..	31
FIGURA 25 - DIAGRAMA DE ENCADEAMENTO DO PROCESSO DE FABRICO	32
FIGURA 26 - EXEMPLO DE COLOCAÇÃO DAS ETIQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO	35
FIGURA 27 - EXEMPLO DE INSTRUÇÃO DE CABOS ELÉTRICOS	37
FIGURA 28 - EXEMPLO DE PROCEDIMENTO DE MONTAGEM	38
FIGURA 29 - DIAGRAMA DE ENCADEAMENTO COM DIVISÃO POR POSTOS	39
FIGURA 30 - GRÁFICO DA PRIMEIRA TENTATIVA DE BALANCEAMENTO DA LINHA	40
FIGURA 31 - GRÁFICO DE BALANCEAMENTO COM POSTOS DE DOIS OPERÁRIOS.....	42
FIGURA 32 - EXEMPLO DE ETIQUETA <i>KANBAN</i>	44
FIGURA 33 - EXEMPLO DE ETIQUETA DE UM ARTIGO EM <i>KANBAN</i>	44
FIGURA 34 - EXEMPLO DO TREM LOGÍSTICO DE <i>MIZUSUMASHI</i>	45
FIGURA 35 EXEMPLO DE UM CARRO COM PAINÉIS DE ACABAMENTOS DE UM INVERSOR FOTOVOLTAICO	47
FIGURA 36 - EXEMPLO DE UMA ESTANTE DE UM POSTO DE TRABALHO.	48

FIGURA 37 - LAYOUT DA LINHA DE MONTAGEM, COM PERCURSO DE ABASTECIMENTO.....	49
FIGURA 38 - EXEMPLO DE RETORNO DE <i>KANBAN</i> NAS ESTANTES.....	50
FIGURA 39 - EXEMPLO ILUSTRATIVO DE UM <i>MIZUSUMASHI</i> , (<i>NEWSMIDNIGHT</i> , 2017)	50
FIGURA 40 - <i>LAYOUT</i> FABRIL COM COTAS DOS CORREDORES	51
FIGURA 41 - INSTRUÇÃO DE TRABALHO DA MONTAGEM DA BARRA DE TERRA DO ARMÁRIO DC.....	87
FIGURA 42 - INSTRUÇÃO DE TRABALHO DA MONTAGEM DOS VENTILADORES DA INDUTÂNCIA.....	90
FIGURA 43 - INSTRUÇÃO DE TRABALHO DA MONTAGEM DAS BARRAS DE COBRE ENTRE CONTACTOR E DISJUNTOR AC.....	91
FIGURA 44 - INSTRUÇÃO DE TRABALHO DA MONTAGEM DAS BARRAS INFERIORES DO DISJUNTOR AC..	92

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - COMPARAÇÃO DA MÉDIA DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO MENSAL EM WH/M ² (SANTOS, 2011) ...9	9
TABELA 2 - LISTA DE TAREFAS DE PRÉ-MONTAGENS33	33
TABELA 3 - EXEMPLO DE TAREFAS DE MONTAGEM MECÂNICA34	34
TABELA 4 - EXEMPLO DE TAREFAS DE MONTAGEM DE COBRE34	34
TABELA 5 - EXEMPLO DE TAREFAS DE APLICAÇÃO DE ETIQUETAS.....35	35
TABELA 6 - LISTA DE TAREFAS DE ELETRIFICAÇÃO DE LIGAÇÕES UNIFILARES35	35
TABELA 7 - TAREFAS DE CABOS MULTIFILARES36	36
TABELA 8 - EXEMPLO DE TAREFAS DE ACABAMENTOS.....36	36
TABELA 9 - EXEMPLO DE TAREFAS AGREGADAS A UM POSTO DE TRABALHO40	40
TABELA 10 -DIVISÃO DE TAREFAS COM DOIS OPERÁRIOS DO POSTO 441	41
TABELA 11 - EXEMPLO DE PARAFUSARIA NECESSÁRIA A UM POSTO DE TRABALHO43	43
TABELA 12 - EXEMPLO DA ORGANIZAÇÃO DAS ESTANTES48	48
TABELA 13 - TAREFAS NECESSÁRIAS A CONSTRUÇÃO DO INVERSOR65	65
TABELA 14 - TAREFAS COM TEMPOS DE EXECUÇÃO EM MINUTOS, E DIVISÃO POR POSTO DE TRABALHO68	68
TABELA 15 - DIVISÃO DO POSTO 2 PARA DOIS OPERÁRIOS71	71
TABELA 16 - DIVISÃO DO POSTO 3 PARA DOIS OPERÁRIOS72	72
TABELA 17 - DIVISÃO DO POSTO 4 PARA DOIS OPERÁRIOS72	72
TABELA 18 - LISTA DE PARAFUSARIA DO POSTO 173	73
TABELA 19 - LISTA DE PARAFUSARIA DO POSTO 274	74
TABELA 20 - LISTA DE PARAFUSARIA DO POSTO 375	75
TABELA 21 - CALCULO DOS KANBAN'S PARA O POSTO 1, COM COEFICIENTE DE SEGURANÇA 376	76
TABELA 22 - CALCULO DOS KANBAN'S PARA O POSTO 2, COM COEFICIENTE DE SEGURANÇA 377	77
TABELA 23 - CALCULO DOS KANBAN'S PARA O POSTO 3, COM COEFICIENTE DE SEGURANÇA 378	78
TABELA 24 - LISTA DE PEÇAS ELÉTRICAS.....79	79
TABELA 25 - LISTA DO BARRAMENTO DE COBRE UTILIZADO NA MONTAGEM.....80	80
TABELA 26 - LISTA DE PEÇAS METÁLICAS81	81
TABELA 27 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE A POSTO 1 PRATELEIRA 682	82
TABELA 28 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE A POSTO 1 PRATELEIRA 582	82
TABELA 29 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE A POSTO 1 PRATELEIRA 483	83
TABELA 30 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE A POSTO 1 PRATELEIRA 383	83
TABELA 31 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE A POSTO 1 PRATELEIRA 284	84
TABELA 32 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE A POSTO 1 PRATELEIRA 184	84
TABELA 33 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE B POSTO 2 PRATELEIRA 684	84
TABELA 34 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE B POSTO 2 PRATELEIRA 585	85
TABELA 35 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE B POSTO 2 PRATELEIRA 485	85
TABELA 36 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE B POSTO 2 PRATELEIRA 386	86
TABELA 37 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE B POSTO 2 PRATELEIRA 286	86
TABELA 38 - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA ESTANTE B POSTO 2 PRATELEIRA 186	86

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	3
1.2	OBJETIVOS	4
1.3	METODOLOGIA	4
1.4	APRESENTAÇÃO DO DOCUMENTO	6
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	9
2.1	TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA	9
2.1.1	<i>Inversores Fotovoltaicos</i>	12
2.2	METODOLOGIA LEAN	14
2.2.1	<i>Trabalho Standardizado</i>	17
2.2.2	<i>Balanceamento de linhas de montagem</i>	20
2.2.3	<i>Controlo da Produção – Sistema Kanban</i>	24
3	CASO DE ESTUDO	29
3.1	DESCRIÇÃO DO PRODUTO	29
3.1.1	<i>Desenvolvimento das características do produto</i>	29
3.2	REQUISITOS DA LINHA	30
3.3	PROJETO DE LINHA	32
3.3.1	<i>Aplicação do Trabalho Standardizado</i>	37
3.3.2	<i>Balanceamento da linha de montagem</i>	38
3.3.3	<i>Dimensionamento do Sistema Kanban</i>	42
3.4	IMPLEMENTAÇÃO DA LINHA	45
3.5	RESULTADOS	51
4	CONCLUSÕES	55
4.1	CONCLUSÕES	55
4.2	TRABALHOS FUTUROS	56
	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	59
	ANEXOS	65
	TABELAS	65
	<i>ANEXO A - Tabela de tarefas</i>	65
	<i>ANEXO B - Tabela de tarefas com tempos de execução do trabalho</i>	68
	<i>ANEXO C - Divisão das tarefas dos postos de trabalho para dois operários</i>	71
	<i>ANEXO D - Lista de parafusaria necessária</i>	73
	<i>ANEXO E - Lista de parafusaria necessária com as necessidades semanais e calculo dos Kanban's</i>	76
	<i>ANEXO F - Lista de material elétrico com o numero de Kanban's</i>	79
	<i>ANEXO G - Lista das barras de cobre com o numero de Kanban's</i>	80

<i>ANEXO H - Lista das peças metálicas com o numero de Kanban's</i>	81
<i>ANEXO I - Disposição do material nas estantes</i>	82
INSTRUÇÕES DE OPERAÇÕES	87
<i>ANEXO J - INSTRUÇÕES DE TRABALHO</i>	87

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 APRESENTAÇÃO DO DOCUMENTO

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é descrito e apresentado o projeto de dissertação, com a aplicação da filosofia *Lean*, trabalho standardizado, e respetivo balanceamento da linha de montagem, por forma a permitir a construção de uma linha de montagem de inversores fotovoltaicos, no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

No presente capítulo apresenta-se a contextualização, descrevendo os principais objetivos do presente estudo, bem como a metodologia, e a apresentação do documento.

1.1 Contextualização

Com o ambiente industrial instalado, as empresas dos dias de hoje são marcadas pela elevada concorrência, devido à globalização. Por forma aos seus sistemas produtivos responderem às exigências do mercado, estas necessitam de cada vez mais melhorar os sistemas de produção (Costa, Alves, & Sousa, 2011), acarretando um aumento da pressão para cumprir com os objetivos relacionados do acréscimo de produtividade, e mantendo a satisfação do cliente.

Devido à globalização, é exigido às empresas que sejam competitivas e efetuem melhorias, por forma a serem capazes de darem respostas ao acréscimo de procura, mantendo a qualidade, e ao mesmo tempo efetuar uma redução nos tempos de produção, e assim reduzir custos de produção.

A empresa onde foi efetuado o caso de estudo, pertence ao ramo de energia, e a unidade em questão, fabrica equipamentos de eletrónica de potência, sendo estes maioritariamente inversores fotovoltaicos.

Os inversores têm aplicação na produção de energia renovável, podendo ser adequados para diversas situações como: produção direta de energia fornecida de painéis fotovoltaicos, e injetada diretamente na rede elétrica; e produção para autoconsumo, sendo maioritariamente em empresas para a redução de consumo de energia elétrica, tendo a sua própria fonte de produção de energia.

Como é espectável, e sendo um mercado cada vez mais em expansão, existe uma forte concorrência na comercialização deste tipo de equipamentos, sendo imprescindível a redução de custos de produção, para que o produto tenha um preço competitivo face à concorrência.

Nesse sentido a aplicação de ferramentas *Lean*, abrem novas janelas de oportunidade para as organizações se adaptarem num mercado cada vez mais complexo e instável,

que é muito competitivo nos tempos que correm e que exigem níveis de desempenho muito elevado.

1.2 Objetivos

Devido ao aumento da procura de inversores fotovoltaicos, surgiu a necessidade da criação de uma linha de produção em série deste tipo de equipamentos.

No seguimento deste contexto, tendo em conta a limitação de espaço disponibilizado, pretendeu-se elaborar uma proposta de uma nova linha de fabrico de inversores fotovoltaicos que respeitasse os requisitos impostos pela administração da empresa.

A linha de fabrico deverá estar devidamente balanceada por forma a maximizar a utilização dos recursos humanos alocados à produção dos inversores

Para atingir este objetivo foram estabelecidos os seguintes objetivos parcelares:

- Efetuar um levantamento de todas as tarefas necessárias para construção do equipamento;
- Elaborar procedimentos normalizados de trabalho de apoio a realização das tarefas;
- Levantamento de todas as necessidades das diversas matérias primas;
- Dimensionar e balancear, os postos de trabalho, tendo em conta a limitação de espaço disponibilizado;
- Aplicar o sistema *Kanban*, ao abastecimento da matéria prima utilizada na montagem do inversor.

1.3 Metodologia

Numa primeira fase da presente dissertação, foi necessário solidificar os conceitos teóricos inerentes a filosofia *Lean* e respetivas ferramentas, tais como: o trabalho standardizado, balanceamento de linha e sistema *Kanban's*, para a concretização de uma proposta de uma linha de montagem de inversores fotovoltaicos.

Na fase seguinte foi imprescindível efetuar o levantamento de todas as necessidades de matérias primas e componentes necessárias para a montagem do equipamento, bem como a especificação de todas as tarefas associadas à sua montagem.

Deste modo procedeu-se à criação de documentação de suporte, por forma à montagem ser executada com um procedimento adequado às respetivas tarefas. Após a criação da documentação deverá ser efetuada uma medição dos tempos necessários para a execução das tarefas e um balanceamento da linha, para determinar as tarefas que ficarão alocadas em cada posto de trabalho.

Consoante as tarefas determinadas em cada posto, proceder-se-á ao cálculo dos *Kanban's* para as necessidades de material de cada tarefa, bem como a organização dos diferentes postos de trabalho, incluindo a disposição das caixas nas estantes com fácil identificação do material.

De igual modo foi planeada a distribuição dos postos de trabalho pela área pré-determinada para a criação da linha.

Na Figura 1 é apresentada uma síntese da metodologia utilizada pela a realização do projeto. O modelo seguido envolveu a aplicação da ferramenta ciclo PDCA.

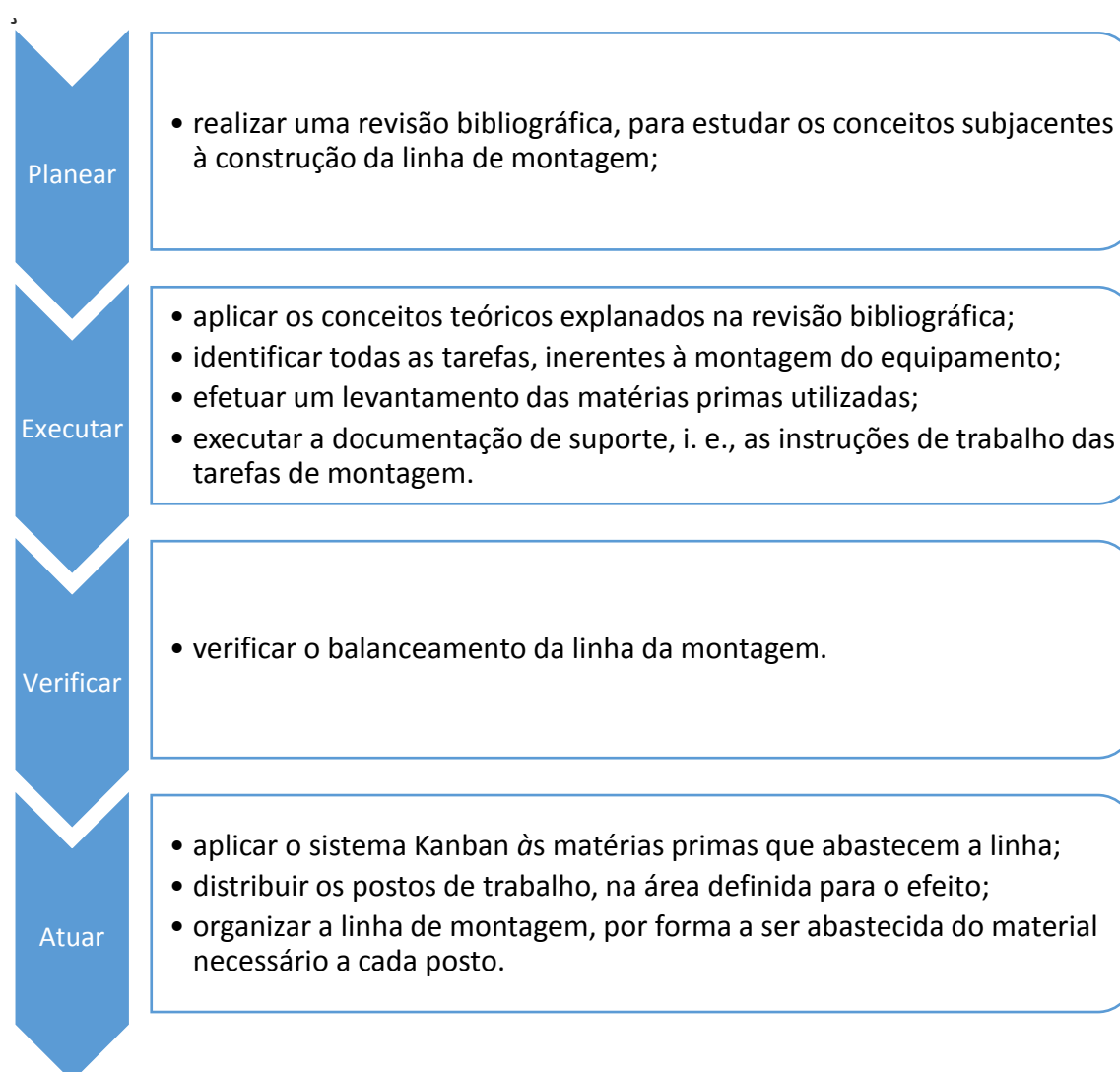


Figura 1 - Metodologia da dissertação utilizando ciclo PDCA

1.4 Apresentação do Documento

A presente dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos: o primeiro a Introdução, em segundo a Revisão Bibliográfica, em terceiro o Caso de Estudo, e por último as Conclusões.

O primeiro capítulo diz respeito à introdução dos temas abordados, bem como a contextualização, objetivos e metodologia utilizada.

No segundo capítulo, é efetuada a explanação dos conceitos teóricos, na revisão bibliográfica, abrangendo os temas da tecnologia fotovoltaica e metodologia *Lean*. Dentro deste subcapítulo são abordados os temas: trabalho standardizado, balanceamento de linhas de montagem e controlo de produção com o sistema *Kanban*.

O terceiro capítulo trata do estudo de caso, que contém, a descrição do produto, os requisitos da linha, o projeto da linha, bem como a implementação da linha. No tema do projeto da linha também são aplicados os temas já mencionados na metodologia *Lean* e explanados no capítulo anterior.

O quarto e último capítulo, é dedicado à apresentação das conclusões do presente estudo de caso, bem como à apresentação de possíveis trabalhos futuros.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

2.1.1 INVERSORES FOTOVOLTAICOS

2.2 METODOLOGIA LEAN

2.2.1 TRABALHO STANDARDIZADO

2.2.2 BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM

2.2.3 *CONTROLO DA PRODUÇÃO – SISTEMA KANBAN*

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 Tecnologia Fotovoltaica

A energia solar tipicamente no planeta Terra é fornecida pelo Sol sob forma de radiação. Como a distância entre a Terra e o Sol é muito grande, apenas uma pequena parte da radiação solar emitida atinge a superfície terrestre, sendo que somente cerca de 1 kW/m², dos 62,5 kW/m² emitidos pelo sol, chegam à superfície terrestre. Apesar do grande consumo energético atual, se fosse utilizado toda a energia solar que atinge a superfície da terra, sendo esta dez mil vezes superior à procura atual global de energia, teríamos apenas de utilizar somente 0,01% da energia solar para satisfazer a procura energética consumida atualmente pela humanidade.

A Figura 2 apresenta os valores da irradiação solar média na Europa e norte de África, o que devido à sua grandeza indica vantagens competitivas claras para a sociedade humana na utilização da radiação para a produção de energia fotovoltaica. A Tabela 1 é uma comparação média dos níveis de radiação em Wh/m² entre alguns países da união europeia. Constata-se que os países mais próximos do equador tem um maior potencial para a produção de energia através da radiação solar (Santos, 2011).

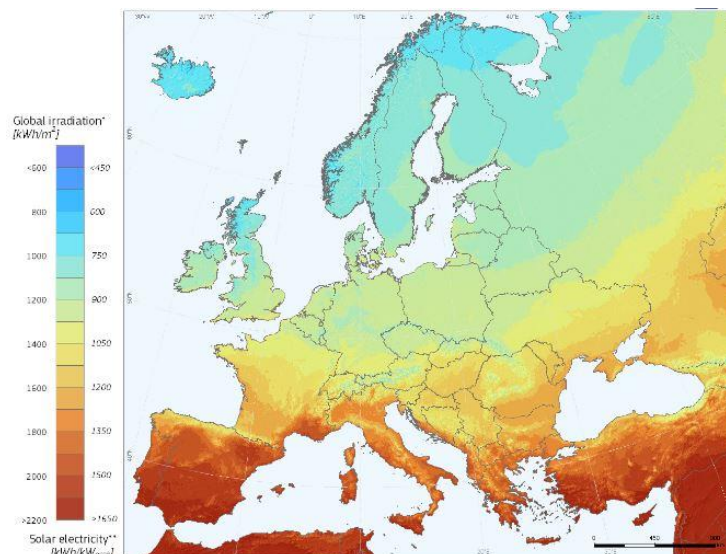


Figura 2 - Distribuição global da radiação solar na Europa e norte de África (Huld, 2012b)

Tabela 1 - Comparação da média dos níveis de radiação mensal em Wh/m² (Santos, 2011)

	Portugal	Roménia	Alemanha	Itália	Noruega	Dinamarca	Espanha
Irradiação							
Média Anual (Wh/m ² /dia)	4410	3710	1670	4030	2360	2650	4470

Em Portugal os níveis de radiação situam-se entre 1.300 kWh/m e os 1.800 kWh/m, muito próximo do sul da europa, que não deverá exceder os 1.900 kWh/m, existindo diferenças notórias sazonais na radiação para os períodos de Verão e de Inverno (Santos, 2011).

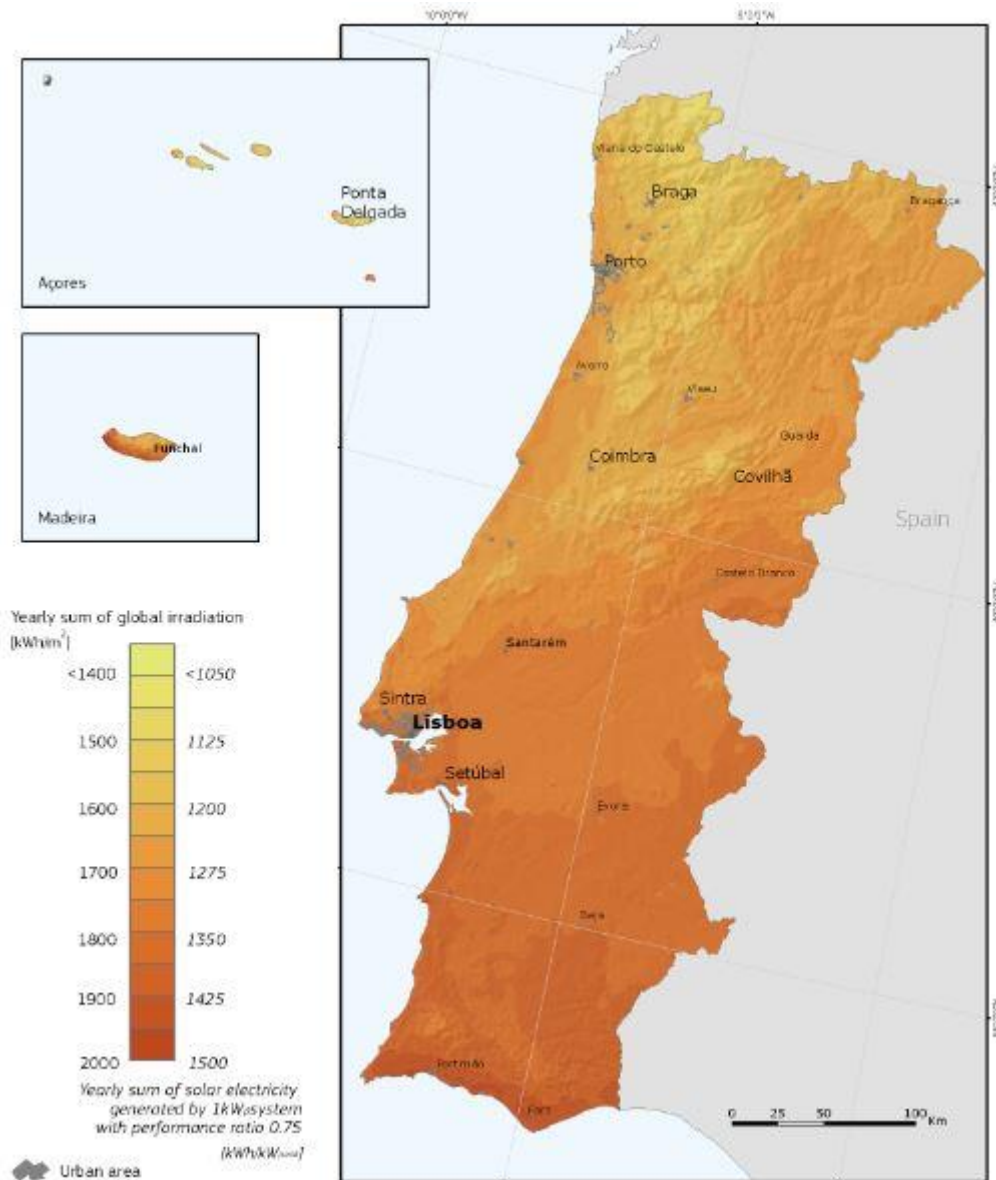


Figura 3 - Radiação global e potencial elétrico em Portugal (Huld, 2012a)

A tecnologia de produção de energia fotovoltaica é uma tecnologia cada vez mais utilizada e apoiada pelos países europeus, com o intuito de reduzir as emissões poluentes, produzindo energia limpa, que pode ser consumida pelos aparelhos convencionais instalados nas casas como micro produtores, nas indústrias como mini produtores ou para outro consumo, ou ainda em sistemas isolados da rede elétrica (Ministerio da Economia e do Emprego, 2015).

As instalações fotovoltaicas podem ser de reduzida dimensão como um simples painel, desde que cumpram a regulamentação do Decreto-Lei nº 153/2014 (Ministério do

Ambiente, 2014), de 20 de outubro e as Portaria nº 14/2015 (Ministério do Ambiente, 2015a) e Portaria nº 15/2015 (Ministério do Ambiente, 2015b), ambas de 23 de janeiro. Estas soluções denominam-se por unidades de produção para autoconsumo (UPAC), que podem ser até 200 W sem registo, ou de 200 W até 1500 W, apenas necessitando de uma mera comunicação prévia ao Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção (SERUP). Na referida UPAC, esta solução tem que consumir integralmente toda a energia produzida por ela, não podendo produzir em excesso, pois neste caso terá que se alterar o regime de exploração para produtor o que resulta no enquadramento em outra legislação.



Figura 4 - Instalação de autoconsumo de 250 W (Alves, 2012)

Nas instalações com elevada capacidade de produção de energia, esta é normalmente vendida à rede elétrica nacional. Um exemplo de um parque solar de grande dimensão é a central fotovoltaica da Amareleja no Alentejo, com uma capacidade instalada de 46,41 MW, construído num terreno com uma área aproximada de 250 ha (2500000 m²), constituída por seguidores solares. (Energia, 2008)



Figura 5 - Central solar da Amareleja no Alentejo (Energia, 2008)

Todas as unidades de produção de autoconsumo, como os grandes parques, têm como objetivo converter a energia DC, dos painéis, em energia AC. Com o auxílio de inversores

esta energia pode ser injetada na rede elétrica ou consumida na própria instalação. Quando instaladas em ambiente fabril, qual proporciona o consumo total da energia produzida, o inversor estará dotado de um controlador, para não exceder a capacidade do consumo energético da empresa. Um exemplo é a instalação da empresa Têxteis J.F. Almeida, S.A., com um parque de painéis solares para autoconsumo, com uma capacidade instalada de 600 kW de painéis fotovoltaicos(Figura 6).(Têxteis J. F. Almeida, 2018)



Figura 6 - Instalação solar para autoconsumo (Têxteis J. F. Almeida, 2018)

2.1.1 Inversores Fotovoltaicos

Os inversores fotovoltaicos são conversores eletrônicos de potência, com um princípio básico de funcionamento: converter a corrente contínua produzida pelos geradores (painéis fotovoltaicos), em corrente alternada. Deste modo, permitem a entrega de energia elétrica na rede pública, ou permitem a utilização em eletrodomésticos comuns, existentes no mercado, para sistemas isolados da rede. A Figura 7 mostra um esquema elétrico básico dum inversor fotovoltaico (Rodrigues, 2008).

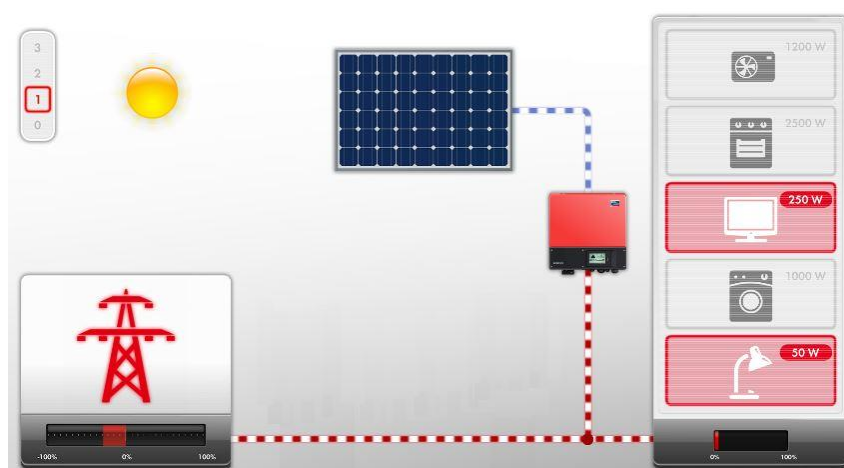


Figura 7 - Esquema de funcionamento básico de um sistema fotovoltaico com inversor. Adaptado de (SMA, 2018)

Como a maioria das instalações está ligada à rede elétrica com o propósito de injetar toda a energia produzida para a rede, sendo o produtor remunerado por essa energia, existe a necessidade da instalação conter um contador de produção, como mostra a Figura 8. Este tipo de solução é o sistema mais simples, com menos manutenção, e mais económico do que os sistemas isolados (Sousa, 2014).



Figura 8 - Exemplo de esquema com cotador de produção e consumo (Sousa, 2014).

Os inversores atualmente utilizados nos sistemas conectados à rede elétrica, geralmente utilizam uma função integrada conhecida por MPPT (*Maximim Power Point Tracher*). Esta tem como função maximizar a potência fornecida à rede e, conseqüentemente, aumentar o valor da remuneração mensal pela energia entregue à rede elétrica (Jain & Agarwal, 2007; Rodrigues, 2008).

As instalações podem variar desde um simples painel, para pequenas instalações, até inversores de grande potência, para as instalações de parques fotovoltaicos, passando, por um caso intermédio, de muitos painéis, para grandes parques, tendo no entanto estes que conter um micro inversor instalado em cada painel (ver Figura 9) (Sousa, 2014).



Figura 9 - Exemplo de um micro inversor (Solar, 2018).

Para grandes parques os micro inversores acarretam custos demasiado elevados, e normalmente são utilizados inversores compatíveis com a potência instalada no parque. Estes podem ser desde alguns MW a dezenas de GW de painéis instalados. Neste caso são necessários inversores com potências consideráveis (ver Figura 10).



Figura 10 - Exemplo de inversor para grandes instalações (Siemens, 2018).

2.2 Metodologia *Lean*

O *Lean* remonta aos finais da segunda guerra mundial, tendo origem no produtor de automóveis Toyota, com a implementação do *Toyota Production System* (TPS) (Maia, 2011), e possui uma metodologia com características únicas. O termo também é conhecido pelo *Lean Production* ou *Lean Manufacturing*.

O princípio *Lean* centra-se na eliminação ou minimização de todo o tipo de desperdício (Dias, 2011), ou *mudas* (termo em Japonês), decorrentes das atividades das organizações com o objetivo da redução de custos, e consequente aumento da produtividade (Maia, 2011). Esta metodologia permitiu à *Toyota Corporation*, liderada por Taiichi Ohno, criar um sistema de produção conhecido como TPS. Este, após a observação da produção em massa do modelo T, de Henry Ford, adaptou-a à realidade japonesa, para conseguir competir com a indústria Americana, onde a produção em massa proporcionava preços baixos. Assim, os japoneses desenvolveram um sistema produtivo que se refletiu na utilização de menos recursos, mas que ao mesmo tempo foi mais flexível, para fazer face a uma procura variada (Pereira, 2014).

A *Lean Production* é considerada por Womack, em 1990, um modelo organizacional de produção que se foca na satisfação do cliente, e na criação de valor, com o uso da filosofia de melhoria contínua, que proporciona a eliminação de desperdício, aumentando a produtividade mas reduzindo os custos de produção (Caldeira, 2014).

Outros autores defendem que a *Lean Production* é o processo para garantir melhorias de crescimento, por mais pequenas que sejam, e alcançar "*Leaning*" na forma de eliminação de todas as perdas, reduzindo custos sem adicionar qualquer valor ao produto final direto (Vlckova, 2012).

Enquanto Womack & Jones, (2003) defendem que para efetuar a eliminação de atividades, que não acrescentam valor ao produto, é indispensável ter em atenção cinco princípios básicos. Sendo estes: identificação da cadeia de valor, criação de valor,

existência de um fluxo de produção contínuo, implementação de um sistema de produção “puxada” (pull) e a procura da perfeição como indica a Figura 11 (Maia, 2011).



Figura 11 - Princípios *Lean* (Caldeira, 2014)

Valor: é por definição o que as empresas podem adicionar aos produtos/ serviços/ funcionalidades entregues aos clientes, devendo existir uma focalização na definição das atividades e operações pelo o qual o cliente esta disposto a pagar;

Cadeia de Valor: é o veículo utilizado pelas atividades, que permite entregar valor ao cliente, identificando todas as atividades necessárias, para ir de encontro ao que é pedido pelo cliente, por forma a efetuar a eliminação das atividades que não acrescentam valor, ou que não essenciais para a atividade;

Fluxo contínuo: após os passos anteriores executados, é essencial ajustar os fluxos por forma a eliminar os desperdícios, para que não existam quebras, paragens e esperas na produção, criando condições para que toda a cadeia funcione com o máximo de eficiência, até ao cliente final;

Sistema Pull: é uma metodologia de produção que consiste em iniciar a produção dos produtos ou serviços à medida que o cliente vai efetuando as encomendas, evitando assim o desperdício de acumulação de inventários, tanto de matérias primas como de produto acabado;

Perfeição: é a constante procura de melhoria contínua, por forma a efetuar modificações e conseqüente eliminação de desperdícios, que anteriormente não tinham sido identificados e eliminados. Também é um ciclo contínuo, i. e., que não tem fim, existindo sempre maneira de efetuar melhorias (Araújo, 2012).

Apesar de existir muita divulgação do *Lean Production* ainda são muitas as empresas que não o implantam (Maia, 2011). Em Portugal já existem algumas empresas que aplicam o *Lean* nos serviços, como em unidades de serviço de saúde, câmaras municipais, e banca. No entanto, desde da década de 90 que se fala do *Lean*, e a partir

dos últimos anos, da mesma década, começou-se a utilizar o termo Kaizen, passando a ser generalizado. Nos últimos anos passa a abranger todos os setores de atividade da indústria e dos serviços (Araújo, 2012).

Monden (1983) introduz 4 passos essenciais para a implementação do TPS:

1. A gestão de topo tem de estar envolvida, orientando e fornecendo os recursos necessários;
2. Têm de ser formadas equipas de projeto, bem como gestores de secção, departamento e operações;
3. Tem de se introduzir um projeto piloto;
4. Têm de ser instituídos grupos de controle de qualidade, envolvendo os operários.

Estas etapas são essenciais para preparar as empresas para implementarem o TPS, as quais requerem um processo contínuo de aplicação de ferramentas *Lean*, como técnicas e possíveis alterações a nível organizacional (Araújo, 2012). Nas empresas com produção peça a peça ou unitária é necessário um balanceamento das linhas. Para isso é necessário encontrar um sequenciamento equilibrado do processo produtivo e interligar com os processos adjacentes, tendo trabalhadores polivalentes para trabalhar em processos complementares.

Enquanto, nas empresas com produção de pequenos lotes a introdução de práticas *Lean* é eficaz para a redução dos tempos de preparação. Com a introdução de operações standardizadas baseadas no *takt time* para as células de trabalho e com a criação de procedimentos com instruções de trabalho standardizado, atinge-se a implementação do conceito de força de trabalho flexível. Por outro lado com o recurso à produção nivelada pelo fabrico de produtos em concordância com as vendas permite a incorporação do sistema *Kanban* e produção JIT (*just in time*) (Maia, 2011).

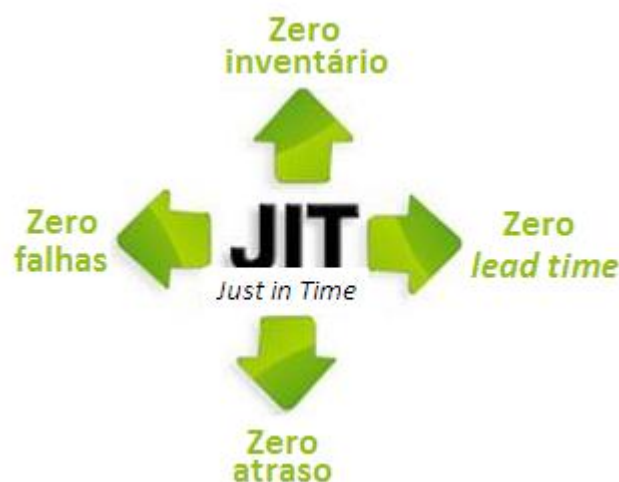


Figura 12 - Desafios do *Just in Time* (adaptado de (Calderone, 2017))

2.2.1 Trabalho Standardizado

O Trabalho Standardizado (TS) ou padronizado (em inglês *Standard Work*) é uma ferramenta do *Lean*, desenvolvida pelo Ohno em 1950. Entretanto segundo Feng & Ballard, (2008) o trabalho standardizado é uma metodologia que define como as operações se devem ser realizadas nos postos de trabalho. Esta padronização visa impossibilitar que os operários ao executar as operações cometam erros, pois seguem um procedimento com as instruções para cada uma das operações (Caldeira, 2014).

Segundo Coimbra, (2009), o TS visa alcançar uma fluidez nas atividades executadas pelos os operadores, garantindo que estes efetuem o trabalho no menor tempo possível e que fabriquem as quantidades exatas de produto pedidas pelos clientes (Ferreira, 2015).

Uma outra característica importante que é desejável implementar nas pequenas linhas de fluxo que só produzem um tipo peça, é o que os japoneses chamam de *shojinka*. *Shojinka* significa que o *layout* da linha é flexível em relação ao número de trabalhadores que podem trabalhar na linha, passando-se a definir o número de trabalhadores e o tempo de ciclo na linha de acordo com a carga de trabalho. Um operador pode trabalhar sozinho numa linha *shojinka*, realizando todas as operações do começo ao fim. O tempo de ciclo é teoricamente igual à soma de todos os tempos unitários de fabricação, agregados a uma determinada tarefa (pressupondo que o operador a realiza bem, com uma experiência razoável, utilizando um trabalho padrão otimizado) (Coimbra, 2009). No entanto, este tipo de linhas, devido à sua flexibilidade é escalável, o que permite a introdução de outros operadores na linha com a redução proporcional do tempo de ciclo.

Entretanto Pinto, (2009) defende que se deve ter em conta três conceitos no trabalho standardizado (Pereira, 2014):

- a) Tempo de ciclo: sendo este o tempo estritamente necessário em cada etapa de produção para que esta seja concluída,
- b) Sequência de trabalho: encontrar um método mais eficaz para minimizar os desperdícios,
- c) Nível *WIP* (*work in progress*): quantidade mínima necessária de trabalho em curso para que não haja interrupções na cadência produtiva.

Jeffrey (2006), descreve que o TS como uma ferramenta exigente, com especificações para o uso, sendo utilizada para cumprir objetivos específicos. O mesmo autor expôs que o TS não é só um conjunto de documentos, preparado e cuidadosamente controlado, antes sendo um meio de aprendizagem que cria uma performance sólida. Deste modo são evidentes as vantagens para as empresas na utilização do trabalho standardizado, como a redução de custos, o aumento da capacidade produtiva e a redução de variabilidade. Também se destaca a polivalência dos operários, ao ser mais fácil a aprendizagem de novas tarefas e deteção de problemas geradores de defeitos e falhas, contribuindo com ideias de melhoria (Ferreira, 2015).

Para Dennis (2016), o TS só faz sentido se o processo não for instável, ou seja, não existirem problemas com máquinas, ferramentas, qualidade, ou de segurança (Dennis, 2016).

Chesea (2007) defende a criação de um *storyboard*, com a informação chave para a criação de trabalho standardizado, e que inclua a incorporação de imagens a cores e recurso a comentários que possam a ser solicitados em tempo útil. Este método facilita visualmente todo o processo. Um dos erros mais comuns é a incorporação de muita informação. Na realidade, o ser humano quando forçado a ler algo ao qual não está familiarizada tende a “ler na diagonal”, i. e., a saltar passos, cometer erros, uma vez que não tem muito tempo de folga. O *storyboard* deve ser executado tendo em mente o público que o utiliza e, também, deve estar atualizado (Tapping, 2007).

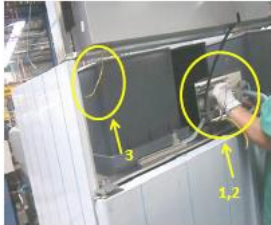





Importa referir que existe outro conceito que está interligado ao TS, uma vez que este deve estar em constante melhoria: o *timing* em que é proposto. O standard para ser devidamente utilizado tem de permitir que se estabilize a performance das diferentes equipas de trabalho por forma a conseguir-se perceber o que está mal, para em seguida poder ser melhorado (Pereira, 2014). No entanto é necessário não ficar satisfeito com o padrão, mas continuar em contante melhoria utilizando o ciclo PDCA (Vlckova, 2012).

A aplicação do TS envolve em primeiro lugar é necessário normalizar o processo em que se está a efetuar a observação, de acordo com as várias equipas (standardizar), de seguida implementar o standard (Executar), depois verificar a implementação do standard (Verificar), e por fim estabilizar o processo e identificar novos objetivos (Atuar). Após terminar o ciclo PDCA, este deve voltar ao princípio, dando origem a um novo ciclo (Pereira, 2014).

Em suma, o trabalho standardizado é uma ferramenta com base na melhoria contínua, sendo a melhor forma de documentar e preservar o conhecimento adquirido ao longo dos tempos, e este não ser perdido. É um dos fatores de sucesso na forma como são executadas as tarefas e não como uma imposição. Sendo de grande importância a criação de standards com base no conhecimento e opinião dos executantes das atividades.

Hoje em dia, cada vez mais são utilizadas instruções de montagem, por parte das empresas, visando a uniformização da informação para standardizar o processo de montagem, tornando o método uniforme e minimizando a probabilidade de se produzirem não conformidades na montagem. Simultaneamente a aplicação da ferramenta TS auxilia o processo de aprendizagem de novos colaboradores de uma forma mais rápida.

As Figura 13 e Figura 14, apresentação exemplos de instruções de trabalho em montagens com recurso a ajudas visuais que auxiliam o posto de trabalho e contêm pormenores da montagem, para evitar erros no fabrico.

MERCATUS		INSTRUÇÃO DE MONTAGEM				FRON	
Código: 10202302-A-M-0 10201302-A-M-0	Designação: Armário de Congelados Up Green - 2C / kit rodas e c/ HEG Armário Gastronorm Up Green - 2C / kit rodas e c/ HEG	Data: 30-04-2014	IDM	Qualidade	Produção	Processos	
 <p>1- Fazer ligação do cabeçote ao grupo 2 - Aparafusar proteção de fios 3 - Aparafusar fio terra</p>		 <p>4- Encaixar e aparafusar suporte calhas posteriores e frontais</p>		 <p>5 - Encaixar calhas</p>			
 <p>6 - Colar duas etiquetas de vinil 7 - Colocar grelhas 8 - Segurar as grelhas com abraçadeiras serrilha ao suporte das calhas</p>		 <p>9 - Aparafusar cabeçote com parafuso M4 x 20 inox</p>		 <p>10- Aplicar silicone nos perfis e limpar com um pano e álcool 11 - Retirar plástico das costas, do pilar e do interior</p>			

IDP00004,00 2/2

Figura 13 - exemplo de instrução de montagem (Gomes, 2014)


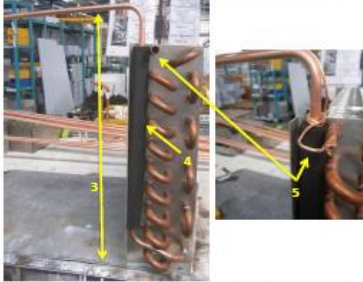

MERCATUS		Ajuda Visual		FRON	
Secção: Monobloco	Posto:	Brasagem		Revisão: 00	
Modelo: Evaporador M3 750 / M3 750 HEG					
<p>1 - Tubo de 3/8 com 2300mm - Virar ao batente 90° - Medir da curva 100mm e virar 90°</p> <p>2 - Colocar o tubo de cobre no evaporador</p>					
<p>3 - Medir 440mm e virar o tubo 90°</p> <p>4 - Colocar 300mm de tubo de isolamento</p> <p>5 - Colocar capilar de Ø1,2 com 1800mm e dar duas voltas no tubo de 3/8</p>					
<p>6 - Colocar tubo de isolamento</p>					
Feito por: Ana Gomes	Validado por:	Data: 18-03-2014			

Figura 14 - exemplo de instrução de montagem com ajuda visual (Gomes, 2014)

2.2.2 Balanceamento de linhas de montagem

A primeira linha de montagem em que há registro remonta a 1913 e foi instalada por Henry Ford na montagem do FORD modelo T em 84 etapas, com o intuito de massificar o uso do automóvel. A Figura 15 apresenta um exemplo da linha de montagem da FORD da mesma altura (Mercokey, 2016).

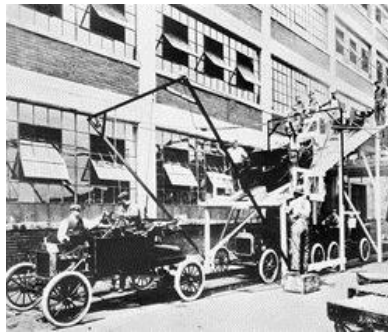


Figura 15 - Uma das etapas da linha de montagem da Ford, 1913 (Mercokey, 2016)

As linhas de montagem são um conjunto de estações de trabalho sequenciais, ligadas por um sistema de manuseio de materiais. Em cada estação de trabalho, um conjunto de tarefas é executado usando um processo de montagem predefinido (Vilarinho & Simaria, 2002). Estas geralmente são utilizadas para produção em massa e tem sido motivo de preocupação dos pesquisadores desde há muito tempo (Avikal, Jain, Mishra, & Yadav, 2013). Os produtos podem percorrer os postos de trabalho de diversas formas como, manualmente, com auxílio de pessoas, ou de forma automática, por exemplo, roletes, passadeiras rolantes - como mostra a ilustração na Figura 16, ou por AGV (*automated guided vehicle*) (Moutinho, 2012).



Figura 16 - Exemplo de uma linha de montagem atual (Vítor M, 2016)

Num projeto de uma linha de montagem são necessárias uma série de decisões cruciais que têm de ser feitas, incluindo o projeto do produto, a devida seleção dos processos associados, a configuração do *layout*, bem como, o balanceamento da linha. Devido à complexidade, normalmente estes problemas têm de ser tratados um de cada vez (Fonseca, 2014).

Um balanceamento de linha reta pode ser definido como o processo de atribuição de tarefas às estações de trabalho, de maneira a que todas as estações de trabalho tenham aproximadamente igual quantidade de trabalho atribuído. Durante a atribuição das tarefas às estações de trabalho, as relações de precedência entre essas tarefas não devem ser violadas (Avikal et al., 2013).

Avikal (2013), também defende que uma das características para o balanceamento das linhas é o tempo de processamento das tarefas. Na tipologia de linha reta, quando existe um desequilíbrio entre a velocidade dos trabalhadores, o trabalhador mais lento coloca em causa o balanceamento, atrasando toda a sequência de montagem.

O planeamento de configuração da linha geralmente compreende todas as tarefas e decisões que estão relacionadas ao equipamento e ao alinhamento das unidades produtivas para um determinado processo de produção, antes que a montagem real possa começar. Isso inclui a configuração da capacidade do sistema (tempo de ciclo, número de estações e equipamento de estação), além de atribuir o conteúdo do trabalho às unidades produtivas (tarefas e sequência de operações). O tempo de processamento de uma linha é igual a soma dos tempos de cada tarefa, dos vários postos de trabalho. A estes deve ser somado também o tempo correspondente da carga e descarga, assim como à mudança ou deslocamento das peças (Boysen, Fliedner, & Scholl, 2007).

Os autores Battaia & Dolgui (2013), consideram três grupos de ambientes industriais onde estão inseridos os principais problemas de balanceamento de linhas sendo estes: maquinagem, montagem e desmontagem:

- Maquinagem: uma peça é completada por uma série de operações de maquinagem como perfuração, fresagem, retificação, etc. Em geral, pode haver muito menos relações de precedência entre essas operações do que no caso de um processo de montagem / desmontagem. No entanto, podem existir muitas restrições de tolerância, que impõem operações de atribuição à mesma estação de trabalho e / ou restrições de incompatibilidade que proíbem a atribuição de certas operações à mesma estação de trabalho, por incompatibilidades tecnológicas.
- Montagem: um produto final é obtido pela montagem de uma série de componentes. O gráfico de precedência pode ter muitos nós iniciais, mas, geralmente resulta num único nó final. Essas linhas podem ter várias configurações do manual com os trabalhadores atribuídos a cada estação de trabalho, ou estações completamente automatizadas.
- Desmontagem: um número de peças ou subconjuntos são obtidos a partir de um produto inicial. Geralmente, o gráfico de precedência não pode ser derivado do gráfico de precedência da montagem inicial. Além disso, o estado final nem sempre é predeterminado e por isso, essas linhas são principalmente manuais (Battaia & Dolgui, 2013).

Os mesmos autores enunciam vários tipos de linha de produção para o processamento de tarefas nas estações de trabalho. As empresas implementam um determinado tipo de linha consoante a complexidade e o tipo de produto. Sendo diferenciadas em linhas retas básicas, com postos múltiplos, em U e em linhas circulares.

Nas linhas com retas básicas, cada peça visita uma série de estações de trabalho na ordem da sua instalação, como mostrado na Figura 17. Um conjunto de tarefas é atribuído a cada estação de trabalho. As tarefas são executadas uma após a outra (Battaia & Dolgui, 2013; Moutinho, 2012).

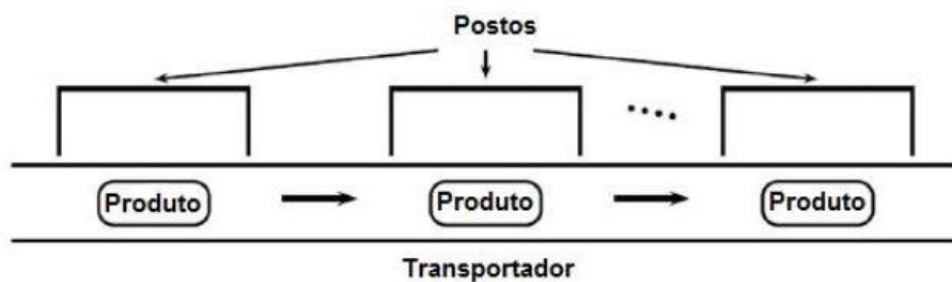


Figura 17 - Linha reta básica (adaptado por (Fonseca, 2014))

Nas linhas retas com múltiplos locais de trabalho, as estações de trabalho estão alinhadas identicamente ao caso anterior. No entanto, em cada estação de trabalho podem existir vários locais de trabalho paralelos e os locais de trabalho mistos, instalados de forma a que os trabalhadores ou peças de equipamentos associados a cada local de trabalho possam atuar de forma simultânea, sequencial ou paralela em cada peça, respetivamente. Estes três casos são mostrados na Figura 18 (Battaia & Dolgui, 2013).

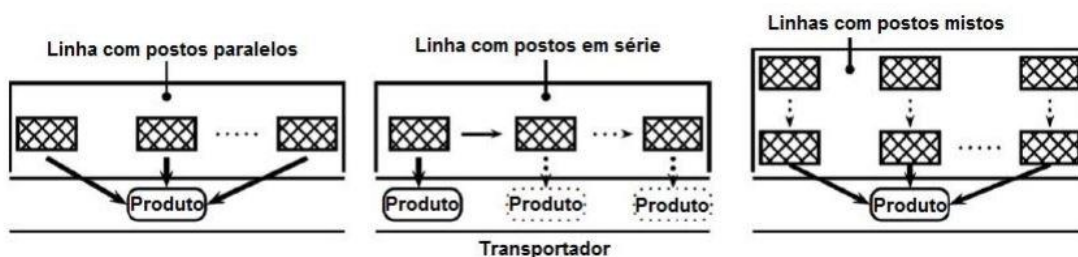


Figura 18 - Linhas retas com múltiplos postos (adaptado por (Fonseca, 2014))

Nas linhas em forma de U, estas têm a entrada e a saída do produto pelo mesmo lugar. O trabalho executado é normalmente manual e os trabalhadores que efetuam trabalhos dentro da linha podem facilmente deslocarem-se de um posto de trabalho para outro, como mostra a Figura 19.

Portanto, eles podem trabalhar em duas (ou mais) peças durante o mesmo ciclo. Neste caso, vários subconjuntos de tarefas estão associadas a diferentes estações de trabalho, sendo executados pelo mesmo trabalhador (Battaia & Dolgui, 2013).

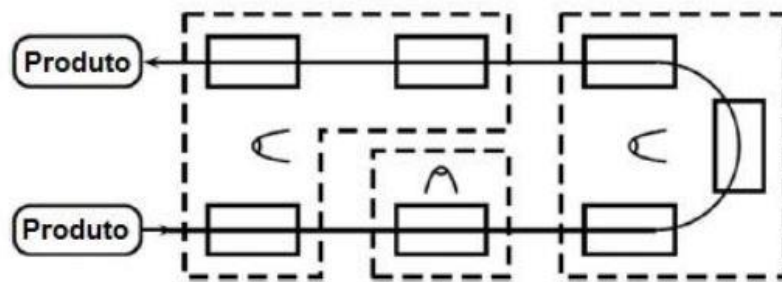


Figura 19 - Linha em U (adaptado por (Fonseca, 2014))

Nas linhas com transferência circular, as estações de trabalho são instaladas em torno de uma mesa rotativa, como mostra a Figura 20. Um dos lados é utilizado para carregar e/ou descarregar, enquanto a mesa roda de uma estação de trabalho para outra. No que se refere ao número de voltas, durante as quais uma parte permanece na mesa antes de ser completada, esta pode ser uma ou várias, pois o produto pode ficar concluído numa só volta ou podem ser necessárias múltiplas voltas até este ficar concluído. Se apenas um lado da peça for tratado em cada estação de trabalho e um único turno seja suficiente para completar um produto, essa configuração é equivalente a uma linha reta básica. Se vários lados da peça puderem ser tratados simultaneamente, essa configuração é equivalente a uma linha com múltiplos locais de trabalho paralelos. Para o caso de transferência em múltiplos turnos, o conjunto de tarefas atribuídas a uma estação de trabalho deve ser particionado nos diferentes ciclos correspondentes ao número de voltas da mesa (Battaia & Dolgui, 2013).

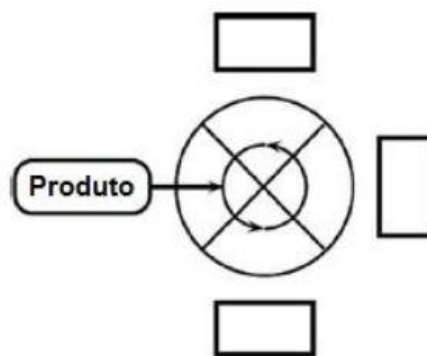


Figura 20 - Linha circular (adaptado por (Fonseca, 2014))

Nas linhas assimétricas, as configurações destas podem ser utilizadas para adiar a diferenciação de produtos, a fim de manter uma configuração de linha comum para todos os produtos fabricados o maior tempo possível. Esta estratégia reduz os riscos associados ao aumento da variedade de produtos, mas o problema de balanceamento

de linha correspondente deve ser resolvido conjuntamente com um problema de otimização de *layout*, para determinação da configuração final da linha (Battaia & Dolgui, 2013).

2.2.3 Controlo da Produção – Sistema Kanban

Kanban é uma palavra originária do Japão com o significado de etiqueta ou cartão, criada por Ohno, nas linhas de produção da Toyota. Estes cartões permitem às organizações produzir apenas o que é pedido pelo cliente, quando este pretende a entrega bem e com as quantidades exatas do pedido, possibilitando a redução de desperdício ou até a eliminação do mesmo (Caldeira, 2014).

Os *Kanban's* são uma forma simples e eficaz de controlar a produção e sua movimentação, bem como gerir os inventários e o abastecimento das linhas. Um *Kanban* contém diversa informação, tal como o material pretendido, quantidades, identificação do posto que efetuou a requisição, o fornecedor (bem como a sua referência do artigo), e também a quantidade de *Kanban's* do artigo do determinado posto que estão em circulação (Coimbra, 2009). Este sistema permite ao longo de todo o processo um controlo visual excecional, para uma rápida e fácil identificação dos problemas para a correção imediata (Caldeira, 2014).

A utilização dos *Kanban's* proporciona vantagens e desvantagens para um sistema produtivo. As vantagens são as seguintes (Almeida, 2017):

- Redução e limitação do inventário;
- Identificação visual da necessidade de reposição;
- Melhoria do fluxo de produção;
- Previne o excesso de produção;
- Melhora a capacidade de resposta face a mudanças na procura, definindo os níveis máximos e mínimos de inventário;
- Minimiza o risco de inventário obsoleto.

As desvantagens (Almeida, 2017):

- Pode ser difícil redimensionar o sistema *Kanban*, no caso de haver grandes variações de procura;
- A perda dos *Kanban's* leva à falha na quantidade a produzir, sendo um dos principais problemas deste sistema.

Para alguns autores o mais importante não é a forma como se define o número de *Kanban's*, o fundamental é saber qual a melhor forma para efetuar melhorias no sistema produtivo, utilizando um adequado número de *Kanban's*. Para uma determinação mais adequada existem fatores a ter em consideração, tais como: a diminuição de tempos de *setup*, a redução de inventário de segurança, a diminuição dos tempos de produção, a redução de avarias de máquinas, bem como, a redução do número de peças não conformes (Caldeira, 2014).

$$N^{\circ} \text{ de kanbans} = \frac{\text{tamanho do lote económico} + (\text{procura Diária} \times \text{coeficiente de segurança})}{\text{Capacidade do contentor}}$$

Fonte: (Coimbra, 2009)

A Figura 21 é um exemplo prático de um cartão de *Kanban*, aplicado na indústria atual. Estes são cada vez mais utilizados para a movimentação de matérias, garantindo um controlo de stock.

MOVIMENTAÇÃO	DESCRIÇÃO	PROCESSO ANTERIOR
	NOME DA PEÇA:	Descrição do Processo:
	Porca	Unsinagem
	CÓDIGO DA PEÇA:	Código do Processo:
	P 002 - 020	200
	CAPACIDADE DO CONTÊNER:	Localização Estoque de Saída:
50	U - 02	
NÚMERO DO CARTÃO:	PROCESSO POSTERIOR	
1 / 2	Descrição do Processo:	
	Montagem	
	Código do Processo:	
	300	
	Localização Estoque de Entrada:	
	03 - M	

Figura 21 - Exemplo pratico de uma etiqueta *Kanban*,(Sejzer, 2017)

Habitualmente uma das aplicações deste tipo de cartões é em caixas ou contentores, onde são transportados os materiais, podendo variar as dimensões destes conforme as dimensões dos materiais a transportar e as suas quantidades, sendo esta colocada na lateral do contentor, como mostra a Figura 22 (Sejzer, 2017).



Figura 22 - Exemplo pártico da aplicação de *Kanban*,(Sejzer, 2017)

CASO DE ESTUDO

3.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

3.1.1 DESENVOLVIMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

3.2 REQUISITOS DA LINHA

3.3 PROJETO DE LINHA

3.3.1 APLICAÇÃO DO TRABALHO STANDARDIZADO

3.3.2 BALANCEAMENTO DA LINHA DE MONTAGEM

3.3.3 *DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA KANBAN*

3.4 IMPLEMENTAÇÃO DA LINHA

3.5 RESULTADOS

3 CASO DE ESTUDO

Este capítulo tem como objetivo a apresentação de uma proposta de implementação de uma linha de montagem de inversores fotovoltaicos, efetuada numa empresa nacional do ramo de eletrónica de potência, tendo como alvo o comércio internacional dos equipamentos, principalmente a Europa.

Este estudo resultou da crescente procura destes equipamentos em resultado das recentes alterações das legislações aplicadas pelas políticas dos países, que começaram a apostar mais nas energias renováveis. Este contexto proporcionou uma crescente procura de investidores privados na construção de parques fotovoltaicos de grandes dimensões, alguns dos quais com capacidade de geração de energia de 20 MW ou superior. Para a construção de um parque destas dimensões são necessários cerca de 20 inversores fotovoltaicos.

3.1 Descrição do Produto

O produto, um inversor fotovoltaico, tem como principal finalidade converter a corrente contínua proveniente dos painéis fotovoltaicos em corrente alternada que será injetada e vendida à rede energética pública. Também, em alguns casos é possível adquirir este produto para produção de autoconsumo, nomeadamente por parte de empresas que procuram a redução de despesas energéticas e implementar políticas públicas ambientais.

3.1.1 Desenvolvimento das características do produto

Tendo como principais características um leque alargado de potências disponíveis de funcionamento, que vão dos 500 KW até 1000 KW (com uma tensão de entrada máxima de 900 V DC, e com uma tensão de saída de 400 V, a qual corresponde a uma alimentação trifásica), para este produto ser funcional nas diversas potências, a indutância é comprada de acordo com a potência requisitada pelo cliente para a construção do equipamento, bem como os fusíveis de entrada também têm de ser adquiridos de acordo com as correntes máximas inerentes ao funcionamento para o qual foi dimensionada.

Este equipamento é constituído por três armários aparafusados entre si, que resultam num equipamento só com dimensões do primeiro aproximadas de 1000 x 2000 x 600 mm e dos outros dois armários em 600 x 2000 x 600 mm (largura x altura x profundidade), originando a dimensão total do conjunto de 2200 x 2000 x 600 mm. A disposição obrigatória faz com que os armários de 600 mm de largura fiquem dispostos um do lado direito e outro do lado esquerdo do armário mais largo. O armário da

esquerda está preparado para a entrada da energia, e é designado como armário DC. O da direita, tem a função da saída de saída da energia e é designado como armário AC. Este armário também contém a alimentação de auxiliares, comunicações, bem como a parte de comando e controlo do equipamento. Por outro lado, para o armário central fica alocada a função de conversão da energia realizada pelas *Power Stacks* bem como a parte responsável pela indutância.

As especificações de potência, bem como as configurações do equipamento, são determinadas de acordo com as encomendas dos clientes. Estes fazem a escolha das configurações de acordo com as dimensões do parque em que vão ser instaladas as unidades, bem como em relação à potência disponível mediante o espaço livre para a instalação das unidades.

3.2 Requisitos da Linha

A linha a desenvolver neste projeto para ser rentável terá de ser capaz de executar a operação de montagem dos equipamentos com elevados níveis de eficiência, mantendo um padrão de qualidade elevado. A linha integra dois tipos de colaboradores especializados: serralheiros e eletricitas. Os primeiros postos de trabalho, designados por serralharia, dizem respeito principalmente a tarefas de montagem mecânica de peças e materiais; sendo a eletrificação do equipamento, designada de eletrificação, apenas possível após as etapas de serralharia.

A linha de montagem terá de ser capaz de atingir uma cadência de montagem com um *takt time* de cerca de oito horas por unidade de produto. Para atingir este objetivo, é necessário realizar um levantamento das operações e o respetivo balanceamento, de modo a que os vários postos fiquem com cargas de trabalho equilibradas e com tempos uniformes. Também será necessário efetuar um registo documental de todas as operações da sequência de montagem, para que o produto em causa respeite procedimentos padronizados.

Um dos principais requisitos da linha é o abastecimento das matérias primas em *pull*, recorrendo ao sistema *Kanban*, para efetuar uma gestão de stocks mais eficaz. Alguns equipamentos, bem como partes/peças de outros componentes, são adquiridos de uma forma centralizada pela organização. Isso acontece por imposição da administração, dado que se tratam de bens de custo elevado, ganha assim vantagem competitiva a organização com este tipo de gestão, pois possibilita a realização de contratos com descontos de quantidade, além de permitir uma gestão de stocks com custos menores. A Figura 23 é um exemplo de um material específico do projeto, a ser gerido de uma forma centralizada pela empresa.



Figura 23 - Exemplo de recepção de cobre com aproximadamente 500 kg

O espaço disponibilizado para a implantação da linha também é de grande importância, uma vez que este está limitado a um local de apenas 255 m². Devido às dimensões reduzidas, essa passou a ser uma restrição aquando do projeto, como mostra a Figura 24.

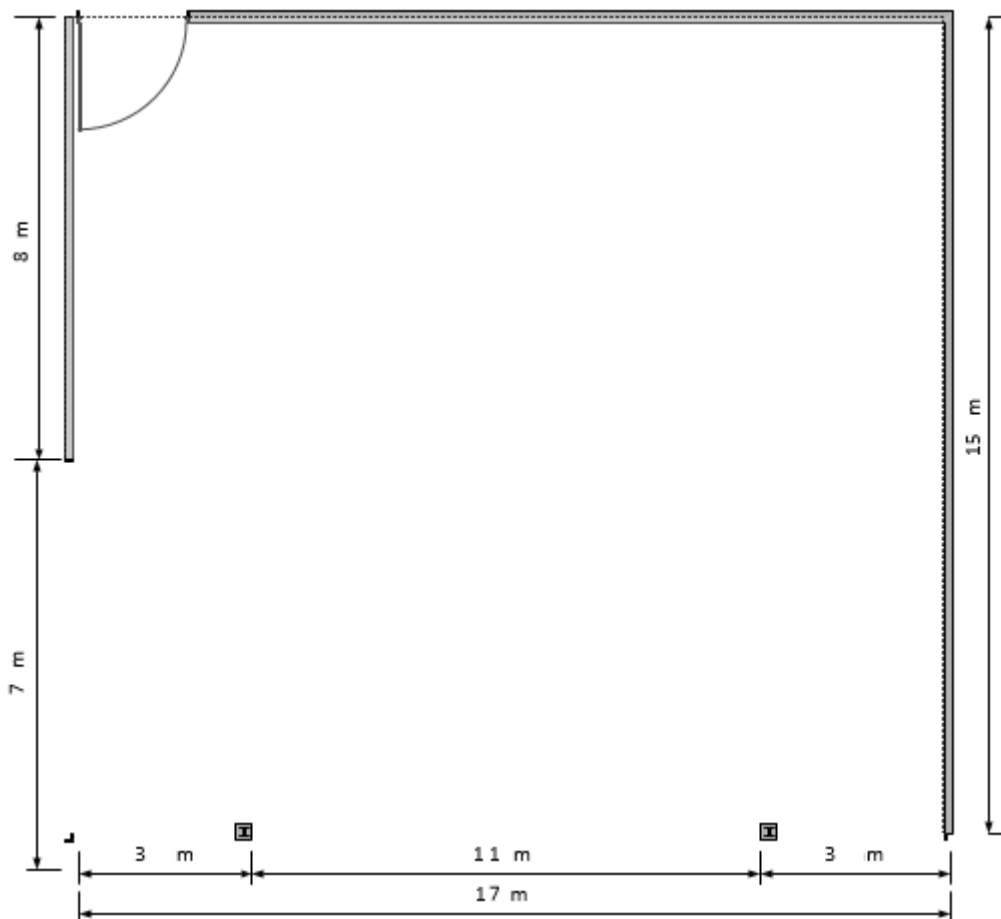


Figura 24 - Planta do espaço disponibilizado para a construção da linha de montagem

3.3 Projeto de Linha

Dado que a linha tem como objetivo a produção de inversores fotovoltaicos, numa primeira fase é indispensável identificar as diferentes operações. Estas podem ser agrupadas por funções, como mostra o diagrama de encadeamento apresentado na Figura 25. O diagrama tem a particularidade de mostrar que o material é inicialmente encaminhado do armazém de matérias primas, e abastece as diferentes etapas de fabrico até o produto final.

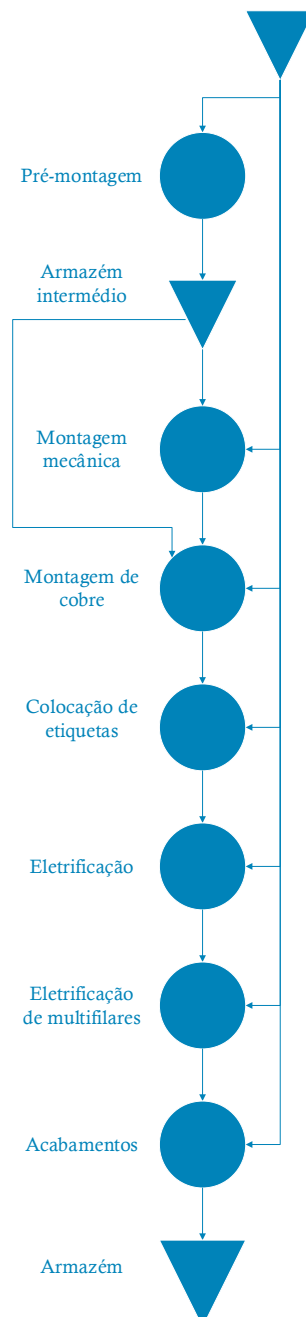


Figura 25 - Diagrama de encadeamento do processo de fabrico

A primeira operação é a pré-montagem, esta contempla diversas tarefas de montagem inicial de pequenos conjuntos que não têm precedências entre si, mas que vão sendo acoplados nas tarefas seguintes. Estes pequenos conjuntos tornam as tarefas subsequentes mais simples de executar. A lista de tarefas de pré-montagem é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - lista de tarefas de pré-montagens

Preparação de Armários
Pré- montagem Chaminé <i>Stack</i>
Pré- montagem Platine filtro DC
Pré-montagem filtro AC
Pré-montagem platine AC
Pré-montagem Platine interruptor DC
Pré- montagem platine Fusíveis +/-
Pré-montagem platine Contactor
Pré-montagem platine condensadores
Pré-montagem ventiladores indutância
Pré-montagem dos lemes
Pré-montagem ventiladores <i>Stack</i>
Pré-montagem platine do interruptor DC
Colocação dos restantes componentes no armário

A montagem mecânica consiste na colocação de chapas, integração das pré-montagens, fixação de calhas de passagem de cabos elétricos para posterior eletrificação e calhas ómega para instalação de componentes, bem como a colocação de diversos componentes.

É nesta secção que é efetuada a montagem das bobines de indutância, sendo este um dos componentes mais difíceis de montagem uma vez que tem que ser instalado com o auxílio de uma ponte rolante devido às suas dimensões e peso.

A Tabela 3 enuncia as principais tarefas executadas na montagem mecânica.

Tabela 3 - Exemplo de tarefas de montagem mecânica

Colocação de platines armário DC
Colocação de suportes de cabos
Colocação de platines Fusíveis + / -
Colocação Platine/filtro DC
Colocação de calhas plásticas / metálicas
Colocação de ventiladores da indutância
Colocação da indutância
Colocação Chaminé da <i>Stack</i>
Colocação da platine do interruptor DC
Colocação platine/filtro AC
Colocação platine disjuntor
Colocação platine Contactor

As tarefas ligadas à montagem de cobre só podem ser executadas após a instalação dos componentes mecânicos, uma vez que nesta etapa é que é efetuada a interligação elétrica por meio de barras de cobre das diversas peças previamente instaladas.

A montagem do cobre é subdividida em sub-tarefas mais pequenas, para simplificar a execução e permitir que mais do que um operário possa trabalhar em simultâneo em diferentes partes do equipamento.

A Tabela 4 enuncia as principais tarefas associadas a montagem de cobre.

Tabela 4 - Exemplo de tarefas de montagem de cobre

Barra superiores contactor AC
Barras de ligação filtro AC ao contactor AC
Barras filtro AC
Barra de terra armário central
Barras superiores das <i>Stack</i>
Barramento inferior das <i>Stack</i>
Barras flexíveis entre <i>stack</i> e bobine
Barras flexíveis entre bobine e filtro AC
Barra de terra armário DC

Segue-se a operação de colocação de etiquetas de identificação nos diversos componentes para auxiliar a identificação da peça/componente. Esta operação permite a verificação do esquema elétrico bem como a localização dos vários componentes, como mostra a Figura 26.



Figura 26 - Exemplo de colocação das etiquetas de identificação

Na Tabela 5 é apresentado um exemplo da lista de tarefas de aplicação de etiquetas por armário e ou componente.

Tabela 5 - Exemplo de tarefas de aplicação de etiquetas

Colocação de etiquetas armário AC
Colocação de etiquetas armário DC
Colocação de etiquetas armário Central
Colocação de marcadores de bornes
Colocação de etiquetas terra

As operações de eletrificação são subdivididas em dois grandes grupos: eletrificação de fios condutores unifilares e eletrificação de condutores multifilares. No conjunto de tarefas de eletrificação de ligações unifilares estão compreendidas diversas tarefas divididas por secção dos fios condutores que agregam a ligação elétrica entre as várias peças elétricas que constituem o equipamento.

Na Tabela 6 estão descritas as tarefas de eletrificação unifilares.

Tabela 6 - lista de tarefas de eletrificação de ligações unifilares

Eletrificação de cabos 50 / 35
Eletrificação de fios 16 mm lado armário AC
Eletrificação de fios 2,5 lado armário AC
Eletrificação de fios 1,5 lado armário AC
Eletrificação de fios 0,75 lado armário AC

A eletrificação de ligações multifilares também inclui diversas tarefas que requerem maior conhecimento, pois têm de seguir o código de cores dos cabos, acrescentando ainda que cada cabo multifilar é composto por diversos cabos agregados num só.

Estas ligações conectam equipamentos de medida a equipamentos de aquisição de dados ou à carta de comando do equipamento. Na Tabela 7 é apresentada a listagem das tarefas de ligação de cabos multifilares.

Tabela 7 - tarefas de cabos multifilares

Eletrificação de cabos multifilar lado armário AC
Ligação dos <i>flat cables</i>
Passagem e ligação multifilares nos lemes
Ligação <i>circutor</i>

A operação de acabamentos é constituída por diversas tarefas como limpeza, aplicação de vinis no exterior do armário, colocação de elementos de proteção como policarbonatos, borracha de proteção de cantos, colocação de portas, painéis laterais, teto do armário e verificações finais.

A Tabela 8 descreve exemplos de tarefas designadas como acabamentos para a conclusão da montagem do equipamento.

Tabela 8 - Exemplo de tarefas de acabamentos

Verificação de etiquetas
Colocação de borracha para proteção de cantos
Colocação de teto e respetivas ligações terra
Colocação de suportes de elevação do armário
Colocação de esponja na prateleira filtro AC frente e traseira
Aspiração do armário
Colocação de painéis traseiros e respetiva ligação terra
Colocação de painéis laterais e respetiva ligação terra
Colocação de portas armário central e respetiva ligação terra

Todas as tarefas inerentes à construção/montagem do equipamento além das referidas nas tabelas acima apresentadas, estão presentes no anexo A.

Após estas tarefas o armário está concluído e pronto para testes funcionais e verificação de qualidade, sendo posteriormente embalado e expedido para o cliente.

3.3.1 Aplicação do Trabalho Standardizado

A aplicação da ferramenta de trabalho standardizado é de grande importância para o desenho dos processos de produção, nomeadamente na especificação de linhas de montagem. A standardização ou padronização tem como enfoque a especificação das tarefas de tal forma que estas ocorram com a menor variabilidade, sejam uniformes, minimizando a ocorrência de erros na produção e aumentando a qualidade do produto.

No caso de estudo apresentado, a criação da documentação utilizada na definição das tarefas com a aplicação de trabalho standardizado, tem por base a técnica dos *storyboards*, que incorporam imagens a cores e pequenos comentários (para serem de fácil interpretação por parte dos operários que os utilizam).

O desenvolvimento da documentação das tarefas não é possível de ser aplicado a todas as operações, uma vez que as tarefas de colocação da cablagem elétrica ficariam demasiado complexas e muito extensas. Neste caso, a solução ideal passa pela criação de instruções de montagem com a impressão nos cabos elétricos das instruções de ligação, como se mostra na Figura 27.




Figura 27 - exemplo de instrução de cabos elétricos

Nas restantes tarefas foi elaborada a documentação de suporte com instruções claras e com recurso a imagens, indicando o material utilizado e a sequência correta de montagem das diversas peças/componentes. A Figura 28 mostra um exemplo de um procedimento de montagem criado.

Barra de terra - Armário DC


1ª Instalação da barra de terra DC1, e colocação M6

Quantidade	Referência	Localização
1	Barra terra DC1	Carro 4
4	Parafuso HEX M6 X 25	B-5-2
4	Anilha plana M6 tipo M	B-4-10
4	Anilha CS M6	B-4-9




2ª Colocação de parafusos M8

Quantidade	Referência	Localização
3	Parafuso HEX M8 X 25	B-4-5
3	Anilha plana M8 tipo M	B-4-1
3	Anilha CS M8	B-3-11



3ª Colocação de parafusos M10 e aperto dinamométrico

Quantidade	Referência	Localização
2	Parafuso HEX M10 X 25	B-3-7
2	Anilha CS M10	B-2-11
4	Fêmea M10	B-2-10



Referência: IF201804 1 / 1

Figura 28 - Exemplo de Procedimento de montagem

No anexo 6.2 encontram-se outros exemplos de instruções de trabalho de procedimentos de montagem, além da descrita previamente.

3.3.2 Balanceamento da linha de montagem

A estratégia inicial para o balanceamento da linha de montagem iniciou-se com um levantamento das tarefas necessárias à montagem do produto. Posteriormente, estas foram divididas por tipo de função, ou seja, por trabalhos de serralharia ou a eletrificação. Numa segunda fase, foi efetuada uma divisão preliminar das tarefas por postos de trabalho, como disposto no diagrama de encadeamento da Figura 29 .

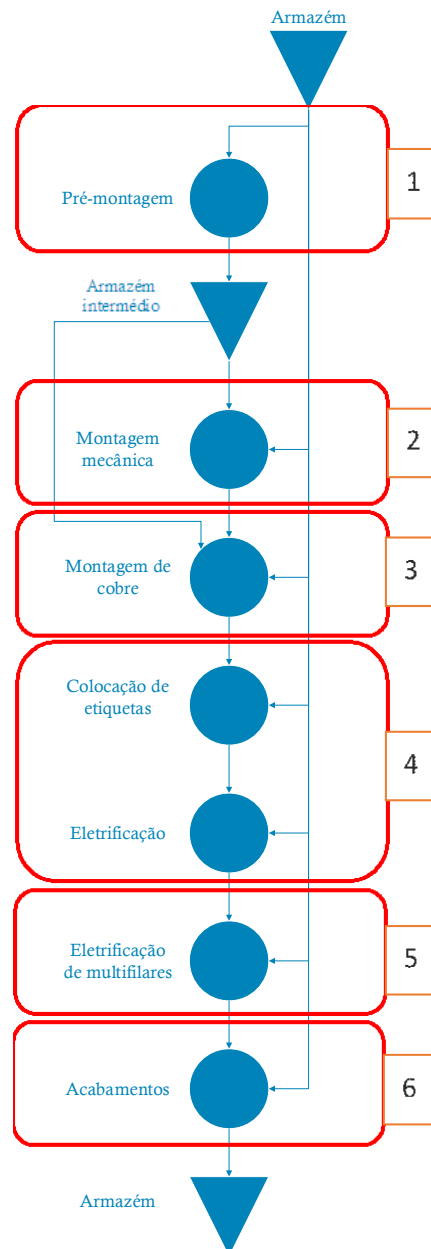


Figura 29 - Diagrama de encadeamento com divisão por postos

A Tabela 9 apresenta cada uma das divisões das tarefas agregadas a um posto de trabalho.

Tabela 9 - Exemplo de tarefas agregadas a um posto de trabalho

Passagem e ligação dos multifilares nos lemes
Eletrificação da pré-carga
Ligação do <i>circutor</i>
Eletrificação do <i>graundingkit</i> e do descarregador
Restantes ligações d armário DC
Colocação da porta do armário DC
Colocação de um componente na porta e respetivas ligações
Colocação de <i>stacks</i>
Eletrificação das <i>stacks</i>
Ligações das restantes bobines
Colocação de etiquetas no material colocado
Aspiração do armário

Após esta divisão, foi necessário contabilizar os tempos de execução das tarefas, sendo disponibilizada por parte da empresa os tempos necessário à execução das tarefas, pois não foi autorizado qualquer cronometragem.

Os dados fornecidos por parte da empresa, no que respeita aos tempos necessários à execução de cada tarefa, estão registados no anexo B.

O gráfico apresentado na Figura 30 mostra a primeira tentativa de balanceamento da linha de produção, por posto de trabalho.

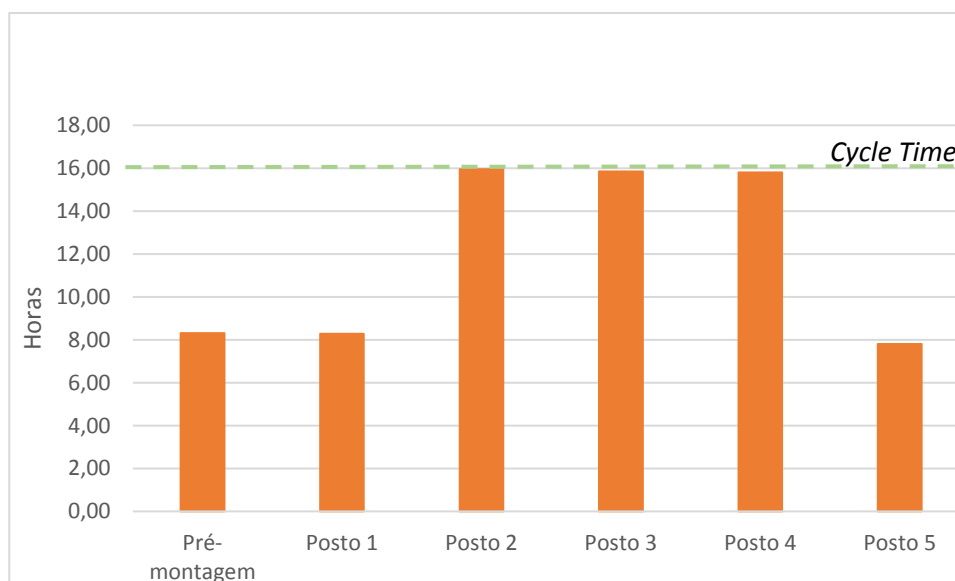


Figura 30 - Gráfico da primeira tentativa de balanceamento da linha

Nota-se a partir do gráfico da Figura 30 que a distribuição de carga pelos postos de trabalho não está devidamente equilibrada. Os postos 2, 3, e 4 apresentam praticamente o dobro do tempo dos outros postos, e o *Cycle time* também está muito superior ao requisito da linha.

A estratégia, após esta primeira tentativa, concentrou-se na avaliação dos postos que tinham um tempo de execução demasiado elevado, e uma vez que não se podia aumentar o número de postos de trabalho (por inexistência de espaço), efetuou-se uma distribuição do tempo destes postos, aumentando o número de trabalhadores para dois por posto. Essa divisão das tarefas passou por cada trabalhador operar em pontos diferentes da montagem do armário e por incluir tarefas que são efetuadas em simultâneo por dois trabalhadores.

A Tabela 10 apresenta a lista com os tempos da divisão de tarefas em minutos do postos de trabalho 4. No anexo C são apresentadas as listas com a divisão das tarefas dos restantes postos de trabalho.

Tabela 10 -Divisão de tarefas com dois operários do posto 4

Tarefa	Operário 1	Operário 2
Passagem e ligação de multifilares nos lemes	230	
Eletrificação da pré-carga		83
Ligação do <i>circutor</i>		110
Eletrificação do <i>graundingkit</i> e descarregador		82
Restantes ligações do armário DC		81
Colocação porta no armário DC	17	
Colocação de um componente na porta e respetivas ligações	41	
Colocação de <i>stacks</i>	60	60
Eletrificação das <i>stacks</i>	60	60
Ligações restantes da bobine	36	
Colocação de etiquetas no material colocado	18	
Aspiração do armário	10	
Total (em minutos)	472	476

Após a divisão das tarefas dos postos em excesso de carga, chegou-se a um balanceamento dos tempos com os postos devidamente equilibrados, como se apresenta no gráfico da Figura 31.

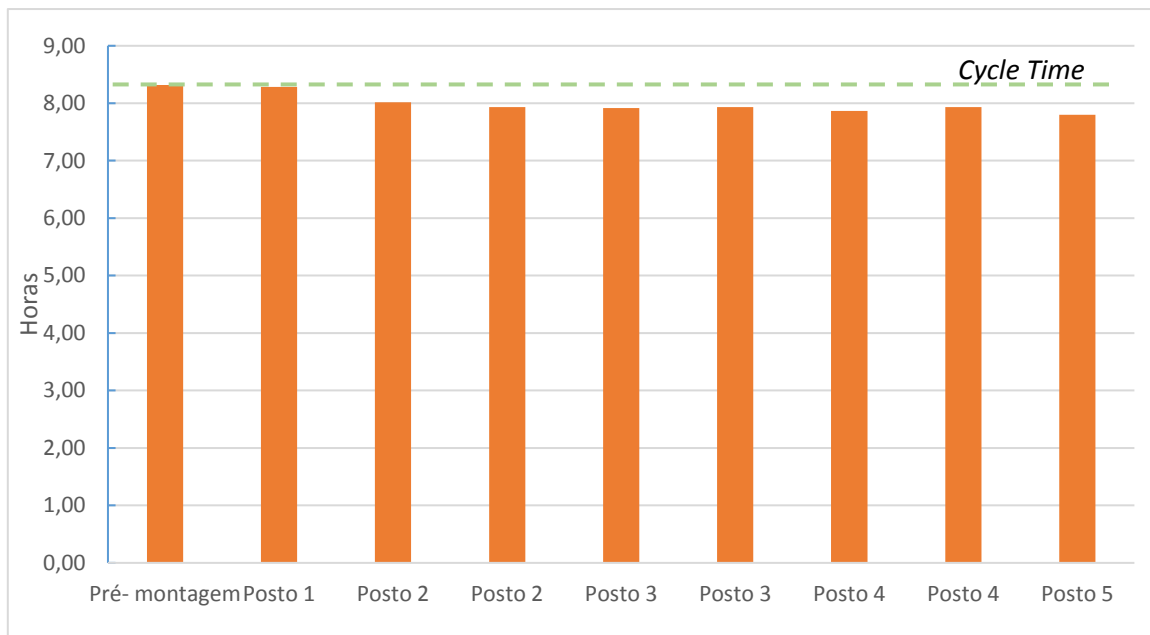


Figura 31 - Gráfico de balanceamento com postos de dois operários

Perante os resultados do gráfico da Figura 31, nota-se que os postos estão praticamente equilibrados, sendo o *Bottleneck*, o posto de pré-montagens com um *Cycle time* de 8,32 horas (8 horas e 19 minutos), estando ligeiramente superior ao definido nos requisitos da linha. Este facto não é preocupante, pois a prática tem mostrado que com o passar do tempo e com a aprendizagem das tarefas por parte dos operadores prevê-se que os tempos previstos irão reduzir para valores inferiores.

3.3.3 Dimensionamento do Sistema Kanban

A implementação do sistema *pull* na gestão dos fluxos através da introdução de um sistema de *Kanban's* na linha de produção é uma vantagem para a gestão de materiais de materiais em curso e matérias primas.

Os *Kanban's* com compra direta aos fornecedores, só serão aplicados à parafusaria, por se tratar de um material comum nos diversos tipos de configurações dos equipamentos. Assim que uma caixa de *Kanban* chegue ao armazém, este despoleta uma encomenda.

A aplicação dos *Kanban's* no restante material, sendo estes de *Kanban's* unitários, permite que o material seja comprado por projeto, e, como se trata de uma produção em *pull*, a encomenda só será despoletada apenas após a encomenda ser feita por parte do cliente.

Para a aplicação dos *Kanban's*, foi necessário efetuar um levantamento de toda a parafusaria, nos diversos postos de trabalho e, também, das quantidades necessárias para satisfazer a procura diária da linha de produção. A Tabela 11 apresenta um exemplo

de uma parte dos componentes de parafusaria utilizada num posto de trabalho e as necessidades diárias. A lista detalhada foi incluída no anexo D.

Tabela 11 - Exemplo de parafusaria necessária a um posto de trabalho

Quantidade	Tipo de Parafuso	Medida	Tipo de Anilha
6	Aço Philips	M4 X 10	
12	Aço Philips	M4 X 16	
6	Aço CHC	M4 X 16	
18	Aço	M4	Plana
18	Aço	M4	Mola
2	Aço CHC	M5 X 16	
2	Aço	M5	Plana
2	Aço	M5	Mola
150	Aço Torx	M5,5 X 13	
18	Aço HEX	M6 X 20	
4	Aço CHC	M6 X 20	
20	Aço	M6	Plana
20	Aço	M6	Mola

Após a recolha das necessidades, foi possível avaliar para cada tipo de item a capacidade do contentor, bem como o coeficiente de segurança necessário.

Como o tempo que decorre, entre o pedido de compra e a entrega do fornecedor dos parafusos é cerca de uma semana, o lote económico tem de contemplar o consumo de uma semana acrescido da semana de entrega. Definido o tamanho do lote económico, devido ao fornecedor ser único, foi acrescentado um coeficiente de segurança de três dias para possíveis atrasos.

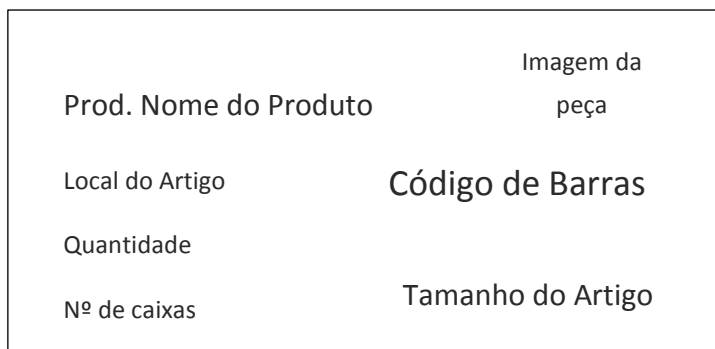
A equação seguinte mostra os cálculos para uma alinha M8 Plana, com uma necessidade de 72 unidades por dia e um tamanho de lote de 400 (arredondado por excesso, a múltiplos de 100 unidades). Os cálculos para os restantes parafusos e peças constam no anexo E.

$$N^{\circ} \text{ de } kanbans = \frac{400 + (72 \times 3)}{200} = 3,08 = 4$$

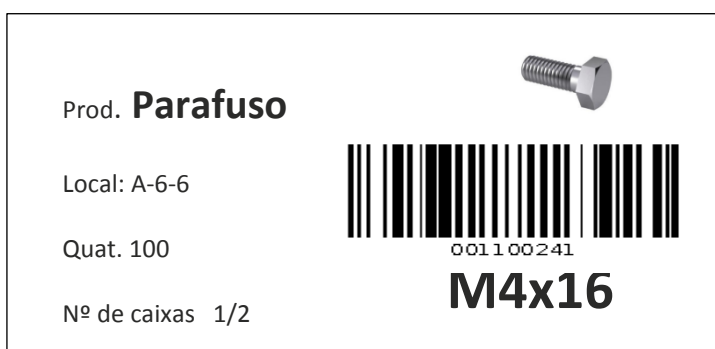
Fonte: (Coimbra, 2009)

Os contentores vão ter uma etiqueta na frente da caixa, com a seguinte informação: tipo de produto, quantidade da caixa, o número da caixa, tamanho do artigo, código de barras com o código de armazém e a localização da estante onde pertence o contentor.

A Figura 32 exemplifica a informação que foi definida para constar na etiqueta do *Kanban*.

Figura 32 - Exemplo de etiqueta *Kanban*

A etiqueta da Figura 33, mostra um exemplo prático de um produto utilizado na construção do inversor fotovoltaico.

Figura 33 - Exemplo de etiqueta de um artigo em *Kanban*

O restante material, tal como material elétrico, chapa, barras de cobre, uma vez que são comprados por projeto devido ao seu preço ser elevado, são negociados pela quantidade a comprar. Também algum deste material é específico de projeto para projeto, dependendo das especificações do cliente e potência do inversor. Devido a estes motivos, não é efetuado cálculo do número de *Kanban's*, sendo neste caso o número de *Kanban's* de duas unidades, sendo, por isso, este o número mínimo, para uma movimentação de caixas.

Nos anexos F, G, H, encontra-se descrito o material/peças usado na montagem, com o respetivo número de *kanban's*.

A Figura 34, mostra um exemplo do abastecimento de um carro com material elétrico, necessário para a montagem de um inversor. Este tem rodas para facilitar a movimentação do *mizusumashi*.

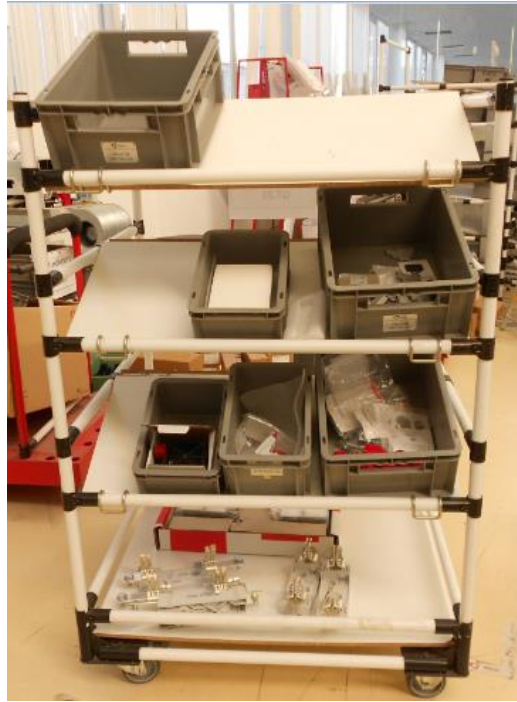


Figura 34 - Exemplo do trem logístico de *Mizusumashi*

3.4 Implementação da Linha

A proposta de implementação da linha de montagem dos inversores fotovoltaicos, consiste numa linha em U (devido ao espaço limitado para a construção da mesma), exceto o posto de pré-montagens que se situa na parte central, devido à inexistência de outro local na proximidade do posto 1.

A linha de montagem desloca-se no sentido das setas pretas, como indicado na Figura 3, com um *Cycle time* de 8:19 horas.

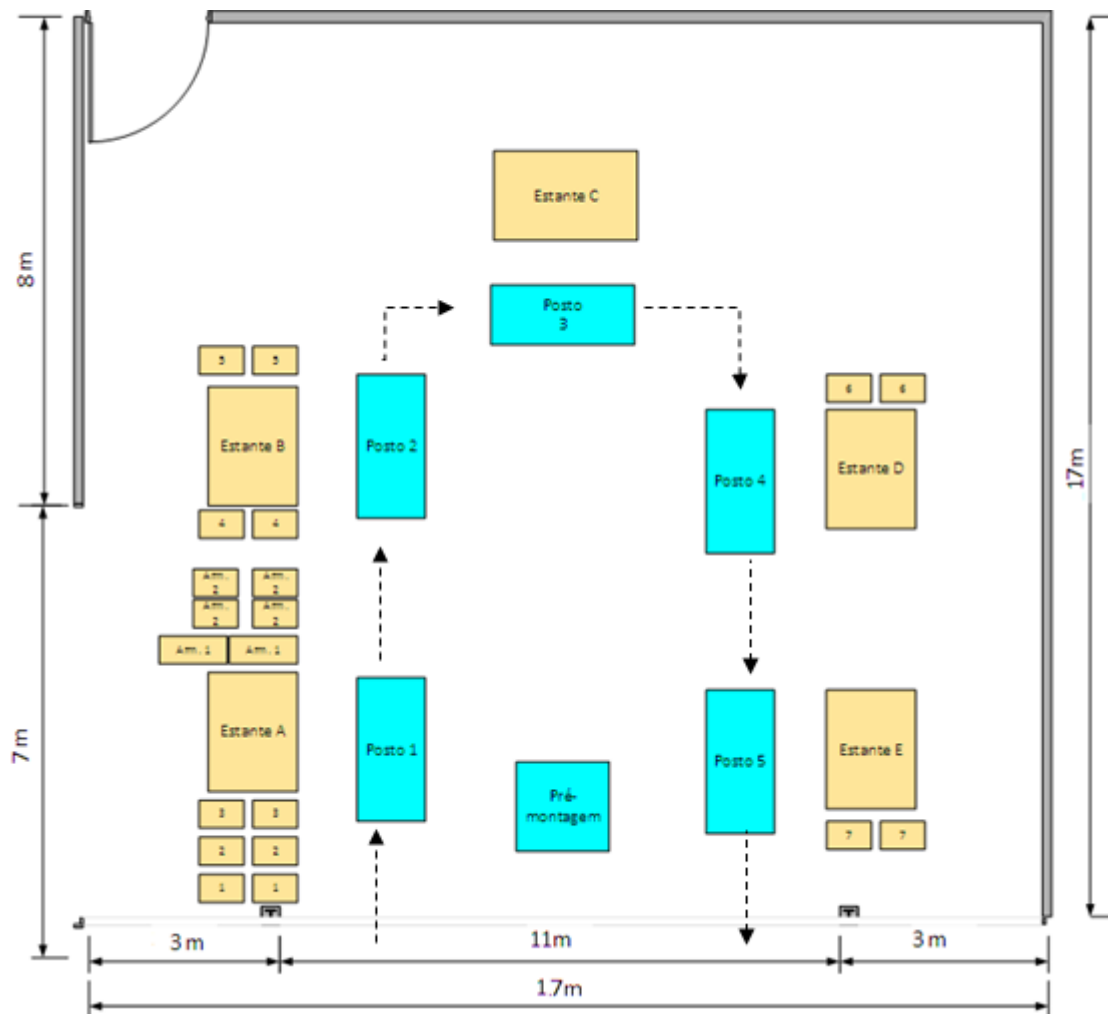


Figura 35 - Layout da linha de montagem

O material utilizado na construção do equipamento, situa-se ao lado dos postos de trabalho para encurtar o tempo desperdiçado na recolha. Os blocos com o nº 1, são carros com chapa para a pré-montagem, e o nº 2 com as peças utilizadas neste posto.

Os blocos com o nº 3, são carros com chapa para a montagem do armário, sendo Arm.1 e Arm.2 os armários utilizados no posto 1. Igualmente os blocos com os nº 4 e 5, abastecem a linha com cobre e com o restante material elétrico.

Enquanto os blocos com o nº 6, abastecem a linha com as *stack's* de potência no posto 4; no posto 5 os blocos com o nº 7 contêm os painéis laterais e os tetos do armário, para efetuar os acabamentos. A Figura 35, é um exemplo de um carro com painéis de acabamentos, de um equipamento.



Figura 35 Exemplo de um carro com painéis de acabamentos de um inversor fotovoltaico

O material contido nos blocos (carros), contem apenas o material necessário para a montagem de um equipamento, permitindo uma gestão visual de possíveis esquecimentos e incorporação de alguma peça em demasia.

As estantes contêm a parafusaria e outros acessórios utilizados, na construção do inversor, sendo estes dispostos, no caso da parafusaria da peça mais pequena para a maior, facilitando a recolha do material certo, para a execução da tarefa. A disposição das caixas nas estantes é mostrada na Tabela 12.

Tabela 12 - Exemplo da organização das estantes

Produto	Tamanho	Localização
Parafuso	M3 X 8	A-6-11
Parafuso	M3 X 16	A-6-10
Anilha Mola	M3	A-6-9
Anilha Plana	M3	A-6-8
Parafuso	M4 X 10	A-6-7
Parafuso	M4 X 16	A-6-6
Parafuso	M4 X 25	A-6-5
Anilha mola	M4	A-6-4
Anilha Plana	M4	A-6-3
Parafuso CHC	M5 X 16	A-6-2
Anilha mola	M5	A-6-1

A codificação da localização atribuída é: a primeira letra corresponde à estante; o segundo dígito à prateleira da estante, sendo o 1 a prateleira mais baixa; por fim os últimos dígitos correspondem à posição na prateleira.

No anexo I, está descrita a disposição do material em algumas estantes, como mostra a Figura 36.



Figura 36 - Exemplo de uma estante de um posto de trabalho.

O abastecimento irá ser efetuado através de um *mizusumashi*, que vai repor as peças, à medida que vai recolhendo os contentores vazios e carros vazios. O *mizusumashi* percorre a linha a tracejado laranja, como mostra a Figura 37.

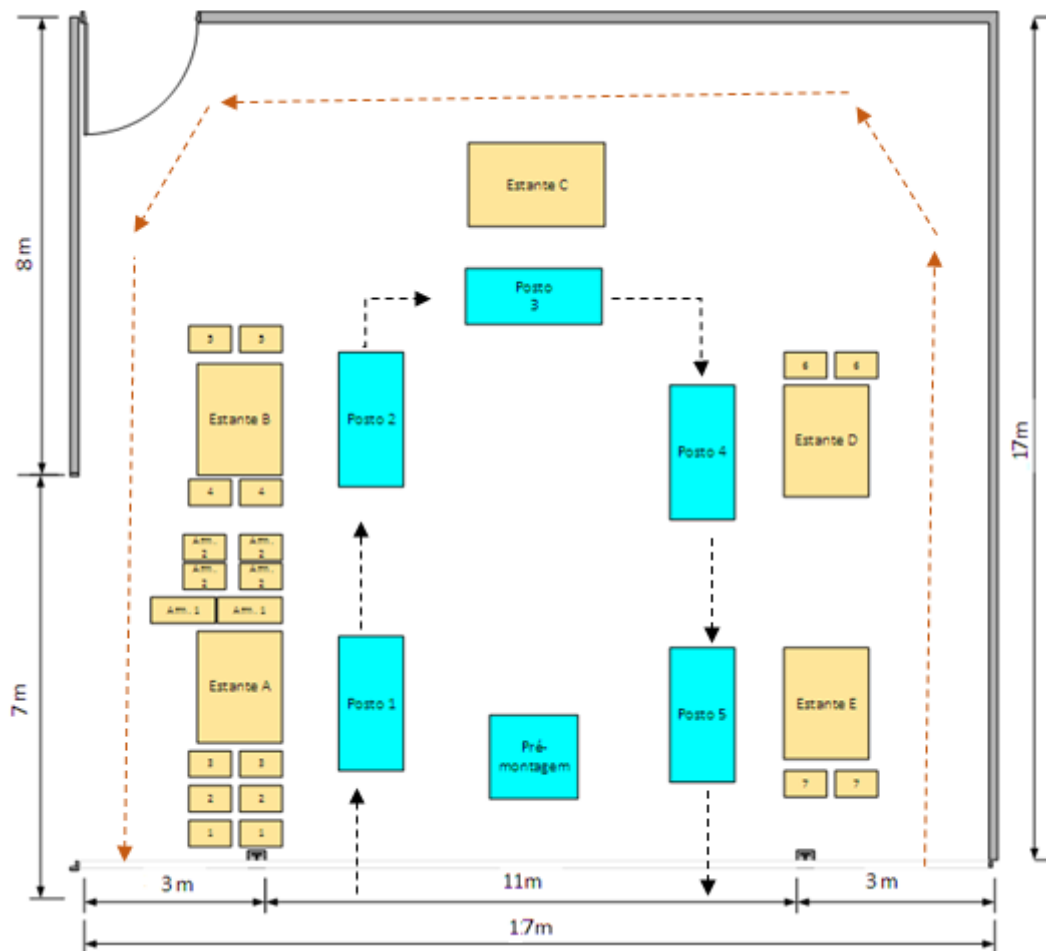


Figura 37 - Layout da linha de montagem, com percurso de abastecimento

O *mizusumashi* tem como função a reposição da matéria prima, percorrendo a linha com paragens nos diversos postos de fabrico, repondo as caixas nas estantes e recolhendo as caixas vazias, situadas no retorno, como se mostra na Figura 38 identificado a vermelho. Este retorno tem a inclinação contrária às restantes posições, para que as caixas se desloquem para a parte de trás da estante, facilitando a recolha por parte do operador do *mizusumashi*.

Este também transporta os carros com as chapas, painéis, material elétrico, ou seja, todo o material que é necessário para construção dos equipamentos.



Figura 38 - Exemplo de retorno de *Kanban* nas estantes

A Figura 39 é uma imagem ilustrativa de um *mizusumashi*, transportando os carros para abastecer a linha de montagem.



Figura 39 - Exemplo ilustrativo de um *mizusumashi*, (newsmidnight, 2017)

O *mizusumashi* é utilizado para o abastecimento entre o armazém logístico, de matérias primas, e a linha de montagem. O *milk rum*, ao ter a mesma função, pode ser confundido com o *mizusumashi*, no entanto, o *milk rum* faz o abastecimento no exterior, ou seja, entre unidades fabris, e o *mizusumashi* faz o abastecimento dentro da mesma unidade fabril.

A linha de montagem foi devidamente dimensionada, por forma a que exista espaço para movimentações, nomeadamente por parte dos operários. O espaço é de 0,8 m entre as estantes e o equipamento que está a ser assembled. Também existe um corredor com cerca de 1,8 m para a passagem do *mizusumashi*, para que este possa passar no bordo de linha e o operário logístico, tenha espaço para movimentar, tanto os carros como as caixas de *Kanban*. A Figura 40 mostra o *layout* com as cotas das distâncias entre estantes e zonas de trabalho, bem como as dimensões do corredor para a passagem do *mizusumashi*.

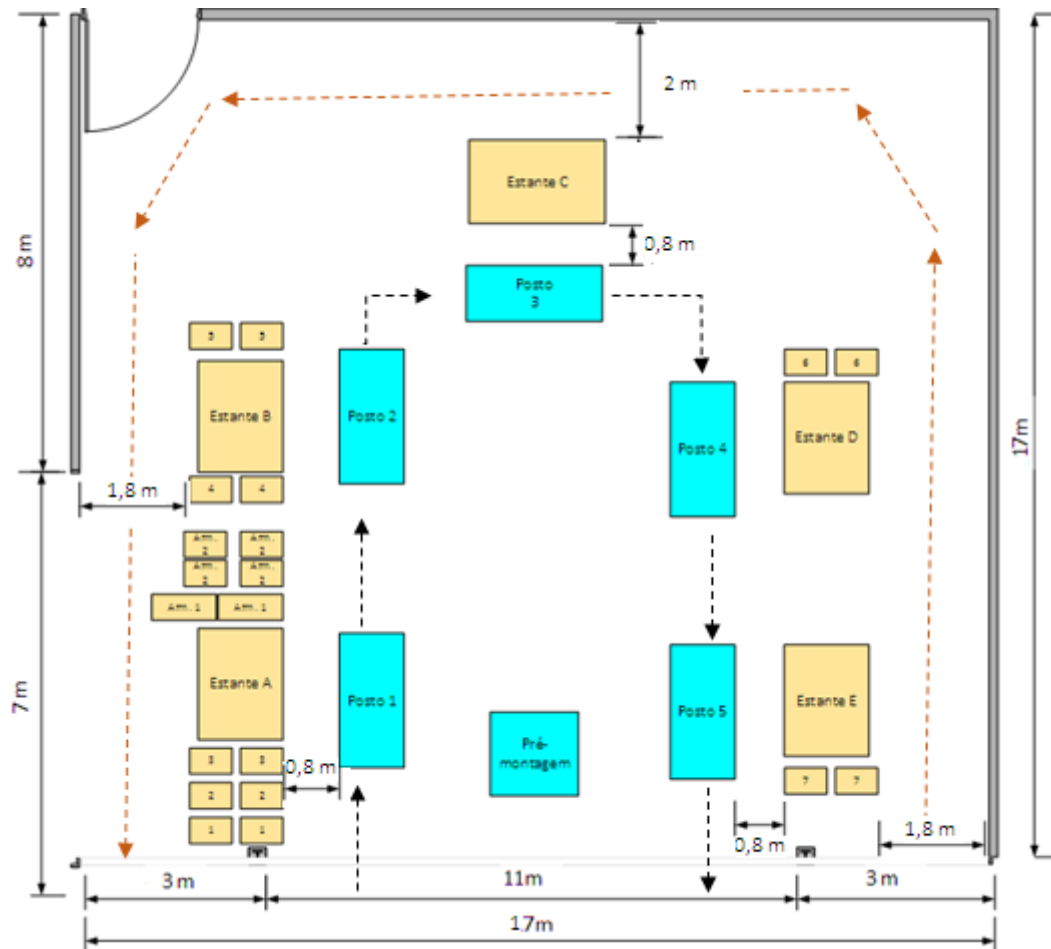


Figura 40 - Layout fabril com cotas dos corredores

3.5 Resultados

Devido à linha ainda estar em fase de construção não é possível resultados finais. Entretanto, em função dos estudos na fase de projeto, antevem-se melhorias no desperdício de tempo na deslocação do operador e na recolha das peças/materiais para construção do equipamento.

A disposição dos materiais nas estantes facilita uma gestão visual rápida dos materiais, que no caso dos parafusos passa por estarem dispostos por tamanhos, dos mais pequenos para os maiores, com a mesma sequência para todos os tamanhos, sendo esta: parafusos, anilhas planas, anilhas mola e porcas.

Com a criação da documentação de suporte é espectável uma melhoria significativa na qualidade de construção dos inversores, evitando erros de montagem, bem como, esquecimentos de incorporação de peças/matérias.

O estudo efetuado aponta para um balanceamento da linha de montagem próximo do pretendido, ficando com um *cycle time* de 8 horas e 19 minutos, ligeiramente acima do

tempo requerido (19 minutos superior). Este tempo será reduzido com o efeito de aprendizagem dos operadores.

No desenho de *layout* final, analisado o constrangimento do espaço, verifica-se que é possível implantar todos os postos de trabalho com os diversos carros e estantes de abastecimento, possibilitando a passagem do *mizusumashi*, para a reposição das matérias primas, bem como a movimentação dos equipamentos entre os postos de trabalho.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES

Neste capítulo de conclusões, são apresentados os comentários finais resultantes da realização deste projeto, e do trabalho que apoiou o desenvolvimento do mesmo. São também, são referidas considerações que se poderão ter em conta em trabalhos futuros.

4.1 CONCLUSÕES

Na conjuntura atual, as empresas sentem a necessidade de procurar estratégias e iniciativas que lhes permitem garantir qualidade e eficiência nas suas atividades. No ramo de atividade industrial de fabrico de eletrónica de potência, mais concretamente na construção de inversores fotovoltaicos, já que a procura tem crescido e a concorrência é cada vez mais feroz, esta necessidade ainda é mais premente. Neste contexto, a metodologia *Lean* têm sido adotada pelas empresas por forma a melhorar o seu desempenho.

Com estas premissas, considerou-se a necessidade de construção de uma linha de montagem de inversores fotovoltaicos, definindo como objetivo a criação de documentação de suporte, para o auxílio das tarefas, bem como o balanceamento da linha, conciliando toda a logística de suporte ao abastecimento das matérias primas e componentes.

Assim, foram definidos objetivos para o projeto da linha, dando ênfase aos seguintes objetivos: a utilização de um pequeno espaço disponibilizado, com apenas 255 m²; o *takt time* próximo de oito horas; o balanceamento da linha; o dimensionamento de *Kanban's*, para o abastecimento da matéria prima; e a criação de instruções de trabalho, das tarefas inerentes a cada atividade. Desta forma, determinou-se que para atingir os objetivos se deveriam centrar esforços na fase de pesquisa na metodologia *Lean*, mais concretamente, no balanceamento de linhas de fabrico; no trabalho standardizado; e no controlo da produção pelo sistema *Kanban*.

Na fase de projeto, foi necessário partir da identificação de todas as tarefas necessárias à construção do equipamento, bem como pela criação de documentação de suporte, ou seja, instruções de trabalho, utilizando o princípio dos *storyboards*, contendo imagens a cores para uma fácil interpretação pelos operários que laboram na manufatura dos inversores. Esta metodologia prevê-se que seja eficaz, para aumentar a produtividade e garantir uma qualidade elevada.

A implantação e o balanceamento da linha de montagem, juntamente com a criação dos postos necessários à construção do equipamento, apresentou-se como um “calcanhar de Aquiles”, devido ao espaço limitado que foi disponibilizado. Assim, em vez de aumentar o número de postos, foi necessário criar uma solução de compromisso que

passou pela colocação de dois operários nos postos de trabalho 3, 4 e 5, para colmatar o tempo excessivo das tarefas associados aos referidos postos, tendo em vista o equilíbrio de cargas e o *Takt Time* não ultrapassar as oito horas.

O desenho e dimensionamento do sistema *Kanban*, na maioria dos casos foi de fácil implementação, como no caso da parafusaria, sendo neste caso os contentores de pequenas dimensões, e de fácil transporte no abastecimento efetuado pelo *mizusumashi*. Tal não foi o caso das peças de grandes dimensões, devido ao contratado pelo cliente. Neste caso optou-se por *Kanban's* unitários. Esta opção revelou-se uma melhoria, no que toca ao controlo visual, que foi também utilizado nas peças elétricas, garantindo que são instaladas as peças corretas.

Na altura da escrita deste documento, a implementação da linha ainda se encontrava em fase de construção, o que não permitiu a recolha de resultados, pois esta ainda não se encontrava devidamente funcional. Contudo, é convicção do autor deste trabalho que com este projeto chegou-se a uma proposta de implantação e desenho da linha de montagem de inversores para instalações fotovoltaicas passível de implementação, que apesar dos constrangimentos do espaço disponível, garante os níveis de fluxo produtivo e qualidade definidos inicialmente no projeto.

4.2 TRABALHOS FUTUROS

Partindo do trabalho realizado, é convicção do autor, que deveria ser considerado, após o início de funcionamento da linha de montagem um estudo de tempos por cronometragem, com vista a uma possível correção do balanceamento da linha, para que esta garanta o valor do *takt time* inicialmente definido.

Também é imprescindível uma constante atualização das instruções de trabalho, por forma que a estas refletirem possíveis alterações de peças ou alterações de projeto do inversor, ou instruções suscetíveis de dúvidas (por não serem perceptíveis pelos operadores ou que sejam de complexa interpretação).

Simultaneamente, com o avançar do processo produtivo, o dimensionamento do sistema *Kanban's*, devem ser atualizados sempre que exista alteração no material utilizado na construção do inversor bem como nas quantidades utilizadas. Também, é imprescindível que com alguma periodicidade se realize um inventário físico aos *Kanban's*, para garantir que não existem perdas de caixas ou cartões, repondo essas perdas, ou até mesmo impondo alterações nos prazos de entregas dos fornecedores, de modo a evitar ruturas de *stocks*.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Almeida, J. T. G. (2017). *Implementação de Metodologias Lean na Redefinição de um Supermercado de Produção*. Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Alves, V. (2012). Kit Autoconsumo 250 W. Retrieved 11-02-2018, from <https://www.custojusto.pt/leiria/outras-vendas/kit-autoconsumo-250w-24075170>
- Araújo, M. (2012). Produção Lean-Guia do Empresário por Centro Tecnológico do Calçado de Portugal (Vol. N8, pp. 48): ORGAL Impressores.
- Avikal, S., Jain, R., Mishra, P., & Yadav, H. (2013). A heuristic approach for U-shaped assembly line balancing to improve labor productivity. *Computers & Industrial Engineering*, 64(4), 895-901.
- Battaia, O., & Dolgui, A. (2013). A taxonomy of line balancing problems and their solution approaches. *International Journal of Production Economics*, 142(2), 259-277.
- Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2007). A classification of assembly line balancing problems. *European journal of operational research*, 183(2), 674-693.
- Caldeira, R. I. M. (2014). *Aplicação da filosofia Lean para melhoria do processo numa linha de produção da empresa IKEA*. (Mestrado), Instituto Superior de Engenharia do Porto. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10400.22/6405>
- Calderone, L. (2017). *Manufacturing Tomorrow*.
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains* (K. Institute Ed.): Kaizen Institute; 1st edition edition (April 1, 2009).
- Costa, P., Alves, A. C., & Sousa, R. M. (2011). *Implementação da metodologia Quick ChangeOver numa linha de montagem final de auto-rádios: para além da técnica SMED*. Paper presented at the Proceedings do 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2008).
- Dennis, P. (2016). *Lean Production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system* (C. press Ed.): Productivity Press.
- Dias, S. M. (2011). *Implementação da metodologia Lean Seis-Sigma-O caso do serviço de oftalmologia dos hospitais da Universidade de Coimbra*. (Mestrado), Universidade de Coimbra.

- Energia, P. (2008). A maior central solar do mundo no Alentejo. Retrieved 2018-02-07, from <https://www.portal-energia.com/a-maior-central-solar-do-mundo-no-alentejo/>
- Ferreira, D. M. G. (2015). *Standardização no IKEA Industry de Paço de Ferreira*. (Dissertação de Mestrado), Instituto Superior de Engenharia do Porto. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10400.22/8128>
- Fonseca, A. F. V. (2014). *Balanceamento de linhas de montagem e aplicação de ferramentas Lean no contexto da Polisport*. Universidade de Aveiro. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/15652>
- Gomes, A. L. F. (2014). *Ações de melhoria Lean numa célula de produção*. Universidade de Aveiro.
- Huld, T. P., Irene. (2012a). Global irradiation and electricity potential - Portugal. from http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html
- Huld, T. P., Irene. (2012b). Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries. from http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index_c.html
- Jain, S., & Agarwal, V. (2007). A single-stage grid connected inverter topology for solar PV systems with maximum power point tracking. *IEEE transactions on power electronics*, 22(5), 1928-1940.
- Maia, L. C. A., Anabela Carvalho; Leão, Celina Pinto. (2011). *Metodologias para implementar Lean Production: Uma revisão crítica de literatura*. Paper presented at the 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2011)" A Engenharia no combate à pobreza, pelo desenvolvimento e competitividade".
- Mercokey. (2016). A evolução das linhas de montagem de automóveis.
- Ministerio da Economia e do Emprego. (2015). Renováveis na hora. Retrieved 15-01-2018, from <http://www.renovaveisnahora.pt/web/srm;jsessionid=904929FC986327298B0A2752B98522BE>
- Ministério do Ambiente, O. d. T. e. E. (2014). *Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de outubro*. Diário da República: Retrieved from https://www.portal-energia.com/downloads/Decreto-Lei_n_%20153_2014.pdf.
- Ministério do Ambiente, O. d. T. e. E. (2015a). *Portaria n.º 14/2015 de 23 de janeiro*. Diário da República: Retrieved from www.portal-energia.com/downloads/2015.01.23_Portaria_14-2015_PT.pdf.
- Ministério do Ambiente, O. d. T. e. E. (2015b). *Portaria n.º 15/2015 de 23 de janeiro*. Diário da República: Retrieved from https://www.portal-energia.com/downloads/2015.01.23_Portaria_15-2015_PT.pdf.

- Moutinho, E. C. (2012). *Desenvolvimento de um jogo de simulação do sistema de produção Lean ferramentas: balanceamento da linha, VSM e SMED*. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10400.22/4457>
- newsmidnight. (2017). Automated tigger train with Still LiftRunner®. 2018, from <http://newsmidnight.online/video/4zNIqNWCGh8-Automated-tigger-train-with-Still-LiftRunner>
- Pereira, T. A. R. M. (2014). *Implementação de técnicas e princípios Lean numa empresa de mobiliário*. (Mestrado), Universidade do Minho. Retrieved from <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/31228/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Tiago%20Marques%20Pereira%202014.pdf>
- Rodrigues, C. (2008). *Centrais solares fotovoltaicas ligadas à rede eléctrica*. (Provas de Acesso à categoria de Investigador Auxiliar Secção de Energia), Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P.
- Santos, F. F. d. (2011). Utilização de Energia Fotovoltaica para a eficiência energética de uma moradia.
- Sejzer, R. (2017). Cómo funciona kanban? Por Raúl Sejzer. 2018, from <https://qualityway.wordpress.com/2017/10/16/como-funciona-kanban-por-raul-sejzer/>
- Siemens. (2018). Siemens lança novos inversores solares ainda mais eficientes. from [https://w5.siemens.com/portugal/web_nwa/pt/PortalInternet/negocios/Industry/IA_DT/Noticias_Eventos/noticias/Pages/Siemens lanca novos inversores s olares ainda mais eficientes.aspx](https://w5.siemens.com/portugal/web_nwa/pt/PortalInternet/negocios/Industry/IA_DT/Noticias_Eventos/noticias/Pages/Siemens%20lanca%20novos%20inversores%20solares%20ainda%20mais%20eficientes.aspx)
- SMA. (2018). Test: SMA Sunbelt Energy GmbH | SMA Solar. from <https://www.sma.de/test-sma-sunbelt-energy-gmbh.html>
- Solar, P. (2018). MICRO INVERSOR SOLAR GRID TIE. 01-06-2018, from <https://www.portalsolar.com.br/micro-inversor-solar-grid-tie.html>
- Sousa, A. R. M. d. (2014). *Autoconsumo fotovoltaico, um elemento de eficiência energética. Caso de estudo: ISEP*. Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Tapping, D. (2007). *The Lean Pocket Guide: Tools for the Elimination of Waste!* : MCS Media, Inc.
- Têxteis J. F. Almeida, S. A. (2018). Instalação de um parque de painéis solares para autoconsumo. Retrieved 13-02-2018, from <http://www.jfa.pt/pt/noticias/texteis-j-f-almeida-s-a-concluiu-a-instalacao-de-um-parque-de-paineis-solares-para-autoconsumo/>

- Vilarinho, P. M., & Simaria, A. S. (2002). A two-stage heuristic method for balancing mixed-model assembly lines with parallel workstations. *International Journal of Production Research*, 40(6), 1405-1420.
- Vítor M. (2016). Mercedes substitui robôs por pessoas na sua linha de montagem. from <https://pplware.sapo.pt/informacao/mercedes-substitui-robos-por-pessoas-na-sua-linha-de-montagem/>
- Vlckova, V. (2012). *KAIZEN AS THE TOOL FOR SUPPLY CHAIN FLEXIBILITY RAISING*. Paper presented at the Carpathian Logistics Congress, Jeseník, Czech Republic.

ANEXOS

TABELAS

ANEXO A - TABELA DE TAREFAS

ANEXO B - TABELA DE TAREFAS COM TEMPOS DE EXECUÇÃO
DO TRABALHO

ANEXO C - DIVISÃO DAS TAREFAS DOS POSTOS DE TRABALHO
PARA DOIS OPERÁRIOS

ANEXO D - LISTA DE PARAFUSARIA NECESSÁRIA

ANEXO E - LISTA DE PARAFUSARIA NECESSÁRIA COM AS
NECESSIDADES SEMANAIS E CALCULO DOS *KANBAN'S*

ANEXO F - LISTA DE MATERIAL ELÉTRICO COM O NUMERO DE
KANBAN'S

ANEXO G - LISTA DAS BARRAS DE COBRE COM O NUMERO DE
KANBAN'S

ANEXO H - LISTA DAS PEÇAS METÁLICAS COM O NUMERO DE
KANBAN'S

ANEXO I - DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NAS ESTANTES
INSTRUÇÕES DE OPERAÇÕES

ANEXO J - INSTRUÇÕES DE TRABALHO

ANEXOS

No capítulo dos anexos, apresenta todos os dados utilizados nas diversas etapas, auxiliando na elaboração do desenvolvimento da presente dissertação.

Os anexos utilizados estão devidamente referenciados no texto.

TABELAS

Neste subcapítulo, são apresentadas tabelas de diferentes assuntos.

ANEXO A - Tabela de tarefas

Tabela 13 - Tarefas necessárias a construção do inversor

Preparação de armários
Pré- montagem da chaminé <i>stack</i>
Pré- montagem da platine filtro DC
Pré-montagem do filtro AC
Pré-montagem da platine AC
Pré-montagem da platine interruptor DC
Pré-montagem da platine Fusíveis +/-
Pré-montagem da platine Contactor
Pré-montagem da platine condensadores
Pré-montagem dos ventiladores indutância
Pré-montagem dos lemes
Pré-montagem dos ventiladores da <i>stack</i>
Pré-montagem da platine do interruptor DC
Colocação dos restantes componentes no armário
Fazer Junção dos armários
Colocação de platines do armário DC
Colocação de platines do armário central
Colocação de platines do armário AC
Colocação de suportes de cabos
Colocação da barra de terra
Colocação de platines dos Fusíveis + / -
Colocação da platine/filtro DC
Colocação de calhas plásticas / metálicas no armário DC
Colocação de calhas plásticas / metálicas no armário central

Colocação de calhas plásticas / metálicas no armário AC

Aspiração do armário

Colocação de trilhos da indutância

Colocação de ventiladores da indutância

Colocação da indutância

Colocação da chaminé da *stack*

Colocação da platine do interruptor DC

Colocação da platine/filtro AC

Colocação da platine disjuntor

Colocação da platine Contactor

Colocação de isoladores

Barramento terra armário AC

Barras inferiores do disjuntor AC

Barras entre contactor e disjuntor AC

Barra superiores do contactor AC

Barras de ligação do filtro AC ao contactor AC

Barras do filtro AC

Barra de terra do armário central

Barras superiores das *stack*

Barramento inferior das *stack*

Barras flexíveis entre *stack* e bobine

Barras flexíveis entre bobine e filtro AC

Barra de terra do armário DC

Barra de terra vertical do armário DC

Barramento de entrada dos fusíveis DC

Barramento do filtro DC ao interruptor DC

Colocação dos chantes do interruptor DC

Colocação da prateleira filtro AC

Colocação da platine dos condensadores

Colocação de pequenos componentes

Colocar rebites Duplos

Colocar porta AC + componentes

Aspiração do armário

Corte de calhas ómega e plásticas

Colocação de etiquetas no armário AC

Colocação de etiquetas no armário DC

Colocação de etiquetas no armário central

Colocação de marcadores de bornes

Colocação de etiquetas de terra

Eletrificação de cabos 50 / 35

Eletrificação de fios 16 mm do armário AC
Eletrificação de fios 2,5 mm no armário AC
Eletrificação de fios 1,5 mm no armário AC
Eletrificação de fios 0,75 mm no armário AC
Eletrificação de cabos multifilar no armário AC
Colocação de terras no armário
Ligação dos <i>flat cables</i>
Aspiração do armário
Passagem e ligação multifilares nos lemes
Eletrificação da pré-carga
Ligação <i>circutor</i>
Eletrificação do <i>graundingkit</i> e descarregador
Restantes ligações do armário DC
Colocação porta do armário DC
Colocação de componente na porta e respetivas ligações
Colocação de <i>stacks</i>
Eletrificação das <i>stacks</i>
Ligações restantes da bobine
Colocação de etiquetas no material colocado
Aspiração do armário
Verificação de etiquetas
Colocação de borracha de proteção de cantos
Colocação de teto e respetivas ligações de terra
Colocação de suportes de elevação do armário
Colocação de esponja na prateleira do filtro AC (frente e traseira)
Aspiração do armário
Colocação de painéis traseiros e respetivas ligação terra
Colocação de painéis laterais e respetivas ligação terra
Colocação de portas do armário central e respetivas ligação terra
Colocação de obturadores ar nas portas do armário central
Colocação dos suportes de policarbonatos
Colocação de policarbonatos no armário DC
Colocação de policarbonatos no armário central
Colocação de policarbonatos no armário AC
Colocação de vinis
Fecho do armário e colocação de chave na porta
Fazer os <i>flat cable</i>

ANEXO B - Tabela de tarefas com tempos de execução do trabalho

Tabela 14 - Tarefas com tempos de execução em minutos, e divisão por posto de trabalho

Pré- montagens	Preparação de armários	32
	Pré- montagem da chaminé <i>stack</i>	65
	Pré- montagem da platine filtro DC	12
	Pré-montagem do filtro AC	25
	Pré-montagem da platine AC	27
	Pré-montagem da platine interruptor DC	18
	Pré-montagem da platine Fusíveis +/-	38
	Pré-montagem da platine Contactor	16
	Pré-montagem da platine condensadores	52
	Pré-montagem dos ventiladores indutância	32
	Pré-montagem dos lemes	39
	Pré-montagem dos ventiladores da <i>stack</i>	70
	Pré-montagem da platine do interruptor DC	30
	Colocação dos restantes componentes no armário	43
Posto 1	Fazer Junção dos armários	27
	Colocação de platines do armário DC	33
	Colocação de platines do armário central	38
	Colocação de platines do armário AC	29
	Colocação de suportes de cabos	8
	Colocação da barra de terra	18
	Colocação de platines dos Fusíveis + / -	25
	Colocação da platine/filtro DC	14
	Colocação de calhas plásticas / metálicas no armário DC	36
	Colocação de calhas plásticas / metálicas no armário central	17
	Colocação de calhas plásticas / metálicas no armário AC	78
	Aspiração do armário	6
	Colocação de trilhos da indutância	19
	Colocação de ventiladores da indutância	18
	Colocação da indutância	38
	Colocação da chaminé da <i>stack</i>	39
	Colocação da platine do interruptor DC	25
Colocação da platine/filtro AC	10	
Colocação da platine disjuntor	7	
Colocação da platine Contactor	12	
Posto 2	Colocação de isoladores	40

	Barramento terra armário AC	20
	Barras inferiores do disjuntor AC	10
	Barras entre contactor e disjuntor AC	15
	Barra superiores do contactor AC	22
	Barras de ligação do filtro AC ao contactor AC	36
	Barras do filtro AC	26
	Barra de terra do armário central	18
	Barras superiores das <i>stack</i>	62
	Barramento inferior das <i>stack</i>	26
	Barras flexíveis entre <i>stack</i> e bobine	58
	Barras flexíveis entre bobine e filtro AC	64
Posto 2	Barra de terra do armário DC	12
	Barra de terra vertical do armário DC	18
	Barramento de entrada dos fusíveis DC	135
	Barramento do filtro DC ao interruptor DC	58
	Colocação dos chantes do interruptor DC	39
	Colocação da prateleira filtro AC	19
	Colocação da platine dos condensadores	47
	Colocação de pequenos componentes	140
	Colocar rebites Duplos	6
	Colocar porta AC + componentes	32
	Aspiração do armário	6
	Corte de calhas ómega e plásticas	48
	Colocação de etiquetas no armário AC	37
	Colocação de etiquetas no armário DC	28
	Colocação de etiquetas no armário central	10
	Colocação de marcadores de bornes	13
	Colocação de etiquetas de terra	3
	Eletrificação de cabos 50 / 35	30
Posto 3	Eletrificação de fios 16 mm do armário AC	35
	Eletrificação de fios 2,5 mm no armário AC	40
	Eletrificação de fios 1,5 mm no armário AC	200
	Eletrificação de fios 0,75 mm no armário AC	250
	Eletrificação de cabos multifilar no armário AC	235
	Colocação de terras no armário	37
	Ligação dos <i>flat cables</i>	30
	Aspiração do armário	230
Posto 4	Passagem e ligação multifilares nos lemes	83
	Eletrificação da pré-carga	110
	Ligação <i>circutor</i>	82

	Eletrificação do <i>graundingkit</i> e descarregador	81
	Restantes ligações do armário DC	17
	Colocação porta do armário DC	41
Posto 4	Colocação de componente na porta e respetivas ligações	120
	Colocação de <i>stacks</i>	120
	Eletrificação das <i>stacks</i>	36
	Ligações restantes da bobine	18
	Colocação de etiquetas no material colocado	10
	Aspiração do armário	15
	Verificação de etiquetas	18
	Colocação de borracha de proteção de cantos	45
	Colocação de teto e respetivas ligações de terra	27
	Colocação de suportes de elevação do armário	18
	Colocação de esponja na prateleira do filtro AC (frente e traseira)	12
	Aspiração do armário	36
	Colocação de painéis traseiros e respetivas ligação terra	18
Posto 5	Colocação de painéis laterais e respetivas ligação terra	14
	Colocação de portas do armário central e respetivas ligação terra	15
	Colocação de obturadores ar nas portas do armário central	16
	Colocação dos suportes de policarbonatos	39
	Colocação de policarbonatos no armário DC	40
	Colocação de policarbonatos no armário central	16
	Colocação de policarbonatos no armário AC	66
	Colocação de vinis	13
	Fecho do armário e colocação de chave na porta	60

ANEXO C - Divisão das tarefas dos postos de trabalho para dois operários

Tabela 15 - Divisão do posto 2 para dois operários

	Tarefa	OP.1	OP.2
Posto 2	Colocação de isoladores	40	
	Barramento terra armário AC	20	
	Barras inferiores do disjuntor AC	10	
	Barras entre contactor e disjuntor AC	15	
	Barra superiores do contactor AC	22	
	Barras de ligação do filtro AC ao contactor AC	36	
	Barras do filtro AC	26	
	Barra de terra do armário central	18	
	Barras superiores das <i>stack</i>		62
	Barramento inferior das <i>stack</i>	26	
	Barras flexíveis entre <i>stack</i> e bobine	58	
	Barras flexíveis entre bobine e filtro AC	64	
	Barra de terra do armário DC		12
	Barra de terra vertical do armário DC		18
	Barramento de entrada dos fusíveis DC		135
	Barramento do filtro DC ao interruptor DC		58
	Colocação dos chantes do interruptor DC		39
	Colocação da prateleira filtro AC	19	
	Colocação da platine dos condensadores	47	
	Colocação de pequenos componentes		140
	Colocar rebites Duplos		6
	Colocar porta AC + componentes	32	
	Aspiração do armário		6
Corte de calhas ómega e plásticas	48		
	Total (minutos)	481	476

Tabela 16 - Divisão do posto 3 para dois operários

	Tarefa	OP.1	OP.2
Posto 3	Colocação de etiquetas no armário AC		37
	Colocação de etiquetas no armário DC		28
	Colocação de etiquetas no armário central		13
	Colocação de marcadores de bornes		13
	Colocação de etiquetas de terra		3
	Eletrificação de cabos 50 / 35		30
	Eletrificação de fios 16 mm do armário AC		35
	Eletrificação de fios 2,5 mm no armário AC	40	
	Eletrificação de fios 1,5 mm no armário AC	200	
	Eletrificação de fios 0,75 mm no armário AC		250
	Eletrificação de cabos multifilar no armário AC	235	
	Colocação de terras no armário		37
	Ligação dos <i>flat cables</i>		30
	Total (minutos)	475	476

Tabela 17 - Divisão do posto 4 para dois operários

	Tarefa	OP.1	OP.2
Posto 4	Aspiração do armário	230	
	Passagem e ligação multifilares nos lemes		83
	Eletrificação da pré-carga		110
	Ligação <i>circutor</i>		82
	Eletrificação do <i>graundingkit</i> e descarregador		81
	Restantes ligações do armário DC	17	
	Colocação porta do armário DC	41	
	Colocação de componente na porta e respetivas ligações	60	60
	Colocação de <i>stacks</i>	60	60
	Eletrificação das <i>stacks</i>	36	
	Ligações restantes da bobine	18	
	Colocação de etiquetas no material colocado	10	
	Total (minutos)	472	476

ANEXO D - Lista de parafusaria necessária

Tabela 18 - Lista de parafusaria do posto 1

Quantidade	Tipo de Parafuso	Medida	Tipo de Anilha
6	Aço Philips	M4 X 10	
12	Aço Philips	M4 X 16	
6	Aço CHC	M4 X 16	
18	Aço	M4	Plana
18	Aço	M4	Mola
2	Aço CHC	M5 X 16	
2	Aço	M5	Plana
2	Aço	M5	Mola
150	Aço Torx	M5,5 X 13	
18	Aço HEX	M6 X 20	
4	Aço CHC	M6 X 20	
20	Aço	M6	Plana
20	Aço	M6	Mola
2	Aço HEX	M8 X 16	
8	Aço CHC	M8 X 16	
92	Aço CHC	M8 X 20	
5	Aço HEX	M8 X 25	
24	Aço CHC	M8 X 30	
8	Aço HEX	M8 X 35	
72	Aço	M8	Plana
72	Aço	M8	Mola
3	Aço	M8	Plana NF
19	Aço	M8	CS
8	Aço	M8	Fêmea
4	Aço HEX	M10 X 16	
8	Aço HEX	M10 X 25	
16	Aço CHC	M10 X 25	
6	Aço HEX	M10 X 30	
6	Aço CHC	M10 X 30	
12	Aço HEX	M12 X 40	
34	Aço	M10	Plana
28	ZN DIN 128	M10	Mola
7	Aço	M10	CS
12	Aço	M10	Fêmea

Tabela 19 - lista de parafusaria do posto 2

Quantidade	Tipo de Parafuso	Medida	Tipo de Anilha
2	Aço Philips	M3 X 8	
12	Aço Philips	M4 X 50	
12	Aço	M4	Plana aba larga
12	Aço	M4	Mola
2	Aço CHC	M5 X 16	
6	Aço CHC	M5 X 20	
10	Aço	M5	Plana
6	Aço	M5	Plana aba larga
16	Aço	M5	Mola
8	Aço	M5	Fêmea tensilock
2	Aço Torx	M5,5 X 13	
2	Aço HEX	M6 X 16	
8	Aço CHC	M6 X 16	
10	Aço	M6	Plana
10	Aço	M6	Mola
1	Aço HEX	M8 X 16	
10	Aço HEX	M8 X 20	
3	Aço CHC	M8 X 25	
4	Aço	M8	Plana
8	Aço	M8	Plana aba larga
1	Aço	M8	Plana NF
4	Aço	M8	CS
12	Aço	M8	Mola
8	Aço	M8	Mola encaixe
2	Aço	M8	Fêmea
9	Aço HEX	M10 X 16	
14	Aço HEX	M10 X 25	
6	Aço CHC	M10 X30	
9	Aço HEX	M10 X 35	
12	Aço HEX	M10 X 40	
3	Aço	M10 X 50	Pernos
26	Aço	M10	Plana
26	Aço	M10	CS
42	ZN DIN 128	M10	Mola
18	Aço	M10	Fêmea
25	Aço HEX	M12 X 40	
8	Aço HEX	M12 X 45	

2	Aço HEX	M12 X 50	
4	Aço HEX	M12 X 60	
78	Aço	M12	CS
31	Aço	M12	Fêmea

Tabela 20 - lista de parafusaria do posto 3

Quantidade	Tipo de Parafuso	Medida	Tipo de Anilha
5	Aço Philips	M4 X 10	
5	Aço	M4	Plana
5	Aço	M4	Mola
8	Aço Philips	M5 X 16	
8	Aço Torx	M5,5 X 13	
8	Aço	M5	Plana
8	Aço	M5	Mola
3	Aço CHC	M8 X 16	
12	Aço HEX	M8 X 20	
25	Aço CHC	M8 X 25	
3	Aço	M8	Plana NF
37	Aço	M8	Plana
25	Aço	M8	CS
37	Aço	M8	Mola
21	Aço	M8	Fêmea
1	Aço HEX	M10 X 25	
2	Aço	M10	Plana Aba larga
1	Aço	M10	CS
1	Aço	M10	Fêmea
18	Aço HEX	M12 X 40	
12	Aço HEX	M12 X 45	
60	Aço	M12	CS
30	Aço	M12	Fêmea
6	AL / CU	M12	Bimetálica

ANEXO E - Lista de parafusaria necessária com as necessidades semanais e calculo dos *Kanban's*

Tabela 21 - Calculo dos *Kanban's* para o posto 1, com coeficiente de segurança 3

Quant.	Tipo de Parafuso	Medida	Tipo de Anilha	Tamanho do lote	Capacidade do contentor	Nº de <i>Kanban's</i>
6	Aço Philips	M4 X 10		100	200	2
12	Aço Philips	M4 X 16		100	200	2
6	Aço CHC	M4 X 16		100	200	2
18	Aço	M4	Plana	100	200	2
18	Aço	M4	Mola	100	200	2
2	Aço CHC	M5 X 16		100	200	2
2	Aço	M5	Plana	100	200	2
2	Aço	M5	Mola	100	200	2
150	Aço Torx	M5,5 X 13		800	500	3
18	Aço HEX	M6 X 20		100	200	2
4	Aço CHC	M6 X 20		100	200	2
20	Aço	M6	Plana	100	200	2
20	Aço	M6	Mola	100	200	2
2	Aço HEX	M8 X 16		100	200	2
8	Aço CHC	M8 X 16		100	200	2
92	Aço CHC	M8 X 20		500	200	4
5	Aço HEX	M8 X 25		100	200	2
24	Aço CHC	M8 X 30		200	200	2
8	Aço HEX	M8 X 35		100	200	2
72	Aço	M8	Plana	400	200	4
72	Aço	M8	Mola	400	200	4
3	Aço	M8	Plana NF	100	200	2
19	Aço	M8	CS	100	200	2
8	Aço	M8	Fêmea	100	200	2
4	Aço HEX	M10 X 16		100	100	2
8	Aço HEX	M10 X 25		100	100	2
16	Aço CHC	M10 X 25		100	100	2
6	Aço HEX	M10 X 30		100	100	2
6	Aço CHC	M10 X 30		100	100	2
12	Aço HEX	M12 X 40		100	100	2
34	Aço	M10	Plana	200	200	2
28	ZN DIN 128	M10	Mola	200	200	2
7	Aço	M10	CS	100	200	2
12	Aço	M10	Fêmea	100	200	2

Tabela 22 - Calculo dos *Kanban's* para o posto 2, com coeficiente de segurança 3

Quant.	Tipo de Parafuso	Medida	Tipo de Anilha	Tamanho do lote	Capacidade do contentor	Nº de <i>Kanban's</i>
2	Aço Philips	M3 X 8		100	200	2
12	Aço Philips	M4 X 50		100	200	2
12	Aço	M4	Plana Aba larga	100	200	2
12	Aço	M4	Mola	100	200	2
2	Aço CHC	M5 X 16		100	200	2
6	Aço CHC	M5 X 20		100	200	2
10	Aço	M5	Plana	100	200	2
6	Aço	M5	Plana aba larga	100	200	2
16	Aço	M5	Mola	100	200	2
8	Aço	M5	Fêmea tensilock	100	200	2
2	Aço Torx	M5,5 X 13		100	200	2
2	Aço HEX	M6 X 16		100	200	2
8	Aço CHC	M6 X 16		100	200	2
10	Aço	M6	Plana	100	200	2
10	Aço	M6	Mola	100	200	2
1	Aço HEX	M8 X 16		100	200	2
10	Aço HEX	M8 X 20		100	200	2
3	Aço CHC	M8 X 25		100	200	2
4	Aço	M8	Plana	100	200	2
8	Aço	M8	Plana Aba larga	100	200	2
1	Aço	M8	Plana NF	100	200	2
4	Aço	M8	CS	100	200	2
12	Aço	M8	Mola	100	200	2
8	Aço	M8	Mola encaixe	100	200	2
2	Aço	M8	Fêmea	100	200	2
9	Aço HEX	M10 X 16		100	100	2
14	Aço HEX	M10 X 25		100	100	2
6	Aço CHC	M10 X30		100	100	2
9	Aço HEX	M10 X 35		100	100	2
12	Aço HEX	M10 X 40		100	100	2
3	Aço	M10 X 50	Pernos	100	100	2
26	Aço	M10	Plana	200	200	2
26	Aço	M10	CS	200	200	2
42	ZN DIN 128	M10	Mola	300	200	3
18	Aço	M10	Fêmea	100	200	2
25	Aço HEX	M12 X 40		200	100	3

8	Aço HEX	M12 X 45		100	100	2
2	Aço HEX	M12 X 50		100	100	2
4	Aço HEX	M12 X 60		100	100	2
78	Aço	M12	CS	400	200	4
31	Aço	M12	Fêmea	200	200	2

Tabela 23 - Calculo dos *Kanban's* para o posto 3, com coeficiente de segurança 3

Quant.	Tipo de Parafuso	Medida	Tipo de Anilha	Tamanho do lote	Capacidade do contentor	Nº de <i>Kanban's</i>
5	Aço Philips	M4 X 10		100	200	2
5	Aço	M4	Plana	100	200	2
5	Aço	M4	Mola	100	200	2
8	Aço Philips	M5 X 16		100	200	2
8	Aço Torx	M5,5 X 13		100	200	2
8	Aço	M5	Plana	100	200	2
8	Aço	M5	Mola	100	200	2
3	Aço CHC	M8 X 16		100	200	2
12	Aço HEX	M8 X 20		100	200	2
25	Aço CHC	M8 X 25		200	200	2
3	Aço	M8	Plana NF	100	200	2
37	Aço	M8	Plana	200	200	2
25	Aço	M8	CS	200	200	2
37	Aço	M8	Mola	200	200	2
21	Aço	M8	Fêmea	200	200	2
1	Aço HEX	M10 X 25		100	100	2
2	Aço	M10	Plana Aba larga	100	200	2
1	Aço	M10	CS	100	200	2
1	Aço	M10	Fêmea	100	200	2
18	Aço HEX	M12 X 40		100	100	2
12	Aço HEX	M12 X 45		100	100	2
60	Aço	M12	CS	300	200	3
30	Aço	M12	Fêmea	200	200	2
6	AL / CU	M12	Bimetálica	100	200	2

ANEXO F - Lista de material elétrico com o numero de *Kanban's*

Tabela 24 - Lista de peças elétricas

Quant.	Material elétrico	Nº de <i>Kanban's</i>
1	Carta de controlo	2
1	Carta de medidas DC	2
1	Carta de medidas AC	2
1	Sensor de corrente AC	2
1	Sensor de corrente DC	2
1	Sensor de isolamento da terra	2
1	Condensadores AC	2
1	Ventiladores das <i>Stack's</i>	2
1	Ventiladores da indutância	2
1	Descarregadores de sobretensão DC	2
1	Descarregadores de sobretensão AC	2
1	Fusíveis descarregadores AC	2
1	Base de fusíveis descarregadores AC	2
1	Disjuntor AC 16 A	2
1	Ups	2
1	Base de fusíveis auxiliar 2 polos	2
4	Fusíveis auxiliar 16 A DC	2
2	Fusíveis de entrada DC	2
1	Base Fusíveis de entrada DC	2
1	Contactador AC	2
1	Interruptor DC	2
1	Relés AC	2
3	Relés DC	2
3	Contactador de pré carga	2
1	Filtro AC	2
2	Filtro DC	2
4	Display	2
2	Disjuntor principal AC	2
1	Botão on/off	2
1	Botão emergência	2
1	<i>Power stack</i>	2
1	Bornes de ligação	2

ANEXO G - Lista das barras de cobre com o numero de *Kanban's*

Tabela 25 - Lista do barramento de cobre utilizado na montagem

Quant.	Barras de Cobre	Nº de <i>Kanban's</i>
1	Barra de fusível - CU1	2
1	Barra de fusível + CU1	2
1	Barra de fusível - CU2	2
1	Barra de fusível + CU2	2
1	Barra de entrada do filtro DC - CU1	2
1	Barra de entrada do filtro DC + CU1	2
1	Barra de entrada do filtro DC - CU1	2
1	Barra de entrada do filtro DC + CU1	2
1	Barra de entrada da <i>strack</i> CU1	2
1	Barra de entrada da <i>strack</i> CU2	2
1	Barra de entrada da <i>strack</i> CU3	2
1	Barra de entrada da <i>strack</i> CU4	2
3	Barra de entrada da <i>strack</i> CU5	2
3	Barra de entrada da <i>strack</i> CU6	2
6	Espaçador de barra da <i>stack</i>	2
1	Barra de saída <i>stack</i> CU1	2
1	Barra de saída <i>stack</i> CU2	2
1	Barra de saída <i>stack</i> CU3	2
1	Barra de entrada da indutância CU1	2
1	Barra de entrada da indutância CU2	2
1	Barra de entrada da indutância CU3	2
1	Barra de saída da indutância CU1	2
1	Barra de saída da indutância CU2	2
1	Barra de saída da indutância CU3	2
3	Barra de saída do filtro AC CU1	2
1	Barra de saída do filtro AC CU2	2
1	Barra de saída do filtro AC CU3	2
1	Barra de saída do filtro AC CU4	2
1	Barra de entrada do contactor AC CU1	2
1	Barra de entrada do contactor AC CU2	2
1	Barra de entrada do contactor AC CU3	2
2	Barra deligação do contactor e disjuntor AC CU1	2
1	Barra deligação do contactor e disjuntor AC CU2	2
3	Barra de saída AC CU1	2
3	Barra de saída AC CU2	2

ANEXO H - Lista das peças metálicas com o numero de *Kanban's*

Tabela 26 - Lista de peças metálicas

Quant.	Barras de Cobre	Nº de <i>Kanban's</i>
1	Platine esquerda do armário DC	2
1	Platine direita do armário DC	2
1	Platine traseira do armário DC	2
1	Platine esquerda do armário AC	2
1	Platine direita do armário AC	2
1	Platine traseira do armário AC	2
1	Platine dos fusível -	2
1	Platine dos fusível +	2
1	Platine do interruptor DC	2
1	Prateleira do armário central	2
1	Platine do contactor AC	2
1	Platine do disjuntor AC	2
2	Platine do vent. Da Indutância	2
1	Conduta de vent. Da Indutância	2
1	Prateleira DC CH1	2
1	Prateleira DC CH2	2
1	Prateleira DC CH3	2
4	Conduta de vent. Da <i>stack</i> CH1	2
2	Conduta de vent. Da <i>stack</i> ch2	2
1	Conduta de vent. Da <i>stack</i> ch3	2
1	Conduta de vent. Da <i>stack</i> ch4	2
1	Conduta de vent. Da <i>stack</i> ch5	2
1	Conduta de vent. Da <i>stack</i> ch6	2
3	Conduta de vent. Da <i>stack</i> ch7	2
3	Conduta de vent. Da <i>stack</i> ch8	2
1	Armário 1000 x 2000 x 600	2
2	Armário 600 x 2000 x 600	2
4	Suportes de elevação	2
2	Trilhos da indutância	2

ANEXO I - Disposição do material nas estantes

Tabela 27 - Disposição do material na estante A posto 1 prateleira 6

Produto	Tamanho	Localização
Parafuso	M3 X 8	A-6-11
Parafuso	M3 X 16	A-6-10
Anilha Mola	M3	A-6-9
Anilha Plana	M3	A-6-8
Parafuso	M4 X 10	A-6-7
Parafuso	M4 X 16	A-6-6
Parafuso	M4 X 25	A-6-5
Anilha mola	M4	A-6-4
Anilha Plana	M4	A-6-3
Parafuso CHC	M5 X 16	A-6-2
Anilha mola	M5	A-6-1

Tabela 28 - Disposição do material na estante A posto 1 prateleira 5

Produto	Tamanho	Localização
Anilha Plana	M5	A-5-11
Parafuso TX	M5,5 X 13	A-5-10
Parafuso Hex	M6 X 20	A-5-9
Parafuso CHC	M6 X 20	A-5-8
Anilha mola	M6	A-5-7
Anilha Plana	M6	A-5-6
Parafuso HEX	M8 X 16	A-5-5
Parafuso CHC	M8 X 16	A-5-4
Parafuso HEX	M8 X 20	A-5-3
Parafuso CHC	M8 X 20	A-5-2
Parafuso HEX	M8 X 25	A-5-1

Tabela 29 - Disposição do material na estante A posto 1 prateleira 4

Produto	Tamanho	Localização
Parafuso CHC	M8 X 25	A-4-10
Parafuso CHC	M8 X 30	A-4-9
Anilha Recartilhada	M8	A-4-8
Anilha mola	M8	A-4-7
Anilha Plana	M8	A-4-6
Anilha Plana NF	M8	A-4-5
Anilha Plana Aba Larga	M8	A-4-4
Anilha CS	M8	A-4-3
Fêmea mola Rittal	M8	A-4-2
Fêmea	M8	A-4-1

Tabela 30 - Disposição do material na estante A posto 1 prateleira 3

Produto	Tamanho	Localização
Parafuso HEX	M10 X 16	A-3-11
Parafuso HEX	M10 X 25	A-3-10
Parafuso CHC	M10 X 25	A-3-9
Parafuso HEX	M10 X 30	A-3-8
Parafuso CHC	M10 X 30	A-3-7
Parafuso T	M10 X 30	A-3-6
Anilha Mola	M10	A-3-5
Anilha plana	M10	A-3-4
Anilha Plana NF	M10	A-3-3
Anilha Plana L NF	M10	A-3-2
Anilha CS	M10	A-3-1

Tabela 31 - Disposição do material na estante A posto 1 prateleira 2

Produto	Tamanho	Localização
Fêmea	M10	A-2-11
Fêmea Tensilock	M10	A-2-10
Parafuso HEX	M12 X 35	A-2-9
Parafuso HEX	M12 X 40	A-2-8
Anilha mola	M12	A-2-7
Anilha Plana	M12	A-2-6
Fêmea	M12	A-2-5
Rebite terminal faston duplo	4.0 X 7	A-2-4
Rebite 4,8 X 10	K16	A-2-3
Rebite 5 X 10	K9	A-2-2

Tabela 32 - Disposição do material na estante A posto 1 prateleira 1

Produto	Designação	Localização
Material Rittal	Uniões dos armário	A-1-4
Material Rittal	Trilhos	A-1-3
Material Rittal	Fita de espuma	A-1-2
Retorno		A-1-1

Tabela 33 - Disposição do material na estante B posto 2 prateleira 6

Produto	Tamanho	Localização
Parafuso	M3 X 8	B-6-11
Parafuso	M3 X 16	B-6-10
Anilha Mola	M3	B-6-9
Anilha Plana	M3	B-6-8
Parafuso	M4 X 8	B-6-7
Parafuso	M4 X 10	B-6-6
Parafuso	M4 X 50	B-6-5
Anilha mola	M4	B-6-4
Anilha Plana	M4	B-6-3
Anilha Plana Aba larga	M4	B-6-2
Parafuso TX	M5,5 X 13	B-6-1

Tabela 34 - Disposição do material na estante B posto 2 prateleira 5

Produto	Tamanho	Localização
Parafuso CHC	M5 X 16	B-5-11
Parafuso CHC	M5 X 20	B-5-10
Anilha mola	M5	B-5-9
Anilha Plana	M5	B-5-8
Anilha Plana Aba larga	M5	B-5-7
Fêmea tensilock	M5	B-5-6
Parafuso CHC	M6 X 16	B-5-5
Parafuso HEX	M6 X 20	B-5-4
Parafuso CHC	M6 X 20	B-5-3
Parafuso HEX	M6 X 25	B-5-2
Anilha mola	M6	B-5-1

Tabela 35 - Disposição do material na estante B posto 2 prateleira 4

Produto	Tamanho	Localização
Anilha plana	M6	B-4-11
Anilha plana tipo M	M6	B-4-10
Anilha CS	M6	B-4-9
Parafuso Hex	M8 X 20	B-4-8
Parafuso CHC	M8 X 20	B-4-7
Parafuso Hex	M8 X 25	B-4-6
Parafuso CHC	M8 X 25	B-4-5
Parafuso Hex	M8 X 35	B-4-4
Anilha mola	M8	B-4-3
Anilha plana	M8	B-4-2
Anilha plana tipo M	M8	B-4-1

Tabela 36 - Disposição do material na estante B posto 2 prateleira 3

Produto	Tamanho	Localização
Anilha CS	M8	B-3-11
Fêmea	M8	B-3-10
Parafuso Hex	M10 X 16	B-3-9
Parafuso Hex	M10 X 25	B-3-8
Parafuso CHC	M10 X 25	B-3-7
Parafuso Hex	M10 X 30	B-3-6
Parafuso Hex	M10 X 40	B-3-5
Perno	M10 X 50	B-3-4
Anilha Mola	M10	B-3-3
Anilha plana	M10	B-3-2
Anilha Plana NF	M10	B-3-1

Tabela 37 - Disposição do material na estante B posto 2 prateleira 2

Produto	Tamanho	Localização
Anilha CS	M10	B-2-11
Fêmea	M10	B-2-10
Tampa PVC	M10	B-2-9
Parafuso Hex	M12 X 40	B-2-8
Parafuso Hex	M12 X 45	B-2-7
Parafuso Hex	M12 X 50	B-2-6
Parafuso Hex	M12 X 60	B-2-5
Anilha CS	M12	B-2-4
Fêmea	M12	B-2-3
Baquelite	TI	B-2-1
Anilha CS	M10	B-2-11

Tabela 38 - Disposição do material na estante B posto 2 prateleira 1

Produto	Designação	Localização
Baquelite 1	Prat. do filtro	B-1-4
Baquelite 2	Prat. Do filtro	B-1-3
Baquelite 3	Filtro	B-1-2
Retorno		B-1-1



INSTRUÇÕES DE OPERAÇÕES

ANEXO J - INSTRUÇÕES DE TRABALHO

Barra de terra - Armário DC


1ª Instalação da barra de terra DC1, e colocação M6

Quantidade	Referência	Localização
1	Barra terra DC1	Carro 4
4	Parafuso HEX M6 X 25	B-5-2
4	Anilha plana M6 tipo M	B-4-10
4	Anilha CS M6	B-4-9


2ª Colocação de parafusos M8

Quantidade	Referência	Localização
3	Parafuso HEX M8 X 25	B-4-5
3	Anilha plana M8 tipo M	B-4-1
3	Anilha CS M8	B-3-11



3ª Colocação de parafusos M10 e aperto dinamométrico

Quantidade	Referência	Localização
2	Parafuso HEX M10 X 25	B-3-7
2	Anilha CS M10	B-2-11
4	Fêmea M10	B-2-10



**Aperto
Dinamométrico**

37 Nm

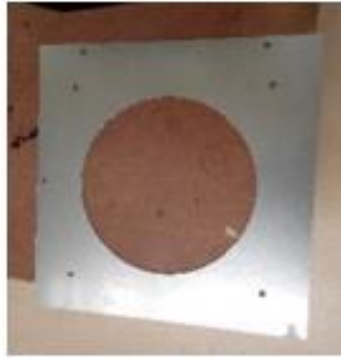
Referência: IF201804 1 / 1

Figura 41 - Instrução de trabalho da montagem da barra de terra do armário DC

Montagem dos ventiladores da indutância

1º Recolha das platines dos ventiladores

Quantidade	Referência	Localização
2	Platine vent. Indutância	Carro 1



2º Montagem dos ventiladores às platines

Quantidade	Referência	Localização
2	Ventilador	Carro 2
8	Parafuso M5x20	B-5-10
8	Anilha Plana M5	B-5-8
8	Anilha Mola M5	B-5-9



3º Apertar porca tensilock, colocada no lado do ventilador

Quantidade	Referência	Localização
8	Fêmea tensilock M5	B-5-6

Figura 42 - Instrução de trabalho da montagem dos ventiladores da indutância

Montagem de barras entre contactor e disjuntor AC

1ª Montagem das barras e aperto dinamométrico

Quantidade	Referência	Localização
2	barra ligação contactor e disjuntor AC CU1	Carro 4
1	barra ligação contactor e disjuntor AC CU2	Carro 4
9	Parafuso Hex M12 X 40	B-2-8
18	Anilha CS M12	B-2-4
9	Fêmea M12	B-2-3

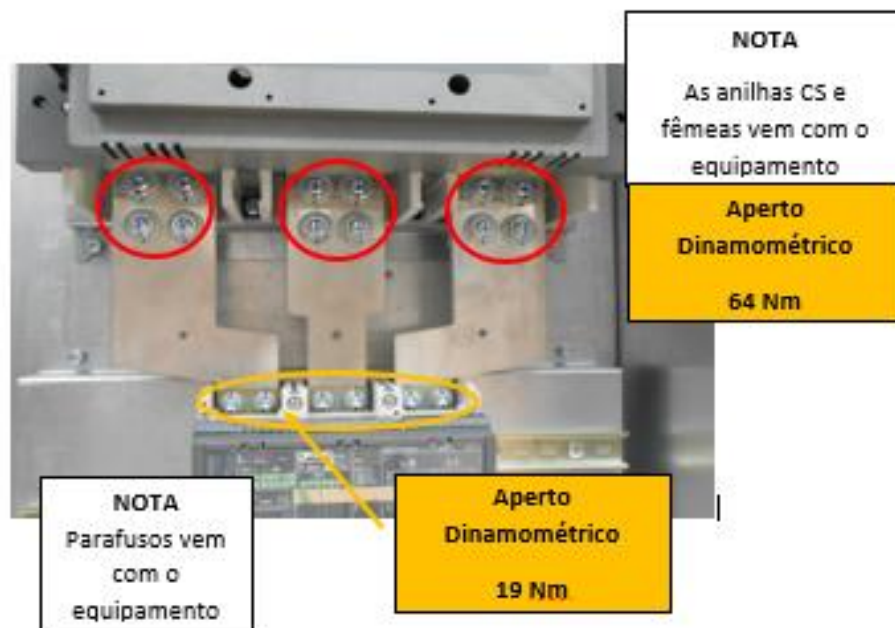


Figura 43 - Instrução de trabalho da montagem das barras de cobre entre contactor e disjuntor AC

Barras inferiores do disjuntor AC

1º Recolha das barras, montagem do disjuntor AC

Quantidade	Referência	Localização
3	barra saída AC CU1	Carro 4
3	barra saída AC CU2	Carro 4



Figura 44 - Instrução de trabalho da montagem das Barras inferiores do disjuntor AC