



**Filipa Daniela Marques Pinheiro** **MONTAGEM DE CÂMARAS DE VIGILÂNCIA: O PROBLEMA DO BALANCEAMENTO**



**Filipa Daniela Marques Pinheiro** **MONTAGEM DE CÂMARAS DE VIGILÂNCIA: O PROBLEMA DO BALANCEAMENTO**

Relatório de Projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Maria João Machado Pires da Rosa, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro e co-orientação da Licenciada Ana Raquel Reis Couto Xambre, Assistente Convidada do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho de forma muito especial à minha família pelo apoio incansável prestado durante a elaboração deste projecto

Dedico a todas as pessoas que me acompanharam diariamente nesta caminhada, aos que contribuíram directamente para a realização deste projecto e para o meu crescimento pessoal e profissional, assim como, a todos os meus amigos pelos memoráveis momentos proporcionados.

## **o júri**

presidente

**Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira**  
Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

**Professora Doutora Maria Antónia da Silva Lopes de Carravilla**  
Professora Auxiliar no Departamento de Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Professora Doutora Maria João Machado Pires da Rosa**  
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

**Licenciada Ana Raquel Reis Couto Xambre**  
Assistente Convidada do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Agradeço à empresa *Bosch Security Systems*, S.A. de Ovar, pela oportunidade de realização deste projecto e pela confiança depositada. De forma especial agradeço à minha orientadora Susana Oliveira que acompanhou todo o meu projecto de forma pormenorizada e dedicou-se de forma exemplar ao meu desenvolvimento profissional. Aos colegas de departamento que se tornaram elementos fundamentais durante o período de estágio.

Agradeço às minhas orientadoras da Universidade de Aveiro, Professora Maria João Pires da Rosa e Licenciada Ana Raquel Xambre, pela dedicação e disponibilidade que suportaram todo este projecto.

A todas as pessoas que me acompanharam na vida académica, aos meus amigos, familiares e namorado por toda a ajuda disponibilizada e pelos momentos memoráveis.

## palavras-chave

Linhas de montagem, *layouts*, balanceamento, medição de trabalho

## resumo

Este relatório apresenta o estudo de duas linhas de montagem de câmaras de vigilância da empresa *Bosch Security Systems*, S.A. de Ovar.

Numa primeira fase procedeu-se à elaboração das listas de tarefas e respectivas precedências, seguindo-se a medição de trabalho, com o intuito de se actualizarem os tempos padrão existentes. Procedeu-se à comparação dos tempos obtidos com os que se encontravam em vigor de modo a perceber as diferenças e motivos das mesmas.

Numa segunda fase, realizaram-se balanceamentos para as duas linhas tendo como cenários a manutenção das duas linhas e a possibilidade da sua junção numa linha única. Analisaram-se todos os resultados e efectuou-se um levantamento do investimento necessário associado a cada um dos cenários. Realizou-se deste modo uma análise de viabilidade com vista ao apoio à decisão.

Por fim, realizou-se o workshop *Lean Line Design* que teve como resultado a configuração física da linha final.

Este projecto permitiu chegar a resultados aliciantes, com ganhos a vários níveis. Constituiu mais uma acção de melhoria da empresa, levando-a a rectificar lacunas existentes e ao cumprimento de procedimentos ergonómicos que já se encontravam definidos.

**keywords**

Assembly lines, layouts, balancing, work measurement.

**abstract**

This report presents the study of two security cameras assembly lines and was developed at Bosch Security Systems, SA located in Ovar.

The first step involved the preparation of lists of tasks and their precedence, followed by a work measurement study needed in order to update the existing standard times. The next step was then to compare the times obtained with those in use so as to understand the differences between them and the respective reasons.

In a second phase, the assembly line balance problem was tackled considering two scenarios: maintaining two lines or joining them as single line. The results were analyzed and the required investment effort for the two scenarios was determined. It was in fact a feasibility study developed in order to help and support the decision process.

Finally, a workshop was held (Lean Line Design) that resulted in the physical configuration of the final line.

This project reached exciting results, with earnings at various levels. It represented an important action for improving the company, leading it to rectify gaps and to comply with ergonomic procedures that were already established.

# Índice

1. Capítulo I.....	9
1.1. Introdução .....	11
1.2. Descrição da empresa .....	12
1.2.1. História Grupo <i>Bosch</i> .....	12
1.2.2. <i>Bosch Security Systems</i> .....	14
1.3. Objectivos do projecto .....	19
1.4. Enquadramento do problema .....	20
1.5. Metodologia .....	22
1.6. Estrutura do relatório .....	23
2. Capítulo II .....	25
2.1. Revisão bibliográfica .....	27
2.1.1. <i>Layouts</i> .....	27
2.1.2. Linhas de montagem .....	36
2.1.3. Balanceamento de linhas de montagem .....	38
2.1.4. Medição de trabalho .....	48
3. Capítulo III .....	53
3.1. Caso de estudo .....	55
3.1.1. Descrição geral dos produtos e linhas de montagem .....	55
3.1.2. Levantamento de informação .....	60
3.1.3. Lista de tarefas e diagrama de precedências .....	62
3.1.4. Medição de trabalho .....	68
3.1.5. Definição e análise de novos balanceamentos .....	81
3.1.6. Estudo de viabilidade da fusão das linhas .....	103
3.1.7. <i>Lean Line Design</i> .....	107
4. Conclusão .....	115
4.1. Conclusões finais .....	117
4.2. Perspectivas futuras de desenvolvimento .....	120
Bibliografia.....	123
Anexos.....	125



## Índice de figuras

Figura 1 – Instalações <i>Bosch Security Systems</i> de Ovar.....	14
Figura 2 - Organigrama .....	15
Figura 3 – Exemplos de câmaras de vigilância .....	17
Figura 4 – Exemplos de gravadores .....	18
Figura 5 – Exemplos de sistemas de evacuação por voz e de comunicação para congressos .....	18
Figura 6 – Exemplo de <i>layout</i> por processo (Fonte: Pinto, 2006).....	32
Figura 7 – Exemplo de <i>layout</i> por produto (Adaptado de Pinto, 2006) .....	34
Figura 8 – <i>Layout</i> em U (Fonte: Stevenson, 2002) .....	34
Figura 9 – Exemplo de <i>layout</i> celular (Fonte: Stevenson, 2002) .....	35
Figura 10 – Diagrama de precedências representativo.....	36
Figura 11 - Classificação dos problemas de balanceamento (Adaptado de Scholl, 1999)..	39
Figura 12 – Linha de modelo-simples (Adaptado de Scholl, 1999).....	40
Figura 13 - Linha de modelo-misto (Adaptado de Scholl, 1999).....	40
Figura 14 - Linha de modelo-múltiplo (Adaptado de Scholl, 1999).....	41
Figura 15 - Linha de montagem <i>Dinion XF</i> .....	56
Figura 16 - Linha de montagem <i>Dinion</i> .....	57
Figura 17 - Posto de teste final da linha <i>Dinion XF</i> .....	58
Figura 18 - Posto de teste final da linha <i>Dinion</i> .....	59
Figura 19 - Abastecimento do posto de teste funcional.....	59
Figura 20 - Exemplo de um PQI.....	61
Figura 21 – Imagem exemplo das câmaras de vigilância em estudo.....	63
Figura 22 - Acréscimo de capacidade na linha <i>Dinion XF</i> com actualizações de tempos ..	80
Figura 23 - Acréscimo de capacidade na linha <i>Dinion</i> com actualizações de tempos .....	81
Figura 24 – Anotações finais do impacto da actualização de tempos .....	81
Figura 25 - Diferença de capacidade para um ou dois testes IP .....	84
Figura 26 - Postos necessários para cumprir as necessidades do cliente.....	89
Figura 27 - Cargas dos postos de trabalho para o modelo <i>Freya HV</i> .....	91
Figura 28 – Poupança de postos de trabalho .....	94
Figura 29 - Dias necessários de produção versus dias disponíveis .....	95
Figura 30 - Disponibilidade após duplicação do teste funcional.....	99

Figura 31 - Postos necessários para a nova linha .....	101
Figura 32 - Poupança versus Investimento .....	106
Figura 33 - Dimensionamento posto de soldadura.....	110
Figura 34 - Dimensionamento dos postos de <i>encasing</i> .....	111
Figura 35 - Simulação do posto de teste final .....	112
Figura 36 - Opção de <i>layout</i> nº1.....	112
Figura 37 - Opção de <i>layout</i> nº5.....	113
Figura 38 - Opção de <i>layout</i> nº8 - <i>layout</i> seleccionado.....	113
Figura 39 - <i>Layout</i> final do projecto.....	114

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Bom versus mau <i>layout</i> (Fonte: Pinto, 2006) .....	28
Tabela 2 – Valores de z .....	50
Tabela 3 – Tipos de postos .....	57
Tabela 4 – Famílias de produtos montados nas duas linhas em análise .....	63
Tabela 5 – Tabela resumo das listas de tarefas e respectivas precedências .....	65
Tabela 6 – Comparação das novas capacidades com as que estavam em vigor para a linha <i>Dinion</i> .....	72
Tabela 7 - Comparação das novas capacidades com as que estavam em vigor para a linha <i>Dinion XF</i> .....	73
Tabela 8 – Comparação de tempos para os postos de soldadura linha <i>Dinion XF</i> .....	74
Tabela 9 – Comparação de tempos para os postos do teste funcional e teste IP .....	75
Tabela 10 – Comparação de tempos para os postos de <i>encasing</i> .....	76
Tabela 11 – Comparação de tempos para os postos de teste HVT e teste Final .....	77
Tabela 12 – Comparação de tempos do posto da embalagem .....	77
Tabela 13 - Comparação de tempos dos postos de soldadura e teste funcional .....	78
Tabela 14 - Comparação de tempos dos postos de <i>encasing1 e 2</i> .....	78
Tabela 15 - Comparação de tempos dos postos de teste HVT e teste final .....	78
Tabela 16 - Comparação de tempos dos postos de Mac Adress e embalagem .....	78
Tabela 17 – Postos gargalo na linha <i>Dinion</i> antes e depois da actualização de tempos .....	79
Tabela 18 – 1ª Fase de resultados do <i>software</i> para o caso de duas linhas de montagem ...	88
Tabela 19 - 2ª Fase de resultados do <i>software</i> para o caso de duas linhas de montagem ...	91
Tabela 20 – Capacidades com a duplicação do teste funcional .....	98
Tabela 21 - 1ª Fase de resultados do <i>software</i> para o caso da junção das linhas de montagem .....	100
Tabela 22 – 2ª Fase de resultados do <i>software</i> para o caso da junção das linhas de montagem .....	102
Tabela 23 – Poupança de equipamentos e infra-estruturas na junção das linhas .....	104
Tabela 24 – Poupança em número de operadores .....	105
Tabela 25 – Investimento para junção de linhas .....	106
Tabela 26 – Tarefas por posto de trabalho .....	109



## **Lista de Acrónimos**

YRaw – Componentes não processados internamente que se encontram em supermercado para abastecimento da linha de montagem;

YFin – Produto final;

LV – Low Voltage;

HV – High Voltage;

PCB - Printed Circuit Board;

HR – High Resolution;

MR – Medium Resolution;

SW – Switchable;

SKD – Semi Knocu Down;

SD – Secure Digital;



---

# 1. Capítulo I

---

## **Conteúdo**

Introdução

Descrição da empresa

Objectivos do projecto

Enquadramento do problema

Metodologia

Estrutura do relatório



## 1.1. Introdução

A globalização do mercado levou a que muitas das empresas começassem a repensar o seu sistema de trabalho, e a adaptarem-se às novas exigências inerentes às mudanças que a revolução do mercado gerou. As exigências do cliente mudaram e o acompanhamento das mesmas deve ser garantido para que se consiga alcançar vantagem competitiva no mercado. O cliente aumenta o seu nível de exigência e pretende que os seus requisitos sejam satisfeitos de forma individual, menosprezando as produções em massa sem que haja uma personalização dos produtos. Pretende em primeiro lugar pagar apenas pelo valor acrescentado do produto e deseja satisfazer da melhor forma as suas necessidades no momento em que as mesmas surgem.

Por outro lado, o ciclo de vida dos produtos passou a estar mais reduzido, o que deve ser um factor em consideração pela organização. Com isto, é necessário que a empresa esteja atenta ao mercado devendo ser dinâmica para fazer face às mudanças ou melhorias dos produtos actuais.

Posto isto, a organização tem de ser melhor de dia para dia, melhorar os seus processos produtivos, transformá-los em sistemas flexíveis e eficientes com o intuito de responder a todas as necessidades do mercado. Para alcançar estes objectivos a empresa deve ter processos de melhoria contínua bem definidos, acompanhar o desempenho das linhas de forma dedicada, estudar em simultâneo o mercado de modo a precaver as mudanças necessárias para que as mesmas sejam executadas o mais rapidamente possível.

A visão do processo produtivo deve ser macro, potencializando a procura de falhas e ou de soluções integradas entre linhas. Pretende-se melhorar processos de forma a eliminar desperdícios, com vista a valorizar e manter apenas acções, processos ou tarefas que acrescentem valor ao produto.

A empresa onde se realizou o projecto pertence ao grupo *Bosch*, pelo que já possui filosofias bem estruturadas (definidas no âmbito do *Bosch Production System*) em relação aos seus objectivos, quer ao nível da qualidade dos seus produtos e quer em termos de melhorias das linhas de modo a reduzir os custos. A mesma possui uma dinâmica organizacional que leva a que surjam projectos aliciantes na área de balanceamento das linhas com vista a uma reconfiguração das mesmas com objectivos concretos.

Este projecto surgiu no seguimento das ideologias da empresa, consistindo no balanceamento de linhas de montagem. Assim, na realização do mesmo pretende-se apresentar um estudo teórico sobre o tema e posteriormente analisar o caso prático. O caso prático foi aplicado a duas linhas de montagem, com o objectivo de as estudar, balancear e redesenhar o respectivo *layout*. Serão apresentados vários cenários possíveis e a posterior selecção e viabilização do melhor. O conceito de “melhor” diz respeito ao que previsivelmente poderá apresentar menores perdas, maior capacidade e maior flexibilidade, entre outros.

## **1.2. Descrição da empresa**

### **1.2.1. História Grupo *Bosch***

A empresa onde se realizou este projecto, pertence ao grupo *Bosch* especificamente à área de sistemas de segurança, sendo ela a *Bosch Security Systems – Sistemas de segurança, S.A.*, sediada em Ovar.

Neste subcapítulo serão apresentados alguns aspectos sobre o grupo *Bosch*, de uma forma geral e, mais detalhadamente sobre a empresa de Ovar.

Em 1886, Robert Bosch fundou a primeira empresa do grupo, começando com um pequeno negócio artesanal, “Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Eléctrica”, em Estugarda, com dois colaboradores. Esta oficina realizava montagem e instalação de aparelhos eléctricos de todos os tipos. Em 1887 desenvolveu-se o primeiro dispositivo de ignição magnética para motores estacionários, que surgiu pela solicitação de um cliente. Essa criação permitiu um desenvolvimento significativo do negócio uma vez que se tornou piloto de vendas da empresa. Com isto, surgiram as primeiras encomendas da indústria automóvel, em 1888. Assim, a *Bosch* tornou-se fornecedora da indústria automóvel permitindo-lhe crescer de uma forma não esperada. Para maior percepção do seu crescimento, em 1900 possuía pouco mais de 45 colaboradores, número que subiu para cerca de 1000 em 1907.

Entre cerca de 1900 e 1925, a empresa estava virada de forma sólida para o sector da indústria automóvel. Também durante este período começou a internacionalizar-se, ao fundar as primeiras lojas e fábricas fora da Alemanha. As primeiras lojas surgiram em Inglaterra e França nos anos 1898 e 1899, respectivamente. Pouco depois, a *Bosch* estava

representada em quase todos os países da Europa, sendo que a partir de 1906 também alcançou outros continentes e países, sendo eles EUA e África do Sul (1906), Austrália (1907), Argentina (1908), China (1909) e Japão (1911).

Entre 1925 e 1960, foram fundadas novas unidades de negócio, de áreas fora da tecnologia automóvel e a constituição da empresa foi redesenhada. Em 1937, Robert Bosch, no seu último testamento estabelece bases para a constituição empresarial que ainda hoje é válida. Após a II Guerra Mundial, as novas unidades de negócio como Ferramentas Eléctricas, Junkers Gasgerate (esquentadores), Blaupunkt (auto rádios e rádios domésticos), Fernsh GmbH (equipamento para estúdios de televisão), Kinobauer (projectores de cinema) e Electrodomésticos voltaram a colocar a empresa num nível equilibrado. Os principais marcos foram em 1928 a criação da primeira ferramenta eléctrica e em 1932, o primeiro auto rádio produzido em série, na Europa, pela Blaupunkt. Outra unidade de negócio que veio fortalecer a área automóvel da *Bosch*, foi o desenvolvimento do sistema de injeção diesel para camiões, em 1927, passando, a partir de 1936, a estar disponível para carros de passageiros. Em 1959, após um documento do director de produção Eugen Hagmaier sobre o desenvolvimento futuro do Grupo *Bosch*, começaram os trabalhos de reestruturação da empresa em divisões, sendo a primeira a de Ferramentas Eléctricas.

Actualmente, o Grupo *Bosch* é líder mundial no fornecimento de tecnologia e serviços. A principal aposta da *Bosch* ainda permanece no ramo automóvel, no entanto, está presente noutras áreas como tecnologia industrial, bens de consumo e tecnologia de construção. A combinação destas áreas, impulsionadas pelos cerca de 275 mil colaboradores, permitiram gerar vendas de 38,2 bilhões de euros no ano fiscal de 2009. O grupo *Bosch* está representado em 150 países, aproximadamente. Toda esta rede mundial de desenvolvimento, produção e distribuição constitui uma base de crescimento. É importante salientar que a *Bosch* tem grande foco na investigação e desenvolvimento de novos produtos, procurando sempre fornecer soluções de qualidade, investindo nessa área mais de 3,5 bilhões de euros por ano. Um resultado dessa acção, são as cerca de 3800 patentes registadas anualmente em todo o mundo.

(bosch.pt, 2011)

### **1.2.2. Bosch Security Systems**

Como mencionado, a empresa do grupo *Bosch* que permitiu a realização deste projecto, foi a *Bosch Security Systems*, S.A. sediada em Ovar. Nesse seguimento será atribuída uma maior importância à mesma e conseqüentemente será concedido maior detalhe na informação.

Em primeiro lugar, torna-se relevante apresentar a sua Missão e Visão que são pontos fulcrais, pois estabelecem uma linha de orientação para os objectivos.

#### **Missão**

“Nós somos excelentes em fazer acontecer.”

#### **Visão**

“Como parceiro fiável, fornecemos soluções competitivas de manufactura electrónica aos nossos clientes.”



**Figura 1** – Instalações *Bosch Security Systems* de Ovar

A *Bosch Security Systems* (ST) instalou-se em Ovar em 2002 com a compra da unidade SPVV (Sistemas Profissionais de Visão e Vigilância) à multinacional Philips. A empresa emprega 409 trabalhadores e obteve 91.208.161€ de Volume de Vendas (relativo ao ano fiscal de 2010) (Sítima, 2011).

A sede da Bosch ST está localizada em Ottobrunn (Alemanha), possuindo cinco BU's (*Business Unit's*), seis *Supply Centers* (localizados em Ovar, Lancaster, Ottobrunn, Breda, Zhuhai e Sydney) e três centros de distribuição intercontinentais (CDC's: Breda, Lancaster e Singapura). A *Manufacturing Plant* (MP) de Ovar é responsável pela produção para estes três centros.

A MP de Ovar ocupa uma área de 10.000m<sup>2</sup> e fabrica quase todos os equipamentos que compõem os sistemas de videovigilância da *Bosch*, desde as câmaras até aos gravadores,

também fabrica os sistemas de evacuação por voz e sistemas de comunicação para congressos. Dos produtos que daqui saem para todo o mundo destacam-se as câmaras com iluminação infravermelho, anti-terrorismo, anti-vandalismo, IP, e mais recentemente HD (*High Definition*). Estes produtos são direccionados tanto para pequenas instalações como para edifícios governamentais e comerciais que necessitem de soluções mais avançadas e complexas. Devido ao grande portfólio de produtos, a Bosch possui 17% da quota de mercado nacional, apostando mais recentemente em produtos capazes de suportar condições adversas (exemplo: climatéricas).

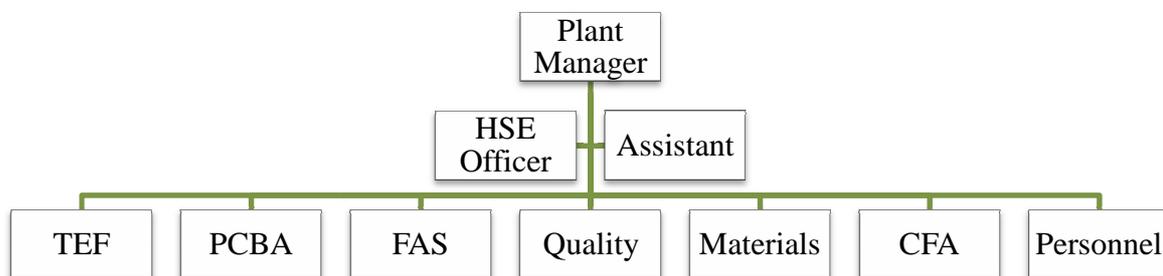
Trata-se de um sector com desenvolvimentos e actualizações constantes, tendo contudo a empresa a capacidade de produzir e fornecer os produtos existentes assim como contribuir para a industrialização de novos equipamentos.

Uma grande vantagem da *Bosch Security Systems* de Ovar é possuir um excelente *know-how* na montagem de Placas de Circuito Impresso (PCB), o que lhes permite uma grande vantagem competitiva, pois são capazes de acompanhar todos os desenvolvimentos relacionados com a produção das placas electrónicas.

(Sítima, 2011)

### **Organigrama**

Na figura 2, apresenta-se o organigrama da empresa. É possível visualizar os sete departamentos que constituem a mesma, assim como constatar o nível hierárquico. Trata-se de uma estrutura bem definida e organizada de forma a criar padrões de trabalho promovendo a eficiência da mesma.



**Figura 2 - Organigrama**

Em seguida será efectuada uma breve explicação de cada um dos departamentos de forma a elucidar o leitor das funções que compõem os mesmos.

HSE (Health Safety Environment) Officer: responsável pela averiguação, correcção e implementação de todos os aspectos relacionados com a segurança dos postos de trabalho, higiene e condições ambientais, assim como tratar todos os assuntos relacionados com as respeitantes certificações.

TEF (Technical Engineering Functions): este departamento é composto por diversas áreas, sendo elas manutenção, tecnologias de informação, infra-estruturas, engenharia mecânica, engenharia eletrónica e novos projectos.

PCBA (PCB Assembled): trata-se do departamento composto pelos elementos responsáveis pela área física produtiva composta pelas linhas de montagem que permitem a produção dos PCB's.

FAS (Final Assembly): departamento composto por supervisores, engenheiros industriais e de produção responsáveis pela industrialização dos produtos, criação de condições necessárias à produção, definição de padrões de trabalho, medição do trabalho, entre outros aspectos nas linhas de montagem final (melhoria contínua). Também de insere neste departamento o responsável pela implementação da filosofia *Bosch Production System*.

Quality: este departamento tem como principais funções estabelecer métodos que garantam a qualidade dos produtos, implementação do sistema da qualidade e metrologia.

Materials: todas as funções associadas à logística, planeamento e compras inserem-se neste departamento.

CFA (Controlling Financial Account): todos os assuntos inerentes à contabilidade são tratados por este departamento.

Personnel: departamento de recursos humanos, responsável por todos os assuntos relacionados com os colaboradores e responsável pelo recrutamento, selecção e integração de novos estagiários ou contratados.

## **Produtos**

A *Bosch* de Ovar, produz uma variedade significativa de produtos, como já foi evidenciado anteriormente. No que diz respeito aos sistemas de videovigilância o portefólio é capaz de abranger quase todas as aplicações possíveis de equipamentos e sistemas. Os tipos de câmaras que se produzem são:

- Analógicas;
- IP;
- Preto e branco;
- Cores.

Sendo que podem ser fixas, móveis, térmicas, com iluminação com infravermelhos, podem também ser de instalação rápida ou modelos concebidos para resistir a intempéries ou actos de vandalismo.

De seguida apresentam-se algumas imagens (figura 3 a 5) de algumas das câmaras de vigilância produzidas na fábrica de Ovar, seguidas dos gravadores e por fim os sistemas de evacuação por voz e de comunicação para congressos.



**Figura 3** – Exemplos de câmaras de vigilância

O projecto incidiu sobre este tipo de produtos, sendo que as famílias que se integraram no mesmo foram as Dinion e Dinion XF. Estes produtos serão descritos detalhadamente ao longo do presente relatório, pelo que não será dado ênfase nesta fase.

Dentro de cada modelo existem vários tipos de resolução concedendo maior ou menor qualidade de imagem, podem ser LV ou HV, ou até permitir a visualização das imagens via internet se a mesma estiver equipada com a funcionalidade IP. Dentro de cada família de produtos existem diversas funcionalidades que permitem a distinção entre eles. Assim, com a combinação das diversas potencialidades (memória, velocidade de processamento, número de cores, IP, posição fixa ou rotativa, exterior ou interior, entre outros) é possível obter uma grande variedade de modelos e produtos.



**Figura 4** – Exemplos de gravadores

Os sistemas apresentados na figura 4 permitem gravar as imagens captadas pelas câmaras de vigilância, permitindo que as mesmas sejam consultadas em qualquer momento. O que diferencia os produtos é o número de câmaras que os mesmos permitem conectar e a capacidade de memória suportável pelos mesmos.



**Figura 5** – Exemplos de sistemas de evacuação por voz e de comunicação para congressos

Os produtos que se encontram na figura 5, são sistemas que permitem a comunicação em congressos e conferências. É possível encontrar estes sistemas de comunicação, por exemplo na Assembleia da República pois permite o diálogo entre partidos, em implantações fabris para comunicar aos colaboradores, para efectuar anúncios, ou para evacuar instalações em situações de alerta.

### **Certificações**

A empresa encontra-se certificada ao nível da qualidade e ambiente. As certificações são: ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18000.

Os produtos *Bosch*, também possuem a certificação ATEX (atmosferas explosivas) em câmaras que têm aplicações muito específicas.

## **Mercados**

A divisão de sistemas de segurança da *Bosch* encontra-se neste momento presente nos cinco continentes, fornecendo produtos adequados às necessidades de cada consumidor, possuindo uma gama completa de produtos com aplicações em residências, escritórios, armazéns, escolas, museus, aeroportos, etc.

Para alargar ainda mais o portfólio de produtos disponibilizados, a *Bosch Security Systems* adquiriu a empresa canadiana Extreme CCTV Inc. um dos líderes de mercado na área de produtos para condições extremas.

Este foi mais um passo para a *Bosch* se reforçar no mercado Americano mas também para adquirir *know-how* com vista a um crescimento sustentável. A empresa aposta agora forte nos mercados asiáticos, mercados esses emergentes que prometem crescimentos acima dos dois dígitos percentuais.

Após se conhecer de uma forma muito breve a realidade industrial da *Bosch Security Systems* de Ovar, torna-se relevante começar a detalhar os objectivos que se pretenderam alcançar com este projecto, passando pelo enquadramento do problema que levou ao surgimento do mesmo e qual a metodologia adoptada na sua resolução.

### **1.3. Objectivos do projecto**

O projecto foi elaborado em duas linhas de montagem de câmaras de vigilância. Ambas as linhas produziam câmaras idênticas contudo, sendo umas mais sofisticadas do que as outras, a sua montagem difere em algumas tarefas. A designação das mesmas evidencia esta afirmação, *Dinion* e *Dinion XF*.

A linha *Dinion* encontrava-se mais estudada e os operadores já estavam aptos e experientes na montagem dos seus produtos. Na *Dinion XF*, os operadores demonstravam prática, no entanto a linha possuía pontos de melhoria a vários níveis, como a actividade gargalo e a falta de actualização dos balanceamentos.

Pretendeu-se estudar detalhadamente as duas linhas, e efectuar as alterações necessárias com o intuito de se alcançarem novas metas de produção, nomeadamente ao nível do

aumento da capacidade da produção e da eficiência do sistema produtivo. Para isso, pretendeu-se eliminar algumas fontes de desperdício existentes.

Para alcançar estes objectivos, o estudo do funcionamento das linhas de montagem, teve como referência o *layout*, o número de postos de trabalho, o número de turnos em funcionamento, a distribuição equilibrada das funções, entre outros factores. Após esta análise, que permitiu uma adequada percepção do funcionamento das linhas, pretendeu-se definir e estudar diferentes configurações para as linhas, mantendo-as flexíveis.

Outro objectivo foi a melhoria do espaço utilizado por estas linhas, reduzindo os custos associados e em simultâneo garantir que não existissem perdas de eficiência com essa acção. Uma possibilidade analisada foi a viabilidade da junção das duas linhas, uma vez que se tratavam de produtos similares em termos de montagem e, por outro lado, existiam produtos *end of life* o que, conseqüentemente, gerou capacidade não utilizada.

#### **1.4. Enquadramento do problema**

As linhas já referidas, sobre as quais incidiu este projecto, apresentavam alguns aspectos a melhorar, tais como:

- Tempos das tarefas desactualizados;
- Balanceamentos desactualizados;
- Melhoria de espaço na linha *Dinion XF*;
- Modelos de câmaras *Freya IP* com capacidade significativamente limitada devido ao *bottleneck*;
- Duas linhas com produtos similares o que constituía um desperdício de espaço e recursos utilizados.

Com base nestes pontos e planos de melhoria da empresa surgiu a necessidade deste projecto, identificado pela própria empresa, com o qual se pretendeu eliminar ou melhorar cada aspecto, de forma a rentabilizar a produção.

Este projecto foi de relevância significativa para a empresa, uma vez que se tratavam de linhas de montagem com significativo volume de produção nesse segmento e uma delas era a linha piloto da empresa, sendo importante melhorar o seu desempenho, facilitando

assim a resposta às necessidades de mercado. Essas necessidades estavam presentes ao nível da procura assim como na qualidade dos produtos, que está em grande parte relacionada com as condições de produção.

Tendo sido identificado o projecto a realizar, devidamente indicado pela empresa, tornou-se necessário perceber adequadamente os objectivos para definir, desse modo, os factores a analisar ao longo do projecto.

A actualização dos tempos foi um factor crucial, pelo facto de constituir a base de trabalho deste projecto. Ao longo do tempo os tempos obtidos podem variar, principalmente desde o início de produção de um determinado produto até ao seu amadurecimento, explicando-se essa alteração pela experiência ganha pelos operadores. Outro factor que poderia afectar os tempos, era a actualização das ferramentas utilizadas na montagem. Com isto, pretende-se salientar que se deve sempre possuir a base de dados actualizada permitindo manter as capacidades da linha também elas actualizadas, assim como facilitar o melhoramento dos balanceamentos.

A actualização contínua dos tempos e balanceamentos é vantajosa no que toca à detecção de problemas, como por exemplo excesso de recursos na linha. Os recursos poderão ser humanos ou físicos. Por exemplo, se efectuarmos o levantamento dos tempos apenas no início de produção de um produto, podemos correr o risco de ter custos desnecessários ao se manter um operador a mais na linha. Com o aumento de experiência, os tempos alteram-se e poderão ter como impacto a redução de um operador. Por outro lado, poderão haver postos, por exemplo duplicados que, ao se alcançar níveis de experiência razoáveis, poderão constituir capacidade não utilizada, representando portanto um desperdício.

A escassez de espaço para o correcto desempenho dos operadores, poderá ter impacto na qualidade do produto e capacidade da linha, pelo que é um factor que não deve ser descurado. A linha *Dinion XF* é a que apresenta maiores dificuldades a este nível. Aquando da junção das linhas, esta variável foi contemplada por forma a que esta lacuna pudesse ser ultrapassada.

O modelo *Freya IP* dizia respeito a um dos produtos mais recentes da linha *Dinion XF*, com maior procura e de maior complexidade na sua montagem. Apresentava como

*bottleneck* o teste da placa IP<sup>1</sup>, o que prejudicava significativamente a resposta às necessidades de procura. A capacidade encontrava-se afectada em cerca de 45%, o que despoletou a necessidade de solucionar este problema. Por outro lado, com a entrada de novos produtos na linha, que também possuíam essa placa, se o problema não fosse resolvido, também teriam os volumes de produção afectados.

Com o objectivo de ultrapassar essas limitações e estudar adequadamente as linhas seguiram-se os passos apresentados no ponto seguinte.

## **1.5. Metodologia**

Em primeiro lugar foi efectuado o levantamento da informação existente no sistema da empresa e foi feito um enriquecimento dessa informação através de dados retirados por observação directa nas linhas de montagem. Procurou-se que toda a informação obtida fosse o mais precisa possível, possibilitando a constituição de um bom *input* do projecto com vista a se alcançar um *output* de confiança.

Na sequência deste trabalho inicial foram efectuadas as listas de tarefas correspondentes à montagem de cada produto, as relações de precedência entre as mesmas e os respectivos tempos padrão.

Obtida esta informação, foram utilizados algoritmos de balanceamento, de forma a obter-se diferentes configurações das linhas de montagem. Estas configurações foram alcançadas considerando diferentes capacidades para a linha e para a hipótese de junção das linhas.

Posto isto, foram desenhados e analisados um conjunto de *layouts* verificando-se, para cada um os postos de trabalho necessários, os movimentos dos operadores e as respectivas tarefas a desempenhar.

Finalmente, uma vez toda a informação documentada, procedeu-se à implementação prática da proposta. Posteriormente, e numa perspectiva de melhoria contínua seria necessário proceder à respectiva avaliação e eventuais melhoramentos.

---

<sup>1</sup> Placa IP atribui a capacidade de conectar a câmara à rede internet e posteriormente visualizar as imagens da mesma em qualquer parte do mundo.

## **1.6. Estrutura do relatório**

O relatório é estruturado em 4 capítulos principais. Todos os capítulos possuem uma pequena introdução facultando uma perspectiva genérica do que se encontra descrito em cada um.

Capítulo I – No presente capítulo pretende-se proporcionar uma visão geral dos conteúdos abordados e principalmente elucidar sobre a situação que permitiu a elaboração deste projecto. Iniciou-se com uma pequena introdução para situar o leitor no contexto do relatório e seguiu-se com uma apresentação geral da empresa, que constitui um elo importante para o sucesso do projecto, apresentação dos objectivos a alcançar, os problemas a resolver e o método utilizado para a sua resolução.

Capítulo II – Este capítulo apresenta um enquadramento teórico, ou seja, efectuou-se uma revisão bibliográfica dos temas com significativo relevo para a realização deste relatório e teve como principal objectivo apoiar todas as tarefas e metodologias utilizadas no caso prático. Os temas abordados foram: *layouts*, linhas de montagem, balanceamento de linhas de montagem e medição de trabalho.

Capítulo III – Aqui encontra-se descrito todo o caso prático. Todos os passos da metodologia utilizada são descritos de forma detalhada e são apresentados os dados obtidos com as alterações nas linhas e respectivos impactos, para se poder efectuar uma avaliação final. É apresentado o cenário anterior e o actual facilitando a avaliação e a percepção de ganhos e perdas.

Capítulo IV – Neste capítulo final são apresentadas as conclusões gerais do trabalho assim como os aspectos que ficaram por abordar e que deverão ser alvo de estudos e trabalhos futuros.



---

## 2. Capítulo II

---

### **Conteúdo**

*Layouts*

Linhas de montagem

Balanceamento de linhas de montagem

Medição de trabalho



## 2.1. Revisão bibliográfica

Neste capítulo serão abordados os temas teóricos utilizados como base para a concretização do projecto em causa. Tratou-se de uma fase importante, uma vez que permitiu trabalhar de uma forma metódica. Assim, os temas abordados nesta secção são: *layouts*, falando-se um pouco dos que são mais utilizados, linhas de montagem, apresentando-se o seu conceito e características, balanceamento de linhas de montagem, iniciando-se com a sua definição, apresentação de objectivos, características e alguns métodos para a resolução do problema e por fim apresenta-se o tema medição de trabalho que de forma semelhante se demonstrou a sua definição e se explicou como se efectua.

### 2.1.1. *Layouts*

No âmbito deste projecto tornou-se relevante estudar os tipos de *layouts*, uma vez que o mesmo envolveu a elaboração de um novo *layout*.

Em primeiro lugar é importante apresentar o conceito de *layout*. Segundo Pinto (2006), *layout* diz respeito à distribuição dos recursos pelo espaço físico disponível, ou seja, diz respeito à relação física que existe entre as diferentes actividades de um processo. De forma simplificada, corresponde à disposição de todos os equipamentos, máquinas e postos de trabalho de uma forma mais eficiente, tendo em linha de conta alguns critérios como: abastecimento dos postos, fluxo dos operadores, materiais e informação, assim como futuras mudanças, entre outros.

O principal objectivo de um *layout* eficaz é desenvolver um sistema de produção que permita produzir o número de produtos desejados com qualidade e ao menor custo (Niebel et. al, 2003).

Aquando o planeamento de um *layout*, o mesmo deve ser bem pensado e analisado, uma vez que pode influenciar significativamente a produção e por outro lado pode levar a custos elevados dos produtos, ou seja, pode influenciar o desempenho do sistema produtivo. O investimento é um factor que está sempre presente nas decisões das empresas e o desenho e implementação de um *layout* comportam custos muito significativos, o que leva a concluir que um *layout* tem de ser bem pensado de forma a evitar erros. Muitos dos erros encontrados após implementação são de difícil resolução e também de investimento elevado. É de salientar que um *layout* irá ter uma duração de médio a longo prazo, logo os

erros irão acompanhar esse ciclo. Com isto, devem-se aplicar acções durante a concepção de modo a evitar o maior número de erros. Algumas das acções podem ser:

- Envolver pessoas de todas as áreas (qualidade, operadores, engenheiros industriais, etc.) assim como a gestão de topo;
- Entregar a liderança do projecto a pessoas experientes na área;
- Não considerar limitações financeiras que se repercutam em problemas no *layout*;
- Ter uma visão alargada desde o presente às acções que se pretendem efectuar no futuro;
- Conhecer bem os produtos e objectivos a alcançar.

(Chase, 2006)

Na concepção de um *layout* também é de relevo entender as vantagens de se alcançar um bom *layout* ou os problemas de se obter um mau *layout*. O quadro seguinte demonstra as consequências de cada um dos cenários.

**Tabela 1** – Bom versus mau *layout* (Fonte: Pinto, 2006)

Benefícios de um bom <i>layout</i>	Desvantagens de um mau <i>layout</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimiza custos de transporte e movimentação de matérias;</li> <li>• Correcta utilização dos espaços;</li> <li>• Utilização dos recursos humanos de forma eficiente;</li> <li>• Elimina estrangulamentos;</li> <li>• Melhora a comunicação;</li> <li>• Reduz tempos de processo e de serviço;</li> <li>• Elimina movimentos desnecessários;</li> <li>• Facilita a movimentação de recursos e cargas;</li> <li>• Incorpora medidas de higiene e segurança;</li> <li>• Promove a qualidade de produtos e serviços;</li> <li>• Facilita as operações de manutenção;</li> <li>• Facilita o controlo visual das operações;</li> <li>• Garante a flexibilidade dos sistemas de produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevados custos de posse e de movimentação;</li> <li>• Maiores tempos de ciclo e maiores <i>lead times</i>;</li> <li>• Elevados stocks intermédios;</li> <li>• Pior qualidade;</li> <li>• Danos nos artigos e produtos;</li> <li>• Problemas de segurança e na moral dos colaboradores;</li> <li>• Baixa utilização de espaços e equipamentos;</li> <li>• Zonas congestionadas e outras não.</li> </ul>

Na definição de um *layout* terão de ser analisados vários factores para que o mesmo esteja adequado à situação em análise. Um dos pontos em consideração é a forma como se executa o fluxo de materiais, ou seja, ao tipo de processo. Assim temos as seguintes situações:

✦ **Produção unitária ou job shop:** diz respeito a um processo onde os produtos são personalizados de acordo com os requisitos do cliente. Esta produção é efectuada em pequenas quantidades, sendo por vezes unitária. Para tornar possível este processo, o equipamento deve garantir flexibilidade e os colaboradores devem possuir uma formação diversificada promovendo a capacidade de produzir diferentes produtos.

✦ **Produção em lotes ou batch:** Comparando este processo com o anterior, é menos flexível, os lotes de produção são maiores mas a personalização é menor. Apesar de o equipamento também ser *standard*, podem existir ferramentas dedicadas a determinadas tarefas. Da mesma forma, os colaboradores, por norma, estão afectos a tarefas específicas, no entanto possuem uma formação polivalente.

✦ **Produção em série ou em massa:** Assim como o próprio nome indica, este processo está essencialmente dedicado à produção de grandes volumes de produtos, sendo que os mesmos são de reduzida variedade. No que toca a níveis de flexibilidade, os mesmos deixam de ser relevantes e a prioridade é garantir elevada cadência de produção. Assim, os equipamentos são feitos à medida de modo a que se alcance os níveis desejados de produção. Neste contexto os operadores não necessitam de muita formação, sendo apenas necessários para a monitorização e controlo.

✦ **Produção em contínuo:** Este processo assemelha-se ao anterior. Os mesmos distinguem-se pelo tipo de produto em produção. No caso anterior estamos a lidar com produtos discretos, sendo que neste caso os mesmos são contínuos, como o exemplo da pasta de papel. Este processo tem como principal característica o facto de ter de recorrer a tecnologia de ponta.

Com base nesta informação, podemos optar pelo tipo de *layout* que melhor se enquadra na situação, sendo que, segundo Pinto (2006), existem quatro tipos básicos de *layouts*:

- ✦ *Layout* por produto;
- ✦ *Layout* por processo;
- ✦ *Layout* celular;
- ✦ *Layout* de posição fixa.

Antes de se proceder à explicação de cada um dos *layouts*, é importante referir que nenhum dos tipos de *layout* é considerado como o melhor. Um tipo de *layout* pode ser o melhor numa determinada situação e no entanto ser muito fraco para outras situações. Portanto,

antes de se definir um *layout*, tal como já foi referido, deve-se proceder a uma análise das circunstâncias do projecto e com base nessa informação proceder à concepção. É por estas razões que como primeiro plano se deve conhecer o produto a produzir, conhecer as suas tarefas e sequência de processamento de forma pormenorizada com vista a se alcançar o *layout* mais adequado.

**Layout de posição fixa:**

Um *layout* de posição fixa está relacionado com projectos de grande envergadura. O mesmo é estacionário e todos os recursos, tais como operadores, equipamentos, ferramentas, materiais, são movidos para o local da construção do produto. Esta necessidade surge pelas características especiais do produto, tais como a sua dimensão, peso, volume, entre outras, que levam a que seja difícil ou impossível movimentar o produto. Nestes projectos inserem-se projectos de construção civil, construção de aviões, barcos, entre outros de características idênticas. A localização pode ser estratégica, como no caso dos barcos, ou então no local destinado para o produto, como no caso dos edifícios.

**Layout por processo:**

Um *layout* por processo organiza todos os equipamentos e processos por secções ou departamentos onde o trabalho a executar é igual ou idêntico. Por exemplo, um produto que envolva corte, moldagem, pintura, inspecção, montagem e inspecção final poderá ter que percorrer as secções de corte, moldagem, pintura, inspecção e montagem. Ao longo da produção o produto vai percorrendo as diferentes secções até estar finalizado. Este tipo de *layout* é bastante flexível o que permite à organização produzir vários produtos fazendo-os percorrer as secções que necessitam até estar totalmente produzido. No entanto, comporta desperdícios ao nível de transporte de materiais, frequentes *setups*, tempos não produtivos e, adicionalmente, é de difícil gestão. A maior valia do *layout* é o facto de responder às variações de procura e dos produtos.

Neste tipo de sistemas os produtos são transferidos de secção em secção sob a forma de lotes e, com isto, é necessário um meio de transporte para efectuar o manuseio das peças satisfazendo as diferentes rotas possíveis entre departamentos, o que corresponde a maiores

investimentos a esse nível. Esse meio deverá ser capaz de responder a todas as variações de requisitos para cada departamento/secção.

Se compararmos a vulnerabilidade deste tipo de *layout* com o seguinte, este é muito menos vulnerável. Este facto é inerente ao facto de o sistema estar organizado por processos, ou seja, equipamentos idênticos ou iguais, e não estar organizado em sequência, logo as avarias mecânicas e/ou o absentismo não têm um impacto tão significativo no funcionamento do sistema. Por outro lado a produção é feita em lotes o que torna a produção menos dependente entre processos.

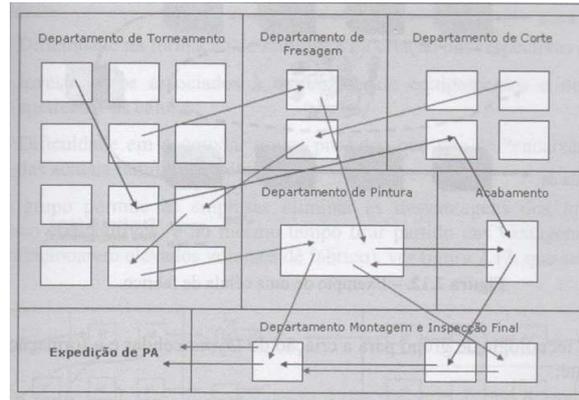
Stevenson (2002) enumera algumas vantagens e desvantagens que se apresentam em seguida.

Vantagens:

1. Sistema capaz de responder às variações dos requisitos;
2. Sistema não é particularmente vulnerável a falhas de equipamentos;
3. O equipamento geral é frequentemente menos dispendioso do que os equipamentos especializados utilizados nos *layouts* por produtos e é mais fácil e menos dispendioso de manter;
4. É possível utilizar sistemas de incentivo individuais.

Desvantagens:

1. Os custos do inventário em processo podem ser elevados se forem utilizados lotes de produção no sistema;
2. A definição das rotas de processamento e o planeamento da produção colocam desafios contínuos;
3. Níveis de utilização de equipamento baixos;
4. Manuseio de material lento e ineficiente, e mais caro por unidade quando comparado com o *layout* por produto;
5. A complexidade do trabalho leva a altos custos de supervisão quando comparado com o *layout* por produto;
6. A necessidade de especial atenção para cada produto ou cliente e volumes baixos resultam em custos unitários mais elevados do que no *layout* do produto;
7. Contabilidade, controlo de inventário e compras são muito mais envolvidos do que no *layout* por produto.



**Figura 6** – Exemplo de *layout* por processo (Fonte: Pinto, 2006)

**Layout por produto:**

O melhor exemplo para este tipo de *layout* é uma linha de montagem. Uma linha de montagem diz respeito a um conjunto de postos de trabalho sequenciais e interligados por um sistema de transporte de materiais, ou seja, neste caso o *layout* é composto por um conjunto de equipamentos e processos dispostos de forma sequencial para se poder produzir um determinado produto ou famílias de produtos. Assim como indica a designação (*layout* por produto), este *layout* é preparado de forma a ser dedicado a determinado produto. Esta configuração é a mais indicada quando se pretende obter um elevado nível de *output*, sendo que a utilização dos recursos é maximizada. Assim, quando o objectivo da empresa é actuar no mercado com preços competitivos, estamos perante a situação mais indicada. Isto deve-se ao facto de neste tipo de *layouts* ser possível reduzir os *setups* e transportes, assim como rentabilizar tempos não-produtivos. (Stevenson, 2002 e Pinto, 2006)

É de salientar que esta linha só permite elevado nível de produção, se os produtos forem estandardizados. Caso se esteja perante uma situação de grande personalização, será difícil ter um processo deste tipo.

Como neste tipo de *layouts* os produtos se movem rapidamente de operação em operação a quantidade de produtos em processo (*WIP – Work in Process*) é reduzida, o que corresponde a uma grande vantagem, pois em caso de necessidade de *rework* desses mesmos produtos, a quantidade de peças é pequena, ou em caso extremo se as peças forem mesmo defeituosas a quantidade de material danificado é menor o que equivale a menores custos.

Por outro lado, neste tipo de sistemas a vulnerabilidade é uma constante. Como as operações são interligadas e dependentes umas das outras, se acontecer um problema mecânico ou de absentismo, o sistema pode trabalhar de forma ineficiente ou até mesmo parar. Com base neste facto é necessário constituir medidas de prevenção e não é suficiente remediar. Quando se trata de um sistema composto por sistemas mecânicos (por exemplo, ferramentas ou máquinas) os mesmos deverão ter uma manutenção e inspecção periódica, para que a probabilidade de se avariarem durante o período de produção seja menor. Outra medida, mas que comporta capital parado, é possuir material substituto, caso sejam de troca rápida, e/ou manter uma caixa de ferramentas que apoiem a reparação rápida do sistema. Quanto ao absentismo, uma medida que pode ser tomada para minimizar os impactos é formar todos os operadores de modo a que os mesmos sejam polivalentes e assim minimizar o risco de parar uma determinada operação (Stevenson, 2002 e Pinto, 2006).

Vantagens (Stevenson, 2002):

1. Elevado nível de *output*;
2. Baixo custo unitário devido ao elevado volume; o elevado custo de equipamento especializado está distribuído por várias unidades;
3. O trabalho especializado reduz os custos de treino e tempo, o que resulta num amplo leque de supervisão;
4. Baixo custos de manuseio dos materiais por unidade; o manuseio dos mesmos é simplificado uma vez que as unidades seguem a mesma sequência de operações;
5. Elevada utilização de mão-de-obra e equipamentos.

Desvantagens (Stevenson, 2002):

1. A intensa divisão do trabalho normalmente leva a aborrecimento, tarefas repetitivas oferecem pouca oportunidade de avanço e pode levar a problemas de moral e lesões por esforço repetitivo;
2. Trabalhadores pouco qualificados podem apresentar pouco interesse na manutenção dos equipamentos e na qualidade dos produtos;
3. O sistema é bastante inflexível na resposta a mudanças de volume de produção ou mudanças no projecto do produto ou processo;
4. Sistema muito susceptível a falhas causadas por paragens de equipamento ou excessivo absentismo;
5. Manutenção preventiva, capacidade para reparações rápidas e *stock* de peças suplentes são despesas necessárias;

6. Planos de incentivo vinculados à produção individual são impraticáveis, uma vez que poderia causar variações entre as saídas de trabalhadores, o que prejudicaria o bom fluxo de trabalho através do sistema.

A seguinte figura ilustra este tipo de *layout*:

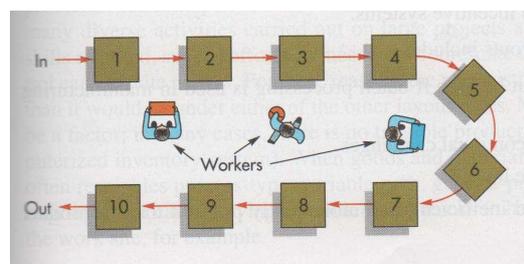


**Figura 7** – Exemplo de *layout* por produto (Adaptado de Pinto, 2006)

Layout em U:

De acordo com Stevenson (2002), um *layout* por produto pode adoptar uma forma em U, em vez de uma linha tal como visualizamos na figura 7. Esta opção possui uma série de vantagens que vêm solucionar os problemas dos *layouts* em linha recta. Entre elas, temos o facto de a linha ser mais compacta e com isto promover a comunicação entre os operadores, fomentando o trabalho em equipa e permitindo que executem diferentes operações. Estes factores facilitam o balanceamento da produção. Por outro lado, no que toca a distâncias a percorrer pelos operadores e até mesmo para manuseio dos produtos é menor, o que nos leva a menores tempos que não acrescentam valor. Um *layout* deve ser fixo e deve permitir responder às diferentes quantidades de procura ao longo do tempo. Para isto o número de operadores vai-se alterando e este tipo de *layout* facilita esta situação, uma vez que os operadores podem realizar as tarefas de diferentes postos com menor esforço.

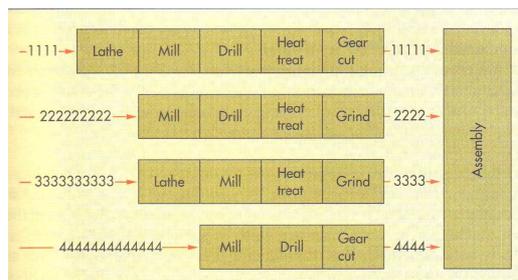
Nas situações em que a elevada automação está presente estas linhas podem não ser as mais vantajosas, uma vez que não necessitam que haja um trabalho em equipa e comunicação. Por outro lado, se existirem requisitos de barulho e contaminação pode ser mais indicada uma linha recta.



**Figura 8** – *Layout* em U (Fonte: Stevenson, 2002)

**Layout celular:**

Este *layout*, tal como o próprio nome indica, organiza os equipamentos/máquinas em células de fabrico. Cada célula é composta por um conjunto de máquinas. Este agrupamento é definido pelo conjunto de operações necessárias para a produção de produtos semelhantes ou famílias de produto que exigem um processamento semelhante. Cada produto não tem de passar obrigatoriamente por todos os processos que compõem a célula de fabrico. Assim sendo, a disposição das máquinas deve permitir reduzir as distâncias de manuseio dos materiais de produto para produto. Ou seja, todos os produtos seguem um caminho semelhante “saltando” apenas o(s) processo(s) que não lhe pertence(m). Estas variações entre produtos devem ser pequenas para que a flexibilidade deste tipo de *layouts* não se perca. Esta explicação pode ser complementada com a seguinte figura:



**Figura 9** – Exemplo de *layout* celular (Fonte: Stevenson, 2002)

Segundo Chase (2006), estes *layouts* partilham os benefícios de um *layout* por produto:

1. Melhores relações humanas: as células consistem em utilizar poucos trabalhadores que formam uma pequena equipa de trabalho.
2. Melhoria da experiência do operador: os trabalhadores vêm apenas um número limitado de componentes diferentes num ciclo de produção finito, logo a repetição leva à aprendizagem rápida.
3. Menos *stock* de materiais em processo e de manuseio: uma célula combina várias fases de produção, logo são menos as peças que circulam através do *shopfloor*.
4. *Setups* mais rápidos: menos produto significa a redução de ferramentas e, consequentemente, mudanças de ferramentas mais rápidas.

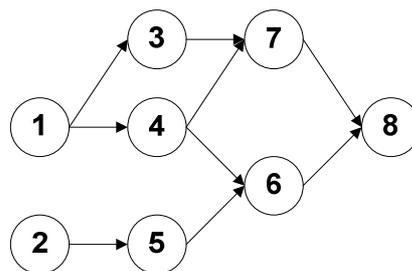
### 2.1.2. Linhas de montagem

Segundo Simaria (2001), linha de montagem diz respeito a um conjunto de postos de trabalho sequenciais e interligados por um sistema de transporte de materiais. Com isto pretende-se que o produto seja montado de forma sequencial ao longo dos postos, onde cada posto possui a sua função e acrescenta valor ao produto. Esta ordem é definida pelo fluxo criado pelas precedências obtidas através das características físicas do produto, assim como pelos tempos de cada tarefa. Este método permite uma produção de volumes superiores.

A afectação das tarefas aos postos de trabalho tem em consideração os seguintes aspectos:

- I. Tempo de execução da tarefa;
- II. Restrições de precedência: estas restrições são obtidas através das características do produto definindo a sequência pela qual devem ser executadas as tarefas. Estas restrições são encontradas através de aspectos físicos, de qualidade ou tecnológicos.

É de notar que define-se como tarefa a unidade de trabalho que acrescentar valor ao produto e que não é divisível (Simaria, 2001). No que respeita às precedências, são obtidas através do estudo do produto de forma criteriosa, de modo a criar-se fluxo de trabalho. As mesmas são representadas de forma gráfica, através de um diagrama de precedências composto por nós numerados e arcos dirigidos para as tarefas com as quais possui uma relação de precedência, onde os números dizem respeito à tarefa. De seguida apresenta-se um exemplo simples de um diagrama de precedências.



**Figura 10** – Diagrama de precedências representativo

Neste diagrama podemos verificar que as tarefas 1 e 2 podem ser das primeiras a ser executadas uma vez que não possuem precedências. No entanto, por exemplo, a tarefa 6 não poderá ser efectuada sem que as tarefas 4 e 5 estejam finalizadas. Com esta informação efectua-se a afectação das tarefas aos postos de trabalho.

Segundo Simaria (2001) os postos de trabalho podem corresponder a infra-estruturas preparadas para auxiliar um operador a executar as tarefas a si alocadas, sendo este composto por ferramentas, como aparafusadoras, *jigs*<sup>2</sup>, entre outros, a máquinas semi-automáticas, ou até mesmo a uma máquina totalmente automática. Cada posto possui um tempo de carga que corresponde à soma do tempo de execução de todas as tarefas do posto.

As linhas de montagem podem ser síncronas ou assíncronas, dependendo do tempo disponível para a execução das tarefas nos postos de trabalho.

As linhas de montagem síncronas dizem respeito àquelas cujos postos de trabalho possuem o mesmo intervalo de tempo para a execução das tarefas. Esse intervalo de tempo denomina-se por tempo de ciclo. Neste tipo de linhas, sempre que se atinge o tempo de ciclo a montagem deve ser transferida para o posto seguinte e este deve receber do posto anterior uma montagem. Este processo é executado para que todos os postos operem em simultâneo. Desta forma, é fácil compreender a capacidade da linha de montagem, uma vez que se resume à divisão do tempo disponível de produção pelo tempo de ciclo. É de salientar que o tempo de ciclo, não deverá ser inferior ao tempo da tarefa mais longa, uma vez que as tarefas são indivisíveis, caso contrário obrigará à criação de postos paralelos. Outro conceito importante é o tempo inactivo da linha que corresponde à soma dos tempos inactivos dos postos. Tempo inactivo do posto, diz respeito à diferença positiva entre o tempo de ciclo e a carga do posto de trabalho (Simaria, 20001).

As linhas de montagem assíncronas não são tão lineares, pelo facto de não possuírem um intervalo de tempo fixo para a execução das tarefas por posto. Assim, é necessário utilizar entre os postos um *buffer* de forma a camuflar as diferenças de carga entre postos de trabalho. (Simaria, 2001)

No caso concreto da empresa onde se realizou este projecto, para além do tempo de ciclo também se utilizava o *takt time*. O *takt time* corresponde ao valor de tempo, hipotético, de quanto em quanto tempo o cliente compra um produto. Para se alcançar este valor, é necessário efectuar um estudo das previsões de venda e encontrar o número de produtos que é necessário produzir por dia para satisfazer a procura. De seguida, sabendo a

---

<sup>2</sup> *Jig* trata-se de uma ferramenta de apoio às tarefas a executar, por exemplo, uma base para manter o produto fixo de forma a se poder aparafusar correctamente.

capacidade diária necessária e sabendo o tempo disponível para produzir encontra-se através do rácio (tempo disponível/produtos por dia) o *takt time*, que indica de quanto em quanto tempo tem de sair um produto da linha para se alcançar a capacidade desejada. Posto isto, calcula-se o tempo de ciclo máximo da linha que deve corresponder, segundo o estabelecido pela empresa, a 90% do *takt time*.

Também é possível encontrar informação sobre *takt time* na fonte: Pinto, 2006.

### **2.1.3. Balanceamento de linhas de montagem**

Segundo Scholl et al. (2006) o problema de balanceamento de linhas de montagem, com o passar do tempo, tem vindo a crescer em termos de relevância para as empresas. As linhas de montagem sempre tiveram muito valor quando se falava de produção em massa de produtos padronizados, no entanto, com o passar do tempo, começaram a ganhar importância também na produção de produtos personalizados.

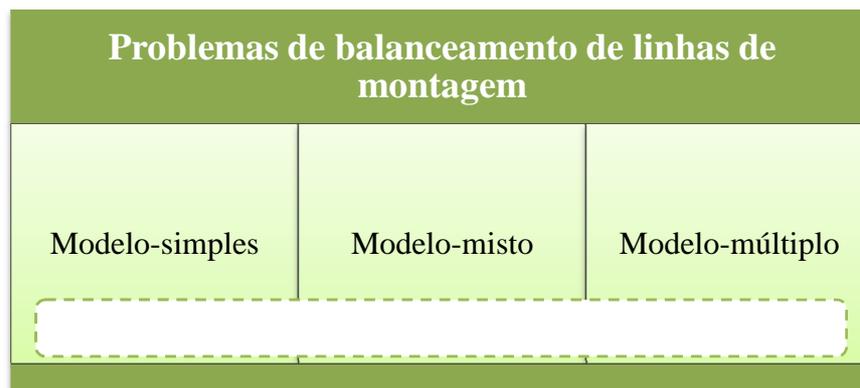
O investimento para se efectuar uma nova linha de montagem, ou a sua reconfiguração, é de ordem elevada. Como a mesma irá permitir obter um sistema de custos eficiente, devemos ter muito cuidado na sua definição. Para esta acção é necessário considerar todos os factores e objectivos a alcançar com a linha de montagem. Deve-se definir ao pormenor todo o equipamento necessário para a correcta execução das tarefas, assim como a capacidade que a linha deve comportar.

O balanceamento de uma linha de montagem é de grande pertinência para o projecto em questão e daí a abordagem deste tema. Assim como já foi mencionado, o projecto trata da reconfiguração de duas linhas de montagem tendo como base determinados objectivos. Como o investimento era de ordem elevada, foram previamente encontradas premissas para a eficiência da linha e objectivos a alcançar de modo a que a relação custo/benefício fosse compensatória.

Com o intuito de enquadrar o projecto desenvolvido é então necessário começar por definir este conceito de balanceamento de linhas de montagem. O objectivo é alocar todo o trabalho existente ao longo da linha de montagem, tendo como base critérios e não descurando as restrições existentes. Os critérios encontram-se ao nível dos objectivos, enquanto que as restrições estão mais presentes no caso de rebalanceamento, onde a linha de produção já existe e o produto já adquiriu algum tempo de vida. Com isto, no

rebalanceamento que será imposto pelas mudanças da linha, ao nível da aprendizagem dos operadores, por exemplo, poderão existir restrições de abastecimento levando à necessidade de manter determinadas tarefas em postos específicos, assim como existirem postos dedicados à execução de tarefas em particular (Scholl et al., 2006).

O problema de balanceamento de linhas de montagem está presente em diferentes ambientes industriais com produtos muito variados, desde carros até electrodomésticos. Assim sendo, cada produto irá despoletar diferentes sistemas produtivos. Com base nesta informação, conclui-se que o número de tipos de problemas de balanceamento passa a ser relevante. Neste contexto serão utilizados as características e pressupostos para os problemas de balanceamento adoptados por Scholl (1999), que teve como referência a literatura dos autores Wild (1972), Buxey et al. (1973), Aneke e Carrie (1984), Ghosh e Gagnon (1989), Shtub e Dar-El (1989).



**Figura 11** - Classificação dos problemas de balanceamento (Adaptado de Scholl, 1999)

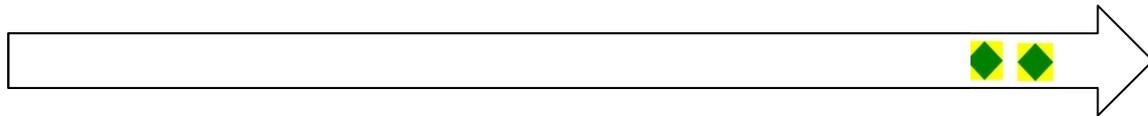
O esquema anterior tem como objectivo ilustrar os diferentes tipos de problemas de balanceamento. Estas três variantes dos problemas de balanceamentos surgiram pelas principais características inerentes ao problema, nomeadamente, o número de produtos que levará à escolha do modelo mais adequado e a natureza dos tempos de processamento das tarefas. Outro factor que pode completar este esquema é o facto de a linha ser síncrona ou assíncrona.

### **Número de produtos:**

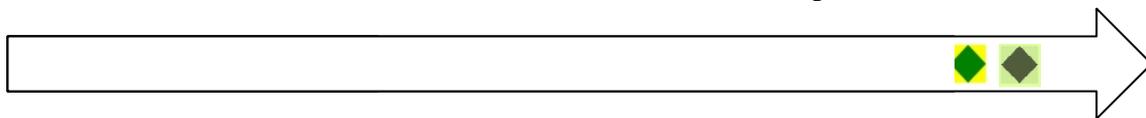
O número de produtos produzidos numa determinada linha é uma das características mais importantes neste tipo de problemas. Assim, de seguida será efectuada uma pequena descrição de cada um dos casos.

Existem três tipos de linhas baseadas no número de produtos que aí são produzidos, sendo elas: linhas de modelo-simples, linhas de modelo-misto e linhas de modelo-múltiplo. As designações por si só já permitem perceber a quantidade de produtos por linha.

**Linhas de modelo-simples:** tratam-se de linhas dedicadas à montagem de um único produto, completamente homogéneo, continuamente produzido em massa. Cada posto tem a si afecto tarefas fixas que são executadas repetidamente de produto para produto. Assim, as cargas de trabalho de todos os postos permanecem constantes ao longo do tempo.

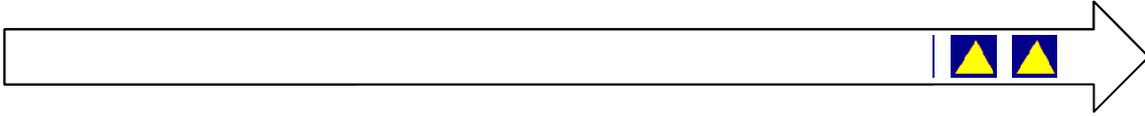


**Linhas de modelo-misto:** neste tipo de linhas produzem-se modelos diferentes de um determinado produto. Todo o processo de produção é muito idêntico, ou seja, mantêm-se entre os produtos precedências e tarefas idênticas. Por exemplo, no caso prático apresentado no capítulo seguinte, temos o exemplo das câmaras Dinion que existe em diferentes versões, entre as diferentes versões o que muda são os processadores, os sensores, ou até mesmo apenas um conector que é ou não colocado dependendo da versão. Independentemente destas diferenças as tarefas mantêm-se de versão para versão. Como os modelos são muito similares a existência de *setup* pode ou não acontecer, sendo que no caso positivo estes são mínimos. Este tipo de processo justifica-se em situações em que a procura de um determinado modelo não compense ter uma linha dedicada. Assim, a sequência de produção deve ser otimizada de forma a satisfazer os requisitos do cliente, sendo a mesma intermitente entre as diferentes variantes de um produto.



**Linhas de modelo-múltiplo:** este caso é idêntico ao anterior no sentido em que são produzidos vários modelos na mesma linha de produção, no entanto, as diferenças entre os modelos passam a ser significativas, uma vez que carecem de um *setup* para mudança de equipamentos. Assim os modelos são produzidos sob a forma de lotes e a sequência dos lotes deve ser a que possibilita a redução do tempo de *setup*. É de salientar que quanto maior for o tempo de *setup* maior terá de ser o lote produtivo aumentando o custo de

inventário e por outro lado reduzindo a flexibilidade da linha. Com isto deve-se efectuar um *trade-off* tendo como alicerce que objectivos se pretendem alcançar e actuar de acordo com os mesmos.



9)

### **Natureza dos tempos de processamento:**

**Tempos determinísticos:** neste caso são utilizados valores fixos, uma vez que, as variações associadas não são de ordem significativa. Na maioria das linhas de montagem os postos de trabalho possuem pequenas tarefas simples, que são executadas por operadores humanos, onde a variação do seu trabalho é atenuada por métodos robustos e sofisticados e em simultâneo os operadores devem trabalhar com qualidade e de forma motivada. Nos sistemas de produção mais tecnológicos a variação dos tempos é reduzida pela automação dos mesmos, podendo assim aplicar-se também este caso.

**Tempos estocásticos:** ao oposto dos tempos determinísticos, nesta situação a variabilidade gerada por trabalhadores humanos é considerada. Isto verifica-se para a situação em que as tarefas a desempenhar pelo operador são longas ou complexas e assim as variações de tempo de processamento podem influenciar o desempenho do sistema, devendo assim ser consideradas. Por outro lado, no caso de sistemas automáticos os tempos são praticamente constantes, no entanto podem ocorrer falhas que provoquem variações na taxa de produção, pelo que as probabilidades de avaria devem ser incorporadas nos modelos de balanceamento, segundo Simaria (2001) com citação de Chow (1987).

Até ao momento é possível concluir que existem três tipos básicos de problemas de balanceamento de linhas de montagem que se classificam com base no número de produtos, gerando diferentes linhas de montagem, e com base na natureza dos tempos de processamento.

O problema de balanceamento de linhas de montagem pretende afectar as tarefas aos postos de trabalho de forma a se minimizar os tempos inactivos nos postos, assim como, equilibrar a carga de trabalho entre os mesmos. A afectação das tarefas é efectuada tendo

como base a procura desejada, para que a linha de montagem cumpra com os requisitos de procura.

Segundo Simaria (2001), o problema de balanceamento de linhas de montagem simples (PBLMS) que foi formulado por Salveson (1955) tinha como objectivo afectar as tarefas aos postos de trabalho de modo a minimizar o número de postos de trabalho ou o tempo de ciclo da linha.

No PBLMS a afectação das tarefas baseia-se no ritmo da procura e cumpre com as seguintes condições:

- i. Uma tarefa não pode ser dividida, tendo que ser realizada por completo num único posto de trabalho;
- ii. A sequência de tarefas afectadas tem de respeitar as precedências tecnológicas;
- iii. Todos os postos de trabalho têm condições para realizar qualquer tarefa;
- iv. Os tempos de processamento das tarefas são conhecidos e são independentes do posto de trabalho em que se realizam;
- v. O somatório dos tempos de processamento das tarefas afectadas a cada posto de trabalho não pode exceder o tempo de ciclo, determinado pela procura do produto.

(Simaria, 2001)

Simaria (2001), com referência a Baybars (1986a), indica que existem duas formulações para o problema de balanceamento de linhas de montagem simples:

**PBLMS-I:** minimizar o número de postos de trabalho para um dado tempo de ciclo.

**PBLMS-II:** minimizar o tempo de ciclo para um dado número de postos de trabalho.

A primeira formulação é utilizada no projecto de novas linhas de montagem, enquanto que, a segunda utiliza-se em linhas já implementadas e que sofram alterações ao nível da procura.

No que toca aos tipos de problemas existentes e já referidos, o PBLMS-I é o mais simples, no entanto não poderá ser utilizado na maioria dos casos reais, uma vez que não os representam na sua totalidade devido às suas características simplistas. Para se ultrapassar estas limitações existem aspectos a incorporar nos modelos para o problema de balanceamento de linhas de montagem com o intuito de se aproximarem o mais possível da realidade industrial. Alguns desses aspectos são: restrições de afectação, linhas paralelas,

postos de trabalho paralelos, linhas de montagem em U e critérios para avaliação da qualidade das soluções.

**Restrições de afectação:** as restrições de afectação podem estar inerentes a vários factores. Estas restrições terão como consequência uma diminuição do número de possibilidades na alocação das tarefas, ou seja, o número de postos aos quais as mesmas podem ser atribuídas ficará limitado. Os factores associados poderão ser os postos de trabalho devido às suas condições de equipamento, abastecimento e outros factores, pode existir incompatibilidade de tarefas ou do oposto. Ou seja, podem existir tarefas que não podem ser efectuadas no mesmo posto por questões de qualidade, ergonomia ou outras justificações, assim como pode acontecer determinadas tarefas terem de ser efectuadas no mesmo posto de trabalho porque, por exemplo, utilizam o mesmo equipamento. Também podem existir casos de restrição de posição por questões de dimensão dos produtos, por outro lado, as qualificações dos operadores podem gerar restrições, tendo-se de agrupar tarefas de acordo com a sua complexidade.

**Linhas paralelas:** a flexibilidade dos sistemas produtivos é um factor de ordem elevada no sector industrial actual e a rapidez de resposta às variações de procura está directamente relacionada com esse factor. Assim, a opção de várias linhas paralelas para a produção de um ou vários produtos contribui para o aumento da flexibilidade e redução dos riscos de falha, como paragens devido a avarias de máquinas. Esta solução no problema de balanceamento permite um maior número de combinações possíveis das tarefas assim como o enriquecimento do trabalho, inerentes à possibilidade do aumento do tempo de ciclo (Simaria, 2001).

É de referir que no presente projecto, encontravam-se implementadas duas linhas paralelas, que desfrutavam das referidas vantagens, no entanto, as desvantagens prevaleciam de forma significativa. Os custos de investimento foram maiores e os gastos mensais também eram superiores, sendo alguns deles: arrendamento de mais espaço, equipamento duplicado, maior número de operadores e maiores gastos de manutenção. É portanto de salientar que a opção por linhas paralelas deve ser bem avaliada e viabilizada.

**Postos paralelos:** o recurso a postos paralelos em problemas de balanceamento é imposto quando determinadas tarefas que não se podem dissociar possuem um tempo de execução superior ao necessário para satisfazer os requisitos do cliente. Assim, a linha de montagem

passa a ser compostas por postos que executam em simultâneo as mesmas tarefas, beneficiando de um tempo de ciclo inferior, logo maior taxa de produção.

No capítulo III, correspondente ao caso prático, irá averiguar-se esta situação. Encontrava-se presente nas linhas de montagem iniciais, mas também constituiu uma das estratégias para se alcançar todas as condições exigidas pela realidade industrial.

**Linhas de montagem em U:** o aparecimento deste tipo de linhas de montagem constitui uma grande vantagem para o problema de balanceamento de linhas de montagem, devido às suas características de flexibilidade. Este tipo de linhas encontra-se com explicação mais detalhada no ponto sobre *Layouts* (2.1.1).

**Critérios para avaliação da qualidade das soluções:** para se apurar a qualidade das soluções dos modelos de balanceamento de linhas de montagem são utilizados critérios de carácter económico e técnico. Simaria (2001) indica que segundo Ghosh e Gagnon (1989) os critérios técnicos mais utilizados são:

- i. Minimização do número de postos de trabalho;
- ii. Minimização do tempo inactivo da linha.

No que diz respeito aos critérios económicos, relacionam-se com os custos de operação da linha de montagem, sendo eles:

- i. Custo de mão-de-obra;
- ii. O custo do tempo inactivo;
- iii. O custo das unidades incompletas.

Segundo Simaria (2001) outro critério poderá ser o equilíbrio de cargas entre postos de trabalho. Indica também a abordagem multi-critério no problema de balanceamento de linhas de montagem por diversos autores.

Na empresa onde se desenvolveu este projecto, os principais critérios utilizados para a avaliação da solução eram: o desbalanceamento (termo utilizado pela empresa) e o gráfico de carga por operador. O desbalanceamento está relacionado com o número de operadores teóricos necessários e os que são utilizados na realidade e encontra-se explicado no capítulo III. No mesmo capítulo é possível analisar um exemplo de gráfico de cargas (figura 27). O objectivo é que o desbalanceamento seja o menor possível e que as cargas de trabalho contenham pouca variação, analisando-se assim a qualidade da solução obtida. No

que diz respeito aos critérios económicos os mesmos são de grande relevância no início de um projecto, pretendendo-se utilizar o menor espaço possível, criar postos de trabalho que permitam a qualidade dos produtos, sistemas *poka yoke* para evitar erros com o intuito de reduzir custos de reparação de produtos, o número de operários necessários e entre outros. No entanto, estes critérios vão sendo avaliados ao longo do funcionamento da linha de montagem com o objectivo de aplicar medidas de melhoria contínua para melhorar os mesmos.

Conhecendo a existência das variantes associadas ao problema de balanceamento de linhas de montagem inerentes às características da realidade industrial, pretende-se assim conhecer os métodos existentes para o alcance de soluções do problema. Segundo Simaria (2001), as soluções podem ser obtidas por dois métodos, optimizantes e heurísticos, sendo que o primeiro tipo de método não permite uma representação tão abrangente da realidade como o segundo, logo demonstram-se como limitados.

**Métodos optimizantes:** a utilização destes métodos poderá comprometer a obtenção dos resultados, uma vez que, sendo o problema de alguma complexidade a solução do mesmo poderá não ser possível em tempo real. Nesse sentido, existe um maior número de métodos para o problema de balanceamento de linhas de montagem modelo-simples, quando comparado com o caso de modelo-misto.

Segundo Simaria (2001) e Scholl (1999) os métodos optimizantes para o PBLMS-I, baseiam-se normalmente no procedimento *branch-and-bound*, no entanto também podem utilizar programação dinâmica. O método *branch and bound* possui uma maior eficiência, possui um tempo de processamento inferior assim como inferiores requisitos de espaço para armazenamento. De acordo com Almeida et al. (2007) o método *branch and bound* corresponde a um algoritmo utilizado para encontrar soluções óptimas e utiliza dois mecanismos: *branching* e *bounding*.

Os métodos optimizantes mais utilizados, segundo refere Simaria (2001), para o PBLMS-I são: FABLE, OptPack, EUREKA e SALAME. Estes métodos baseiam-se numa pesquisa onde os ramos da árvore são totalmente explorados até que se encontre a solução óptima.

No que diz respeito ao problema de balanceamento de linhas de montagem de modelo-misto (PBLMM) o número de métodos existentes para se alcançar a solução óptima é mais

escasso quando comparado com o caso do PBLMS-I. De acordo com Simaria (2001) os autores Gocken e Erel (1997, 1998) e Erel e Gocken (1999) apresentam métodos de otimização para este tipo de problemas. O procedimento utilizado utiliza os diagramas de precedências dos diferentes modelos combinados num só, os tempos de ciclo e os tempos de processamento das tarefas de cada modelo.

Os métodos aqui apresentados não serão abordados detalhadamente, nem será exposta a explicação teórica e forma de resolução dos mesmos, uma vez que não foi o objectivo delineado para este projecto. No entanto, toda essa informação poderá ser consultada em Simaria (20001) e School (1999).

**Métodos heurísticos:** Como os métodos de otimização podem não ser viáveis pelo tempo de execução ou podem não permitir encontrar a solução óptima em tempo real, foram-se desenvolvendo heurísticas com o intuito de colmatar esses factos. Segundo School (1999) existe maior número de métodos de resolução para o PBLMS-I, sendo que são maioritariamente baseados em simples regras de prioridade.

No que se relaciona com o problema de balanceamento de linhas de montagem de modelo-misto (PBLMM) os métodos heurísticos são em menor quantidade, sendo que, na maioria dos casos, o procedimento a seguir é transformar o PBLMM em PBLMS-I através da combinação dos diagramas de precedências e dos tempos de processamento dos vários modelos.

Os métodos heurísticos podem ser classificados em:

- **Métodos construtivos:** estes métodos dão origem a apenas uma solução. Para o caso do PBLMS-I, segundo Simaria (2001), os mais simples são os que se baseiam em regras de prioridade, sendo que a ordenação das tarefas para a afectação aos postos de trabalho é feita segundo uma regra de prioridade que reflecte determinadas características das tarefas e do diagrama de precedências. O procedimento RPW (*Ranked Positional Weight*) constitui uma referência para este último caso. No entanto, também existem outras heurísticas, desenvolvidas por autores diferentes com base no número de tarefas precedentes (Kilbridge e Wester, 1961) e no tempo de processamento (Moodie e Young, 1965). As regras de prioridade não são o único caminho para a resolução dos problemas de balanceamento, existem, por

exemplo, autores que encaram este tipo de problemas como um problema do tipo “caminho mais curto” (Faaland et al., 1992). É de salientar que estes métodos não têm em consideração características especiais do problema, como a formação de postos paralelos e a existência de restrições de afectação. Um dos poucos que tem em consideração estas características é o método COMSOAL desenvolvido por Arcus em 1966 que aplica uma combinação de várias regras de prioridade.

No que diz respeito ao PBLMM, Simaria (2001) refere que Chakravarty Shtub (1986) apresenta dois procedimentos cujo objectivo é minimizar os custos globais. No primeiro caso a regra de prioridade baseia-se nos custos associados à afectação das tarefas e no segundo baseia-se no “caminho mais curto”. O caso em que o PBLMM é transformado em PBLMS é tratado por McMullen e Frazier (1997), cuja heurística considera os tempos de processamento estocásticos. Outra heurística que se pode referir é desenvolvida por Askin e Zhou (1997) que afecta as tarefas por ordem decrescente do seu peso posicional e permite postos paralelos para os casos em que o tempo de processamento ultrapassa o tempo de ciclo desejado.

- Métodos de melhoria: têm o objectivo de melhorar uma solução inicial determinada por um método construtivo. Ao contrário dos métodos construtivos, estes permitem a comparação de diferentes soluções e posterior decisão, não apresentando apenas uma solução. No caso do PBLMS, segundo Simaria (2001), as meta-heurísticas têm-se demonstrado adequadas no que toca à resolução de problemas de optimização combinatória. Quanto ao PBLMM, como os tempos de processamento das tarefas podem variar de modelo para modelo, não importa apenas minimizar os postos de trabalho, mas também equilibrar as cargas de trabalho dos vários modelos. Foi desenvolvida uma heurística baseada no algoritmo de recristalização simulada por McMullen e Frazier (1998) baseada em critérios multiobjectivo, sendo que a solução inicial é obtida pela heurística desenvolvida pelos mesmos autores em 1997. Para se obter as soluções vizinhas aplicam-se movimentos de tarefas, através da troca da posição das tarefas (tarefa final de uma estação com tarefa inicial da estação seguinte) ou transferência das tarefas da mesma forma. Simaria (2001) também refere que Merengo et al (1999) e Matanachai e Yano (2001) também apresentam um método de melhoria cujo

principal objectivo é o equilíbrio de cargas. Nestes dois casos não estão previstos postos paralelos, ao contrário do caso de McMullen e Frazier, que segundo Simaria (2001) não apresentam limite no número de postos paralelos a contemplar. Todos estes métodos de melhoramento encontram-se detalhadamente abordados por School (1999), sendo que não será efectuada essa análise neste relatório por questões de definição de objectivos para o mesmo.

Neste subcapítulo analisou-se de uma forma geral o tema de balanceamento de linhas de montagem, começando-se por definir o seu conceito, as suas características e por fim enumeraram-se alguns dos métodos existentes para a resolução deste tipo de problemas. De seguida irá abordar-se o tema da medição de trabalho que constitui um dos elos fundamentais para se poder aplicar estes métodos atrás referidos.

#### **2.1.4. Medição de trabalho**

A medição do trabalho consiste na determinação do período de tempo necessário para se concluir o trabalho (Stevenson, 2002).

Esta constitui uma ferramenta importante para as organizações, uma vez que constitui um *input* para se planear os recursos humanos e produção, estimar os custos inerentes, programação e projectar sistemas de incentivos.

Existem três formas mais comuns para se determinar os tempos padrão de trabalho a efectuar, sendo elas:

- Estimativa;
- Registos históricos;
- Processos de medição.

Segundo Niebel et al (2003), os analistas nos últimos anos basearam-se fortemente nas estimativas. No entanto, com o crescer da competitividade houve necessidade de refinar esse método para se obter dados mais precisos ao invés de dados obtidos por julgamento. Ao utilizar-se estimativas, os *standards* podem estar enviesados, pelo que os dados históricos e as técnicas de medição de trabalho são mais precisos.

No caso deste projecto, a medição de trabalho foi indispensável pelo facto de permitir entender o tempo necessário para a produção dos diferentes modelos de câmaras de

vigilância e posteriormente dimensionar a linha para uma capacidade que permitisse satisfazer a procura.

O tempo padrão é a quantidade de tempo que um trabalhador qualificado deve ter para completar uma determinada tarefa, trabalhando a uma taxa sustentável, utilizando métodos indicados, ferramentas e equipamentos, matéria-prima, e um local de trabalho adequado (Stevenson, 2002).

Na definição de um tempo padrão é necessário analisar e descrever bem todos as características presentes no momento da definição desse tempo, para que sempre que hajam alterações significativas com impacto no tempo padrão se desencadeie um novo estudo para se alcançar o novo tempo padrão, como o exemplo de alterações ao posto de trabalho, fazendo assim com que o tempo não se torne desactualizado.

No presente projecto o método que se utilizou foi o estudo de tempos por cronómetro, pelo que será o mesmo abordado de uma forma mais detalhada, no entanto existem outros que podem ser consultados em Stevenson (2002) e Niebel et al (2003).

O estudo de tempos por cronómetro foi escolhido pelo facto de se tratar de tarefas pequenas e repetitivas, sendo que o mesmo é o mais apropriado nestas situações. Este estudo é baseado em observações aos operadores definindo um número de ciclos de acordo com o rigor pretendido para os dados de *input*.

De acordo com Stevenson (2002) as etapas básicas num estudo de tempos são:

1. Definir as tarefas a serem estudadas e informar o trabalhador que será alvo do estudo;
2. Determinar o número de ciclos a observar;
3. Determinar o tempo de trabalho e a taxa de desempenho do trabalhador;
4. Calcular o tempo padrão.

De seguida apresenta-se uma breve explicação sobre cada uma das etapas. No capítulo III (3.1.4) encontra-se explicado de forma detalhada como se executou cada uma das etapas para este projecto.

1. Definir as tarefas a serem estudadas e informar o trabalhador que será alvo do estudo:

Em primeiro plano, segundo Stevenson (2002), o analista deve conhecer bem o trabalho para que possa reconhecer os movimentos comuns e os que não são para que os operadores

não os executem de forma propositada com o intuito de enviesar os tempos e por outro lado para perceber se o operador se encontra a trabalhar a um ritmo normal ou não.

As tarefas devem ser repartidas o mais possível, para que se possa encontrar um bom tempo padrão, uma vez que nem todos os operadores executam as tarefas de forma exactamente igual e por outro lado, determinadas tarefas podem não ser executadas em todos os ciclos. Outra razão para se dissociar o mais possível o trabalho é o facto de se poder utilizar os tempos obtidos noutras situações futuras que envolvam as mesmas tarefas.

Posto isto, o analista deve informar o operador dos objectivos deste estudo para que o mesmo não se sinta pressionado por julgar que está a ser avaliado ou por temer as mudanças que daí possam advir.

2. Determinar o número de ciclos a observar:

De acordo com Stevenson (2002), para se definir o número de ciclos a observar é necessário ter em consideração três aspectos:

1. A variação dos tempos observados;
2. A precisão desejada;
3. O nível de confiança desejado para o tempo padrão estimado.

Tendo-se definido o valor para os parâmetros em causa utiliza-se a seguinte fórmula para se encontrar o número de observações a obter de forma a se alcançar um tempo padrão com a precisão e nível de confiança desejados.

$$n = \left( \frac{zS}{a\bar{x}} \right)^2$$

Onde,

$z$  = Número de desvio padrão normal necessário para a confiança pretendida.

$s$  = Desvio padrão da amostra.

$a$  = Percentagem de precisão desejada.

$\bar{x}$  = Média da amostra.

Segundo Stevenson (2002) os valores tipicamente utilizados para  $z$  são os seguintes:

**Tabela 2 – Valores de  $z$**

<b>Grau de confiança (%)</b>	<b>Valor de <math>z</math></b>
<b>90</b>	1.65
<b>95</b>	1.96
<b>95.5</b>	2
<b>98</b>	2.33
<b>99</b>	2.58

Os valores de  $z$  são obtidos através da tabela normal.

Esta fórmula pode ser ou não aplicada pelo analista, depende da forma de trabalhar de cada um. O que muitas vezes acontece é o analista definir o número de observações de acordo com a sua experiência.

No caso da empresa onde se realizou o projecto, os analistas definem o número de observações no momento da obtenção das mesmas, verificando se estas variam muito entre si, através de um gráfico de barras e/ou analisando o valor máximo e mínimo em relação à média. Por norma especificavam o número de ciclos a medir entre 5 a 10 medições, aumentando a amostra em casos de grande variação.

### 3. Determinar o tempo de trabalho e a taxa de desempenho do trabalhador:

A taxa de desempenho do operador é importante para o cálculo do tempo normal. A taxa de desempenho está relacionada com o ritmo de trabalho do operador que pode ser lento propositadamente ou pode ser superior ao normal. Nesse sentido deve aplicar-se essa taxa de forma a se obter um tempo realista.

O primeiro passo implica calcular o tempo observado que diz respeito à média dos tempos registados. Tendo-se assim,

$$OT = \frac{\sum x_i}{n}$$

Onde,

OT = Tempo observado;  
 $\sum x_i$  = Soma dos tempos registados;  
 $n$  = Número de observações.

Posteriormente, pode calcular-se o tempo normal que advém do ajustamento do tempo observado através do desempenho do operador. Isto é, calcula-se efectuando a multiplicação do tempo observado pelo rácio de desempenho, isto é,

$$NT = OT \times PR$$

Onde,

NT = Tempo normal  
PR = Rácio de desempenho.

Este cálculo é efectuado quando se assume que o mesmo rácio se aplica a todas as tarefas analisadas. No caso de o rácio variar de tarefa para tarefa, procede-se à multiplicação

individual pelo tempo de cada tarefa e no final somam-se todos os tempos obtém-se assim o tempo normal total.

(Stevenson, 2002)

4. Calcular o tempo padrão:

O tempo normal não contempla determinados desvios provocados por atrasos pessoais, como por exemplo beber água ou idas à casa de banho, atrasos inevitáveis, como o exemplo de ajustamento e reparações de máquinas, espera de materiais, pausas de descanso, entre outros. Assim, deve atribuir-se ao tempo normal um factor de tolerância obtendo-se então o tempo padrão:

$$ST = NT \times AF$$

Sendo que,

ST = Tempo padrão

AF= Factor de tolerância

De acordo com Stevenson (2002), o factor de tolerância pode ser calculado de duas formas: baseando-se no tempo do trabalho (tarefas) ou no tempo de trabalho diário. Na primeira opção o mesmo alcança-se aplicando-se a fórmula  $AF_{job} = 1 + A$ , para o segundo caso utiliza-se  $AF_{day} = \frac{1}{1-A}$ . O A no primeiro caso diz respeito à percentagem de tolerância do trabalho e no segundo caso significa a percentagem de tolerância para o dia de trabalho.

Neste capítulo abordaram-se quatro temas indispensáveis à realização deste projecto, sendo eles: *layouts*, linhas e montagem, problema de balanceamento de linhas de montagem e medição de trabalho. Esta fase constitui um alicerce fundamental para suportar o capítulo seguinte. No tema *layouts* verificaram-se os tipos existentes de modo a perceber qual o melhor a adoptar no projecto, de seguida entendeu-se o conceito de linhas de montagem, uma vez que o trabalho incidiu sobre as mesmas, por fim os balanceamentos e a medição de trabalho que se complementam, sendo que a medição de trabalho constitui um *input* do problema de balanceamento de linhas de montagem. De seguida, analisar-se-á uma aplicação prática destes conceitos.

---

---

## 3. Capítulo III

---

---

### **Conteúdo**

Descrição geral dos produtos e linhas de montagem

Levantamento de informação

Lista de tarefas e diagrama de precedências

Medição de trabalho

Definição e análise de novos balanceamentos

Estudo de viabilidade da fusão das linhas

*Lean Line Design*



### 3.1. Caso de estudo

Este capítulo irá incidir de forma detalhada sobre o caso prático. Irá iniciar-se com uma breve explicação sobre os produtos e linhas de montagem inseridos no projecto, para que os restantes pontos sejam mais perceptíveis. Neste passo também serão referidos os pontos de melhoria interceptados. Posto isto, explicar-se-á como se efectuou o levantamento de informação de forma a se constituir uma base de trabalho. Terminado o levantamento de informação, procedeu-se à elaboração das listas de tarefas e diagramas de precedências, seguida da medição de trabalho e posterior análise de novos balanceamentos. Todos estes procedimentos encontram-se interligados pelo facto de necessitarem sempre do anterior para se executar o próprio e assim encontram-se detalhados de forma sequencial. Na análise de novos balanceamentos foram testados dois cenários: manter duas linhas de montagem, tal como se encontrava inicialmente, e juntar as duas linhas de montagem. Com isto, surgiu a necessidade de se efectuar um estudo de viabilidade dos cenários, colocando-se foco na fusão das linhas e constituindo assim mais um dos pontos apresentados no presente capítulo. Por fim apresenta-se uma descrição o *workshop Lean Line Design* (LLD), que consistiu em encontrar todos os pontos necessários para a correcta implementação da nova linha de montagem.

#### 3.1.1. Descrição geral dos produtos e linhas de montagem

Antes de se detalhar os seguintes passos efectuados e descritos na metodologia, é relevante dar a conhecer os produtos produzidos nas linhas em questão.

Como já foi referido, as linhas de produção onde incidiu este projecto têm como designações *Dinion* e *Dinion XF*. As famílias de produtos que se inserem nestas linhas possuem um nome sugestivo à denominação encontrada para as linhas.

A linha Dinion XF comporta as seguintes famílias:

- Dinion XF Color LV/HV;
- Dinion XF Black & White LV;
- LTC D/N (ou 465 Project) LV/HV;
- Dinion XF D/N LV/HV;
- Freya;

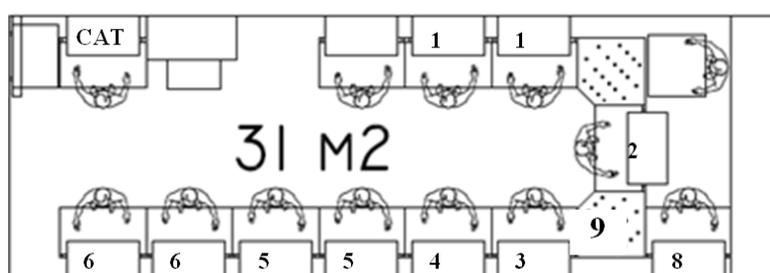
- Freya IP;
- EX30;
- EX30 IP;
- Freya 720p.

Sendo que a linha Dinion é composta pelas famílias:

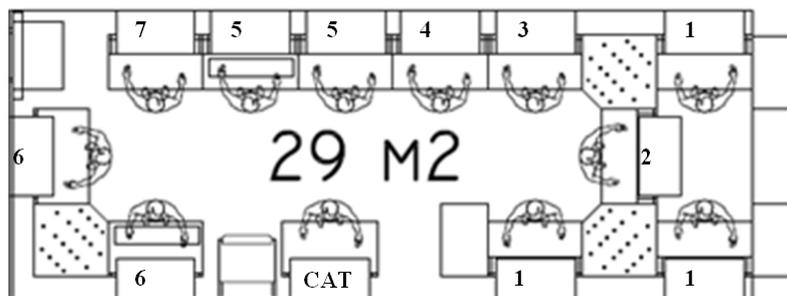
- Dinion Color LV/HV;
- Dinion Black/White LV/HV.

As principais características das câmaras dizem respeito às cores, monocromática ou policromática, se são LV ou HV, se têm ou não memória, se possibilitam visualizar as imagens através da internet, entre outras. O aspecto das câmaras é muito idêntico, mudando apenas alguns pormenores, sendo que o que vai variando de câmara para câmara são as placas internas que as mesmas possuem. As placas que compõem as câmaras de vigilância são: sensor, processador, *power* (fonte de alimentação) e placa IP (apenas nas câmaras com ligação à internet). Assim, as diferentes combinações das placas irão gerar os diferentes códigos que foram estudados. Estas combinações por família encontram-se representadas na tabela 4. É de salientar que algumas das placas estão definidas de acordo com o mercado consumidor.

Tal como já foi referido, o projecto incidiu sobre duas linhas de montagem que comportavam algumas limitações que necessitavam de ser melhoradas. Nas figuras que se seguem podemos visualizar os dois *layouts* estudados.



**Figura 15** - Linha de montagem *Dinion XF*



**Figura 16** - Linha de montagem *Dinion*

Todas as câmaras passam por um processo de soldadura, teste funcional, montagem (*encasing*), teste final e embalagem. Analisando as duas linhas ao pormenor temos os seguintes tipos de postos:

**Tabela 3** – Tipos de postos

Nº	Designação	Quantidade na Linha <i>Dinion</i>	Quantidade na Linha <i>Dinion XF</i>
1	Soldadura	3	2
2	Teste funcional	1	1
3	<i>Encasing 1</i>	1	1
4	<i>Encasing 2</i>	1	1
5	Teste Final	1	1
6	Embalagem	2	2
7	<i>Mac Adress</i>	1	0
8	Soldadura IP	0	1
9	Teste IP	0	1
CAT	<i>Costumer assessment test</i>	1	1

Nesta pequena análise foi possível concluir o quão idênticas eram as linhas. Ambas possuíam os mesmos processos, diferindo apenas na forma como o *Mac Adress* era atribuído à câmara, que no caso da linha *Dinion* se efectuava num posto dedicado, enquanto que, na linha *Dinion XF* o mesmo era atribuído durante o teste final. De salientar também que na linha *Dinion XF* (pelo facto de ser mais recente e produzir os produtos mais actuais, como o caso das Freya IP e 720p, que são câmaras que permitem aceder às imagens através da internet, pois são compostas pela placa IP) foi necessário um posto de soldadura da placa IP e um para o respectivo teste, correspondendo aos postos nº 8 e 9.

A qualidade dos produtos era um dos principais objectivos e por esse mesmo motivo o investimento em testes e o tempo cedido ao teste dos produtos era imprescindível. As placas eram testadas a 100%, assim como o produto final antes de se embalar (postos nº5). O teste das placas era denominado de teste funcional, onde se testavam todos os processadores, sensores e fontes de alimentação. Em linha, apenas se testava o sensor e

processador em conjunto e as fontes de alimentação eram testadas na secção denominada de acessórios. A placa IP também era testada em linha, assim como já foi possível perceber pelo *layout*. Para além destes testes, era efectuado o teste CAT, a 5% da ordem de produção de cada código. Este teste tinha como objectivo actuar como sendo o cliente, onde se testava a câmara ao pormenor e se averiguava se a caixa continha todos os componentes e se a etiqueta da caixa estava correcta. Assim, ao longo deste projecto, teve-se sempre como referência estes requisitos de qualidade.

A maior limitação destas linhas no que toca a condições físicas, era o espaço entre postos que não cumpria os requisitos de ergonomia (1,80m), pois tinham 1,53m. A dimensão 1,80m foi encontrada tendo em consideração o tipo de postos de trabalho em linha e a forma como os operadores se movimentavam. Uma outra situação era a dimensão do posto de teste final que era de 1,10m e deveria ter 1,80m. Esta questão aquando a implementação da linha não se encontrava, no entanto, com o surgimento dos novos produtos foi necessário acrescentar ferramentas, como por exemplo ecrãs, e o posto ficou sobrecarregado deixando de cumprir requisitos ergonómicos e levando à escassez de espaço para os operadores. Nas figuras 17 e 18 é possível visualizar como se encontravam os postos para as duas linhas.



**Figura 17** - Posto de teste final da linha *Dinion XF*



**Figura 18** - Posto de teste final da linha *Dinion*

É de salientar que esta situação estava mais acentuada na linha *Dinion XF*, pelo facto de possuir mais tipos de câmaras e mais recentes levando à necessidade de material/ferramentas diferentes.

Ao nível do abastecimento dos materiais também se encontravam alguns pontos de melhoria que se reflectiam com a redução das condições de trabalho dos operadores. Este factor era mais evidente na linha *Dinion*, tal como se pode analisar na figura 19. As rampas de abastecimento não eram suficientes para a quantidade de material e por outro lado, o posto não possuía todas as condições para colocar os materiais de forma mais acessível aumentando o esforço a aplicar pelo operador sempre que necessitava de um componente. É de salientar que estes componentes eram utilizados em todas as câmaras, ou seja, de câmara em câmara o operador necessitava do componente e com isto era imprescindível colocar os componentes o mais próximo possível para que o impacto nas condições físicas do operador fosse mínimo.



**Figura 19** - Abastecimento do posto de teste funcional

### 3.1.2. Levantamento de informação

No capítulo I já foi efectuada uma referência ao projecto a desenvolver, assim como à importância da sua resolução para a organização. Tendo como base a lista de condições a cumprir com o projecto, realizou-se um plano de trabalho, de modo a definir correctamente os objectivos a alcançar e assim tentar reduzir a probabilidade de incumprimento de tarefas.

Como já se verificou, a dificuldade encontrava-se ao nível dos dados que se encontravam desactualizados e assim pretendeu-se actualizar a base de dados dos tempos das tarefas e consequentemente os balanceamentos. Também se detectou que era necessário melhorar o espaço utilizado, aumentar a capacidade da linha (“atacar” *bottlenecks*) e efectuar uma análise da viabilidade da junção das duas linhas em estudo.

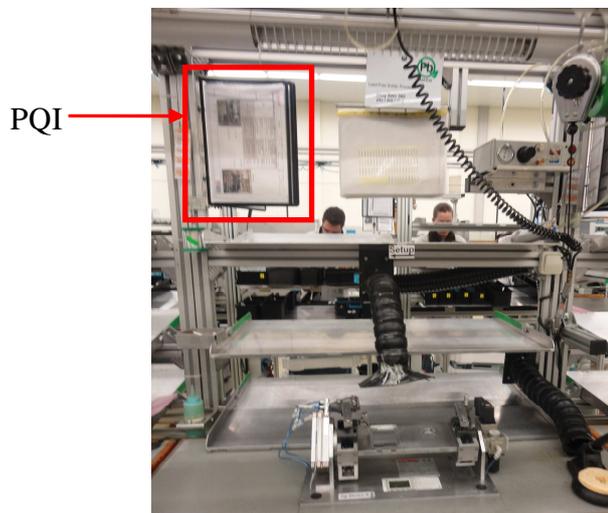
Perante estes pontos de melhoria das linhas estabeleceram-se alguns pontos a alcançar:

- Actualizar tempos e respectivos balanceamentos;
- Propor soluções para *bottlenecks*;
- Propor novo *layout* das linhas;
- Actualizar a documentação de acordo com as tarefas anteriores;
- Implementar e avaliar as alterações.

Tal como se indica na metodologia, o primeiro passo efectuado foi o levantamento de informação. Para isso recorreu-se a dois métodos: observação e pesquisa na rede da empresa. A observação foi fulcral para entender como de facto se realiza a montagem do produto e posteriormente poder efectuar os diagramas de precedências por produto. Os diagramas possibilitaram a realização dos balanceamentos, alocando as tarefas de forma sequencial e de forma optimizada, com vantagens no fluxo sequencial das tarefas e capacidade da linha. Em simultâneo analisou-se a informação documentada e efectuou-se à respectiva validação na linha. Este método levou a que alguns desvios fossem encontrados, apurou-se qual dos casos estava correcto, o documento ou a forma como os operadores realizavam as tarefas, e posteriormente procedeu-se à correcção dos mesmos.

A *Bosch Security Systems* de Ovar, possuía implementados documentos específicos para ajudar a criar padrões de trabalho. Encontrava-se disposto nas linhas um documento, para consulta dos operadores de forma a perceberem as tarefas a realizar e a ordem das mesmas por produto, denominado de PQI (*Production and Quality Instruction*). Uma vez que cada

posto possuía tarefas diferentes e algumas delas também variavam de família para família de produtos, houve a necessidade de criar não um único PQI, mas os necessários para evitar o erro e estarem explícitos de acordo com o produto em questão. A sua localização é de fácil acesso e visualização (ver figura 20) com intuito de evitar perdas de tempo e principalmente de estarem disponíveis em qualquer momento. Este documento também era utilizado para a análise do processo que era levada a cabo pelo supervisor. Esta análise de processo tinha como principal objectivo apurar se o operador se encontrava a efectuar o processo correctamente ou se estava a incorrer num desvio ao processo. Para o segundo caso, era necessário analisar-se o porquê do desvio. Sempre que se iniciava a montagem de um determinado produto final (*YFin*) os operadores deveriam confirmar as operações a realizar, reduzindo assim a probabilidade de produtos defeituosos.



**Figura 20** - Exemplo de um PQI

Outros documentos eram as STAB's (*Standard Work Sheet*) que estavam disponíveis na linha, para que o responsável pela equipa (*team leader*) pudesse coordenar os seus operadores. Isto é, as linhas eram flexíveis possibilitando adaptar o número de operadores de acordo com a procura prevista. Sempre que a procura aumentava, podia-se aumentar o número de operadores no caso de isso se repercutir num aumento da capacidade da linha, assim como o oposto. Como a linha não se alterava, havia a necessidade de se definir quais as tarefas a realizar pelo operador para cada um dos cenários possíveis. Este facto acontecia para se garantir que a capacidade estabelecida para um determinado número de operadores era alcançada, senão existiria o risco dos operadores decidirem efectuar as operações como julgassem melhor e poderia não ser possível produzir as quantidades máximas permitidas pela linha. O principal factor que tornava a linha flexível era o *layout*

em U com os postos juntos. Assim as STAB's apresentavam o desenho do *layout* da linha acompanhado dos movimentos a realizar por cada operador, os tempos de ciclo dos postos e o tempo planeado. Os valores dos tempos encontravam-se representados sob a forma gráfica permitindo analisar os desequilíbrios existentes entre a carga dos operadores.

Estes foram os principais documentos utilizados para conhecer melhor a linha e respectivos produtos. Também foi efectuada uma análise aos balanceamentos existentes, uma vez que os mesmos continham as tarefas a realizar de uma forma concentrada.

Terminada esta fase, foi possível iniciar a elaboração das listas de tarefas e respectivos diagramas de precedências por produto, processo que se encontra descrito no ponto que se segue.

### **3.1.3. Lista de tarefas e diagrama de precedências**

Os métodos anteriores foram fundamentais para se poder concretizar o próximo passo que correspondeu à elaboração das listas de tarefas e respectivas precedências. O primeiro ponto efectuado foi saber a quantidade de produtos que se fazem em cada uma das linhas, conhecer esses mesmos produtos e verificar quais as tarefas comuns entre todos. Assim, na tabela seguinte, apresentam-se as diferentes famílias de produtos e respectivo número de modelos por linha.

**Tabela 4** – Famílias de produtos montados nas duas linhas em análise

Linha	Família		Nº de modelos
<i>Dinion</i>	<i>Dinion Color</i>	LV	4
		HV	4
	<i>Dinion Black &amp; White</i>	LV	4
		HV	4
	SKD	(módulos)	8
<i>Dinion XF</i>	<i>Dinion XF Color</i>	LV	4
		HV	4
	<i>Dinion XF Black &amp; White</i>	LV	4
		HV	4
	<i>Dinion XF Day &amp; Night</i>	LV	4
		HV	4
	<i>Artemis</i>		2
	<i>Artemis SW</i>		2
	<i>465 Project</i>	LV	2
		HV	2
	<i>Freya</i>	LV	4
		HV	4
	<i>Freya IP SD 455</i>	LV	4
	<i>Freya IP SD 498</i>	LV	4
	720p	LV	3
	EX 30	(módulos)	2
EX 30 IP	(módulos)	2	
SKD	(módulos)	8	

A figura 21, que se segue, demonstra o aspecto físico das câmaras de vigilância em estudo. São todas muito similares, diferenciando-se pelas cores que a compõem.

**Figura 21** – Imagem exemplo das câmaras de vigilância em estudo

Como podemos verificar na tabela 4, existem várias famílias de produtos compostas por diferentes *YFins* que apenas diferem uns dos outros em termos de montagem, dependendo se se trata de um produto LV ou HV. Dentro dos produtos LV ou HV, o que difere são os PCB's atribuindo-lhes características diferentes e os produtos HV têm cabo de alimentação. Assim, tornou-se mais fácil efectuar as listas de tarefas e respectivas precedências por famílias, ou seja, no total foram necessárias 12 listas. É relevante referir que as famílias SKD e *Artemis* não foram consideradas para este projecto uma vez que eram produtos em fim de vida. Por outro lado, para esta fase considerou-se a mesma lista de tarefas para os produtos monocromáticos e policromáticos. Foi possível efectuar esta

junção porque as tarefas são exactamente as mesmas, o que difere são, mais uma vez, as placas o que não tem impactos ao nível da montagem. Por último, é importante referir, que não foram efectuadas as listas de tarefas para os modelos EX30 e EX30 IP. O que motivou esta decisão foi o facto da câmara EX30 corresponder a uma câmara *Freya* LV e a câmara EX30IP corresponder a uma câmara *Freya* IP, no entanto estes dois modelos são módulos. Por outras palavras, a designação altera-se, apesar de corresponderem ao mesmo modelo, pelo facto de serem entregues ao cliente sob a forma de partes. Ou seja, as únicas diferenças é que estas câmaras não são aparafusadas e no final da linha (embalagem) a mesma é desmontada e entregue ao cliente em módulos, sendo que os mesmos correspondem aos sensores, processadores, fontes de alimentação, teclados e todos os componentes que se colocavam na caixa individual. Por outro lado, são câmaras produzidas em quantidades reduzidas, não sendo produzidas para stock. Esta acção foi também fundamentada pelo facto das restantes tarefas, para além de se aparafusar, se manterem assim como as respectivas precedências.

Em primeiro lugar foi efectuada a lista de tarefas por família, tendo a mesma sido realizada com base nos PQI's e balanceamentos. Posteriormente essa lista foi validada por visualização na linha, com intuito de confirmar se todas as tarefas estavam presentes ou se existiam tarefas que, de facto, não eram efectuadas no produto em questão.

Numa segunda fase, procedeu-se à elaboração das precedências com vista à criação de fluxo, possibilitando a correcta elaboração dos balanceamentos. Aqui foi possível aceder a câmaras representativas das famílias existentes em linha, de modo a montar e desmontar sempre que necessário. Com isto, foi possível averiguar pela segunda vez a lista de tarefas e em simultâneo representar as precedências entre tarefas. O objectivo deste método, foi evitar a ocorrência de erros, confirmar se não existia mais nenhuma precedência para cada uma das tarefas e testar se, de facto, determinada tarefa era considerada precedente.

Em suma, nesta fase foi possível obter as listas das tarefas com as respectivas precedências facilitando o correcto desenvolvimento das acções que se sucederam. É possível analisar ao pormenor cada uma das listas nos anexos (Anexo I), no entanto na tabela 5 é possível visualizar a informação resumida dos resultados.

Tabela 5 – Tabela resumo das listas de tarefas e respectivas precedências

Família	Nº de tarefas	Nº de postos de soldadura (paralelos)	Nº de testes funcionais	Nº de testes IP	Nº de testes finais
<i>Dinion Color HV HR e MR</i>	40	3	1	0	2
<i>Dinion Color LV HR e MR</i>	37	3	1	0	2
<i>Dinion Color HV APR</i>	40	3	1	0	2
<i>Dinion Color LV APR</i>	37	3	1	0	2
<i>Dinion XF Color LV</i>	37	2	1	0	2
<i>Dinion XF Color HV</i>	41	2	1	0	2
<i>LTC 465 LV e Day &amp; Night LV</i>	37	2	1	0	2
<i>LTC 465 HV e Day &amp; Night HV</i>	40	2	1	0	2
<i>Freya LV</i>	45	1	1	0	2
<i>Freya HV</i>	48	1	1	0	2
<i>720p e Freya IP SD 498</i>	49	1	1	1	2
<i>Freya IP SD 455</i>	51	1	1	1	2

Esta tabela indica-nos o número de testes em linha, para facilitar a execução de uma das fases posteriores que correspondeu à elaboração dos balanceamentos. Este dado é importante, uma vez que o tempo a atribuir aos postos correspondentes será adaptado para o podermos utilizar no software. Esta adaptação será então explicada posteriormente.

De seguida será explicado o que possibilitou a junção das listas de tarefas e respectivo diagrama de precedências e o que levou à separação de outras no que diz respeito às diferentes famílias de produtos. Esta explicação está estruturada por linha, *Dinion* e *Dinion XF*, e pela ordem adoptada nos anexos.

### ***Dinion***

A montagem das câmaras *Dinion* não difere de produto para produto. Como já vimos, uma câmara é composta por um sensor, um processador e um *power* como placas principais. Essas placas podem ter potencialidades ou funcionalidades diferentes de *YFin* para *YFin*, por exemplo, atribuindo-lhe a potencialidade de ser monocromática ou policromática. Ou seja, apesar de a montagem ser igual, podemos estar perante produtos diferentes.

Por outro lado é importante salientar que as tarefas de soldadura do processador e sensor envolvem, em primeiro lugar, uma inserção manual de componentes, depois com a ajuda de um *jig*, efectua-se a soldadura dos mesmos. De acordo com o produto final o número ou tipo de componentes a inserir nas placas pode variar. Todo este processo foi visto como

uma única tarefa, pois as mesmas devem ser efectuadas, necessariamente, no mesmo posto de trabalho não podendo ser dissociadas. Os componentes assim que sejam inseridos na placa têm de ser soldados porque não ficam firmes e se não houver uma soldadura correm o risco de cair o que implica repetir-se a actividade desnecessariamente. Por outro lado, não faz sentido separar a inserção dos componentes e respectiva soldadura, porque iríamos ter perdas de tempo com as tarefas de fechar e abrir *jig* por cada separação. Assim, ao efectuar-se tudo como uma única tarefa, apenas se fecha e abre uma vez o *jig* por placa.

*Dinion Color HV HR e MR:* Estas duas famílias em termos de tarefas identificadas para a sua montagem não diferem uma da outra. No entanto, se nos debruçarmos sobre a tarefa “Soldar processador e sensor “ (tarefa nº3), e se a decomposermos as duas famílias diferem na quantidade de componentes colocados na inserção manual. As câmaras HR são compostas por mais um componente, conector Y/C, fazendo assim com que se diferencie. Este facto irá ter impacto apenas no tempo da tarefa, como será possível visualizar mais à frente.

*Dinion Color LV HR e MR:* A estas duas famílias podemos aplicar a explicação anterior, uma vez que se trata exactamente do mesmo caso. Por outro lado, não foi possível utilizar a mesma lista de tarefas, pois os produtos que compõem estas famílias não possuem cabo de alimentação, logo, não necessitam de executar as tarefas nº 11 e 12, reduzindo assim a lista em duas tarefas e o número das tarefas precedentes passam a ser diferentes.

*Dinion Color APR LV e HV:* as câmaras APR destacam-se das restantes pelo facto de não possuírem *Mac Adress*, ou seja, a única diferença está ao nível da tarefa nº 25, no caso das câmaras LV, ou tarefa nº 28 para as HV, que diz respeito à atribuição do *Mac Adress*. Essa tarefa nestas câmaras fica substituída pela tarefa de impressão do *type plate*, mantendo-se todas as precedências.

### ***Dinion XF***

Na linha *Dinion XF* a diversidade de câmaras é maior o que exige um trabalho mais atento e pormenorizado. Para além dos PCB's as câmaras diferem bastante umas das outras. Todas possuem funcionalidades nitidamente distintas e pertencem a classes de desenvolvimento diferentes.

Pela razão anterior não foi possível uma junção significativa de listas de tarefas e respectivas precedências. Cada modelo basicamente gerou uma lista de tarefas com as respectivas precedências, havendo poucas exceções.

Dinion XF Color LV e HV: Estes dois casos são câmaras muito idênticas às da linha *Dinion*, sendo que possuem funcionalidades mais avançadas. Estas câmaras diferem das restantes da linha *Dinion XF*, pelo facto da soldadura do bloco óptico ser efectuada em linha, logo a tarefa deixa de ser “soldar processador” e passa a ser “Soldar processador e sensor”, e este facto leva a que existam as tarefas de montagem do bloco óptico e de ligar o *flex-foil* ao bloco óptico, levando a impactos no diagrama de precedências. Estas mudanças surgem quando comparado com as câmaras LTC 465 e LTC *Day & Night*, porque se pensarmos nas restantes existem muitas mais mudanças, assim como é possível averiguar nos anexos.

LTC 465 LV/HV e LTC *Day & Night* LV/HV: foi possível fundir estes dois modelos pois são câmaras muito idênticas e onde a sua montagem não difere. Nestes modelos não é necessário soldar o bloco óptico, uma vez que os mesmos entram em linha soldados. Este processo difere das câmaras anteriores pelo motivo de serem blocos preparados para o estado diurno ou nocturno. Os mesmos possuem um filtro automático que muda para o estado policromático no caso diurno e monocromático no caso nocturno. Os modelos anteriores são câmaras menos complexas, apenas com a funcionalidade policromática independentemente do estado de tempo. Este tipo de bloco irá fazer com que em linha o número e tipo de tarefas seja diferente.

Freya LV e HV: estas câmaras correspondem a uma evolução das anteriores e distinguem-se totalmente de todos os modelos no que diz respeito às potencialidades assim como à montagem. Assim, geraram listas de tarefas dedicadas.

720p e Freya IP SD 498: a principal diferença entre estes modelos e os modelos *Freya* é o facto de permitirem aceder às imagens via internet. Os modelos 720p e *Freya IP SD 498* diferenciam-se em termos de funcionalidades, sendo que os 720p são mais recentes. No que respeita à montagem, não possuem qualquer diferença.

Freya IP SD 455: não foi possível juntar a lista de tarefas destes modelos com as anteriores pelo facto de o bloco óptico destas câmaras ser soldado em linha e levar a que outras tarefas tenham de ser executadas. Com isto o número de tarefas e precedências é diferente.

Se analisarmos as listas de tarefas ao pormenor podemos constatar que as câmaras de ambas as linhas possuem montagens idênticas. O próprio aspecto das câmaras é sugestivo às conclusões nesse sentido. Tratam-se então de linhas de montagem muito parecidas com produtos idênticos diferenciando-se uns dos outros nas suas competências funcionais. Também de tratam de produtos que foram evoluindo com o tempo sendo que os produtos da linha *Dinion XF* são bastante mais recentes, assim como já foi referido.

#### **3.1.4. Medição de trabalho**

Dado o trabalho anterior, o passo que se seguiu foi a medição de trabalho. Esta fase foi fundamental para as fases que se seguem, uma vez que sem esta operação não era possível efectuar as mesmas. Esta etapa constituiu a uma das mais importantes, pelo facto de ser possível quantificar o trabalho que era possível efectuar por posto, encontrar o gargalo em cada um dos produtos e assim definir a capacidade da linha por produto. Também contribuiu para a detecção de desperdício e eliminação do mesmo. Quanto ao gargalo, uma vez encontrado, ponderou-se quais as melhores soluções para o eliminar, ou pelo menos reduzir o seu impacto sobre a capacidade da linha.

O primeiro passo para se poder efectuar a medição do trabalho nas condições mais adequadas, foi informar os operadores do trabalho que se pretendia desenvolver, para que os tempos não ficassem enviesados de forma significativa. Esta acção foi imprescindível, uma vez que, os operadores poderiam pensar que estavam a ser avaliados e poderiam trabalhar a uma velocidade que não correspondia à adequada, ou por outro lado, reduzirem a velocidade para que os tempos padrão fossem o mais alto possível levando a capacidades abaixo do adequado às circunstâncias da linha. Tendo como nota de referência as possíveis reacções dos operadores, aquando da medição foi tida uma especial atenção ao comportamento do operador para que se pudesse aplicar factores de correcção.

Para a preparação da medição do trabalho, foi efectuada uma tabela adequada para ajudar à anotação de todos os tempos. Em primeiro lugar era anotada a tarefa a medir e em seguida eram realizadas 10 observações. Efectuou-se este passo para todas as tarefas de cada uma

das linhas. Também se elaborou uma folha de cálculo, para se preencher com as observações encontradas em linha. Este ficheiro efectuava o cálculo automático do tamanho da amostra necessária, com base na precisão desejada, grau de confiança e desvio padrão. Sempre que o tamanho da amostra obtida não era o suficiente todo o processo era repetido até se atingir o tamanho de amostra necessário. De notar que foram retirados alguns *outliers* que enviesavam a amostra, de forma a encontrar-se um bom conjunto de dados.

De referir que o método utilizado na medição foi o cronómetro, pelo facto de ser possível observar as tarefas em execução e constituir ao método mais adequado para tarefas pequenas e rotineiras.

Quanto aos valores utilizados para a precisão e grau de confiança foram 10% e 95%, respectivamente. A precisão foi definida tendo em conta os valores que se estavam a lidar, uma vez que correspondiam a valores em segundos com fáceis variações pelo facto de serem valores pequenos. Já o grau de confiança corresponde ao mais utilizado e suficientemente aceitável para o estudo em causa. Estes valores foram então utilizados de acordo com a expressão seguinte:

$$n = \left( \frac{zS}{a\bar{x}} \right)^2$$

Onde,

$z$  = Número de desvios padrão normal necessário para o nível de confiança estabelecido.

$s$  = Desvio padrão da amostra.

$a$  = Percentagem de precisão desejada.

$\bar{x}$  = Média da amostra.

Sempre que se efectuava o levantamento de observações, na tabela utilizada para o auxílio desta fase, existia um campo para notas, onde se colocavam as observações principais sobre o comportamento do operador e/ou sobre medições com desvios nítidos. Ou seja, era anotado se o operador se encontrava a trabalhar a um ritmo normal ou não e/ou a descrição sobre o porquê de um dado valor ser muito alto ou baixo quando comparado com os outros, isto é, se houve ou não uma razão plausível observada. Este procedimento ajudou a definir se era necessário aplicar taxas de correcção para se encontrar o tempo padrão e também permitiu efectuar a eliminação de *outliers*, tal como foi mencionado anteriormente.

Em anexo (Anexo II) é possível verificar todas as observações encontradas, os tamanhos das amostras, a respectiva média, assim como os valores de  $n$  (dimensão necessária para a amostra) para cada uma das tarefas. Com base nas anotações efectuadas e descritas anteriormente procedeu-se ao cálculo do tempo padrão, ou seja, aplicaram-se factores de correcção sempre que necessário. É de salientar que na maioria dos casos foi aplicada uma taxa de correcção de 5% ou 10%, de acordo com a tarefa. Acrescentou-se esse valor percentual, uma vez que os operadores a quem foi efectuada a medição do tempo eram experientes e extremamente rápidos. Também se observou que aumentavam o ritmo sempre que se iniciava a medição. Com isto, foi indispensável efectuar esse acréscimo, de modo a se obter um trabalho padronizado e com valores atingíveis para qualquer operador em condições normais de trabalho e experiência. Esta correcção foi efectuada sobre a média da amostra encontrada.

Analisando as tabelas em anexo ao pormenor é possível constatar que existem muitas tarefas, entre as diferentes famílias de produtos, que se repetem, logo possuem tempos iguais. As mesmas encontram-se repetidas ao longo das tabelas, de forma propositada, criando dados organizados e possibilitando a exposição de todas as tarefas necessárias para montar um determinado produto e assim ser possível calcular o tempo total para a produção de uma câmara de uma família específica.

Após terminada esta etapa e com base na mesma, foi efectuada uma comparação com os tempos que a empresa possuía, tendo como objectivo perceber se existiam ganhos ou perdas. Ou seja, perceber se os operadores, de uma forma geral, adquiriram mais experiência e passaram a necessitar de menos tempo para a montagem de uma determinada câmara, ou se, por sua vez, os operadores em linha não estavam a alcançar os tempos padrão estabelecidos. Por outro lado, pretendia-se detectar se existiram alterações que se repercutiram nos tempos necessários à execução de uma determinada tarefa.

Em primeiro lugar efectuaram-se novos balanceamentos utilizando um *template* (folha de cálculo) da empresa específico para esse mesmo efeito, com o intuito de entender se existiam alterações no que diz respeito à capacidade da linha. Quando se utiliza esse mesmo *template* para efectuar o balanceamento de produtos completamente novos para que *a posteriori* se possa desenhar o *layout*, o primeiro passo é perceber de quanto em quanto tempo necessitamos que saia uma câmara da linha. Ou seja, perceber qual o tempo

de ciclo da linha necessário para satisfazer todos os requisitos, tendo como base as previsões para, pelo menos, os próximos 3 anos. Com este dado, e tendo o fluxo das tarefas criado, começa-se a alocar as tarefas até se atingir o tempo de ciclo desejado e, assim que o mesmo seja atingido, efectua-se o mesmo para o próximo posto. Realiza-se esta operação até que todas as tarefas estejam atribuídas e criam-se assim o número de postos necessários. Depois, com base no tempo disponível para se produzir é efectuado o cálculo da quantidade de trabalho que é possível efectuar por posto. O posto que possui maior quantidade de trabalho (o que possui o maior tempo de carga) corresponde ao gargalo da linha. Este posto irá definir a cadência de trabalho e consequentemente a capacidade da linha. Uma outra funcionalidade que o *template* possui é o cálculo da ineficiência do balanceamento existente. Este valor é calculado com base no rácio do número teórico de operadores necessários para a produção da capacidade definida pelo número real utilizado. O número teórico de operadores calcula-se fazendo a divisão do tempo total de montagem de uma câmara pelo tempo de ciclo planeado. A ineficiência existe, porque é muito difícil ter tempos de carga exactamente iguais para todos os postos, logo todos os postos que possuírem um tempo de carga inferior ao do gargalo inevitavelmente têm tempos de espera, ou seja, não produtivos, o que resulta da diferença de cargas.

Para este caso em concreto, conhecendo as infra-estruturas físicas das linhas de montagem, utilizou-se o *template* para atribuir as tarefas aos postos existentes com os novos tempos e verificar se existiam capacidades diferentes. Neste caso houve uma abstracção da forma como as tarefas estavam alocadas a cada um dos postos, para averiguar se era possível chegar a soluções diferentes independentemente dos tempos. O que se detectou, foi que as tarefas ficaram alocadas de forma muito semelhante, uma vez que as relações de precedência das tarefas não se alteraram, pois era impossível, e por outro lado existiam tarefas que tinham obrigatoriamente de estar alocadas a postos específicos devido a restrições físicas de abastecimento.

Após se efectuar a actualização dos balanceamentos com os novos tempos verificaram-se algumas diferenças nas capacidades da linha. Com isto, pretendeu-se entender onde estavam as diferenças de forma a justificar o porquê de actualizar as capacidades, possibilitando a sua validação. Esta validação foi efectuada com o supervisor das linhas assim como chefe de equipa. Nas tabelas 6 e 7 é possível verificar a diferença que se

constatou nas capacidades por produto, para os diferentes cenários, ou seja, para diferentes números de operadores em linha.

**Tabela 6** – Comparação das novas capacidades com as que estavam em vigor para a linha *Dinion*

<b>Modelo</b>	<b>Nº Operadores</b>	<b>Nova Capacidade</b>	<b>Capacidade Anterior</b>	<b>Diferença</b>
<i>Dinion Color HR HV</i>	9	525	525	0
	8	460	440	20
	7	415	-	-
	6	400	300	100
<i>Dinion Color APR HV</i>	7; 8; 9	440	435	5
	6	405	300	105
<i>Dinion Color MR HV</i>	9	525	525	0
	8	520	520	0
	7	415	-	-
	6	410	340	70
<i>Dinion Color MR LV</i>	9	525	525	0
	8	520	520	0
	7	460	-	-
	6	450	340	110
<i>Dinion Color HR LV</i>	9	525	525	0
	7; 8	460	440	20
	6	440	300	140
<i>Dinion Color APR LV</i>	6; 7; 8; 9	440	435	5

**Tabela 7** - Comparação das novas capacidades com as que estavam em vigor para a linha *Dinion XF*

Modelo	Nº Operadores	Nova Capacidade	Capacidade Anterior	Diferença
LTC 465 LV	6; 7; 8	390	350	40
	5		225	165
LTC 465 HV	6; 7; 8	390	350	40
	5		225	165
<i>Dinion XF Color LV</i>	7; 8	380	380	0
	6		320	60
	5	310	250	60
<i>Dinion XF Color HV</i>	7; 8	380	380	0
	6		320	60
	5	310	250	60
LTC D/N HV	7; 8	390	350	40
	6		330	60
	5	345	255	90
LTC D/N LV	6; 7; 9	390	350	40
	5		290	55
<i>Freya HV</i>	6; 7	260	245	15
	5	225	200	25
<i>Freya LV</i>	6; 7	260	245	15
	5	230	-	-
720p e <i>Freya IP SD 498</i> e 455	6; 8	170	170	0
	5	150	150	0

Ao analisarmos a coluna das diferenças é possível visualizar diferenças com valores de 0 até 165 câmaras. São notórios os ganhos de capacidades e, tal como já foi mencionado, essa diferença teve de ser bem justificada, uma vez que se tratam de valores significativos e não se podia correr o risco de reduzir o número de operadores e depois a linha não conseguir acompanhar as capacidades impostas no planeamento. Com esta actualização de tempos foi possível constatar que produzir com mais de 6 operadores não conduzia a ganhos de capacidade para a linha *Dinion XF*. Com isto, percepcionou-se os gastos desnecessários que estavam em vigor em termos de recursos humanos, pois estavam em linha 8 operadores. Já na linha *Dinion*, verificou-se maior diferença no cenário de 6 operadores.

Para se consumir a justificação e validação das tarefas junto com o supervisor e chefe de equipa, efectuaram-se tabelas de comparação entre os tempos anteriores e os retirados, sendo que os tempos utilizados correspondem aos tempos de carga do posto de trabalho.

A principal razão pela melhoria das capacidades está relacionada com as melhorias efectuadas ao nível do *bottleneck*, que correspondia ao teste funcional na maioria dos casos. Estas melhorias estiveram ao nível do *software* por intervenções da equipa alemã. Com isso, verificou-se uma maior eficiência do teste o que permitiu ganhos em termos de tempo. Por outro lado, tal como foi explicado, ao efectuar-se os balanceamentos houve uma abstracção do que já existia e a única diferença foi a transferência de uma das tarefas de um posto para outro o que permitiu colocar um operador a efectuar dois postos posicionados fisicamente de forma perpendicular, sem que a capacidade fosse afectada. Esta foi a principal razão que permitiu reduzir o número de operadores da linha, no entanto o que também contribuiu de forma significativa para esta situação foi o *layout* da linha em U e o facto dos postos se encontrarem próximos.

De seguida apresentam-se as tabelas de comparação seguidas de uma breve explicação das mesmas. É de salientar que a coluna com a designação “Actual” diz respeito aos tempos que estavam em vigor nas linhas de montagem e a coluna “Novo” aos tempos obtidos nesta fase.

Comparação de tempos para a linha *Dinion XF*:

**Tabela 8** – Comparação de tempos para os postos de soldadura linha *Dinion XF*

Posto Câmara	Soldadura			Soldadura IP		
	Actual	Novo	Diferença	Actual	Novo	Diferença
LTC 465 HV	61,70	68,94	-11,73%	-	-	-
LTC 465 LV	61,70	68,94	-11,73%	-	-	-
<i>Dinion XF Color LV</i>	110,70	125,66	-13,51%	-	-	-
<i>Dinion XF Color HV</i>	110,70	125,66	-13,51%	-	-	-
LTC D/N HV	85,90	92,07	-7,18%	-	-	-
LTC D/N LV	85,90	92,07	-7,18%	-	-	-
<i>Freya HV</i>	54,00	55,04	-1,93%	-	-	-
<i>Freya LV</i>	54,00	55,04	-1,93%	-	-	-
<i>Freya IP SD 455</i>	67,00	121,31	-81,06%	73,10	77,25	-5,68%
720p e <i>Freya IP SD 498</i>	67,00	81,94	-22,30%	73,10	77,25	-5,68%

Na soldadura existem mas diferenças de tempos mais dilatadas do que outras, no entanto não são significativas ao ponto de causar impactos na capacidade, pois não correspondem ao gargalo da linha. No que toca à *Freya IP SD 455*, o tempo aumentou significativamente.

Esse aumento deve-se ao facto do último balanceamento não efectuar distinção entre a *Freya* IP 455 e 498, o que estava incorrecto, pois na *Freya* IP SD 455 para além do processador é necessário soldar o sensor. É difícil justificar estas diferenças, uma vez que podem estar associadas a várias causas. Em primeiro lugar é de salientar que os tempos que se encontravam em vigor não continham, para este caso, as tarefas divididas por postos, possuindo apenas o tempo total do posto o que torna a comparação mais complexa. No entanto, algumas causas que podemos associar neste contexto podem ser a falta de manutenção dos *jigs* de soldadura, reduzindo a sua eficiência, operadores diferentes, não incluir na amostra diferentes horas do dia e diferentes operadores, entre outros. As únicas diferenças que se conseguem justificar objectivamente são nas famílias *Freya* IP SD 455 e 498 que, com o *upgrade* que sofreram, passaram a ter mais um componente soldado. A família 720p é bastante recente mas não difere, em termos de tempos, da família *Freya* IP SD 498, pois apesar de terem funcionalidades diferentes a sua montagem implica as mesmas tarefas.

**Tabela 9** – Comparação de tempos para os postos do teste funcional e teste IP

Posto	Teste funcional			Teste Ip			
	Câmara	Actual	Novo	Diferença	Actual	Novo	Diferença
LTC 465 HV		74,00	65,76	11,14%	-	-	-
LTC 465 LV		74,00	65,76	11,14%	-	-	-
<i>Dinion XF Color</i> LV		66,00	66,53	-0,80%	-	-	-
<i>Dinion XF Color</i> HV		66,00	66,53	-0,80%	-	-	-
LTC D/N HV		74,00	65,76	11,14%	-	-	-
LTC D/N LV		74,00	65,76	11,14%	-	-	-
<i>Freya</i> HV		105,00	96,87	7,74%	-	-	-
<i>Freya</i> LV		105,00	96,87	7,74%	-	-	-
<i>Freya</i> IP SD 455		105,00	94,88	9,64%	152,90	151,42	0,97%
720p e <i>Freya</i> IP SD 498		105,00	94,88	9,64%	152,90	151,42	0,97%

Estes testes correspondem ao *bottleneck* da linha, pelo que são bastante importantes e devem ser melhorados sempre que possível. Em Novembro de 2010 houve uma intervenção nos testes o que permitiu que ficassem mais rápidos e nesse seguimento houve um aumento da capacidade da linha. Com isto, a única justificação que se pode aplicar às diferenças são as intervenções aos testes. É de referir que os mesmos são automáticos, pelo que o operador apenas necessita de colocar a placa no teste e iniciá-lo, assim como retirá-la e voltar a colocar a próxima. Todo o tempo de teste é livre, tendo apenas uma intervenção quase no final do tempo de teste para dar o “ok” da focagem da câmara e assim o operador pode executar outras tarefas para reduzir tempos de espera.

Tabela 10 – Comparação de tempos para os postos de *encasing*

Posto Câmara	Encasing 1			Encasing 2		
	Actual	Novo	Diferença	Actual	Novo	Diferença
LTC 465 HV	41,30	26,28	36,37%	48,80	57,13	-17,07%
LTC 465 LV	41,30	19,76	52,15%	48,80	57,13	-17,07%
<i>Dinion XF Color LV</i>	35,50	19,76	44,34%	41,00	54,26	-32,34%
<i>Dinion XF Color HV</i>	37,90	26,28	30,66%	48,80	54,26	-11,19%
LTC D/N HV	37,90	26,28	30,66%	39,80	57,13	-43,54%
LTC D/N LV	29,90	19,76	33,91%	48,80	57,13	-17,07%
<i>Freya HV</i>	85,50	76,37	10,68%	67,00	64,69	3,45%
<i>Freya LV</i>	76,50	66,72	12,78%	67,00	64,69	3,45%
<i>Freya IP SD 455</i>	96,50	107,62	-11,52%	70,00	68,03	2,81%
720p e <i>Freya IP SD 498</i>	96,50	107,62	-11,52%	70,00	68,03	2,81%

Ao analisarmos os tempos verificamos que nas primeiras seis famílias as diferenças são evidentes. No que diz respeito ao *encasing 1*, houve um decréscimo do tempo, enquanto no *encasing 2* aconteceu o oposto. A razão que levou a este resultado relaciona-se com a transferência da tarefa de aparafusar a *bracket* e bloco óptico para o *encasing 2*. Esta tarefa permitiu garantir que o operador do teste funcional efectuasse sem quaisquer problemas o posto de *encasing 1* e, por outro lado, permitiu estabelecer um PQI igual para todos os números de operadores. Anteriormente, de acordo com o número de operadores em linha, os PQI's eram diferentes, porque as tarefas por posto também se alteravam, com esta configuração esse cenário não acontece, mantendo-se as tarefas por posto independentemente do número de operadores. Esta acção permitiu reduzir o risco inerente às mudanças das tarefas sempre que o número de operadores se alterava. Ao colocarmos as tarefas a mudar entre os postos, corremos o risco de o operador não executar algum dos passos uma vez que, num cenário anterior a tarefa não era efectuada num determinado posto. Deste modo apenas se coloca o operador afecto a um ou mais do que um posto e as tarefas são constantes entre postos, independentemente do cenário.

Relativamente às famílias *Freya HV* e *LV*, a sua melhoria de tempo está associada à experiência dos operadores. Os tempos que constavam em vigor, diziam respeito a uma fase inicial do produto e este projecto realizou-se numa fase posterior quando o processo já apresentava outro nível de maturidade.

Por fim, as famílias *Freya IP SD 455* e *488* são famílias com o mesmo tempo de vida das anteriores, no entanto, sofreram um *upgrade*, como já foi indicado, ao ser-lhes adicionada a funcionalidade de utilizarem cartão de memória e, em termos de tarefas no *encasing 1*,

esse incremento de potencialidade levou à necessidade de mais uma tarefa que correspondeu à colocação do *SD card cap* no *back cover* da câmara. Este foi a principal motivo para o aumento do tempo no primeiro posto de montagem. Por outro lado, as câmaras 720p são muito recentes e assemelham-se às *Freya IP SD 498* sendo esta a razão de constarem no mesmo grupo.

**Tabela 11** – Comparação de tempos para os postos de teste HVT e teste Final

Posto Câmara	Teste HVT			Teste Final		
	Actual	Novo	Diferença	Actual	Novo	Diferença
LTC 465 HV	-	14,13	-	86,60	66,32	23,42%
LTC 465 LV	-	-	-	86,60	66,32	23,42%
<i>Dinion XF Color LV</i>	-	-	-	77,90	68,48	12,09%
<i>Dinion XF Color HV</i>	12,40	14,13	-13,95%	86,60	68,30	21,13%
LTC D/N HV	12,40	14,13	-13,95%	86,60	66,32	23,42%
LTC D/N LV	-	-	-	86,60	66,32	23,42%
<i>Freya HV</i>	12,40	14,13	-13,95%	130,00	94,13	27,59%
<i>Freya LV</i>	-	-	-	130,00	94,13	27,59%
<i>Freya IP SD 455</i>	-	-	-	173,10	179,15	-3,50%
720p e <i>Freya IP SD 498</i>	-	-	-	173,10	179,15	-3,50%

**Tabela 12** – Comparação de tempos do posto da embalagem

Posto Câmara	Embalagem		
	Actual	Novo	Diferença
LTC 465 HV	41,50	47,21	-13,76%
LTC 465 LV	41,50	45,27	-9,08%
<i>Dinion XF Color LV</i>	55,30	34,69	37,27%
<i>Dinion XF Color HV</i>	55,30	38,65	30,11%
LTC D/N HV	41,50	47,21	-13,76%
LTC D/N LV	41,50	45,27	-9,08%
<i>Freya HV</i>	69,00	66,78	3,22%
<i>Freya LV</i>	71,00	64,48	9,18%
<i>Freya IP SD 455</i>	77,40	76,50	1,16%
720p e <i>Freya IP SD 498</i>	77,40	76,50	1,16%

As diferenças nestes casos em concreto (tabela 11 e tabela 12) não são relevantes para uma apreciação exaustiva, pelo facto de não contribuírem para a definição da capacidade da linha. No entanto, as diferenças que se apresentam estão associadas ao acréscimo de experiência dos operários. Relativamente às famílias que se encontram nas duas últimas linhas das tabelas, os tempos aumentaram no caso do teste final porque passou a ser necessário testar o cartão de memória e no caso da embalagem, incrementou-se uma tarefa de aparafusar o *SD card cap*. No entanto, mesmo com estas novas necessidades é perceptível o ganho de experiência, pois mesmo com uma tarefa a mais os tempos não se alteraram muito em relação ao que estava definido.

Comparação de tempos para a linha *Dinion*:

**Tabela 13 - Comparação de tempos dos postos de soldadura e teste funcional**

Posto Câmara	Soldadura			Teste funcional		
	Actual	Novo	Diferença	Actual	Novo	Diferença
<i>Dinion Color</i> HR HV	118,70	117,53	0,99%	47,40	49,16	-3,71%
<i>Dinion Color</i> APR HV	104,10	105,80	-1,63%	59,50	57,88	2,72%
<i>Dinion Color</i> MR HV	104,10	105,80	-1,63%	47,40	49,16	-3,71%
<i>Dinion Color</i> MR LV	104,10	105,80	-1,63%	47,40	49,16	-3,71%
<i>Dinion Color</i> HR LV	118,70	117,53	0,99%	47,40	49,16	-3,71%
<i>Dinion Color</i> APR LV	104,10	105,80	-1,63%	59,50	57,88	2,72%

**Tabela 14 - Comparação de tempos dos postos de *encasing* 1 e 2**

Posto Câmara	Encasing 1			Encasing 2		
	Actual	Novo	Diferença	Actual	Novo	Diferença
<i>Dinion Color</i> HR HV	47,00	42,85	8,83%	48,90	37,16	24,01%
<i>Dinion Color</i> APR HV	47,00	42,85	8,83%	48,90	37,16	24,01%
<i>Dinion Color</i> MR HV	47,00	42,85	8,83%	48,90	37,16	24,01%
<i>Dinion Color</i> MR LV	39,70	35,72	10,03%	39,70	37,16	6,40%
<i>Dinion Color</i> HR LV	39,70	35,72	10,03%	39,70	37,16	6,40%
<i>Dinion Color</i> APR LV	39,70	35,72	10,03%	39,70	37,16	6,40%

**Tabela 15 - Comparação de tempos dos postos de teste HVT e teste final**

Posto Câmara	Teste HVT			Teste Final		
	Actual	Novo	Diferença	Actual	Novo	Diferença
<i>Dinion Color</i> HR HV	10,80	14,13	-30,83%	68,80	56,63	17,69%
<i>Dinion Color</i> APR HV	10,80	14,13	-30,83%	68,80	55,58	19,22%
<i>Dinion Color</i> MR HV	10,80	14,13	-30,83%	68,80	55,58	19,22%
<i>Dinion Color</i> MR LV	-	-	-	68,80	55,58	19,22%
<i>Dinion Color</i> HR LV	-	-	-	68,80	56,63	17,69%
<i>Dinion Color</i> APR LV	-	-	-	68,80	55,58	19,22%

**Tabela 16 - Comparação de tempos dos postos de Mac Adress e embalagem**

Posto Câmara	Mac Adress			Embalagem		
	Actual	Novo	Diferença	Actual	Novo	Diferença
<i>Dinion Color</i> HR HV	27,60	26,35	4,53%	40,70	35,13	13,69%
<i>Dinion Color</i> APR HV	27,60	12,50	54,71%	40,70	35,13	13,69%
<i>Dinion Color</i> MR HV	27,60	26,35	4,53%	40,70	35,13	13,69%
<i>Dinion Color</i> MR LV	27,60	26,35	4,53%	40,70	29,87	26,61%
<i>Dinion Color</i> HR LV	27,60	26,35	4,53%	40,70	29,87	26,61%
<i>Dinion Color</i> APR LV	27,60	12,50	54,71%	40,70	29,87	26,61%

No caso concreto das câmaras da linha *Dinion* (tabelas 13 a 16) não se verificou nenhuma diferença nas tarefas afectas a cada posto, pelo que a comparação dos tempos pode ser directa. Exceptuando soldadura e teste funcional, os tempos reduziram na ordem dos 6% aos 26%. Esta melhoria teve como base a experiência dos operadores. No posto de *Mac Adress*, especificamente nas câmaras APR, verifica-se uma diferença de 54,71%, no

entanto este valor não corresponde a uma melhoria do tempo, uma vez que os tempos que estavam em vigor consideravam um tempo igual para todas as famílias e o mesmo não é correcto. Para as câmaras APR, neste posto apenas se imprime a etiqueta porque não lhes é atribuído o número *Mac Adress*, logo o tempo vai ser inferior.

Como o posto gargalo era o teste funcional e o seu tempo não se alterou de forma significativa, as capacidades mantiveram-se para o nível máximo de capacidade da linha. Por outro lado, nos restantes cenários, onde o número de operadores era inferior a capacidade já se alterou para níveis elevados que requereram alguma atenção para perceber a sua razão. Desta forma, como as tarefas eram as mesmas por posto, analisou-se qual era o *bottleneck* para os diferentes cenários, tal como se demonstra na tabela que se segue (tabela 17).

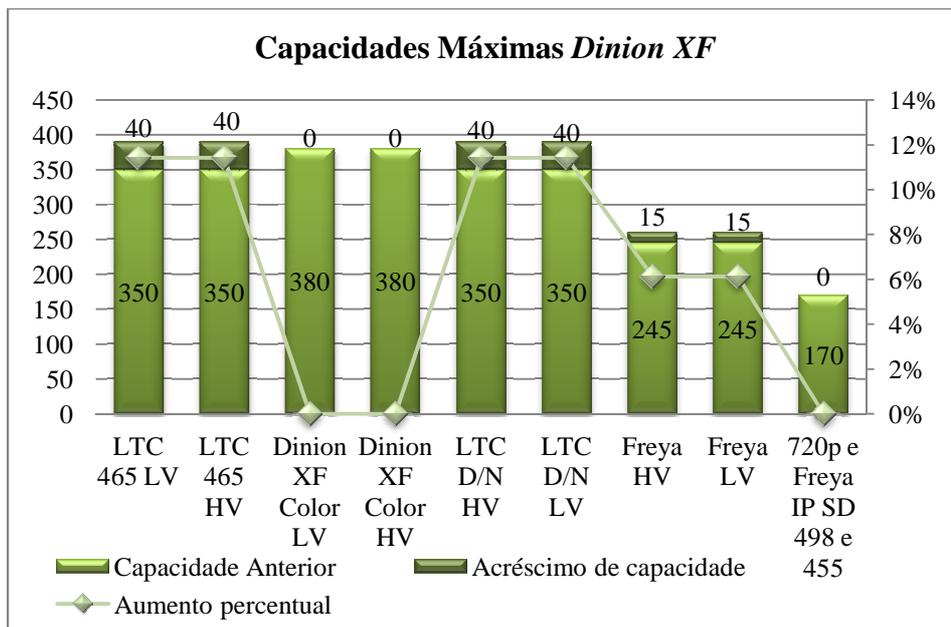
**Tabela 17** – Postos gargalo na linha Dinion antes e depois da actualização de tempos

Câmara	Nº Operadores	Posto gargalo antes	Posto gargalo depois
<i>Dinion Color</i> HR HV	9	Embalagem	Teste Funcional
	8	Soldadura	Teste Funcional
	7	-	Encasing 2
	6	Soldadura	Embalagem + Mac Adress
<i>Dinion Color</i> APR HV	9	Teste Funcional	Teste Funcional
	8	Teste Funcional	Teste Funcional
	7	-	Encasing 2
	6	Soldadura + Teste Funcional	Teste Final
<i>Dinion Color</i> MR HV	9	Encasing 2	Teste Funcional
	8	Embalagem	Soldadura
	7	-	Encasing 2
	6	Mac Adress + Embalagem	Embalagem + Mac Adress
<i>Dinion Color</i> MR LV	9	Teste Final + Mac Adress	Teste Funcional
	8	Embalagem	Soldadura
	7	-	Encasing 2
	6	Mac Adress + Embalagem	Teste Final
<i>Dinion Color</i> HR LV	9	Teste Final + Mac Adress	Teste Funcional
	8	Soldadura	Encasing 2
	7	-	Soldadura
	6	Soldadura	Teste Final
<i>Dinion Color</i> APR LV	9	Teste Funcional	Teste Funcional
	8	Teste Funcional	Teste Funcional
	7	-	Teste Funcional
	6	Teste Funcional + Soldadura	Teste Final

Com os dados da tabela podemos concluir que o incremento da experiência nos restantes postos proporcionou vantagens ao nível do aumento da capacidade da linha. Por outro lado, a forma como os operadores estavam afectos aos postos fazia com que se reduzisse

bastante a capacidade. Após as actualizações é perceptível que, na maioria dos casos, o posto que impõe a cadência da linha é o teste funcional, enquanto que, de acordo com os dados anteriores, o gargalo variava bastante.

Em suma, e de forma mais simplificada, apresentam-se alguns gráficos conclusivos deste trabalho. A figura 22 demonstra o impacto sobre as capacidades máximas da linha *Dinion XF*. A capacidade máxima está definida para 6 operadores, uma vez que para 7 e 8 operadores a capacidade mantém-se, como demonstrou o estudo. É de salientar que todas as capacidades que se apresentam dizem respeito a um turno de trabalho e, obviamente, se aumentarmos o número de turnos com o mesmo número de operadores as capacidades duplicam ou triplicam, consoante sejam dois ou três turnos (no máximo). A figura 23 apresenta o impacto sobre as capacidades na linha *Dinion* para o cenário de 6 operários. Esta escolha foi propositada por corresponder ao maior aumento de capacidades, visto que para a máxima capacidade da linha, que diz respeito a 9 operários, não se verificaram alterações.



**Figura 22** - Acréscimo de capacidade na linha *Dinion XF* com actualizações de tempos

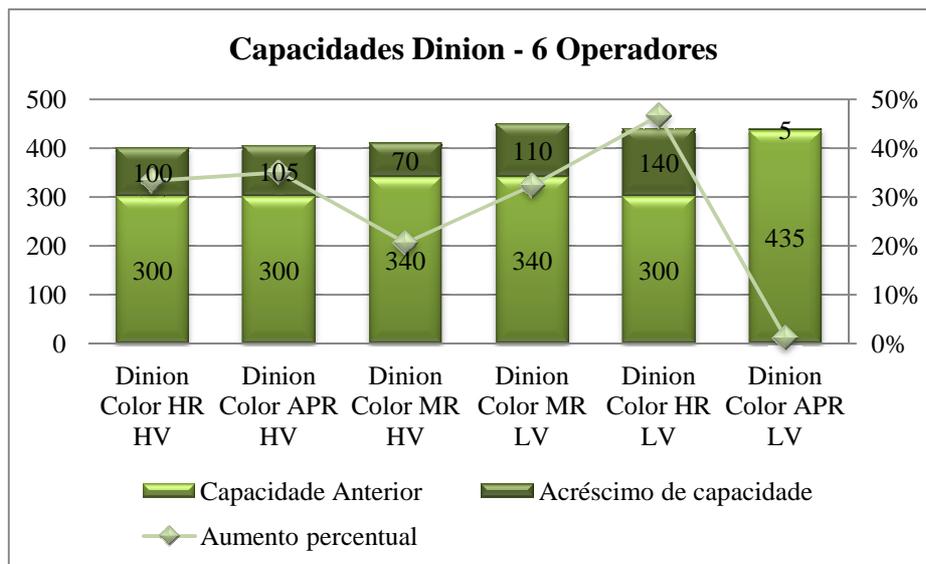


Figura 23 - Acréscimo de capacidade na linha *Dinion* com actualizações de tempos

O seguinte esquema sumariza todo o trabalho efectuado até esse momento, complementando os gráficos antecedentes e justificando os seus valores.



Figura 24 – Anotações finais do impacto da actualização de tempos

Posto todo este trabalho de actualização e estudo dos produtos em linha, é possível proceder-se à elaboração dos balanceamentos, nesse seguimento, apresenta-se de seguida essa mesma

### 3.1.5. Definição e análise de novos balanceamentos

Findada a actualização dos dados que compunham a base de dados da empresa, procedeu-se à realização de novos balanceamentos no *software* SAPLiMP (Simaria et al., 2009), com o intuito de estudar os resultados obtidos para diferentes cenários e contrapor esses resultados com a situação real.

Os cenários estudados foram:

- Manter as duas linhas: agir de acordo com os resultados do *software*, actuando sobre as lacunas que existiam nas linhas, ao nível de ergonomia, abastecimento, entre outros;
- Juntar as duas linhas: tendo sempre como foco criar uma nova linha actuando sobre os pontos de melhoria encontrados e cumprindo os objectivos propostos.

Este subcapítulo irá abordar todos os resultados obtidos para os dois cenários, a respectiva selecção e implementação. Irá detalhar-se cada uma destas fases, de modo a explicar como se despoletaram as diferentes soluções, principalmente a seleccionada e implementada.

Antes de iniciarmos a descrição detalhada dos resultados, é importante compreender a razão da hipótese de junção das linhas. Até ao momento tem-se detalhado as características das duas linhas assim como dos produtos que as compõem. Tendo esse estudo como alicerce é possível concluir que os produtos eram muito similares, assim como as linhas. Por outro lado a melhoria do espaço utilizado e o aumento das capacidades eram requisitos impostos, os quais poderiam beneficiar ao se juntar as linhas. Com isto é notório que se conseguia alcançar mais facilmente os objectivos propostos relativamente ao cenário de duas linhas. Mais adiante, com base em todos os resultados obtidos, irá apresentar-se o estudo da viabilidade desta solução.

É de referir que, ao se optar pela solução de duas linhas, o objectivo de melhoria de espaço utilizado não seria alcançado, uma vez que era impossível reduzir o que as linhas se encontravam a ocupar sendo até que estas careciam de espaço. Quanto ao aumento de capacidade, os métodos a utilizar teriam de ser bem ponderados, uma vez que as linhas possuíam tempo suficiente para satisfazer os requisitos do cliente.

De seguida serão apresentados os resultados para cada um dos cenários sob a forma de tabela, contendo como informação o número de postos obtidos, as capacidades utilizadas para cada modelo, o tempo de ciclo, o número de operadores necessários para cada cenário de capacidade, entre outros.

### **Duas linhas:**

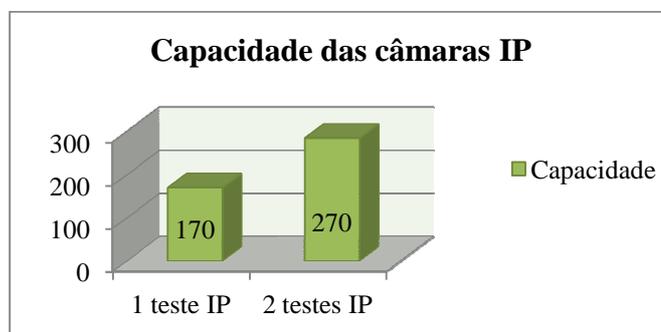
As capacidades utilizadas para este caso foram as que se obtiveram no subcapítulo anterior. As mesmas são logicamente obtidas pela divisão do tempo disponível para produzir (25907

segundos) pelo tempo de ciclo do produto. Nesta fase do estudo assumiu-se que o tempo de ciclo corresponde ao tempo da tarefa mais complexa e logo mais demorada.

Como primeiro passo, é importante perceber que a tarefa gargalo para os diferentes produtos era o teste funcional, ou seja, esta é que define a cadência de trabalho da linha assim como a capacidade da mesma. Se se pretender aumentar a capacidade, a única forma é actuar sobre esta tarefa, encontrando formas para reduzir o tempo do mesma ou alternativamente criando postos paralelos. Nesse sentido, houve uma reunião com os responsáveis pelos testes com o intuito de se perceber como se podia reduzir o tempo de teste. O resultado foi negativo uma vez que não era possível seguir esta via. Os testes eram compostos por uma série de *steps*, indispensáveis ao correcto ajuste da câmara e a única forma de se reduzir os tempos era reduzir o número dos mesmos. Assim sendo, a qualidade dos produtos começava a ficar comprometida e tal não poderia acontecer. Com isto, é possível perceber que a única alternativa eram os postos paralelos. O investimento para postos paralelos era de ordem elevada o que gerava a necessidade de decisão. Como a capacidade instalada nas linhas era suficiente para satisfazer os requisitos, a possibilidade de investimento foi também descartada.

Contudo, em relação ao teste IP houve uma especial atenção, pelo facto dos produtos IP possuírem um tempo de ciclo muito elevado, estarem presentes numa linha bastante sobrecarregada (*Dinion XF*) e com previsões de procura elevadas e em crescimento. Este facto levaria a que a linha dispensasse a maioria da sua capacidade para estes produtos e estava a ser bastante ineficiente porque o tempo de ciclo era muito elevado comparado com a carga da maioria dos postos de trabalho. Por outro lado, o tempo de ciclo dos restantes produtos era muito mais baixo e necessitavam manter em linha mais operadores para conseguir produzir as necessidades na sua totalidade. Como a linha se mantinha com um número fixo de operadores, sempre que se produziam as câmaras IP, para além dos tempos inactivos da linha serem de ordem elevada o número de operadores também o era, pois as cargas dos postos eram mais baixas e um operador poderia efectuar mais do que um posto de trabalho. Isto é, para a linha ter capacidade de cumprir com todos os requisitos no final do dia, tinha por exemplo 7 operadores para produzir à máxima capacidade nas câmaras que não eram IP, mas quando se efectuava o *setup* para câmaras IP, já só eram necessários 5 operários para produzir à máxima capacidade das câmaras IP e como o número se mantinha sempre fixo geravam-se ineficiências/desperdícios. Se optassem por 5 operadores

a quantidade de câmaras que se conseguiam produzir nos restantes modelos era muito mais baixa e assim não era possível cumprir o plano. Com tudo isto, analisou-se em quanto se poderia aumentar a capacidade duplicando o teste IP.



**Figura 25** - Diferença de capacidade para um ou dois testes IP

Neste gráfico é possível constatar que, com a duplicação do teste, a capacidade não duplica, e isto deve-se ao facto da próxima tarefa gargalo passar a ser o teste funcional. Contudo, a capacidade aumenta significativamente reduzindo os tempos inactivos da linha, logo desperdícios. Em simultâneo o tempo dispendido para estas câmaras é menor o que possibilita equilibrar o número de operadores para a produção de todos os produtos. Na tabela 18 (apresentada mais à frente), encontra-se representado o balanceamento para ambos os casos, com um ou dois testes IP, de modo a ampliar o leque de conclusões sobre esta decisão.

Este problema, trata-se de uma realidade onde a flexibilidade tem um papel fundamental, uma vez que a procura vai variando ao longo do tempo e a linha de montagem deve permitir acomodar estas variações. Ou seja, sempre que a procura baixa, deve ser possível produzir a um nível inferior, assim como no caso oposto ou para qualquer nível intermédio de procura. Para se cumprir estes requisitos, o que se faz variar são o número de operadores, aumentando-o quando a procura aumenta e reduzindo-o na situação oposta. Em todos os cenários a qualidade dos produtos deve estar garantida, assim como a redução dos custos de produção. Em ambas as linhas os operadores eram polivalentes e tinham experiência em todos os postos de trabalho de modo a cumprir os requisitos que aqui se impõem. Deste modo estão reunidas todas as condições para se utilizar o referido *software*.

Todos os passos desenvolvidos até ao momento tiveram como objectivo alimentar esta fase do trabalho, de modo a ser possível fazer os balanceamentos. Como já é conhecido, o primeiro passo foi a criação de fluxo, em segundo a medição do trabalho e de seguida

encontrar as capacidades. É de salientar que as capacidades encontradas e utilizadas surgiram da actualização dos balanceamentos que se encontravam em vigor. O valor que se encontrava em vigor surgiu de previsões das necessidades e assim definiram-se os tempos de ciclo necessários para todos os produtos. Com a actualização apenas se averiguou se as capacidades se mantinham ou não de acordo com as condições físicas das linhas, chegando-se aos resultados já apresentados na secção anterior.

No *software* utilizou-se a opção “Flexible U-lines”, pelas razões já apresentadas até então e pelas vantagens deste tipo de linhas, já referidas no capítulo III.

O *software* funciona da seguinte forma:

1º Passo: determina o número de postos e afecta as tarefas a realizar a esses mesmos postos de acordo com o pior caso, isto é, para o cenário com maior capacidade, uma vez que o mesmo irá ter um tempo de ciclo inferior.

2º Passo: mantendo a estrutura física encontrada no passo anterior, determina o número de operadores e afecta-os às tarefas a executar para todos os cenários.

Assim, como *output* do *software*, temos o número de postos, as tarefas afectas aos mesmos, assim como as tarefas a executar por operador. É relevante indicar que o ideal teria sido juntar todos os produtos num só ficheiro para correr no *software*, com um diagrama de precedências único, as capacidades desejadas para cada caso e assim como todos os seus dados exigidos. Se isto fosse possível, teríamos uma solução única de configuração física e a alocação das tarefas aos operadores para todos os casos. No entanto, como existiam produtos com diferenças significativas, o mesmo não foi possível e optou-se por analisar os resultados para cada um dos produtos e com base nessa informação tomar decisões.

O principal objectivo é que a capacidade desejada seja alcançada, para isso o *software* irá garantir que o número de postos a implementar permita produzir para as capacidades máximas indicadas. Isto é, como o cenário de maior capacidade irá necessitar de mais postos de trabalho, esse será a primeira escolha para efectuar os cálculos. O primeiro cálculo a efectuar é o tempo de ciclo, que diz respeito à divisão do tempo disponível para produzir pela capacidade que se pretende alcançar. Ou seja, será de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Tempo de Ciclo (TC)} = \frac{25907 \text{ (segundos)}}{\text{Capacidade (câmaras)}}$$

De seguida é calculado o limite inferior de número de postos de trabalho (LIP), de acordo com:

$$LIP = \frac{\sum_1^N \text{Tempos}}{TC}$$

Este cálculo não tem como referência as precedências entre tarefas, assim como as tarefas que são indivisíveis, o mesmo é efectuado para que se possa comparar o seu valor para todos os cenários. O valor mais alto de LIP, será o seleccionado para se poder chegar a uma resolução do problema ao nível do primeiro passo. Ou seja, selecciona-se o número de postos de trabalho e depois serão alocadas as tarefas aos postos de trabalho da melhor forma. Este processo será efectuado com base no procedimento ANTBAL (algoritmo baseado numa meta-heurística de colónia de formigas), que tem por objectivo resolver problemas de balanceamento de linhas de montagem de modelo-misto, (Simaria e Vilarinho, 2006).

A função objectivo tem como metas minimizar o tempo ocioso nos postos de trabalho o que equivale a tentar minimizar o número de postos de trabalho, assim como equilibrar as cargas de trabalho entre os diferentes postos.

Posto esta fase, será encadeada a segunda fase, que corresponde à atribuição dos operadores às tarefas, sabendo-se a configuração física da linha. Esta fase será repetida para todos os cenários de procura, ao contrário da fase anterior que se seleccionava o pior caso. O procedimento para esta fase tem o nome de U-ANTBAL, e o objectivo do mesmo prende-se com a afectação dos recursos humanos às tarefas, permitindo que estes possam trabalhar em ambas as extremidades da linha em U.

Segundo Simaria et al. (2007), ANTBAL e U-ANTBAL diferenciam-se pela forma como determinam o conjunto de tarefas disponíveis. No caso de U-ANTBAL, uma tarefa encontra-se disponível se:

- (1) Verifica as atribuições da tarefa-posto de trabalho da primeira fase;
- (2) Todos os antecessores e sucessores já foram atribuídas a um operador – isto permite a atribuição de um operador para as tarefas em ambas as extremidades da linha;

- (3) A atribuição da tarefa, não excede a capacidade do operador – tempo de ciclo para o cenário em específico.

Na atribuição das tarefas não é desejável que, para um posto de trabalho, estejam afectos mais do que um operador, uma vez que pode gerar congestionamento e confusão. Sabendo isto, pretende-se minimizar essa ocorrência. Uma das formas passa por, em primeiro lugar, atribuir ao operador todas as tarefas de um determinado posto de trabalho antes de mudar para outro. Por outro lado, adicionar à função objectivo um termo que calcula o número médio de operadores por posto de trabalho ( $P'$ ), dado por:

$$P' = \frac{\sum_{k=1}^S P_k}{S}$$

Sendo  $P_k$  o número de operadores a exercer trabalho no posto de trabalho  $k$  e  $S$  o número total de postos de trabalho.

Outros cálculos foram efectuados pelo *software* de modo a alcançar os objectivos definidos, mas não foram aqui apresentados, uma vez que, não era objectivo fulcral do projecto detalhar o funcionamento do mesmo. Por essa mesma razão estão apresentados os principais pontos para se entender o porquê da escolha deste método para o alcance de soluções de balanceamento.

É então importante entender que em ambas as fases o principal objectivo foi maximizar a eficiência, tendo sempre como ponto de partida a minimização dos postos de trabalho no primeiro caso e a minimização dos operadores em geral, mas especificamente, o número de operadores por posto na segunda etapa. Outro parâmetro fulcral era a minimização dos tempos ociosos em ambas as situações, entre postos e entre operadores.

Na tabela 18, é possível analisar os resultados em números de postos por tipo de operação, o número total de postos e os respectivos tempos de ciclo. É de salientar que os postos que estão representados nesta tabela não correspondem directamente ao que o resultado do *software* apresentou. Neste caso, são apresentados mais 3 a 4 postos de trabalho do que o *software* indicava, pois os dados introduzidos foram manipulados de acordo com a informação que se encontra na tabela 3. Como o *software* não consegue, para este algoritmo, definir a necessidade de criar postos paralelos, os tempos das tarefas que continham réplicas dos equipamentos em linha estavam fraccionados de acordo com o

número de postos. Por exemplo, no caso de três postos de soldadura, o valor introduzido correspondeu a 1/3 do tempo total da tarefa.

**Tabela 18** – 1ª Fase de resultados do *software* para o caso de duas linhas de montagem

Modelo	Nº de postos de soldadura	Nº de postos de teste funcional	Nº de postos de teste IP	Nº de postos de encasing	Nº de postos de teste HVT	Nº de postos de teste final	Nº de postos de <i>Mac Adress</i>	Nº de postos de embalagem	Nº total de postos	Tempo de ciclo (segundos)
<i>Dinion Color HR HV</i>	3	1	0	2	1	2	1	1	11	49,82
<i>Dinion XF Color HV</i>	2	1	0	2	1	2	0	1	9	68,18
LTC 465 HV	2	1	0	1	1	2	0	1	8	66,43
LTC D/N HV	2	1	0	1	1	2	0	1	8	66,43
<i>Freya HV</i>	1	1	0	2	1	2	0	1	8	99,64
720p e <i>Freya IP SD 498</i>	1	1	1	2	0	2	0	1	8	152,39
720p e <i>Freya IP SD 498</i>	2	1	2	2	0	2	0	1	10	95,95
<i>Freya IP SD 455</i>	1	1	1	2	0	2	0	1	8	152,39
<i>Freya IP SD 455</i>	2	1	2	2	0	2	0	1	10	95,95

Como não era possível efectuar um diagrama de precedências que incluísse todos os modelos, efectuaram-se de forma independente e analisaram-se todos os resultados de forma agregada de modo a perceber todos os pontos comuns existentes. Assim, ao estudar-se estes resultados de forma detalhada percebe-se que, apesar de serem modelos diferentes, os pontos em comum são evidentes.

Em primeiro lugar é indispensável a distinção dos produtos por linhas, pois nesta fase pretende-se estudar o caso de duas linhas de montagem. A linha que se encontra a cizento diz respeito ao modelo representativo da linha *Dinion* e as restantes à linha de montagem *Dinion XF*.

Para a linha *Dinion*, optou-se apenas por um único modelo representativo uma vez que as diferenças encontram-se ao nível da soldadura que pode ser mais demorada ou não e as

restantes tarefas mantêm-se. Este modelo foi o seleccionado por ser o mais completo da linha e possuir todas as tarefas que também compõem os restantes modelos.

Para a linha *Dinion XF* utilizaram-se todos os modelos existentes com a vertente HV, pelo facto de diferirem entre si e HV por ser mais completo do que LV, pois inclui duas tarefas extra.

Agregando a informação do quadro anterior, podemos concluir que os postos necessários para se poder produzir de acordo com as necessidades são os que se apresentam no seguinte esquema:

<b>Soldadura</b>	<i>Dinion: 3</i>	<i>Dinion XF: 2</i>
<b>Teste Funcional</b>	<i>Dinion: 1</i>	<i>Dinion XF: 1</i>
<b>Teste IP</b>	<i>Dinion: 0</i>	<i>Dinion XF: 2</i>
<b>Encasing</b>	<i>Dinion: 2</i>	<i>Dinion XF: 2</i>
<b>Teste HVT</b>	<i>Dinion: 1</i>	<i>Dinion XF: 1</i>
<b>Teste Final</b>	<i>Dinion: 2</i>	<i>Dinion XF: 2</i>
<b>Mac Adress</b>	<i>Dinion: 1</i>	<i>Dinion XF: 0</i>
<b>Embalagem</b>	<i>Dinion: 1</i>	<i>Dinion XF: 1</i>

**Figura 26** - Postos necessários para cumprir as necessidades do cliente

Ao mantermos duas linhas, estes seriam os postos a compor as mesmas. Com este resultado podemos concluir que em termos físicos as linhas que se encontravam implementadas não sofreriam alterações em relação ao número de postos, pois este corresponde ao resultado já implementado. De certa forma este resultado não é surpreendente pois, como é possível analisar pelas listas de precedências que se encontram em anexo (anexo I), as tarefas possuem poucas precedências e estas são muito lineares não concedendo um número elevado de possíveis configurações diferentes. Desde já é possível entender que caso se optasse por esta via, as potenciais situações possíveis de melhorias, além da duplicação do teste IP, seriam actuar ao nível da ergonomia dos postos e respectivos abastecimentos.

O quadro 19 é composto pelos resultados encontrados na segunda fase. É possível constatar o número de operadores necessários para cada cenário de procura e a eficiência

da linha. Assim como no caso dos postos de trabalho, aqui o número de operadores encontra-se acrescido em relação ao real resultado do *software*. Para o caso dos postos paralelos alocou-se um operador ao posto sempre que fosse necessário. Por exemplo, o facto de a linha de montagem ser composta por três postos paralelos de soldadura não significa que tenha de os utilizar sempre independentemente da procura, pelo que, no caso de a procura estar mais baixa, é possível utilizar apenas um ou dois operadores se não precisar de produzir à máxima capacidade dos postos em questão. Assim, pelo *software* sabemos que apenas está um operador afecto ao posto de soldadura, porque o mesmo só considera um posto, e de acordo com o tempo de carga do posto e da procura necessária efectuou-se o cálculo para perceber se um posto é suficiente ou não. Quando necessário, averiguou-se se outro operador já afecto à linha possuía um tempo inactivo que fosse suficiente para efectuar as tarefas do posto de soldadura e se essa disponibilidade se verificasse afectava-se esse mesmo operador, senão acrescentou-se mais um operador à linha. Para o caso dos testes finais a solução aplicada foi a mesma.

Outro dado que se pode analisar na tabela que se segue, é a percentagem de desbalanceamento (termo utilizado na *Bosch* de Ovar) das linhas para cada modelo. O desbalanceamento foi calculado utilizando o *template* de balanceamentos da empresa. O desbalanceamento calcula-se com base na seguinte fórmula:

$$\text{Desbalanceamento} = \left( \frac{N^{\circ} \text{ Operadores Real}}{N^{\circ} \text{ Operadores Teórico}} - 1 \right) \times 100\%$$

Sendo que,

$$N^{\circ} \text{ Operadores Teórico} = \frac{\sum_{t=1}^N \text{Tempo}_t}{\text{Tempo de Ciclo}}$$

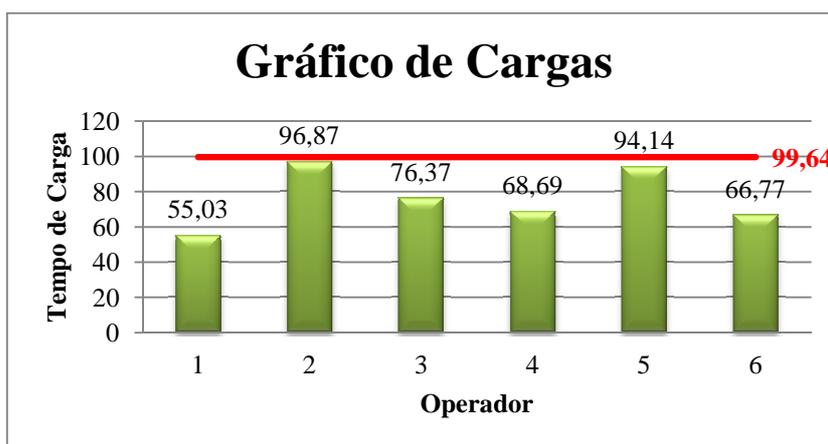
onde N corresponde ao número total de tarefas e t o número da tarefa.

Este dado é importante para entender se a percentagem de tempos inactivos é elevada ou não. Se o desbalanceamento for muito grande pode ter como causas operadores em excesso na linha ou capacidade definida abaixo da que realmente se consegue produzir. Um método que ajuda facilmente a perceber a causa raiz é efectuar um gráfico de cargas por operador.

**Tabela 19** - 2ª Fase de resultados do *software* para o caso de duas linhas de montagem

Modelo	Procura	Nº de operadores (Software)	Nº de operadores (Final)	Eficiência (Run1/2/3)	Desbalanceamento
<i>Dinion</i>	520	7	9	87%/87%/87%	17%
<i>Color HR HV</i>	460	6	8	89%/89%/89%	19%
	400	5	6	93%/93%/93%	9%
<i>Dinion XF</i>	380	5	6	98%/98%/98%	4%
<i>Color HV</i>	310	5	5	80%/80%/80%	6%
LTC 465 HV	390	5	5	90%/90%/90%	4%
LTC D/N HV	390	5	6	93%/93%/93%	17%
	345	5	5	82%/82%/82%	10%
<i>Freya HV</i>	260	5	6	88%/88%/88%	28%
720p e <i>Freya IP SD 498</i>	270	8	8	89%/89%/89%	20%
<i>Freya IP SD 455</i>	270	8	8	88%/88%/88%	8%

Pelos dados da tabela anterior, é notória a eficiência dos resultados obtidos com o *software*. Complementando essa informação os valores de desbalanceamento são satisfatórios, principalmente quando os modelos a produzir na mesma linha de montagem possuem diferenças significativas como na linha *Dinion XF*. De notar que mesmo nessa situação alcançou-se uma média de desbalanceamento de 14%. O maior desbalanceamento encontrado foi para o modelo *Freya HV*, com 28%. Tal como foi referido, uma forma de se perceber o desbalanceamento é efectuar um gráfico de cargas. Nesse sentido efectuou-se o gráfico para o modelo em causa e que pode ser de seguida analisado (Figura 27).



**Figura 27** - Cargas dos postos de trabalho para o modelo *Freya HV*

Analisando as barras do gráfico é rapidamente perceptível que o operador que está a definir a cadência da linha é o segundo mas o seu tempo de carga corresponde ao tempo do teste

funcional e não pode ser reduzido. Conclui-se facilmente que os 28% encontram-se nos tempos inactivos dispersos pelos restantes operadores. O que se poderia efectuar neste caso era reduzir um operador e redistribuir as tarefas. No entanto o caso não é assim tão linear, uma vez que os postos possuem condições especiais necessárias à execução das tarefas. O primeiro operador efectua as operações de soldadura logo tem de iniciar e concluir as tarefas todas até ao final por questões de qualidade. O trabalho efectuado pelo mesmo é sentado, pelo que para efectuar as tarefas de outros postos existem perdas associadas ao levantar, deslocar, voltar e sentar. Assim, teríamos de adicionar esse valor ao tempo de carga do operador. Por outro lado, a melhor hipótese seria redistribuir as tarefas pelos operadores 3, 4 e 6, já que as tarefas associadas ao operador 5 dizem respeito ao teste final e não podem ser dissociadas. Nesse caso, o operador 4 poderia efectuar tarefas do operador 3 até que o seu tempo de carga se aproximasse o mais possível do tempo de ciclo e as restantes tarefas seriam executadas pelo operador 3 que também poderia efectuar as tarefas que estavam alocadas ao operador 6. É de acrescentar que o operador 4 possui como uma das tarefas efectuar o teste HVT que requer atenção por se tratar de um teste tão importante para a qualidade dos produtos e segurança dos utilizadores dos mesmos, por esse motivo existe a premissa de o mesmo executar as tarefas todas no seu posto e não ter de efectuar deslocações para evitar distrações durante o teste. No entanto, se se redistribuísse as operações alocadas aos operadores 3, 4 e 6 para apenas dois operadores o tempo de ciclo obrigatoriamente teria de aumentar. Alocar tarefas desses operadores para o posto do operador 1 também não seria possível devido às condições físicas do posto. Ou seja, por questões de tarefas indivisíveis e condições físicas da linha não é possível reduzir um operador e manter o mesmo tempo de ciclo, logo capacidade instalada.

Em suma, com o trabalho efectuado nesta fase, pôde concluir-se que os resultados obtidos pelo *software* não diferiram em termos físicos, assim como em termos de alocação de tarefas aos respectivos postos de trabalho, do que se encontrava implementado. Nesse sentido, as melhorias poderiam encontrar-se ao nível ergonómico e de abastecimento, assim como foi referido anteriormente. Ao se optar por manter duas linhas, uma das alterações a efectuar à linha *Dinion XF* seria a duplicação do teste IP.

**Linha única:**

Neste ponto irão estudar-se todos os requisitos necessários à junção das linhas e estudar-se-á a viabilidade da ideia. Na fase anterior foi possível concluir que os requisitos em número de postos eram iguais para ambas as linhas. Assim, bastava manter uma das linhas e efectuar a agregação de toda a produção para uma só linha. Contudo, a equipa de testes teria de analisar o requisito de fusão dos testes das linhas.

A linha teria de ser composta pelos seguintes testes:

- Um teste funcional;
- Dois teste IP;
- Um teste HVT;
- Dois testes finais.

Estes testes encontram-se adaptados aos produtos de cada linha, pelo que o investimento era indispensável para a agregação das linhas. Se não se optasse pelo investimento para adaptar os testes a todos os produtos, a nova linha teria de ter os postos todos a duplicar e utilizar um dos testes para certos produtos e o outro para os restantes, o que em termos de espaço requerido não seria o ideal além de que, por outro lado, poderia levar a enganos logo seria necessário encontrar um mecanismo que evitasse o erro. Nestas condições os ganhos em juntar as linhas não seriam muito grandes porque pouco se poderia reduzir em número de postos. Assim, os requisitos em termos de testes foram:

- Juntar testes funcionais;
- Juntar testes finais;
- Agregar a atribuição do *Mac Adress* das câmaras *Dinion* aos testes finais.

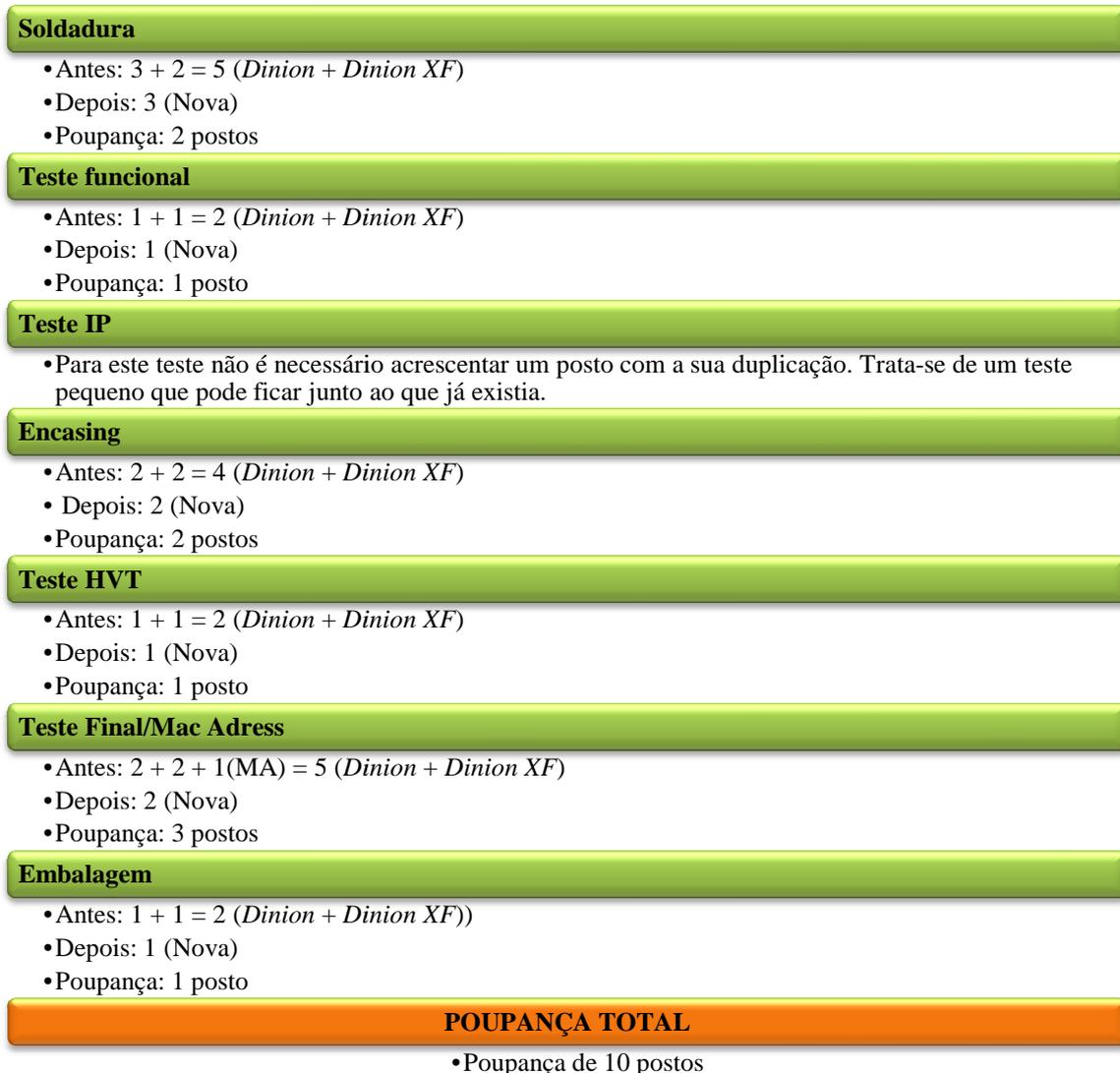
Com este investimento a nova linha seria composta pelos seguintes postos de trabalho:

- Três postos de soldadura;
- Um teste funcional;
- Dois testes IP;
- Dois postos de *encasing*;
- Um teste HVT;
- Dois testes finais;
- Um posto de embalagem.

É de notar que, para a linha ficar com estes postos e assumindo que se mantinham as necessidades de produção dos diferentes modelos, seria necessário averiguar se a linha

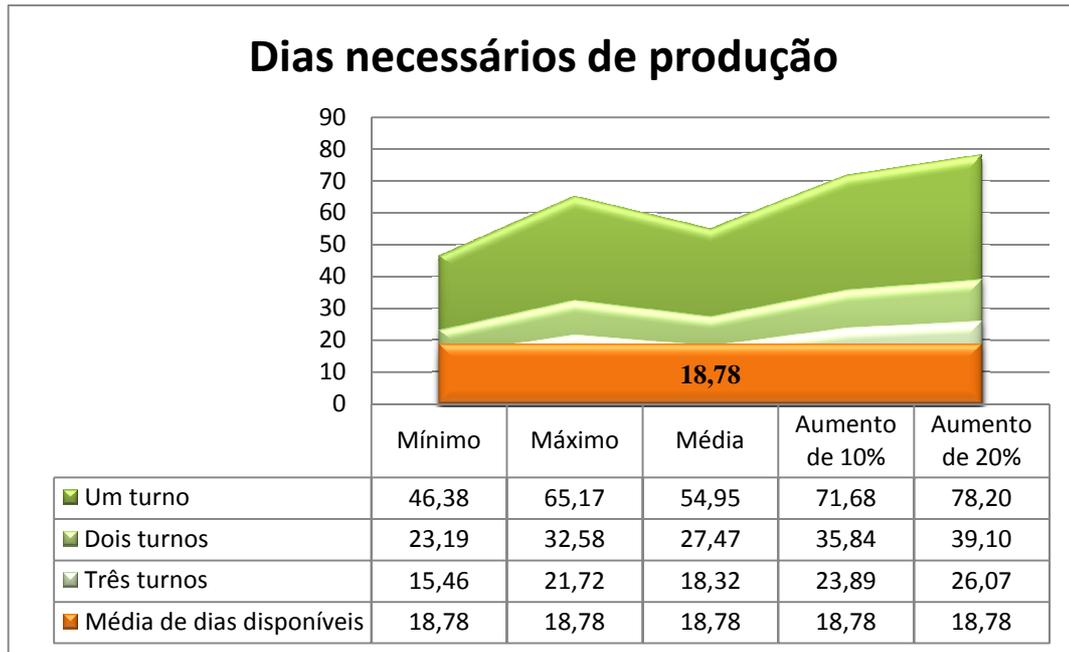
comportaria adequadamente todos os produtos e satisfaria todos os requisitos. Este cenário seria o mais simples, mas a sua viabilidade teria de ser testada.

O esquema (figura 28) que se segue demonstra o número de postos que se poupam com este cenário simples de junção.



**Figura 28** – Poupança de postos de trabalho

Para conseguirmos alcançar esta poupança em número de postos, é necessário que a linha consiga responder a todos os requisitos de cliente nestas condições. Nesse sentido, de seguida, apresenta-se um gráfico com as disponibilidades de produção e as necessidades, de modo a perceber se existem condições para juntar a linha desta forma.



**Figura 29** - Dias necessários de produção versus dias disponíveis

O gráfico anterior demonstra os dias necessários para se produzir todos os produtos necessários, consoante o número de turnos a utilizar, e em comparação com os dias disponíveis. Os valores apresentados foram calculados com base nas previsões mensais da empresa. Em média, sabe-se que se possui 18,78 dias para se produzir todos os requisitos mensais, assim, pretende-se que a linha comporte uma capacidade que permita satisfazer toda a procura nesse horizonte temporal. A empresa trabalha por turnos sempre que os requisitos o exigem, o que confere uma flexibilidade de expandir a produção até ao terceiro turno, em caso de necessidade no entanto, como se pretende reduzir os custos, o ideal será evitar turnos, tendo contudo sido estudados os três cenários.

Antes de se prosseguir com as conclusões do gráfico, importa referir que os dias que se apresentam como necessários têm como base de cálculo a capacidade da linha por turno, para além das previsões. As capacidades utilizadas foram as que se apresentaram anteriormente, que dizem respeito a um turno de trabalho. Assim, para se encontrar os dias necessários para produzir os requisitos efectuou-se a soma dos dias necessários para cada modelo, de acordo com a seguinte expressão:

$$Dias\ necessários = \sum_{m=1}^M \frac{Procura_m}{Capacidade_m}$$

Sendo que  $m$  é o modelo e  $M$  o número total de modelos (os modelos são os que se encontram representados na tabela das capacidades).

Deste modo, obtém-se os dias necessários de produção para a procura mensal, uma vez que a procura diz respeito à procura mensal e a capacidade corresponde à capacidade diária, utilizando apenas um turno. Para se obter os dias necessários com a utilização de dois turnos, basta efectuar a divisão por dois, ou por três no caso dos três turnos, uma vez que a capacidade se mantém de turno para turno.

Para se apurar a capacidade da linha de satisfazer todos os requisitos definiram-se 5 cenários:

- Resposta da linha para níveis mínimos de procura;
- Resposta da linha para níveis máximos de procura;
- Resposta da linha para níveis médios de procura;
- Resposta a um aumento de 10% do nível máximo;
- Resposta a um aumento de 20% do nível máximo.

Estes níveis foram encontrados através das previsões, não tendo sido utilizado o histórico de vendas. Os dados históricos não foram utilizados pelo facto de estarem abaixo dos níveis de produção normal na altura do projecto e também pelo facto de se verificar que as previsões apresentavam valores mais elevados tendo, ao mesmo tempo, sido detectado um aumento da procura. Não era possível sacrificar estes aumentos sob a pena de, na prática a linha de montagem não se encontrar preparada para a situação real de necessidades acrescidas.

Os cenários mínimos e máximos podem ser um pouco irrealistas, porque para se verificarem, todos os modelos têm de estar em níveis mínimos ou máximos em simultâneo. No entanto, o que é razoável de acontecer é uns modelos estarem com procuras mais elevadas e outros com níveis de procura mais baixos, mas sentiu-se a necessidade de o estudar, principalmente o nível mais alto, porque a linha tem de estar preparada principalmente para este cenário, ou seja, tem de possuir todas as condições para satisfazer todos os possíveis requisitos. Por outro lado, o nível mais baixo não é tão preocupante devido às características flexíveis que se pretende para a linha. Quanto aos cenários de aumento da procura máxima, são de prevenção, tendo em vista o potencial crescimento da empresa.

Analisando o gráfico (Figura 29) de forma pormenorizada para cada um dos cenários e número de turnos conclui-se que não é possível juntar as linhas investindo apenas na junção dos testes e mantendo as capacidades. Para todos os cenários não se reúnem condições para cumprir os requisitos impostos à linha. Existem em média 18,78 dias disponíveis para produção mensal os quais não são suficientes. Se olharmos para o caso de três turnos e uma procura média, são necessários 18,32 dias de produção. Para este caso é possível produzir dentro dos prazos estipulados, no entanto, se a linha sofrer aumentos de procura ou se ocorrer um problema na linha que a faça parar, os 18,78 dias disponíveis já não serão suficientes gerando-se atrasos de entrega. Assim, conclui-se que a capacidade instalada nestas condições seria muito limitada não havendo margem para a ocorrência de atrasos, podendo ocorrer falta de capacidade para produzir todos os requisitos de procura.

Deste modo, para não se colocar em causa a falta de capacidade da linha a melhor opção seria manter as duas linhas em separado. No entanto, como um dos requisitos era o aumento da produtividade estudou-se como se poderia alcançar o mesmo.

O gargalo principal em todos os modelos era o teste funcional, pelo que, para se conseguir aumentar a produtividade apenas era possível actuando sobre o mesmo. Como já se apurou, a redução do tempo de teste era impossível, ficando apenas a possibilidade de se investir em postos paralelos. Com vista ao estudo da viabilidade da ideia, começou-se por perceber qual o impacto na capacidade no caso da duplicação do equipamento, e conseqüentemente, do posto de teste funcional. Assim, na tabela 20 que se segue, apresenta-se o aumento de capacidade com a duplicação de teste. As capacidades apresentadas correspondem à maior produção possível pela linha. No entanto, aquando a realização dos balanceamentos, outros cenários de procura serão estudados.

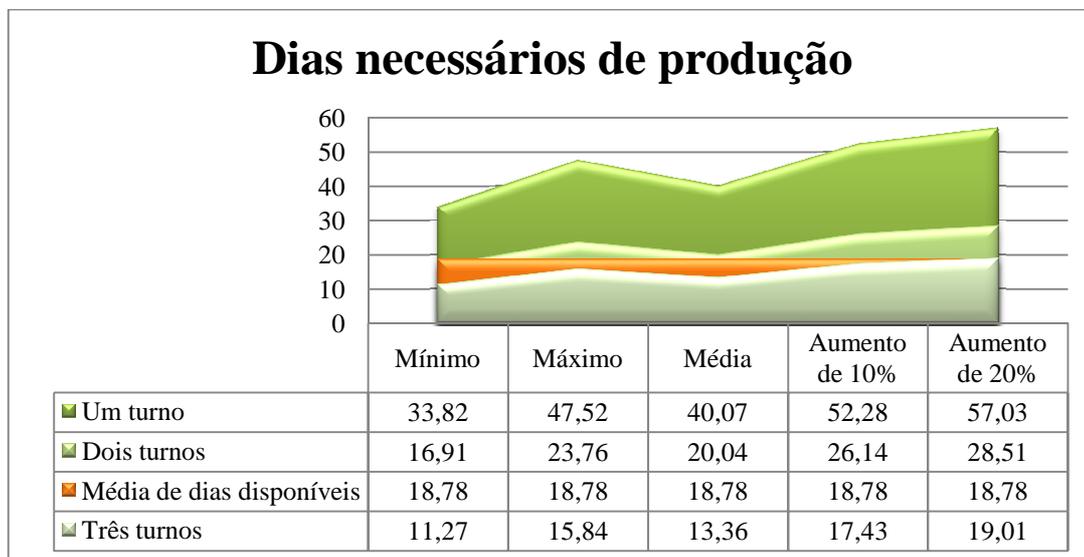
Tabela 20 – Capacidades com a duplicação do teste funcional

Modelo	Nova Capacidade	Capacidade Anterior	Diferença
LTC 465 LV	700	390	310
LTC 465 HV	635	390	245
<i>Dinion XF Color LV</i>	615	380	235
<i>Dinion XF Color HV</i>	615	380	235
LTC D/N HV	635	390	245
LTC D/N LV	695	390	305
<i>Freya HV</i>	480	260	220
<i>Freya LV</i>	490	260	230
<b>720p e Freya IP SD 498 e 455</b>	285	170	115
<i>Dinion Color HR HV</i>	625	525	100
<i>Dinion Color APR HV</i>	625	440	185
<i>Dinion Color MR HV</i>	625	525	100
<i>Dinion Color MR LV</i>	690	525	165
<i>Dinion Color HR LV</i>	660	525	135
<i>Dinion Color APR LV</i>	695	440	255

As capacidades presentes na tabela foram obtidas, efectuando uma actualização ao *template* de balanceamento de cada modelo, utilizado na empresa. O procedimento utilizado foi começar por representar os dois postos para o teste funcional em paralelo, o que equivale a um tempo de ciclo de metade para a tarefa de teste e verificou-se qual a capacidade que os mesmos conseguiam alcançar, que logicamente correspondeu ao dobro da anterior. De seguida analisou-se qual seria o próximo gargalo e averiguou-se se era possível actuar sobre o mesmo. Posto isto, verificou-se que os próximos postos gargalo seriam os postos de *encasing*, que só existiam dois pois eram suficientes para a produção de um posto de teste funcional. Para que a duplicação do teste funcional fosse significativamente compensatória, optou-se por redistribuir as tarefas de montagem por três postos de *encasing*. Esta opção também foi alimentada pelo facto de a capacidade que se conseguia alcançar com os dois postos de *encasings* colocar em perigo o cumprimento de todos os requisitos, pois os aumentos de capacidade não eram de ordem tão elevada e por outro lado os testes acabariam por estar a trabalhar de forma ineficiente. Com estas acções conseguiu-se chegar aos valores representados na tabela 20.

Uma vez alcançados estes valores de capacidade tornou-se imprescindível perceber se os mesmos eram suficientes para juntar as linhas não comprometendo a procura. Assim,

efectuou-se o mesmo processo utilizado anteriormente para concluir se este aumento era o suficiente.



**Figura 30** - Disponibilidade após duplicação do teste funcional

A zona laranja do gráfico da figura 30 corresponde à disponibilidade média, em dias, da linha para produzir. No caso de um só turno é possível verificar que não é suficiente para fazer face a toda a produção necessária. Optando por dois turnos, se a procura estiver em níveis baixos existe capacidade suficiente. Mesmo na situação média, ao se optar por utilizar dois sábados como horas extra existe a disponibilidade suficiente. Se o risco de falha das encomendas for elevado existe sempre o terceiro turno de margem. Até para as situações de aumento do nível máximo existe disponibilidade de produção. Com isto, pode concluir-se que este aumento de capacidade é o suficiente para fazer face aos requisitos previstos assim como a possíveis aumentos. É de notar que um aumento de 20% do máximo significaria um aumento da procura em 20% em todos os modelos em simultâneo, situação que, naturalmente, apresenta uma baixa probabilidade de suceder.

Tendo sido possível concluir que este aumento das capacidades era o suficiente procedeu-se à realização dos balanceamentos com recurso ao *software* assim como no estudo do cenário de duas linhas. Os passos efectuados são exactamente os mesmos, assim como todo o raciocínio.

No caso dos postos paralelos o procedimento foi exactamente o mesmo, sendo que consideraram-se os seguintes postos paralelos:

- Soldadura: 3 postos;
- Teste funcional: 2 postos;
- Teste IP: 2 testes no entanto só necessita de um posto (testes de pequena dimensão) e podem ser manipulados em simultâneo por um só operador;
- Teste final: 2 postos.

**Tabela 21** - 1ª Fase de resultados do *software* para o caso da junção das linhas de montagem

Modelo	Nº de postos de soldadura	Nº de postos de teste funcional	Nº de postos de teste IP	Nº de postos de teste <i>encasing</i>	Nº de postos de teste HVT	Nº de postos de teste final	Nº de postos de embalagem	Nº total de postos	Tempo de ciclo (segundos)
<i>Dinion Color HR HV</i>	3	2	0	3	1	2	1	12	41,45
<i>Dinion XF Color HV</i>	3	2	0	3	1	2	1	12	42,13
LTC 465 HV	3	2	0	3	1	2	2	13	40,80
LTC D/N HV	3	2	0	3	1	2	2	13	40,80
<i>Freya HV</i>	3	2	0	3	1	2	2	13	53,97
720p e <i>Freya IP SD 498</i>	3	2	2	2	0	2	1	12	90,90
<i>Freya IP SD 455</i>	3	2	2	2	0	2	1	12	90,90

Pela tabela podemos concluir qual número de postos necessários para a junção das linhas e se o resultado dessa junção permite produzir à capacidade desejada. Para se encontrar as capacidades utilizou-se o *template* da empresa, tal como já foi explicado. Nesse *template* foi decidido colocar mais um posto de *encasing* para fazer face à cadência dos testes.

Na alteração aos dados *input* do *software* apenas se efectuou a rectificação dos tempos de testes e fez-se correr o mesmo para analisar os resultados. Com isso, conclui-se que o resultado foi o mesmo da decisão, ou seja, na maioria dos casos o *software* indica que são necessários três postos de *encasing*, pelo que, para se alcançar as capacidades definidas torna-se imprescindível o investimento no terceiro posto, senão, apenas com dois postos, a capacidade terá de ser reduzida.

Com isto, podemos concluir que a configuração física da nova linha será composta por:



**Figura 31** - Postos necessários para a nova linha

Parte dos postos foram seleccionados com base no *software* e outra com base na configuração que se encontrava nas linhas. Ou seja, os três postos de soldadura surgiram pelo facto de uma das linhas já precisar de três postos e se reduzíssemos esse número automaticamente a capacidade seria reduzida o que comprometeria o sucesso da linha. Por outro lado, como se pretendeu aumentar o *output* da linha, este número de postos tornou-se relevante para acompanhar a capacidade dos testes que foram duplicados. A duplicação do teste funcional e do teste IP já foi referida anteriormente, mas sem esta decisão seria impossível aumentar o *output*. O número de postos de *encasing* foi estabelecido com base no *software*, apesar de já se considerar essa possibilidade à partida. O posto de teste HVT é dado pelo *software* como uma tarefa do *encasing* 3, o que não está totalmente errado, uma vez que quem vai efectuar este teste será o operador do posto de *encasing* 3, no entanto, devido aos problemas físicos que existiam anteriormente com este teste, optou-se por colocar o mesmo num posto independente com dimensões adaptadas. O número de testes finais manteve-se pelo facto de não se encontrar necessidade de aumentar o mesmo, por outro lado, a sua redução seria inviável porque para as condições desta nova configuração estes passam a ser, em alguns modelos, o gargalo e a redução de capacidade não pode acontecer. Por fim, quanto aos postos de embalagem, optou-se por dois, uma vez que alguns dos modelos os requeriam e, adicionalmente, para a produção de câmaras por módulos um dos requisitos mínimos é a existência de dois postos de embalagem, ou então um posto de dimensões acrescidas, uma vez que esses modelos requerem a desmontagem e posterior embalagem. Ou seja, são necessários dois operadores uma vez que são muitas as tarefas a executar no final da linha e os requisitos de espaço devem ser cumpridos para que não haja violações ergonómicas.

Tabela 22 – 2ª Fase de resultados do *software* para o caso da junção das linhas de montagem

Modelo	Procura	Nº de operadores (Software)	Nº de operadores (Final)	Eficiência (Run1/2/3)	Desbalanceamento
<i>Dinion</i>	625	8	10	85%/85%/85%	11%
<i>Color HR</i>	520	6	9	94%/94%/94%	16%
<i>HV</i>	440	5	8	96%/96%/96%	26%
<i>Dinion XF</i>	615	8	10	85%/85%/85%	2%
<i>Color HV</i>	480	6	9	89%/89%/89%	18%
	410	5	8	91%/91%/91%	23%
<i>LTC 465</i>	635	7	9	91%/91%/91%	1%
<i>HV</i>	480	5	8	97%/97%/97%	19%
<i>LTC D/N</i>	635	7	10	95%/95%/95%	8%
<i>HV</i>	570	7	9	85%/85%/85%	9%
	470	5	8	98%/98%/98%	17%
<i>Freya HV</i>	480	7	10	94%/94%/94%	12%
	470	7	9	92%/92%/92%	2%
	435	7	8	85%/85%/85%	11%
720p e <i>Freya IP</i> SD 498	285	6	8	94%/94%/94%	1%
<i>Freya IP</i> SD 455	285	7	10	85%/85%/85%	10%

Desde já é possível verificar o número de operadores necessários para se produzir as quantidades determinadas, a eficiência para cada caso, determinada pelo *software* e o desbalanceamento encontrado com recurso ao *template*. As diferenças visíveis na eficiência e desbalanceamento estão associadas ao número de operadores e condições assumidas pelo *software* e a realidade aplicada no *template*. Não foi possível representar os postos paralelos, o que levou à necessidade de se corrigir a situação adaptando os dados e por outro lado, não foi possível definir quais as tarefas que eram efectuadas de forma automática e quais eram totalmente manuais, o que não permitiu afectar tarefas junto dos tempos automáticos, como o exemplo dos testes funcionais. Ou seja, o teste funcional era automático, o que permitia ao operador efectuar tarefas durante esse tempo. Estas foram as principais diferenças entre o *software* e o *template* e que de certa forma levaram a estas diferenças nos dados.

Em termos de poupança, esta solução permite poupar em número de postos quando comparada com a realidade de duas linhas distintas. Na figura 28 representou-se a poupança existente numa fusão de linhas sem investimentos ao nível do aumento da capacidade. Como essa solução não era possível, testou-se o cenário de junção mas acrescido de investimento para aumentar a capacidade da linha. Com isto, a poupança

modificou-se, sendo que, no primeiro caso, a poupança era de 10 postos e com este cenário a poupança passa a ser de 7 postos de trabalho. A diferença de 3 postos diz respeito ao segundo posto de teste, terceiro posto de *encasing* e segundo de embalagem. Para além desta poupança, este cenário permitiu repensar em todas as limitações que as linhas tinham e utilizá-las como premissas na reconfiguração da linha de montagem.

Em suma, foram estudados dois cenários possíveis para cumprir os requisitos dos clientes. O segundo caso, que diz respeito à junção das linhas, permite alcançar um maior leque de objetivos, desde a melhoria do espaço utilizado, pois vão ser menos postos, à eliminação de lacunas existentes e aumento de produtividade. No entanto este cenário requer bastante investimento que deve ser avaliado no sentido de se apurar a viabilidade da ideia. Nesse seguimento o ponto que se segue efectua esse mesmo estudo com vista à implementação ou não do projecto.

#### **3.1.6. Estudo de viabilidade da fusão das linhas**

Para se estudar a viabilidade do cenário de junção das linhas, foi necessário um trabalho de campo para se efectuar um levantamento de todo o equipamento existente nas duas linhas e o que seria necessário para a nova linha. Nesse levantamento teve-se em consideração todo o material e equipamentos reutilizáveis no projecto para que o investimento fosse o menor possível. Assim, na tabela que se segue apresenta-se todo o equipamento existente e também o necessário. É de notar que L1 e L2 correspondem à Linha *Dinion* e *Dinion XF* respectivamente.

Tabela 23 – Poupança de equipamentos e infra-estruturas na junção das linhas

		Posto	Qt.	Total	Posto	Qt.	Total	Poupança	Valor/ Unidade	Poupança Total €
<b>Aparafusadoras</b>	L1	Soldadura	3	11			7	4	640	2.560
		Encasings	2		Soldadura	3				
	L2	Soldadura	2		Encasings	3				
		Encasings	3		Embalagem	1				
		Embalagem	1							
<b>Dispensador Gap Filler</b>	L1	Soldadura	3	7			5	2	568	1.136
	L2	Soldadura	2		Soldadura	3				
		Encasings	2		Encasings	2				
<b>Postos</b>	L1	Soldadura	3	21			12	9	900	8.100
		Teste Func.	1							
		Encasing	2							
		Teste Final	2		Soldadura	3				
		Mac Adress	1		Teste Func.	2				
		Embalagem	2		Encasing	3				
	L2	Soldadura	2		Teste Final	2				
		Teste Func.	1		Embalagem	2				
		Encasing	3							
		Teste Final	2							
		Embalagem	2							
<b>Carro Setup Poup</b>	L1	-	1	2	-	1	1	1	400	400
	L2	-	1							
<b>Carro Limpeza</b>	L1	-	1	2	-	1	1	1	170	170
	L2	-	1							
<b>Baixada</b>	L1	-	1	2	-	1	1	1	100	100
	L2	-	1							
<b>Quadro Informativo</b>	L1	-	1	2	-	1	1	1	300	300
	L2	-	1							
<b>Andom Board</b>	L1	-	1	2	-	1	1	1	280	280
	L2	-	1							
<b>Monitores</b>	L1	Teste final	2	5			2	2	250	750
		Mac Adress	1		Teste final	2				
	L2	Teste final	2							
<b>Monitores computador</b>	L1	Mac Adress	1	3			2	2	80	80
	L2	Teste final	2		Teste final	2				
<b>Vectorescopio</b>	L1	Teste final	2	4			2	2	5000	10000
	L2	Teste final	2		Teste final	2				
<b>Sistema de exaustão</b>	L1	Soldadura	3	5			3	3	1170	2340
	L2	Soldadura	2		Soldadura	3				
<b>Ferro de soldar</b>	L1	Soldadura	3	5			3	3	300	600
	L2	Soldadura	2		Soldadura	3				
									<b>Total</b>	<b>28.066</b>

Se verificarmos o caso concreto dos postos de trabalho constatamos que na tabela apresenta-se uma poupança de 9 postos contradizendo os 7 referidos anteriormente. Isto está relacionado com o facto de nas linhas em separado se estar a considerar apenas um posto de trabalho, mas em questões físicas dizem respeito a dois, daí se considerar neste caso 2 postos, pois estamos a lidar com as infra-estruturas físicas existentes.

Os valores unitários apresentados correspondem ao valor do equipamento no acto de compra, no entanto este foi considerado como um ganho pelo facto de todo o material que não for utilizado ser reutilizado para outras linhas de montagem da empresa, constituindo nessa altura o ganho, pois não se irá necessitar de efectuar uma aquisição nova e dessa forma recupera-se o valor apresentado.

Outras poupanças que se verificaram foram em número de operadores, tal como se pode analisar de seguida:

**Tabela 24** – Poupança em número de operadores

	Linha	Operadores por turno (2 linhas)	Total	Operadores/turno (1 linha)	Total	Poupança	€/op.	Total €/mês
<b>Pior caso</b>	L1	9+9+9+3	51	10+10+10+3	33	18	500	9000
	L2	6+6+6+3						
<b>Caso verificado</b>	L1	9+1	31	10+10+2	22	9	500	4500
	L2	6+6+6+3						

O valor de 500€ apresentado não é de todo realista, mas foi utilizado como indicativo de poupança para este estudo de viabilidade. Assim, sabendo-se que a poupança poderá ser maior podemos aumentar a fiabilidade da viabilidade estudada.

As tabelas 23 e 24 representam então as poupanças a obter com a implementação do projecto de fusão das linhas. No entanto, para que o mesmo fosse possível eram necessários investimentos cujo valor teve também de ser apurado. O investimento encontra-se ao nível da duplicação e uniformização dos testes funcionais, junção dos testes finais, para que não existam dois tipos de testes em linha, *jigs* de teste funcional, carros de *setup* para os testes funcionais, *jigs* de soldadura e novos postos de trabalho para os testes finais.

Os testes finais são os únicos postos novos, pela razão já apresentada de falta de espaço nos mesmos e assim serão fabricados postos de dimensões adaptadas às condições requeridas.

**Tabela 25** – Investimento para junção de linhas

		Quantidade	€/Unidade	Total €
<b>Jigs de soldadura</b>		1	3.000,00 €	3.000,00 €
<b>Duplicação e uniformização teste funcional</b>	Carros de <i>setup</i>	4	-	16.000,00 €
	PC	1		
	<i>Ligth box</i>	1		
	<i>Jigs</i>	4		
<b>Junção testes finais</b>	-	-	-	1.000,00 €
<b>Postos de trabalho</b>	-	4	1.200,00 €	4.800,00 €
			<b>TOTAL</b>	<b>24.800,00 €</b>

No cálculo dos investimentos foram considerados quatro postos de trabalho novos sabendo-se que seriam necessários apenas dois. Este acto foi propositado constituindo uma margem de segurança para eventuais ajustes aos postos que se encontravam em linha.

Com toda esta informação tornou-se possível testar a viabilidade do projecto. O esquema seguinte constitui um resumo dos dados que facilitou a decisão sobre a implementação ou não do projecto.



**Figura 32** - Poupança versus Investimento

Em suma, a viabilidade do projecto estava assegurada, uma vez que os ganhos cobriam o investimento. Para além da cobertura imediata pelos equipamentos, verificou-se que era possível uma poupança mensal com a redução do número de operadores assim como no espaço. Com isto, a empresa decidiu implementar o projecto fazendo com que as equipas

intervenientes começassem desde logo a trabalhar no mesmo, nomeadamente nos testes que constituem o ponto fulcral para a definição do calendário das acções do projecto.

A fase seguinte do trabalho, definida de acordo com as políticas da empresa, passou pela realização de um *workshop* denominado *Lean Line Design* (LLD), com o principal objectivo de encontrar a configuração física para a nova linha, envolvendo uma equipa multidisciplinar com vista à redução das possíveis falhas não detectadas na altura do projecto. Assim, o próximo ponto abordará esta fase do projecto.

### **3.1.7. *Lean Line Design***

Este ponto irá abordar os passos executados durante o *workshop* LLD. Trata-se de um *workshop* com uma duração normal de uma semana, pois pretende-se com este tratar todos os passos até se obter uma linha de montagem capaz de satisfazer todos os requisitos previstos para o(s) produto(s) em estudo. Os principais passos a efectuar num LLD são:

- 1) Decidir número de turnos a trabalhar;
- 2) Calcular *Takt Time* da linha;
- 3) Verificar a disposição dos materiais e equipamentos no bordo de linha;
- 4) Calcular dimensão de postos de trabalho;
- 5) Desenhar *layout*.

Estes foram os passos efectuados, no entanto não se realizaram todos ao pormenor no *workshop*, havendo assim um trabalho prévio. Com isto, o *workshop* debruçou-se principalmente sobre os pontos 3, 4 e 5.

De forma a formalizar todos os objectivos a alcançar foram definidas premissas a cumprir no *workshop*, sendo elas:

- Melhoria do espaço ocupado pela linha e supermercado com uma meta de: 45m<sup>2</sup> + supermercados;
- Reutilização máxima dos postos de trabalho existentes;
- Nova caixa de nivelamento para a visualização do planeamento de três turnos;
- Ergonomia, cumprir a distância interna da linha de 1,80m;
- Manter, sempre que possível, os operadores a operar de pé;
- Redesenhar os postos de teste final;
- Colocar tapetes anti-estáticos e anti-fadiga na zona de trabalho;
- Manter ou reduzir a quantidade de *Work In Process* (WIP);
- Optimização dos acessos às impressoras;
- Encontrar soluções SMED para o *setup* dos testes.

Ponto 1: Este ponto foi decidido aquando da elaboração dos balanceamentos, optando-se por dois turnos deixando o terceiro como margem para possíveis aumentos da procura, tal como se averiguou no subcapítulo de junção das linhas de montagem, na análise de disponibilidade após aumento de capacidades.

Ponto 2: O cálculo do *Takt Time* (TT) é efectuado com base nas previsões efectuadas para o produto e no tempo disponível para os produzir. Sabendo a procura e o tempo para produzir encontra-se assim de quanto em quanto tempo deve sair um produto da linha para que se consiga satisfazer toda a procura. Por esta razão era necessário saber quantos turnos se pretendia usar, pois quantos mais turnos se utilizar maior será o tempo disponível, logo maior poderá ser o TT.

O ideal para uma linha de montagem é que todos os modelos a produzir tenham o mesmo TT, no entanto em alguns casos isso não acontece, como é o caso deste projecto. Como se pôde apurar, cada modelo tinha um tempo de ciclo diferente devido às suas diferenças na montagem. Neste caso optou-se por calcular o TT encontrando-se o valor de 58 segundos e analisou-se a média do tempo de ciclo encontrada para os diferentes modelos, sendo a mesma de 57 segundos. Com isto, podemos concluir que em média sai um produto de 57 em 57 segundos da linha o que não ultrapassa os 58 segundos estipulados pelo cliente, logo a linha cumpre com os requisitos mínimos de capacidade.

Ponto 3 e 4: Nestes passos o objectivo era dimensionar os bordos de linha e respectiva dimensão do posto de trabalho. Para se efectuar estes passos realizou-se um levantamento de todos os materiais que entravam no bordo de linha, para todas as famílias, por tipo de posto. Depois do acordo de todos os intervenientes com os resultados dos balanceamentos do *software*, apuraram-se os tipos de contentores utilizados pelos componentes e colocaram-se todos os contentores alocados a um determinado posto lado a lado e em diferentes níveis possíveis (prateleiras) como se mostra nas figuras 33 e 34, com o objectivo de se apurar a dimensão necessária. Para além dos componentes também foram considerados os equipamentos associados ao posto.

A tabela seguinte apresenta as tarefas a efectuar por posto de trabalho, obtidas na 1ª fase dos balanceamentos.

**Tabela 26** – Tarefas por posto de trabalho

Posto	Tarefas
<b>Soldadura</b>	Montar <i>bracket</i>
	Soldar processador
	Soldar sensor
<b>Teste IP</b>	Teste IP
<b>Teste Funcional</b>	Teste funcional
	Montar bloco óptico
	Conectar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico
	Conectar <i>flex-foil</i> ao processador (do bloco óptico ao processador)
	Retirar placa testada e colocar placa para testar
	Colocar <i>lens cap</i>
<b>Encasing 1</b>	Colocar alarme no processador
	Conectar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>
	Encaixar <i>power</i> no <i>mains bottom cover</i>
	Passar o <i>mains cable</i> pelo <i>back cover</i>
	Conectar <i>mains cable</i> ao <i>power</i> e fixa-lo na <i>bracket</i>
	Encaixar o <i>mains top cover</i> no conjunto anterior
	Encaixar o processador no conjunto anterior
	Conectar o <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador
	Colocar <i>processing bracket</i> no <i>jig</i>
	Desconectar processador do bloco e colocar o processador sobre a <i>bracket</i>
	Colocar <i>spring</i> +parafuso num orifício, fechar alavanca e aparafusar (4x)
	Retirar conjunto do <i>jig</i> e inseri-lo no <i>jig</i> de aperto da placa IP
	Colocar <i>gap filler</i> no(s) círculo(s) da <i>bracket</i>
	Colocar placa IP
	Aparafusar 4x a placa IP
<b>Encasing 2</b>	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i>
	Aparafusar <i>bracket</i> à <i>power</i>
	Ligar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>
	Conectar o PTZ <i>cable</i> do <i>power</i> à placa IP, enrolar 3x e encaixá-los
	Conectar <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador
	Ligar <i>flex-foil</i> do bloco ao processador
	Colocar SD <i>card</i> na traseira e encaixar no conjunto anterior
	Rodar conjunto 90° e colocar <i>gap filler</i>
	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>
	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>
	Conectar o cabo do motor

	Colocar a <i>athena cooling bracket</i>
<b>Encasing 3</b>	Aparafusar 4x/5x ( <i>brackets</i> e bloco)
	Conectar cabo 2p ao <i>button panel</i> e ao processador
	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>
	Colocar <i>gap filler</i>
	Colocar o <i>top cover</i>
	Aparafusar 4x o top
	Colocar o <i>front cover</i>
	Teste HVT
<b>Teste Final</b>	Teste Final
	Assinar
	Colar etiqueta ( <i>type plate</i> )
<b>Embalagem - Posto 1</b>	Montar caixa individual
	Aparafusar 1x
	Colocar o Livro ( <i>Sealed QIG ISI Freya</i> ) e o DVD na caixa
	Colocar conector <i>Iris</i>
	Colocar componentes no saquinho ( <i>2x Socket 6P , 1xSocket 2P , Ring</i> )
	Colocar o <i>Alarm Data Plug</i> na câmara ( <i>2x</i> )
<b>Embalagem - Posto 2</b>	Contar 12 componentes ( <i>Manual, DVD, 2P, 6P, Ring, Alarm</i> )
	Ler código do <i>type plate</i> para imprimir etiquetas
	Colocar a câmara num <i>Air Bubble Bag</i> e fechar com fita-cola
	Colocar câmara na caixa individual
	Fechar caixa individual
	Colar etiquetas na caixa individual
	Colocar câmaras na caixa colectiva
	Fechar caixa colectiva
	Montar caixa colectiva
Colar etiqueta caixa colectiva	



**Figura 33** - Dimensionamento posto de soldadura



**Figura 34** - Dimensionamento dos postos de *encasing*

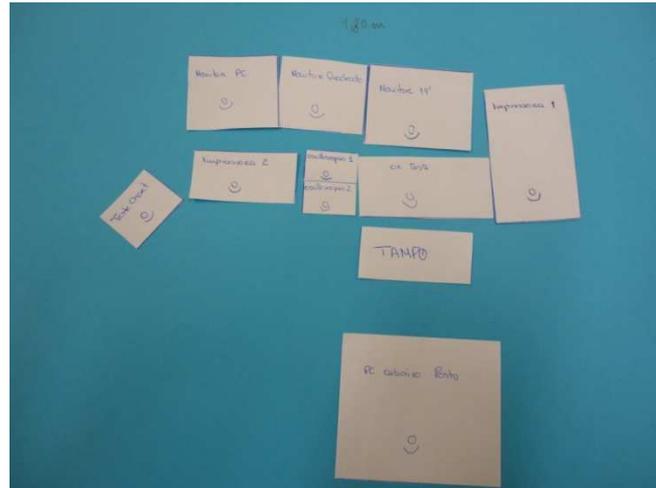
Os contentores foram seleccionados de acordo com tabelas de materiais, que não foi possível apresentar por questões de confidencialidade, e foram-se formando os postos de trabalho de acordo com a tabela 26. É de salientar que as tarefas que se encontram afectas aos postos correspondem a todas as tarefas que se executam em cada posto específico, no entanto podem não ser todas efectuadas em todos os modelos, sendo que cada modelo tem as suas tarefas podendo ou não ser comum a todos os restantes.

Os contentores foram colocados em três níveis no máximo e posteriormente com uma fita métrica mediu-se a dimensão necessária. Esses valores corresponderam ao tamanho do posto a implementar.

Como um dos objectivos era a redução do investimento reutilizando o material existente, pretendeu-se utilizar os postos já existentes e nesse sentido averiguou-se se a dimensão encontrada para os postos correspondia ao tamanho dos postos existentes. Como esse cenário se verificou, pôde-se utilizar os mesmos postos, anotando-se apenas as alterações necessárias aos mesmos em termos de abastecimento.

Os postos aos quais se atribuiu uma maior atenção foram os postos de teste final. Num dos levantamentos de informação em linha, mediram-se todos os equipamentos necessários para o teste e posteriormente recortaram-se papéis à escala para simular o posto de trabalho, com o objectivo de se encontrar o tamanho do posto.

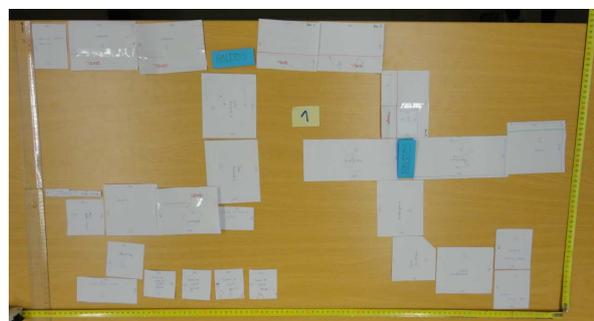
A imagem que se segue demonstra esse trabalho. A dimensão que se encontrou para este posto foi de 1,80m, sendo que para os restantes postos apenas se precisou de 1,10m.



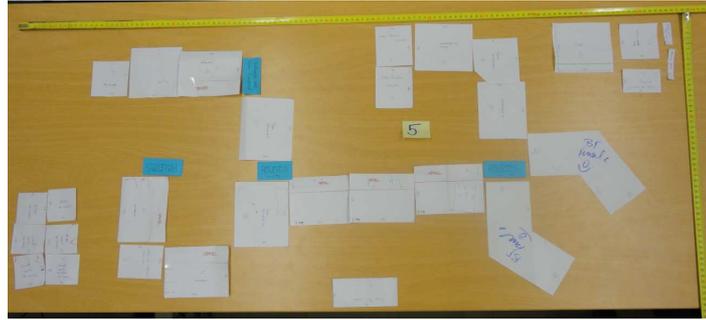
**Figura 35** - Simulação do posto de teste final

Ponto 5: Sabendo-se todos os postos necessários, respectivas dimensões e todo o material em linha, procedeu-se ao desenho do *layout*.

O primeiro passo correspondeu ao corte, utilizando folhas de papel, de todos os postos e material em linha, à escala, de modo a se desenhar o *layout* e ser possível a medição do mesmo. Depois, envolvendo todos os elementos multidisciplinares (qualidade, engenharia industrial, engenharia de produto, logística, testes, BPS, chefe de linha e operador de linha) começou-se com um *layout* e os vários elementos foram alertando para possíveis problemas/falhas e foi-se melhorando esses mesmos pontos. Assim, começou-se num *layout* e foram-se elaborando novos *layouts* por vezes com apenas pequenas diferenças do anterior mas, por vezes, totalmente diferente. Neste processo contemplou-se todas as premissas e principalmente as regras de ergonomia impostas. As fotos que se seguem (figuras 36, 37 e 38) mostram alguns dos *layouts* encontrados. No total foram desenhadas 8 configurações físicas.



**Figura 36** - Opção de *layout* n°1



**Figura 37** - Opção de *layout* n°5



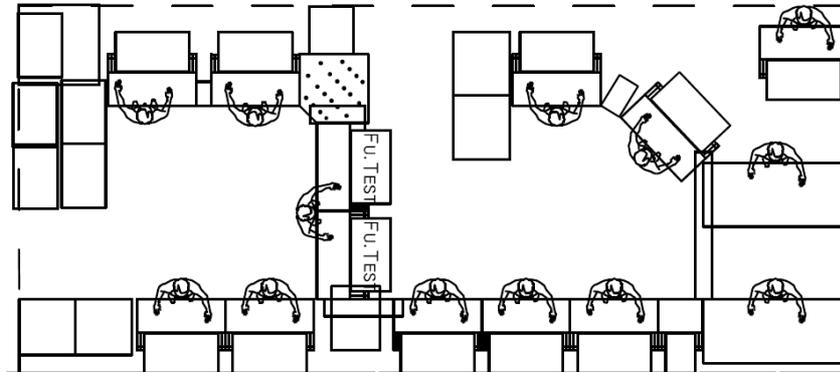
**Figura 38** - Opção de *layout* n°8 - *layout* seleccionado

Feito este trabalho de construção de diferentes alternativas, com base numa lista de critérios, seleccionou-se o *layout* com melhor cotação. Para isso efectuou-se uma matriz de decisão composta pelos seguintes critérios:

- Área;
- *Setup*;
- Movimentos;
- Acessos;
- Investimentos;
- Ergonomia;
- Fluxo de material;
- Balanceamento;
- Alterações futuras.

Para cada um dos critérios e respectivo *layout* foi-se atribuindo o símbolo “+”. Quanto mais símbolos tinha maior qualidade estava atribuída a esse critério no respectivo *layout*. No final, o *layout* com maior quantidade de “+” em todos os critérios foi o seleccionado, é de referir que as primeiras seis alternativas foram automaticamente excluídas uma vez que possuíam uma dimensão de área muito grande e também, por outro lado, os restantes *layouts* derivaram de melhorias destes, logo estava garantido que os casos 7 e 8 estavam melhor posicionados.

No desenho que se segue (figura 39), ilustra-se o *layout* seleccionado, com uma dimensão de 48m<sup>2</sup>, o que significa uma poupança de 20% de espaço em relação às duas linhas que se encontravam implementadas (60m<sup>2</sup>).



**Figura 39** - *Layout* final do projecto

Deste modo, toda a informação necessária para avançar com a implementação do projecto encontrava-se concluída. O passo que se seguiu foi a preparação da implementação da nova linha. Procedeu-se à elaboração de uma lista de acções a desempenhar alocadas aos respectivos responsáveis da área. Entre as tarefas encontravam-se: elaboração dos novos documentos *standard* da linha, análise de todos os materiais comuns no supermercado e redução dos mesmos, elaboração da lista de materiais a entrar por posto e por modelo, lista de alterações aos postos de trabalho, entre outras. Em anexo (anexo III) é possível analisar todas as alterações que se efectuaram aos postos de trabalho de forma a melhorar as condições do posto de trabalho.

Em suma, optou-se pelo cenário de fusão das linhas, investindo-se na duplicação do teste funcional e uniformização do mesmo e do teste final. Com esta escolha, a empresa terá ganhos de espaço em 20% (12 m<sup>2</sup>), redução do número de operadores, redução de equipamento, diminuição dos materiais em supermercado, aumento de produtividade e aumento das condições ergonómicas.

---

---

## 4. Conclusão

---

---

### **Conteúdo**

Conclusões finais

Perspectivas futuras de desenvolvimento



#### 4.1. Conclusões finais

A melhoria contínua está fulcralmente inserida na empresa onde se realizou o projecto, como foco presente e futuro por forma a fomentar o aumento de competitividade. A incessante procura de aumento de qualidade dos produtos, a redução de desperdícios associados a todos os processos internos, a procura de novas oportunidades de crescimento são factores que alimentam os objectivos e visão da empresa. Nesse contexto, surgem oportunidades e ambições ao nível do aumento de produtividade, redução de espaços para inserção de novos produtos e melhoria das condições ergonómicas, o que permitiu o estudo desde caso prático e que levou ao sucesso do mesmo terminando na sua implementação.

Desta forma, com base nas filosofias e práticas da empresa foi proposto o desafio de encontrar os pontos de melhoria nas linhas *Dinion* e *Dinion XF*. Iniciou-se o desafio conhecendo os produtos por observação na linha e explorando toda a documentação existente. Este estudo permitiu elaborar listas de tarefas por modelo, conhecer os mesmos de forma pormenorizada e detectar não conformidades que foram posteriormente rectificadas. Por outro lado, efectuou-se um levantamento dos pontos fracos de ambas as linhas de forma a ser possível constituir uma base de projecto.

Numa fase inicial, após efectuada a lista de tarefas, procedeu-se à actualização dos tempos padrão. Com esta actualização detectaram-se diferenças que permitiram aumentar de forma imediata as capacidades das linhas ao mesmo tempo que se reduzia o número de operadores em 2. Esses aumentos foram fundamentados pelas melhorias no teste funcional e a redução de operadores pelo incremento de experiência dos operários e pela transferência de uma das tarefas do posto de *encasing* 1 para o posto *encasing* 2. Estas diferenças levaram a que toda a documentação *standard* também fosse actualizada.

Terminadas as actualizações, houve uma maior concentração na obtenção de ideias para actuar sobre os pontos de melhoria existentes nas linhas assim como propostas para alcançar os objectivos estipulados, sabendo que os principais eram: o aumento de produtividade e melhoria do espaço ocupado pelas linhas.

Na geração de ideias surgiu a hipótese de balancear as linhas com recurso ao *software* SAPLiMP, tendo em vista dois cenários possíveis: manter duas linhas ou construir uma só linha.

A hipótese de balancear duas linhas foi impulsionada pela necessidade de confirmar que as linhas implementadas se encontravam balanceadas de modo a evitar o maior número de desperdícios. Para isso colocou-se a questão se o número de postos e operadores estavam adequados e nesse sentido estudou-se o cenário e de acordo com os resultados o que se pretendia era actuar ao nível da configuração física e afectação de tarefas aos operadores, se se constatasse que era o melhor cenário. Contudo, pelos resultados obtidos, a configuração física implementada correspondia aos resultados impostos pelo *software*. Assim, os pontos a actuar seriam: solucionar o problema de espaço, corrigir as limitações do abastecimento e reconfigurar o teste HVT.

Por outro lado, a hipótese de projectar apenas uma linha potenciava o alcance dos objectivos pretendidos. Analisaram-se os requisitos necessários de modo a tornar possível esta opção, sendo eles: o aumento de capacidade através da duplicação do teste funcional e a uniformização desse mesmo teste e do teste final. Estes requisitos foram despoletados pelo facto de uma só linha com a capacidade que se dispunha não ser suficiente para fazer face à procura. A uniformização surgiu pela razão de ambas as linhas possuírem teste funcional e final mas estarem adaptados às câmaras produzidas em cada linha. Pretendia-se assim reduzir o número de postos de trabalho e permitir que os testes fossem capazes de testar qualquer modelo, sem que fosse necessária a troca de posto de trabalho de modelo para modelo. Adicionalmente havia a preocupação de evitar a ocupação excessiva de espaço pois, se se mantivessem os testes conforme se encontravam, em linha estariam 9 postos só para testes e deste modo reduziu-se para 4.

No seguimento dos resultados para os dois cenários, avaliaram-se os ganhos e investimentos de modo a decidir qual a melhor opção e se a mesma era viável. No caso das duas linhas o investimento seria mais baixo, pois as acções a executar prendiam-se com pequenas mudanças nos postos. No entanto, este investimento não foi concretamente avaliado pelo facto de se constatar que, ao se optar por manter as duas linhas e para se eliminar as não conformidades ergonómicas, seria necessário mais espaço, o qual seria muito complicado devido às dimensões físicas da empresa. Com isto, optou-se por estudar se a segunda hipótese era viável e se de facto traria ganhos para a empresa.

Os principais ganhos da junção das linhas de montagem resumem-se ao aumento de produtividade, redução do espaço ocupado em 20% (12 m<sup>2</sup>), diminuição do número de

operadores (em 30%), melhoria das condições ergonómicas, redução do equipamento necessário em linha e redução da quantidade de material em supermercado. No que diz respeito ao investimento, era de ordem elevada e englobava as alterações aos postos de trabalho, a duplicação do teste funcional, uniformização deste teste e do final e aquisição de *jigs*. No levantamento do valor de equipamento a poupar em linha, apurou-se que o valor do mesmo era superior ao investimento necessário, o que por si só viabiliza esta hipótese. Os restantes ganhos potenciaram a viabilização, tratando-se de ganhos mensais em operadores e espaço.

Concluída a fase de análise da viabilização da fusão das linhas de montagem, desencadeou-se o *workshop* LLD que permitiu encontrar a configuração física da nova linha e assim contabilizar a poupança referida de espaço.

Alicerçada a toda a informação obtida, efectuou-se como último ponto deste projecto, uma lista de acções a desempenhar com a identificação das diversas áreas de responsabilidade que contribuiriam para este projecto. Com isto pretendeu-se contribuir para o aumento da probabilidade de sucesso da implementação do projecto.

Em suma, os objectivos estipulados pela empresa serão alcançados pela implementação deste projecto. Tratou-se de um projecto complexo, que envolveu duas linhas relevantes da empresa e com um bom desempenho. É agora necessário que os esforços sejam direccionados para a estabilização da nova linha por forma a tornar os potenciais ganhos numa realidade.

No que respeita aos conhecimentos pessoais, este projecto contribuiu para um crescimento significativo sobre a realidade empresarial. Os principais desafios e dificuldades foram reconhecidos de forma intrínseca ao dinamismo do dia-a-dia encontrado. As mudanças constantes que tornam a realidade tudo menos estática demonstraram que não se pode representar a mesma por uma equação onde se faz variar os parâmetros de forma a se obter os resultados desejados. As simplificações são indispensáveis, onde se inserem os principais pontos críticos representativos da realidade com o intuito de se perceber o impacto de qualquer alteração/investimento no sentido de melhoria contínua.

Quanto à teoria abordada, foi de extrema importância, pois sem ela o fundamento deste projecto estaria comprometido. Desde a medição do trabalho aos balanceamentos de linhas

de montagem, passando por outros temas, verificou-se que sem esses conhecimentos não seria possível padronizar o trabalho e a redução de desperdícios e flexibilidade dos processos poderiam estar comprometidos. Assim, os objectivos pessoais traçados, desde o conhecimento da realidade, a importância da teoria abordada à sua implementação foram alcançados com satisfação e certamente constituirão uma experiência base para próximos desafios.

## 4.2. Perspectivas futuras de desenvolvimento

As perspectivas de desenvolvimento futuro são constatações que não devem ser desvalorizadas, devendo-se assim mencioná-las de modo a enriquecer futuros trabalhos e/ou até mesmo continuar pontos fulcrais inerentes a este projecto. Os pontos a realçar para desenvolvimento futuros passam por dois níveis: o *software* desenvolvido pelos autores já referidos e concretamente o projecto.

O *software* SAPLiMP constituiu uma ferramenta importantíssima neste projecto facilitando o desenvolvimento dos balanceamentos e permitiu comparar resultados com o *template* utilizado na empresa. No entanto, deparou-se que existiam alguns pontos de melhoria que poderiam incrementar o desempenho do mesmo sobre os resultados. O principal ponto detectado foi que não era possível identificar os tempos automáticos e os manuais, ou seja, os que eram desempenhados por uma máquina e os que eram executados pelo operador. Assim, o *software* assumia todos os tempos como sendo manuais e ia atribuindo tarefas aos postos incrementando sempre o valor temporal da tarefa quando, na realidade era possível colocar um tempo automático sobreposto a tempos manuais de forma a evitar tempos mortos. Este factor iria fazer com que o número de postos fosse diferente e até mesmo a afectação das tarefas por operador. Por outro lado, também se verificou que não era possível especificar postos paralelos ou em contrapartida colocar o tempo real da operação e especificar o *output* desejado fazendo com que o *software* atribuísse o número de postos paralelos necessários. Tendo em conta estes factores, os resultados obtidos tiveram de ser adaptados à realidade manipulando os dados de entrada e saída.

Finalmente, o projecto terminou numa fase teórica não sendo possível acompanhar a sua implementação, pelo que, assim que a mesma for efectuada deve efectuar-se uma avaliação

pormenorizada do desempenho da nova linha. Para isso foi estipulado que se criaria um sistema de avaliação diário que consistia numa reunião diária com os intervenientes do projecto, denominado pela empresa *System CIP*, de modo a facilitar a detecção de pontos de melhoria. Assim, todos os pontos considerados menos favoráveis à linha devem ser rectificadas. Por outro lado, podem surgir situações de falha não detectadas durante o projecto e que podem afectar a eficiência da linha e nesse sentido os esforços devem estar direccionados para que essas lacunas sejam ultrapassadas. Esta concentração de forças deve manter-se activa até que a linha de montagem esteja estabilizada. Assim que esta situação se verifique as falhas ou faltas encontradas na linha serão tratadas na reunião diária matinal da empresa para apurar todos os pontos detectados em todas as linhas, fomentando a melhoria contínua do sector produtivo em geral. Após todo este processo, assim que a linha esteja estável e os operadores adaptados à nova realidade todos os tempos padrão devem ser revistos, uma vez que as condições da linha vão passar a ser um pouco diferentes, mas principalmente porque, durante o projecto, foram tirados tempos padrão a produtos em início de vida, como o exemplo do produto 720p, o que significa que os potenciais ganhos de experiência dos operadores poderão influenciar as capacidades da linha. É de notar que neste produto em concreto o gargalo é o teste final, que se trata de um teste muito manual e muito dependente do conhecimento e experiência do operador.

Em resumo, aos pontos apresentados devem-se atribuir valores de importância, atribuindo prioridades de forma coerente com os objectivos que se pretendem alcançar.



## Bibliografia

Almeida, D., Almeida, T., & Rodrigues, T. (Novembro de 2007). Branch & Bound/ Hill-Climbing.

*BoschLive– O Arquivo* . (s.d.). Obtido em 12 de Fevereiro de 2011, de Bosch:  
[http://www.bosch.pt/content/language1/html/734\\_6802.htm](http://www.bosch.pt/content/language1/html/734_6802.htm)

Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2006). classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research* .

*Business sectors and divisions*. (s.d.). Obtido em 12 de Fevereiro de 2011, de Bosch:  
<http://www.bosch.com/content/language2/html/3293.htm>

Chase, Jacobs, & Aquilano. (2006). *Operations Management for Competitive Advantage with Global Cases*. Nova Iorque: McGraw-Hill.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2003). *Methods, Standards, and Work Design*. McGraw-Hill.

Pinto, J. P. (2006). *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*. Lisboa: Lidel.

Scholl, A. (1999). *Balancing and sequencing of Assembly Lines*. Alemanha: Physica-Verlag.

Simaria, A. S. (2006). *Balanceamento de linhas de montagem - novas perspectivas e procedimentos*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Simaria, A. S. (2001). *Uma Metodologia para o Balanceamento de Linhas de Montagem*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Simaria, A., Sá, M. Z., & Vilarinho, P. (2007). Meeting demand variation using flexible U-shaped assembly lines. *International Journal of Production Research* , Vol. 47, No. 14, 15 July 2009, 3937–3955.

Sítima, G., & J., C. M. (Janeiro a Março de 2011). Videovigilância: Portugal no centro do mundo. *Bosch Security Systems* , pp. 24-27.

Stevenson, W. J. (2002). *Operations Management*. Nova Iorque: McGraw-Hill.





---

# **Anexos**

---



## Anexo I

Lista de tarefas e respectivas precedências por família de produto**Tabela 1** – Lista de tarefas e precedências dos modelos *Dinion HR HV* e *Dinion MR HV*

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo câmaras HR	Tempo câmaras MR
1	Montar a <i>Bracket</i> (1 conector BNC)	-	6,29	
2	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,48	
3	Soldar processador e sensor	1	109,76	98,04
4	Montar o bloco óptico	3	9,70	
5	Ligar <i>flex-foil</i> ao processador	3	3,91	
6	Ligar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico	4	3,14	
7	Teste funcional	5; 6	49,16	
8	Colocar <i>lens cap</i>	7	2,41	
9	Conectar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>	-	3,01	
10	Encaixar <i>power</i> no <i>mains bottom cover</i>	-	3,16	
11	Passar o <i>mains cable</i> pelo <i>back cover</i>	-	3,46	
12	Conectar <i>mains cable</i> ao <i>power</i> e fixa-lo na <i>bracket</i> do <i>power</i>	11	3,68	
13	Encaixar o <i>mains top cover</i> no conjunto anterior	9; 10; 12	3,42	
14	Encaixar o processador no conjunto anterior	8; 13	3,25	
15	Conectar o <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador	3; 14	2,51	
16	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i> (processador e <i>power</i> )	15	2,16	
17	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	16	3,23	
18	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	17	3,38	
19	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	18	16,85	
20	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i>	-	4,89	
21	Conectar cabo 2P no processador	17	4,22	
22	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	19; 20	5,73	
23	Colocar <i>top</i>	21; 22	3,16	
24	Aparafusar 4x o <i>top</i>	23	14,46	
25	Colocar <i>front cover</i>	24	4,69	
26	Teste HVT	25	14,13	
27	Teste Final	26	56,63	
28	<i>Mac Adress</i>	27	26,35	
29	Montar caixa colectiva	28	1,25	
30	Colar etiqueta caixa colectiva	29	0,51	
31	Formar a caixa individual	30	7,37	

32	Colocar <i>user manual</i> e conector Iris	31	2,60
33	Fechar o <i>air bubble bag</i>	28	3,41
34	Colocar a câmara na caixa individual	31; 33	6,03
35	Fechar a caixa com fita-cola	32; 34	2,39
36	Colar a etiqueta na caixa individual	35	3,91
37	Passar código da etiqueta no leitor	36	1,69
38	Colocar caixa individual na caixa colectiva	37	1,95
39	Fechar caixa colectiva	38	0,80
40	Contar 12 componentes (Manual, IRIS)	39	3,23

**Tabela 2** - Lista de tarefas e precedências dos modelos *Dinion HR LV* e *Dinion MR LV*

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo câmaras HR	Tempo câmaras MR
1	Montar a <i>bracket</i> (1 conector BNC)	-	6,29	
2	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,48	
3	Soldar processador e sensor	1	109,76	98,04
4	Montar o bloco óptico	3	9,70	
5	Ligar <i>flex-foil</i> ao processador	3	3,91	
6	Ligar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico	4	3,14	
7	Teste funcional	5; 6	49,16	
8	Colocar <i>lens cap</i>	7	2,41	
9	Conectar <i>flex-foil</i> ao power	-	3,01	
10	Encaixar <i>power</i> no <i>mains bottom cover</i>	-	3,16	
11	Encaixar o <i>mains top cover</i> no conjunto anterior	9; 10	3,42	
12	Encaixar o processador no conjunto anterior	8; 11	3,25	
13	Conectar o <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador	2; 12	2,51	
14	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i> do processador e <i>power</i>	13	3,07	
15	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	14	3,23	
16	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	15	3,38	
17	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	16	16,85	
18	Conectar cabo 2p ao <i>button panel</i>	-	4,89	
19	Conectar cabo 2P no processador	15	4,22	
20	Colocar <i>button panel</i> no <i>button bet</i> e encaixar no <i>bottom</i>	17; 18	5,73	
21	Colocar <i>top</i>	19; 20	3,16	
22	Aparafusar 4x o <i>top</i>	21	14,46	
23	Colocar <i>front cover</i>	22	4,69	
24	Teste final	23	55,58	
25	<i>Mac Adress</i>	24	26,35	

26	Montar caixa colectiva	25	1,25
27	Colar etiqueta caixa colectiva	26	0,51
28	Formar a caixa individual	27	7,09
29	Colocar <i>user manual</i> e conector Iris	28	2,89
30	Fechar o <i>air bubble bag</i>	25	3,56
31	Colocar a câmara na caixa individual	28; 30	1,08
32	Fechar a caixa com fita-cola	29; 31	2,30
33	Colar a etiqueta na caixa individual	32	4,07
34	Passar código da etiqueta no leitor	33	1,68
35	Colocar caixa individual na caixa colectiva	34	1,42
36	Fechar caixa colectiva	35	0,80
37	Contar 12 componentes (Manual, IRIS)	36	3,23

**Tabela 3** - Lista de tarefas e precedências do modelo *Dinion APR HV*

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo
1	Montar a <i>bracket</i> (1 conector BNC)	-	6,29
2	Retirar <i>peel-off</i>	1	1,48
3	Soldar processador e <i>sensor</i>	-	98,04
4	Montar bloco óptico	3	9,70
5	Ligar <i>flex-foil</i> ao processador	3	3,91
6	Ligar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico	3	3,14
7	Teste funcional	5; 6	57,88
8	Colocar <i>lens cap</i>	7	2,41
9	Conectar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>	-	3,01
10	Encaixar <i>power</i> no <i>mains bottom cover</i>	-	3,16
11	Passar o <i>mains cable</i> pelo <i>back cover</i>	-	3,46
12	Conectar <i>mains cable</i> ao <i>power</i> e fixa-lo na <i>bracket</i>	11	3,68
13	Encaixar o <i>mains top cover</i> no conjunto anterior	9; 10; 12	3,42
14	Encaixar o processador no conjunto anterior	8; 13	3,25
15	Conectar o <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador	3; 14	2,51
16	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i> do processador e <i>power</i>	15	2,16
17	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	16	3,23
18	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	17	3,38
19	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	18	16,85
20	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i>	-	4,89
21	Conectar cabo 2P no processador	17	4,22
22	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	19; 20	5,73
23	Colocar <i>top</i>	21; 22	3,16
24	Aparafusar 4x o <i>top</i>	23	14,46

25	Colocar <i>front cover</i>	24	4,69
26	Teste HVT	25	14,13
27	Teste final	26	55,58
28	Imprimir etiqueta e colar na câmara e colocar no <i>air bubble</i>	27	12,50
29	Montar caixa colectiva	28	1,25
30	Colar etiqueta caixa colectiva	29	0,51
31	Formar a caixa individual	30	7,37
32	Colocar <i>user manual</i> e conector Iris	31	2,60
33	Fechar o <i>air bubble bag</i>	28	3,41
34	Colocar a câmara na caixa individual	31; 33	6,03
35	Fechar a caixa com fita-cola	32; 34	2,39
36	Colar a etiqueta na caixa individual	35	3,91
37	Passar código da etiqueta no leitor	38	1,69
38	Colocar caixa individual na caixa colectiva	37	1,95
39	Fechar caixa colectiva	38	0,80
40	Contar 12 componentes (Manual, IRIS)	39	3,23

**Tabela 4** - Lista de tarefas e precedências do modelo *Dinion APR LV*

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo
1	Montar a <i>Bracket</i> (1 Conector BNC)	-	6,29
2	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,48
3	Soldar processador e sensor	1	98,04
4	Montar bloco óptico	3	9,70
5	Ligar <i>flex-foil</i> ao processador	3	3,91
6	Ligar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico	4	3,14
7	Teste funcional	5; 6	57,88
8	Colocar <i>leans cap</i>	7	2,41
9	Conectar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>	-	3,01
10	Encaixar <i>power</i> no <i>mains bottom cover</i>	-	3,16
11	Encaixar o <i>mains top cover</i> no conjunto anterior	9; 10	3,42
12	Encaixar o processador no conjunto anterior	8; 11	3,25
13	Conectar o <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador	2; 12	2,51
14	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i>	13	3,07
15	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	14	3,23
16	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	15	3,38
17	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	16	16,85
18	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i>	-	4,89
19	Conectar cabo 2P no processador	15	4,22
20	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	17; 18	5,73

21	Colocar <i>top</i>	19; 20	3,16
22	Aparafusar 4x o <i>top</i>	21	14,46
23	Colocar <i>front cover</i>	22	4,69
24	Teste final	23	52,89
25	Imprimir etiqueta e colar na câmara e colocar no <i>air bubble</i>	24	12,50
26	Montar caixa colectiva	25	1,25
27	Colar etiqueta caixa colectiva	26	0,51
28	Formar a caixa individual	27	7,09
29	Colocar <i>user manual</i> e conector Iris	28	2,89
30	Fechar o <i>air bubble bag</i>	25	3,56
31	Colocar a câmara na caixa individual	28; 30	1,08
32	Fechar a caixa com fita-cola	29; 31	2,30
33	Colar a etiqueta na caixa individual	32	4,07
34	Passar código da etiqueta no leitor	33	1,68
35	Colocar caixa individual na caixa colectiva	34	1,42
36	Fechar caixa colectiva	35	0,80
37	Contar 12 componentes (Manual, IRIS)	36	3,23

Tabela 5 - Lista de tarefas e precedências do modelo *Dinion XF LV*

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo
1	Montar a <i>bracket</i> (2 Conectores BNC)	-	10,63
2	Soldar processador e sensor	1	115,02
3	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,41
4	Montar bloco óptico	2	9,70
5	Ligar <i>flex-foil</i> ao processador	2	3,91
6	Ligar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico	4	9,70
7	Teste funcional	5; 6	66,52
8	Colocar alarme no processador	9	3,59
9	Colocar <i>lens cap</i>	7	2,41
10	Conectar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>	-	3,01
11	Encaixar <i>power</i> no <i>mains bottom cover</i>	-	3,01
12	Encaixar o <i>mains top cover</i> no conjunto anterior	10; 11	3,59
13	Encaixar o processador no conjunto anterior	8; 12	3,41
14	Conectar o <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador	3; 13	2,63
15	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i>	14	3,21
16	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	15	3,39
17	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	16	3,54
18	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	17	17,66
19	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i>	-	4,11

20	Conectar cabo 2P no processador	16	2,91
21	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	18; 19	6,69
22	Colocar <i>top</i>	20; 21	3,59
23	Aparafusar 4x o <i>top</i>	22	14,28
24	Colocar <i>front cover</i>	23	5,03
25	Teste final	24	62,47
26	Colar etiqueta ( <i>Type plate</i> ), pegar na etiqueta da caixa e passar	25	6,01
27	Montar caixa colectiva	26	1,25
28	Colar etiqueta caixa colectiva	27	0,51
29	Formar a caixa individual	28	7,55
30	Colocar a câmara num <i>air bubble bag</i> e fechar com fita-cola	26	7,08
31	Colocar <i>user manual</i> e conector Iris na caixa	29	2,60
32	Colocar a câmara na caixa individual	29; 30	1,34
33	Fechar a caixa com fita-cola	31; 32	3,00
34	Colar a etiqueta na caixa individual	33	5,41
35	Colocar câmaras na caixa colectiva	34	1,92
36	Fechar caixa colectiva	35	0,80
37	Contar 12 componentes (Manual, IRIS)	36	3,23

**Tabela 6 -** Lista de tarefas e precedências do modelo *Dinion XF HV*

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo
1	Montar a <i>bracket</i> (2 conectores BNC)	-	10,63
2	Soldar processador e sensor	1	115,02
3	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,41
4	Montar bloco óptico	2	9,70
5	Ligar <i>flex-foil</i> ao processador	2	3,91
6	Ligar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico	4	3,14
7	Teste funcional	5; 6	66,52
8	Colocar alarme no processador	9	3,59
9	Colocar <i>lens cap</i>	7	2,41
10	Conectar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>	-	3,01
11	Encaixar <i>power</i> no <i>mains bottom cover</i>	-	3,01
12	Passar o <i>mains cable</i> pelo <i>back cover</i>	-	3,62
13	Conectar <i>mains cable</i> ao <i>power</i> e fixa-lo na <i>bracket</i>	12	3,85
14	Encaixar o <i>mains top cover</i> no conjunto anterior	10; 11; 13	3,59
15	Encaixar o processador no conjunto anterior	8; 14	3,41
16	Conectar o <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador	3; 15	2,63
17	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i>	16	2,26
18	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	17	3,39

19	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	18	3,54
20	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	19	17,66
21	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i>	-	4,11
22	Conectar cabo 2P no processador	18	2,91
23	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	20; 21	6,69
24	Colocar <i>top</i>	22; 23	3,59
25	Aparafusar 4x o <i>top</i>	24	14,28
26	Colocar <i>front cover</i>	25	5,03
27	Teste HVT	26	14,13
28	Teste final	27	62,47
29	Colar etiqueta ( <i>Type plate</i> )	28	5,83
30	Montar caixa colectiva	29	1,25
31	Colar etiqueta caixa colectiva	30	0,51
32	Montar caixa individual	31	7,55
33	Colocar a câmara num <i>air bubble bag</i>	29	4,33
34	Colocar a câmara na caixa individual	32; 33	6,03
35	Colocar livro	32	2,36
36	Colocar conector Iris	32	2,27
37	Fechar a caixa com fita-cola	34; 35; 36	3,00
38	Colar a etiqueta na caixa individual	37	5,41
39	Colocar câmaras na caixa colectiva	38	1,92
40	Fechar caixa colectiva	39	0,80
41	Contar 12 componentes (Manual, IRIS)	40	3,23

Tabela 7 - Lista de tarefas e precedências dos modelos LTC 465 LV e LTC D/N LV

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo 465	Tempo D/N
1	Montar a <i>bracket</i> (1 conector BNC para modelo 465 ou 2 para os D/N)	-	6,00	10,63
2	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,41	
3	Soldar processador	1	62,94	80,03
4	Conectar <i>flex-foil</i> do bloco óptico ao processador	3	2,91	
5	Teste funcional	4	65,76	
6	Colocar alarme no processador	7	3,59	
7	Colocar <i>lens cap</i>	5	2,41	
8	Conectar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>	-	3,01	
9	Encaixar <i>power</i> no <i>mains bottom cover</i>	-	3,01	
10	Encaixar o <i>mains top cover</i> no conjunto anterior	8; 9	3,59	
11	Encaixar o processador no conjunto anterior	6; 10	3,41	
12	Conectar o <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador	2; 11	2,63	

13	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i>	12	3,21
14	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	13	3,39
15	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	14	3,54
16	Conectar o cabo do motor	15	2,87
17	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	15	17,66
18	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i>	-	4,11
19	Conectar cabo 2P no processador	14	2,91
20	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	17; 18	6,69
21	Colocar <i>top</i>	16; 19; 20	3,59
22	Aparafusar 4x o <i>top</i>	21	14,28
23	Colocar <i>front cover</i>	22	5,03
24	Teste final	23	60,39
25	Colar etiqueta ( <i>Type plate</i> )	24	5,93
26	Montar caixa colectiva	25	1,25
27	Colar etiqueta caixa colectiva	26	0,51
28	Formar a caixa individual	27	7,55
29	Colocar <i>user manual</i> e conector Iris	28	2,60
30	Ler código do <i>Type plate</i> para imprimir etiquetas	25	1,52
31	Colocar a câmara num <i>air bubble bag</i> e fechar com fita-cola	30	7,08
32	Colocar a câmara na caixa individual	28; 31	1,34
33	Fechar a caixa com fita-cola	29; 32	3,00
34	Colar etiquetas na caixa individual	33	14,47
35	Colocar câmaras na caixa colectiva	34	1,92
36	Fechar caixa colectiva	35	0,80
37	Contar 12 componentes (Manual, IRIS)	36	3,23

**Tabela 8** - Lista de tarefas e precedências dos modelos LTC 465 LV e LTC D/N HV

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo 465	Tempo D/N
1	Montar a <i>bracket</i> (1 conector BNC para modelo 465 ou 2 para os D/N)	-	6,00	10,63
2	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,41	
3	Soldar processador	1	61,53	80,03
4	Conectar <i>flex-foil</i> do bloco óptico ao processador	3	2,91	
5	Teste funcional	4	65,76	
6	Colocar alarme no processador	7	3,59	
7	Colocar <i>lens cap</i>	5	2,41	
8	Conectar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>	-	3,01	
9	Encaixar <i>power</i> no <i>mains bottom cover</i>	-	3,01	
10	Passar o <i>mains cable</i> pelo <i>back cover</i>	-	3,62	

11	Conectar <i>mains cable</i> ao <i>power</i> e fixa-lo na <i>bracket</i>	10	3,85
12	Encaixar o <i>mains top cover</i> no conjunto anterior	8; 9; 11	3,59
13	Encaixar o processador no conjunto anterior	6; 12	3,41
14	Conectar o <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador	2; 13	2,63
15	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i>	14	2,26
16	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	15	3,39
17	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	16	3,54
18	Conectar o cabo do motor	17	2,87
19	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	17	17,66
20	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i>	-	4,11
21	Conectar cabo 2P no processador	16	2,91
22	Colocar <i>button panel</i> no <i>button Set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	19; 20	6,69
23	Colocar <i>top</i>	18; 21; 22	3,59
24	Aparafusar 4x o <i>top</i>	23	14,28
25	Colocar <i>front cover</i>	24	5,03
26	Teste HVT	25	14,13
27	Teste final	26	60,39
28	Colar etiqueta ( <i>Type plate</i> )	27	5,93
29	Montar caixa colectiva	28	1,25
30	Colar etiqueta caixa colectiva	29	0,51
31	Formar a caixa individual	30	7,55
32	Colocar <i>user manual</i> e conector Iris	31	2,60
33	Ler código do <i>Type plate</i> para imprimir etiquetas	28	1,52
34	Colocar a câmara num <i>air bubble bag</i>	33	4,33
35	Colocar a câmara na caixa individual	31; 34	6,03
36	Fechar a caixa com fita-cola	32; 35	3,00
37	Colar etiquetas na caixa individual	36	14,47
38	Colocar câmaras na caixa colectiva	37	1,92
39	Fechar caixa colectiva	38	0,80
40	Contar 12 componentes (Manual, IRIS)	39	3,23

Tabela 9 - Lista de tarefas e precedências do modelo *Freya* LV

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo
1	Soldar Processador	-	55,03
2	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,48
3	Conectar <i>flex-foil</i> ao processador (do bloco óptico ao processador)	1	2,91
4	Teste funcional	3	96,87
5	Colocar <i>lens cap</i>	4	2,41
6	Ligar <i>flex-foil</i> ao power	-	3,01
7	Encaixar <i>bottom cover</i> no power	-	3,16
8	Encaixar <i>mains top cover</i> no power	6; 7	3,42
9	Colocar <i>processing bracket</i> no Jig	-	2,51
10	Colocar processador sobre a <i>bracket</i>	5; 9	3,29
11	Colocar <i>spring</i> +parafuso num orifício, fechar alavanca e aparafusar (4x)	10	33,98
12	Conectar e efectuar o <i>routing BNC connectors</i>	10	7,42
13	Retirar conjunto do Jig e encaixar sobre o <i>mains top cover</i>	11; 12	3,19
14	Conectar <i>flex-foil</i> do power ao processador	2; 13	2,51
15	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i>	14	3,07
16	Rodar conjunto 90° e colocar <i>gap filler</i>	15	3,36
17	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	16	4,01
18	Colocar <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom</i>	17	3,38
19	Colocar a <i>athena cooling bracket</i>	17	2,89
20	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	18; 19	16,85
21	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i>	-	3,92
22	Conectar cabo 2P no processador	17	2,78
23	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	20; 21	6,39
24	Conectar o cabo do motor	18	2,74
25	Colocar <i>gap filler</i>	22; 23; 24	7,26
26	Colocar <i>top</i>	25	3,42
27	Aparafusar 4x o <i>top</i>	26	13,63
28	Colocar <i>front cover</i>	27	4,81
29	Teste final	28	88,30
30	Colar etiqueta ( <i>Type plate</i> )	29	5,83
31	Montar caixa colectiva	30	1,20
32	Colar etiqueta caixa colectiva	31	0,49
33	Montar caixa individual	32	7,21
34	Colocar o Livro ( <i>Sealed QIG ISI Freya</i> ) e o CD na caixa	33	1,91
35	Colocar componentes no saquinho (Con <i>Íris</i> , <i>Socket 6P</i> , <i>Socket 3P</i> , <i>Ring</i> )	33	11,41
36	Colocar o <i>alarm data plug</i> na câmara	30	2,35

37	Colocar o BNC CAP no BNC “SYNC”	30	2,28
38	Ler código do <i>Type plate</i> para imprimir etiquetas	30	1,45
39	Colocar a câmara num <i>air bubble bag</i> e fechar com fita-cola	36; 37; 38	6,76
40	Colocar câmara na caixa individual	33; 39	1,28
41	Fechar a caixa com fita-cola	34; 35; 40	2,87
42	Colar etiquetas na caixa individual	41	13,82
43	Colocar câmaras na caixa colectiva	42	1,83
44	Fechar caixa colectiva	43	0,76
45	Contar 12 componentes (Manual, DVD, 6P, 3P, IRIS, BNC Cap, Alarm )	44	8,86

Tabela 10 - Lista de tarefas e precedências do modelo *Freya HV*

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo
1	Soldar processador	-	55,03
2	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,48
3	Conectar <i>flex-foil</i> ao processador (do bloco óptico ao processador)	1	2,91
4	Teste funcional	3	96,87
5	Colocar <i>lens cap</i>	4	2,41
6	Ligar <i>flex-foil</i> ao power	-	3,01
7	Encaixar <i>bottom cover</i> no power	-	3,01
8	Colocar <i>processing bracket</i> no Jig	-	2,51
9	Colocar processador sobre a <i>bracket</i>	5; 8	3,29
10	Colocar <i>spring</i> +parafuso num orifício, fechar alavanca e aparafusar (4x)	9	33,98
11	Conectar e efectuar o <i>routing BNC connectors</i>	9	7,42
12	Retirar conjunto do Jig e encaixar sobre o <i>mains top cover</i>	10; 11; 15	3,19
13	Passar o <i>mains cable</i> pelo <i>back cover</i>	-	3,46
14	Conectar <i>mains cable</i> no power e fixa-lo na <i>bracket</i> do power	13	3,68
15	Encaixar <i>mains top cover</i> no power	6; 14	3,42
16	Conectar <i>flex-foil</i> do power ao processador	2; 12	2,51
17	Fixar o <i>back cover</i> nas <i>brackets</i>	16	2,16
18	Rodar conjunto 90° e colocar <i>gap filler</i>	17	3,36
19	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	18	4,01
20	Colocar <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom</i>	19	3,38
21	Colocar a <i>athena cooling bracket</i>	19	2,89
22	Aparafusar 4x (bloco e <i>brackets</i> )	20; 21	16,85
23	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i>	-	3,92
24	Conectar cabo 2P no processador	19	2,78
25	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	22; 23	6,39

26	Conectar o cabo do motor	20	2,74
27	Colocar <i>gap filler</i>	24; 25; 26	7,26
28	Colocar <i>top</i>	27	3,42
29	Aparafusar 4x o <i>top</i>	28	13,63
30	Colocar <i>front cover</i>	29	4,81
31	Teste HVT	30	14,13
32	Teste final	31	88,30
33	Colar etiqueta ( <i>Type plate</i> )	32	5,83
34	Montar caixa colectiva	33	1,20
35	Colar etiqueta caixa colectiva	34	0,49
36	Montar caixa individual	35	7,21
37	Colocar o livro ( <i>Sealed QIG ISI Freya</i> ) e o CD na caixa	36	1,91
38	Colocar componentes no saquinho (Con <i>Íris</i> , <i>Socket 6P</i> , <i>Ring</i> )	36	13,58
39	Colocar o <i>alarm data plug</i> na câmara	33	2,35
40	Colocar o BNC CAP no BNC “SYNC”	33	2,28
41	Ler código do <i>Type plate</i> para imprimir etiquetas	33	1,45
42	Colocar a câmara num <i>air bubble bag</i>	39; 40; 41	4,14
43	Colocar câmara na caixa individual	36; 42	5,75
44	Fechar a caixa com fita-cola	43	2,87
45	Colar etiquetas na caixa individual	44	13,82
46	Colocar câmaras na caixa colectiva	45	1,83
47	Fechar caixa colectiva	46	0,76
48	Contar 12 componentes (Manual, DVD, 6P, IRIS, BNC CAP, <i>Alarm</i> )	47	7,14

**Tabela 11** - Lista de tarefas e precedências dos modelos 720p e *Freya* IP SD 498

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo corrigido
1	Soldar processador	-	76,03
2	Retirar <i>peel-off</i>	-	5,91
3	Conectar <i>flex-foil</i> ao processador (Do bloco óptico ao processador)	1	3,20
4	Teste funcional	3	94,88
5	Colocar <i>lens cap</i>	4	2,41
6	Ligar <i>flex-foil</i> ao power	-	3,01
7	Pegar numa nova placa IP e retirar <i>peel-off</i>	-	2,51
8	Soldar placa IP	-	74,74
9	Teste IP	8	151,42
10	Colocar <i>processing bracket</i> no <i>Jig</i>	-	3,16
11	Desconectar processador do bloco e colocar o processador sobre a <i>bracket</i>	2; 5;10	3,93
12	Colocar <i>spring</i> +parafuso num orifício, fechar	11	28,49

	alavanca e aparafusar (4x)		
13	Retirar conjunto do <i>Jig</i> e inseri-lo no <i>Jig</i> de aperto da placa IP	12	5,26
14	Colocar <i>gap filler</i> nos círculos da <i>bracket</i>	13	10,05
15	Colocar placa IP	7; 9; 14	3,70
16	Aparafusar 4x a placa IP	15	12,11
17	Conectar o <i>PTZ cable</i> do <i>power</i> à placa IP, enrolar 3x e encaixa-los	6; 16	10,74
18	Conectar <i>flex-foil</i> do <i>power</i> ao processador	17	3,33
19	Ligar <i>flex-foil</i> do bloco ao processador	18	3,82
20	Colocar <i>SD card cap</i> na traseira e encaixar no conjunto anterior	19	11,93
21	Rodar conjunto 90° e colocar <i>gap filler</i>	20	3,50
22	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	21	3,88
23	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	22	3,74
24	Colocar a <i>athena cooling bracket</i>	22	3,00
25	Aparafusar 5x (bloco e <i>brackets</i> )	23; 24	17,66
26	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i> e ao processador	25	8,49
27	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	26	6,44
28	Conectar o cabo do motor	23	2,73
29	Colocar <i>gap filler</i>	27; 28	6,92
30	Colocar o <i>top cover</i>	29	3,83
31	Aparafusar 4x o <i>top</i>	30	12,98
32	Colocar o <i>front cover</i>	31	5,99
33	Teste final	32	174,12
34	Colar etiqueta ( <i>Type plate</i> )	33	5,03
35	Montar caixa colectiva	34	1,20
36	Colar etiqueta caixa colectiva	35	0,49
37	Montar caixa individual	36	7,21
38	Aparafusar 1x a <i>SD card cap</i>	34	10,41
39	Colocar o livro ( <i>Sealed QIG ISI Freya</i> ) e o DVD na caixa	37	1,91
40	Colocar componentes no saquinho (2x <i>Socket 6P</i> , 1x <i>Socket 2P</i> , <i>Ring</i> )	37	12,87
41	Colocar o <i>alarm data plug</i> na câmara (2x)	34	4,81
42	Ler código do <i>Type plate</i> para imprimir etiquetas	34	1,45
43	Colocar a câmara num <i>air bubble bag</i> e fechar com fita-cola	38; 41; 42	6,76
44	Colocar câmara na caixa individual	37; 43	1,28
45	Fechar caixa individual	39; 40; 44	2,87
46	Colar etiquetas na caixa individual	45	13,82
47	Colocar câmaras na caixa colectiva	46	1,83

48	Fechar caixa colectiva	47	0,76
49	Contar 12 componentes (Manual, DVD, 2P, 6P, Ring, Alarm )	48	8,86

**Tabela 12** - Lista de tarefas e precedências do modelo *Freya IP SD 455*

Nº	Tarefa	Precedências	Tempo corrigido
1	Soldar Processador e sensor	-	119,83
2	Retirar <i>peel-off</i>	-	1,48
3	Montar bloco óptico	1	10,67
4	Ligar <i>flex-foil</i> ao processador	1	4,30
5	Ligar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico	3	3,46
6	Teste funcional	4; 5	94,88
7	Colocar <i>lens cap</i>	6	2,41
8	Ligar <i>flex-foil</i> ao power	-	3,01
9	Pegar numa nova placa IP e retirar <i>peel-off</i>	-	2,51
10	Soldar placa IP	-	74,74
11	Teste IP	10	151,42
12	Colocar <i>processing bracket</i> no <i>Jig</i>	-	3,16
13	Desconectar processador do bloco e colocar o processador sobre a <i>bracket</i>	2; 7;12	3,93
14	Colocar <i>spring</i> +parafuso num orifício, fechar alavanca e aparafusar (4x)	13	28,49
15	Retirar conjunto do <i>Jig</i> e inseri-lo no <i>Jig</i> de aperto da placa IP	14	5,26
16	Colocar <i>gap filler</i> nos círculos da <i>bracket</i>	15	10,05
17	Colocar placa IP	9; 11; 16	3,70
18	Aparafusar 4x a placa IP	17	12,11
19	Conectar o PTZ <i>cable</i> do power à placa IP, enrolar 3x e encaixa-los	8; 18	10,74
20	Conectar <i>flex-foil</i> do power ao processador	19	3,33
21	Ligar <i>flex-foil</i> do bloco ao processador	20	3,82
22	Colocar SD <i>card cap</i> na traseira e encaixar no conjunto anterior	21	11,93
23	Rodar conjunto 90° e colocar <i>gap filler</i>	22	3,50
24	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	23	3,88
25	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	24	3,74
26	Colocar a <i>athena cooling bracket</i>	24	3,00
27	Aparafusar 5x (bloco e <i>brackets</i> )	25; 26	17,66
28	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i> e ao processador	27	8,49
29	Colocar <i>button panel</i> no <i>button set</i> e encaixar no <i>bottom</i>	28	6,44
30	Conectar o cabo do motor	25	2,73
31	Colocar <i>gap filler</i>	29; 30	6,92

32	Colocar o <i>top cover</i>	31	3,83
33	Aparafusar 4x o <i>top</i>	32	12,98
34	Colocar o <i>front cover</i>	33	5,99
35	Teste final	34	174,12
36	Colar etiqueta ( <i>Type plate</i> )	35	5,03
37	Montar caixa colectiva	36	1,20
38	Colar etiqueta caixa colectiva	37	0,49
39	Montar caixa individual	38	7,21
40	Aparafusar 1x a <i>SD card cap</i>	36	10,41
41	Colocar o livro ( <i>Sealed QIG ISI Freya</i> ) e o DVD na caixa	39	1,91
42	Colocar componentes no saquinho (2x <i>Socket 6P</i> , 1x <i>Socket 2P</i> , <i>Ring</i> )	39	12,87
43	Colocar o <i>alarm data plug</i> na câmara (2x)	36	4,81
44	Ler código do <i>Type plate</i> para imprimir etiquetas	36	1,45
45	Colocar a câmara num <i>air bubble bag</i> e fechar com fita-cola	40; 43; 44	6,76
46	Colocar câmara na caixa individual	39; 45	1,28
47	Fechar caixa individual	41; 42; 46	2,87
48	Colar etiquetas na caixa individual	47	13,82
49	Colocar câmaras na caixa colectiva	48	1,83
50	Fechar caixa colectiva	49	0,76
51	Contar 12 componentes ( <i>Manual</i> , <i>DVD</i> , <i>2P</i> , <i>6P</i> , <i>Ring</i> , <i>Alarm</i> )	50	8,86



## Anexo II

## Amostras de observações de tempos e respectivos tempos padrão

Tabela 13 – Medição de trabalho do modelo *Dinion HV*

N <sup>o</sup>	Descrição da tarefa	Observações (segundos)																				D. Padrão	Média	n	Tempo Padrão
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
*	*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	*	*	*	*
	Montagem da <i>bracket</i> (1 Conector BNC)	6,37	17,65	1,37	10,86																	0,82	5,71	7,87	6,29
	Colocar processador e componentes no <i>Jig</i>	19,06	15,95	1,36	8,97	15,59	13,30	14,83	17,39	17,38	14,88											1,69	16,18	4,19	17,80
	Retirar <i>peel-off</i>	1,44	1,27	1,28	8,34	1,28	1,30	1,38														0,06	1,34	0,81	1,48
	Colocar sensor e componentes no <i>Jig</i>	8,34	9,16	8,73	11,64	8,13	8,65	8,73	10,94	8,65	10,43	9,30										1,20	9,56	6,01	10,52



2,82	9,70	3,91	3,14	45,44	3,71	2,41
15,09	3,52	4,68	9,72	0,06	2,78	7,89
2,57	9,70	3,91	3,14	43,44	3,71	2,41
0,51	0,93	0,43	0,50	0,53	0,32	0,35
			3,37			
			3,28			
2,30			3,17			
2,07		3,81	2,81			
2,30		4,10	2,69			
2,16		3,26	2,69			
2,15	11,23	3,06	3,04		4,23	
2,83	9,12	4,33	3,45		3,75	2,53
2,37	9,46	4,55	2,50	43,00	3,94	2,44
2,66	8,70	3,38	2,63	43,00	3,34	2,76
3,01	10,16	4,36	3,03	44,00	3,82	2,47
2,09	8,53	3,67	2,42	43,00	3,83	2,34
3,43	9,08	4,07	3,75	44,00	3,55	1,92
3,19	10,96	3,95	3,81	44,00	4,03	3,07
2,04	8,94	4,03	3,11	44,00	3,53	1,97
2,38	10,09	4,10	3,66	43,00	3,12	2,17
3,52	10,48	4,07	4,04	43,00	3,71	2,45
Retirar sensor	Montar bloco óptico	Ligar <i>flex-foil</i> ao processador	Ligar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico	Teste funcional	Retirar placa testada e colocar placa para testar	Colocar <i>lens cap</i>
12	13	14	15	16	17	18





3,16	14,46	4,69	14,13	53,94	2,69	26,35
13,63	2,00	8,91	3,74	1,30	5,10	5,06
3,01	13,77	4,47	14,13	53,94	2,69	26,35
0,57	0,99	0,68	1,40	3,13	0,31	3,02
2,59						
2,77	13,71	4,60				
2,57	14,71	4,45				
3,85	11,84	3,80				
3,10	14,78	4,11				
3,22	12,25	4,54				
2,75	12,56	4,44				27,17
3,57	14,54	5,46	12,40			33,12
2,74	15,05	3,23	15,68			25,28
2,49	14,47	4,86	13,68	53,76		24,22
2,60	13,86	5,55	13,61	51,54	3,07	21,09
2,45	14,73	4,85	12,89	48,27	2,39	25,14
3,55	13,64	4,03	13,02	54,55	2,56	29,31
3,35	12,62	3,72	14,21	56,28	2,28	25,33
2,78	13,35	4,46	15,35	56,42	2,62	25,96
2,38	14,14	5,58	13,68	58,07	3,00	26,66
4,33	14,13	3,85	16,81	52,64	2,93	26,53
<i>Colocar top</i>	<i>Aparafusar 4x</i>	<i>Colocar front cover</i>	<i>Teste HVT</i>	<i>Teste final</i>	<i>Assinar</i>	<i>Mac Address</i>
<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>





Tabela 14 – Medição de trabalho do modelo *Dinion* APR

N <sup>o</sup>	Descrição da tarefa	Observações (segundos)																				D. Padrão	Média	n	Tempo Padrão					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20									
*	*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	*	54,17	12,50	*	54,17	12,50	*	0,59	2,25
16	Teste funcional	53,00	56,00	58,00	54,00	56,00	53,00	54,00	53,00	57,00	52,00	53,00	51,00									2,12	0,96							
39	Imprimir etiqueta e colar na câmara e colocar no <i>air bubble</i>	12,38	11,61	13,51																										





	9,70	3,91	3,14	66,52	3,59	2,41	3,01						
	3,52	4,68	9,72	0,02	9,16	7,89	8,40						
	9,70	3,91	3,14	66,52	3,59	2,41	3,01						
	0,93	0,43	0,50	0,44	0,55	0,35	0,44						
			3,37										
			3,28										
			3,17										
		3,81	2,81				2,79						
		4,10	2,69				2,57						
		3,26	2,69		4,05		3,20						
	11,23	3,06	3,04		2,94		2,78						
	9,12	4,33	3,45		4,10	2,53	2,61						
	9,46	4,55	2,50		3,29	2,44	3,03						
	8,70	3,38	2,63		4,76	2,76	3,11						
	10,16	4,36	3,03		3,15	2,47	3,19						
	8,53	3,67	2,42		3,95	2,34	2,31						
	9,08	4,07	3,75	65,76	2,95	1,92	2,62						
	10,96	3,95	3,81	66,81	3,37	3,07	3,59						
	8,94	4,03	3,11	66,67	3,12	1,97	3,62						
	10,09	4,10	3,66	66,78	3,71	2,17	2,88						
	10,48	4,07	4,04	66,60	3,68	2,45	3,83						
Montar bloco óptico	13	Ligar flex-foil ao processador	14	Ligar flex-foil ao bloco óptico	15	Teste funcional	16	Colocar alarme no processador	17	Colocar lens cap	18	Conectar flex-foil ao power	19

	3,01	3,62	3,85	3,59	3,41	2,63	2,26
	8,60	17,22	12,93	9,29	5,13	19,13	13,03
	3,01	3,29	3,50	3,26	3,10	2,39	2,05
	0,45	0,70	0,64	0,51	0,36	0,53	0,38
						2,44	
						2,21	
		3,34				1,90	
		3,09				2,29	
		3,92				1,94	2,66
	2,74	3,78				2,28	1,95
	2,40	3,20				2,56	2,70
	3,02	3,50	3,61			2,33	1,71
	2,90	3,13	4,21			1,94	1,95
	3,10	2,97	4,13	3,35		2,21	2,26
	2,67	4,23	3,16	3,64	3,55	2,64	2,34
	2,78	3,67	3,04	2,68	3,11	2,28	2,00
	3,72	2,61	3,73	3,59	2,62	2,30	1,76
	3,00	1,87	3,29	2,49	3,62	1,81	1,94
	3,30	2,96	4,46	3,19	2,51	2,95	2,51
	3,66	2,70	3,84	3,31	3,28	2,56	2,22
	2,31	2,45	2,37	3,78	2,90	1,97	1,49
	2,60	4,32	3,38	4,08	3,24	3,90	2,16
	3,67	4,15	3,88	2,61	3,01	2,13	1,51
	3,34	3,40	2,43	3,16	3,13	3,11	1,69
	Encaixar power no mains bottom cover	Passar o mains cable pelo Back Cover	Conectar mains cable ao power e fixa-lo na bracket	Encaixar o mains top cover no conjunto anterior	Encaixar o processador no conjunto anterior	Conectar o flex-foil do power ao processador	Fixar o back cover nas brackets
<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	























Tabela 17 - Medição de trabalho do modelo Freya

Nº	Descrição da tarefa	Observações (segundos)					D. Padrão	Média	n	Tempo Padrão
		1	2	3	4	5				
*		18,52	1,48	2,29	27,56	2,55	*	18,52	*	18,52
*		9,93	0,81	5,83	2,65	0,93	*	9,93	*	9,93
*		16,84	1,34	2,08	25,05	2,31	*	16,84	*	16,84
*		2,71	0,06	0,26	2,08	0,11	*	2,71	*	2,71
20										
19										
18										
17										
16					22,60					
15				2,64	22,67					
14		13,66		2,18	26,76					
13		17,88		1,91	26,97					
12		22,90		1,85	23,27					
11		19,97		2,22	24,95					
10		19,66		1,89	23,01					
9		14,19		2,11	27,97					
8		16,00		2,16	24,85	2,24				
7		16,81	1,38	1,95	24,58	2,50				
6		16,47	1,30	2,19	23,25	2,19				
5		16,57	1,28	2,17	28,50	2,22				
4		14,47	1,44	2,12	24,49	2,31				
3		14,86	1,27	2,39	24,45	2,45				
2		13,78	1,36	1,53	28,69	2,36				
1		18,50	1,37	1,95	23,80	2,24				
*	Colocar processador e componentes no Jig (Contém peel-off)	1	2	3	4	5				
*	Retirar peel-off									
*	Fechar Jig									
*	Soldar processador									
*	Assinar									

















	2,34	4,77	3,20	91,17	3,71	2,41	3,01
	7,34	19,68	7,79	0,82	2,78	7,89	8,40
	2,12	4,34	2,91	91,17	3,71	2,41	3,01
	0,29	0,98	0,41	4,22	0,32	0,35	0,44
			3,33				
			3,50				
			2,60				
			3,35				2,79
			2,82				2,57
			3,13				3,20
			3,04		4,23		2,78
			3,10		3,75	2,53	2,61
			3,15		3,94	2,44	3,03
			3,13		3,34	2,76	3,11
			2,37		3,82	2,47	3,19
	2,14		2,00	96,00	3,83	2,34	2,31
	2,42	3,30	2,85	87,00	3,55	1,92	2,62
	1,65	3,64	3,10	89,00	4,03	3,07	3,59
	2,44	4,00	2,25	89,00	3,53	1,97	3,62
	1,99	5,31	2,63	89,00	3,12	2,17	2,88
	2,10	5,45	3,12	97,00	3,71	2,45	3,83
6	Abrir <i>Jig</i>	Retirar processador (verificar)	Conectar <i>flex-foil</i> ao processador (do bloco óptico ao processador )	Teste funcional	Retirar placa testada e colocar placa para testar	Colocar <i>lens cap</i>	Ligar <i>flex-foil</i> ao <i>power</i>
7							
8							
9							
10							
11							
12							



	1,92	1,80	2,40	151,42	3,16	3,93	28,49
	6,20	8,36	10,96	0,11	7,78	7,50	9,99
	1,92	1,80	2,40	151,42	3,16	3,93	28,49
	0,24	0,27	0,41	2,59	0,45	0,55	4,59
	2,33	1,72					
	1,69	1,61					
	1,74	1,94					
	2,05	1,51	3,23			4,16	
	1,75	1,60	2,48			3,79	28,65
	1,78	1,49	2,09		3,53	3,95	24,23
	1,66	1,88	2,76		3,36	3,40	32,52
	2,00	2,22	1,97		2,98	4,63	25,45
	1,94	2,15	2,48		2,82	4,18	26,58
	1,61	2,16	2,34	155,03	2,62	3,69	30,00
	1,87	1,42	2,37	153,17	3,91	2,99	26,89
	2,25	1,66	1,69	148,73	3,59	3,86	39,40
	1,92	1,98	2,53	150,08	2,81	3,61	24,60
	2,34	1,84	2,50	150,10	2,80	4,96	26,57
Abrir <i>Jig</i>		Retirar placa acabada	Colocar placa no lado direito	Teste IP	Colocar <i>processing bracket</i> no <i>Jig</i>	Desconectar processador do bloco e colocar o processador sobre a <i>bracket</i>	Colocar <i>spring+parafuso</i> num orifício, fechar alavanca e aparafusar (4x)
20	21	22	23	24	25	26	



	11,93	3,50	3,88	3,74	2,73	3,00	17,66						
	6,23	4,02	5,71	13,37	12,73	10,43	3,58						
	11,93	3,50	3,88	3,74	2,73	3,00	17,66						
	1,52	0,36	0,47	0,70	0,50	0,50	1,70						
	14,33												
	13,54			3,21									
	12,47	4,20		4,69	2,85								
	14,33	3,86	4,31	3,05	2,50	3,74							
	9,75	3,87	4,11	3,05	2,94	3,40							
	11,22	3,90	3,94	4,51	2,01	3,92							
	9,01	3,75	3,59	3,02	2,26	3,13							
	9,97	3,59	2,96	3,86	3,25	2,56	17,22						
	12,74	3,21	3,99	3,50	3,28	2,58	16,35						
	11,01	3,33	4,52	2,96	2,95	2,22	15,64						
	11,67	3,24	4,29	3,14	2,22	2,67	15,72						
	11,98	3,15	3,34	4,21	3,60	3,25	17,56						
	12,70	3,06	3,35	3,49	2,99	2,72	17,22						
	12,49	3,29	4,00	3,95	2,04	3,06	19,97						
	11,62	3,12	3,64	4,35	2,94	3,15	19,30						
	12,06	3,49	4,41	5,09	2,37	2,66	19,95						
<b>34</b>	Colocar SD <i>card</i> na traseira e encaixar no conjunto anterior	<b>35</b>	Rodar conjunto 90° e colocar <i>gap filler</i>	<b>36</b>	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	<b>37</b>	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	<b>38</b>	Conectar o cabo do motor	<b>39</b>	Colocar a <i>athena cooling bracket</i>	<b>40</b>	Aparafusar 5x

	8,49	6,44	6,92	3,83	12,98	5,99	171,66
	3,43	10,98	6,91	8,93	2,82	3,92	1,27
	8,49	6,44	6,92	3,83	12,98	5,99	163,49
	0,80	1,09	0,93	0,58	1,11	0,61	9,40
		6,58					
		6,31					
		7,21					
		6,65		3,22	13,70		
		7,49		3,10	13,47		
		4,42		3,08	11,54		
		9,48		3,41	11,26		
		6,56	7,62	3,78	12,75		
		6,45	5,84	3,57	12,35		
	7,77	6,41	7,70	4,14	13,59	5,76	
	7,25	6,94	7,08	4,23	11,43	6,43	
	8,02	6,53	5,97	3,40	13,94	6,40	
	9,09	5,29	5,41	3,62	14,36	5,41	147,68
	8,72	5,36	8,38	4,83	14,53	5,46	169,09
	9,65	5,49	6,97	4,11	12,66	7,01	163,01
	9,14	6,19	6,89	4,26	12,14	6,16	166,07
	8,27	6,09	7,29	4,81	13,98	5,31	171,59
41	Conectar cabo 2P ao <i>button panel</i> e ao processador	Colocar <i>button panel</i> no encaixar no <i>bottom</i>	Colocar <i>gap filler</i>	Colocar o <i>top cover</i>	Aparafusar 4x	Colocar o <i>front cover</i>	Teste final
42							
43							
44							
45							
46							
47							



	12,87	4,81	1,45	6,76	1,28	2,87	13,82
	2,15	11,41	6,61	10,27	5,02	11,91	6,12
	12,26	4,58	1,38	6,43	1,22	2,73	13,16
	0,92	0,79	0,18	1,05	0,14	0,48	1,66
				7,35			
				6,87			
				6,17			
				7,01		2,18	
		4,92		5,53		2,10	
		4,42		8,59		2,56	
		4,18		7,38	1,40	2,66	
		4,34	1,27	5,78	1,36	2,63	14,48
		4,82	1,13	6,35	1,22	3,14	11,57
		3,96	1,24	5,86	1,05	3,49	11,15
		5,88	1,76	4,45	1,22	3,46	12,76
	11,85	4,02	1,36	5,36	1,05	2,48	10,98
	12,15	3,82	1,47	5,33	1,04	2,61	15,81
	11,12	3,62	1,30	7,66	1,19	3,32	14,25
	12,56	6,16	1,44	6,34	1,32	2,16	13,75
	13,60	4,80	1,45	6,91	1,37	2,70	13,68
Colocar componentes no saquinho (2xSocket 6P, 1xSocket 2P, Ring)	55	56	57	58	59	60	61
	Colocar o alarm data plug na câmara (2x)	Ler código do Type plate para imprimir etiquetas	Colocar a câmara num air bubble bag e fechar com fita-cola	Colocar câmara na caixa individual	Fechar caixa individual	Colar etiquetas na caixa individual	





2,61	10,67	4,30	3,46	91,17	3,71	2,41
5,89	3,52	4,68	9,24	0,82	2,78	7,89
2,38	9,70	3,91	3,14	91,17	3,71	2,41
0,29	0,93	0,43	0,49	4,22	0,32	0,35
			3,37			
			3,28			
			3,17			
		3,81	2,81			
		4,10	2,69			
		3,26	2,69			
	11,23	3,06	3,04		4,23	
	9,12	4,33	3,45		3,75	2,53
2,49	9,46	4,55	2,50		3,94	2,44
2,48	8,70	3,38	2,63		3,34	2,76
2,55	10,16	4,36	3,03		3,82	2,47
2,91	8,53	3,67	2,42	96,00	3,83	2,34
2,37	9,08	4,07	3,75	87,00	3,55	1,92
1,92	10,96	3,95	3,81	89,00	4,03	3,07
2,36	8,94	4,03	3,11	89,00	3,53	1,97
2,00	10,09	4,10	3,66	89,00	3,12	2,17
2,31	10,48	4,07	4,04	97,00	3,71	2,45
Retirar o processador e verificar	Montar bloco óptico	Ligar <i>flex-foil</i> ao processador	Ligar <i>flex-foil</i> ao bloco óptico	Teste funcional	Retirar placa testada e colocar placa para testar	Colocar <i>lens cap</i>
10	11	12	13	14	15	16







	3,82	11,93	3,50	3,88	3,74	2,73	3,00
	13,84	6,23	4,02	5,71	13,37	12,73	10,43
	3,82	11,93	3,50	3,88	3,74	2,73	3,00
	0,72	1,52	0,36	0,47	0,70	0,50	0,50
		14,33					
		13,54			3,21		
	4,95	12,47	4,20		4,69	2,85	
	4,08	14,33	3,86	4,31	3,05	2,50	3,74
	3,16	9,75	3,87	4,11	3,05	2,94	3,40
	4,78	11,22	3,90	3,94	4,51	2,01	3,92
	3,96	9,01	3,75	3,59	3,02	2,26	3,13
	3,02	9,97	3,59	2,96	3,86	3,25	2,56
	3,28	12,74	3,21	3,99	3,50	3,28	2,58
	3,80	11,01	3,33	4,52	2,96	2,95	2,22
	3,26	11,67	3,24	4,29	3,14	2,22	2,67
	5,16	11,98	3,15	3,34	4,21	3,60	3,25
	3,72	12,70	3,06	3,35	3,49	2,99	2,72
	3,20	12,49	3,29	4,00	3,95	2,04	3,06
	3,03	11,62	3,12	3,64	4,35	2,94	3,15
	4,02	12,06	3,49	4,41	5,09	2,37	2,66
Ligar <i>flex</i> do bloco ao processador	38	Colocar SD <i>card</i> na traseira e encaixar no conjunto anterior	Rodar Conjunto 90° e colocar <i>gap filler</i>	Encaixar conjunto no <i>bottom cover</i>	Colocar o <i>back focus lock</i> no <i>front assy</i> e encaixar no <i>bottom cover</i>	Conectar o cabo do motor	Colocar a <i>athena cooling bracket</i>
	39						
	40						
	41						
	42						
	43						
	44						











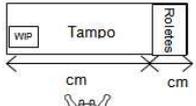
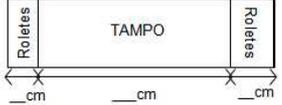
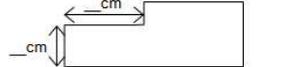
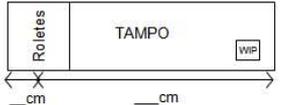
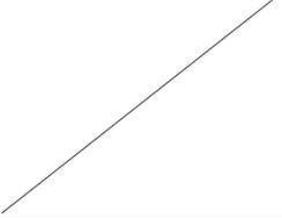
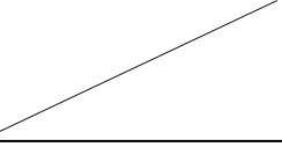
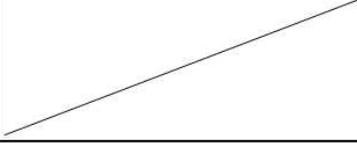
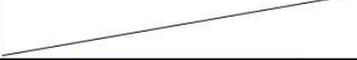
Nº Posto	Designação	Ações	Desenho	Abastecimento	Data
7	Encasing 1	Cortar tampo (lado dt.)			Na mudança
		Colocar roletes			Antes da mudança
		Mudar rampa de 1º nível para 60cm			
8	Encasing 2	Cortar tampo (lado dt. e esq.)			Na mudança
		Colocar roletes			Antes da mudança
		Cortar rampa de 2º nível	 Dimensões do contentor com a cartolina circular (Enca 720p)		Antes da mudança
		Colocar a rampa de 2º nível o mais a baixo possível de forma a não permitir que o operador tire material do 1º nível do contentor do lado direito. Apenas pode retirar do lado esquerdo.	 Do tamanho do lado direito da rampa anterior.		Antes da mudança
9	Encasing 3	Cortar tampo (lado esq.)			Na mudança
		Colocar roletes			Antes da mudança
		Alterar rampa nível 2 para 60cm			
N	Teste HVT	Fazer posto de 55cm			Antes da mudança
		Colocar no nível 0 roletes para abastecimento			
		Colocar rampa no 1º nível para teste			
*3	Roletes embalagem	Três níveis de roletes: - Abastecimento do encasing 3 para teste; - Abastecimento do teste para embalagem; - Retorno de contentores da embalagem para encasing 3.			Antes da mudança
*1	Impressoras	Estrutura para colocar duas impressoras (embalagem Dinion XF)			Antes da mudança
NOVO	Teste Final	Construir dois novos postos de 180cm, com dois níveis de rampas.			Antes da mudança

Figura 3 - Alterações necessárias aos postos de trabalho (parte 2)