Implementação da filosofia *lean* numa empresa de refrigeração

Francisca Duarte Oliveira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Samuel Moniz

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Especialização em Gestão da Produção

2018-07-10

“Lean: A Journey…Not a Race.”

Lisa Turturro

Resumo

A presente dissertação incide sobre a aplicação de metodologias e ferramentas *lean* à indústria da refrigeração. Os seus principais objetivos são melhorar o processo de uma obra de refrigeração, desde a receção do *layout* do cliente até ao fecho de obra, passando pela eliminação de desperdícios e consequentemente aumento da eficiência dos processos existentes. Para além disso, pretende produzir um impacto positivo na satisfação dos intervenientes envolvidos no processo de realização de uma obra de refrigeração, desde os fornecedores, aos colaboradores da empresa e, sobretudo, aos próprios clientes, ou seja, melhorar a sincronização dos vários departamentos ao longo da cadeia de valor.

A RACE, S.A. é uma empresa dedicada essencialmente à Refrigeração e AVAC para retalho alimentar, possuindo também áreas para a produção de quadros elétricos e centrais térmicas, Sistemas de Controlo Centralizado e serviços de Manutenção. Tendo em conta a diversidade de negócios, surge a necessidade de desenvolver práticas *lean* ao nível de execução das obras de refrigeração, do fabrico de quadros elétricos e do sistema de transportes. Neste âmbito, o conceito *lean*, tão amplamente mencionado em qualquer empresa que ambiciona ser competitiva no seu mercado, tem vindo a mostrar-se eficaz na criação de valor e a demonstrar uma grande variedade de aplicações.

A abordagem metodológica proposta identifica, numa fase inicial, as oportunidades de melhoria e os desperdícios existentes ao longo do processo de elaboração de uma obra de refrigeração. Para este efeito, foram conduzidas entrevistas aos vários departamentos da empresa. O resultado das informações recolhidas foi compilado num mapa de processo e num diagrama causa – efeito.

Foram ainda desenvolvidas propostas para a melhoria de alguns dos desperdícios encontrados. A primeira iniciativa teve como objetivo a redução do número de transportes para obra através da criação de um contentor de obra. De seguida, com base na ferramenta *Last Planner® System*, foi elaborado um quadro de obra. Este quadro serve para a melhoria do planeamento a nível de execução das obras de refrigeração. Por último, foi realizada uma remodelação da fábrica de quadros elétricos. Esta solução baseou-se na aplicação de metodologias *lean* como: técnica dos 5S's, diagramas de *spaghetti* e mecanismos *poka-yoka*.

Os resultados obtidos traduziram-se numa redução de cerca de 70 % dos custos de transporte, melhoria da qualidade do fluxo de informação partilhado, aumento da frequência e fiabilidade das estratégias de planeamento e aumento potencial de 16,8% na capacidade produtiva de quadros elétricos.

Implementation of the lean philosophy in a refrigeration company

Abstract

The focus of this Master Thesis is the application of lean methodologies and tools to the refrigeration industry. The main goal of this Thesis is to improve the existing process of a refrigeration construction site, from the arrival of the client's request until the construction is finished, by eliminating the waste stages and thus improving the current processes' efficiency.

RACE, S.A. is a company mostly dedicated to the development of Refrigeration and HVAC solutions for supermarkets, with also the internal capability to the production of electric panels and thermal power plants, Centralized Control Systems and Maintenance services. Given this wide range of business areas, there is a need to develop lean practices, namely in the refrigeration construction site's execution, the production of electric panels and on the current transport system. Within this scope, the lean concept, mentioned in any company that seeks to stay competitive in the market, has vastly proved to be effective in creating value and to be applicable to various industries and business models.

This project begins by identifying main waste sources and analyzing potential improvement opportunities throughout the production stages of a refrigeration construction work. To obtain this information, a series of interviews with key departments of the company were led. The information gathered during these interviews was compiled into a process map and a cause-effect diagram.

The second part of this Thesis explains the improvement strategies carried out. The aim of the first initiative created was to reduce the number of trips from the warehouse to the construction sites. For this purpose, a new shipping container was developed. The second solution adopted intended to increase the level of planning along the process of a refrigeration construction work. In order to do this, efforts were made to promote communication among the various stakeholders, such as the implementation of a team board for the construction sites. The models for the new planning system were based on the *Last Planner® System* tool. Finally, it is described how practices such as the 5S's technique, spaghetti diagrams and *poka-yoka* mechanisms were used to produce electric panels in a more efficient and timely manner.

The results of all the initiatives proposed were: reduction of transportation costs by 70%, increase in quality of the information shared, improvement of the frequency and reliability of the planning strategies and potential capacity growth of 16,8% in the production of electrical panels.

Agradecimentos

Não posso deixar de agradecer a todos os que, de certa forma, contribuíram para a conclusão deste documento.

Em primeiro lugar, a todos os colaboradores da Race S.A. pela partilha de experiências e companheirismo, que permitiram a minha rápida integração na equipa.

A colaboração, simpatia e dedicação do Eng.º Pedro Rebelo foi indispensável para a realização desta dissertação. Esteve sempre disponível para partilhar comigo os seus conhecimentos e amizade, acompanhando todo o meu percurso na empresa.

Gostaria também de expressar a minha enorme gratidão ao Dr. Nuno Sousa pela oportunidade que me deu.

Ao meu orientador académico, Professor Samuel Moniz, por toda a disponibilidade, apoio e profissionalismo demonstrados no decorrer desta dissertação.

Aos meus pais, ao meu Tio João e às minhas grandes amigas Marta Sousa e Leonor Rocha Leite pelo carinho e cuidado ao rever este trabalho.

À minha família, pais, irmãos e avós por todo o apoio, em especial aos meus pais por sempre valorizarem e investirem na minha educação.

Para mim pessoalmente, foi um primeiro contato com a vida profissional, trabalho de equipa e valores empresariais. Este tipo de experiência sei que, para além dos conhecimentos técnicos, acesso a recursos e orientação, representa uma etapa muito importante numa fase de decisões e acesso ao mercado de trabalho e mundo de oportunidades.

Para finalizar gostaria de realçar que foi com este espírito que, com motivação e expectativa de concretização, conclui este documento.

Siglas

AVAC Aquecimento, ventilação e ar condicionado

BE *Building - Efficiency*

JIT *Just-In-Time*

IoT *Internet of Things*

KPI *Key Performance Indicator*

LPS *Last Planner System*

LCI *Lean Construction Institute*

MRP *Material Requirement Planning*

PDCA *Plan Do Check Act*

PPC Percentagem de Planeamento Concluído

QE Quadro Elétrico

RPS *Reverse Phase Planning*

SAP *Systems Applications and Products*

TPS *Toyota Production System*

VSM *Value Stream Mapping*

Índice de Conteúdos

1 Introdução 1
1.1 Apresentação da RACE 2
1.2 Enquadramento da tese e motivação 3
1.3 Métodologia proposta 4
1.4 Estrutura da dissertação 4

2 Revisão Bibliográfica 5
2.1 *Lean Thinking* 5
2.1.1 .... *Toyota Production Systems* (TPS) 5
2.1.2 .... Príncipios *lean* 6
2.2 *Lean* na indústria da construção 7
2.2.1 .... Muda na construção 8
2.2.2 .... *Last Planner® System* (LPS) 9
2.3 Ferramentas *lean* 11
2.3.1 .... Diagrama Causa-Efeito 11
2.3.2 .... Diagrama de *Spaghetti* 11
2.3.3 .... Mapeamento de Processos 12
2.3.4 .... Metodologia 5S's 13
2.3.5 .... Mecanismos *poka-yoka* 13
2.4 Enquadramento das metodologias *lean* 14

3 Apresentação do Problema 15
3.1 Cadeia de valor de obras de refrigeração 15
3.2 Os *mudas* do processo de refrigeração 17

4 Implementação de iniciativas *lean* 21
4.1 Introdução 21
4.2 Redução do número de transportes para obra 21
4.2.1 .... Sistema de transportes atual 21
4.2.2 .... Implementação do contentor de obra 22
4.2.3 .... Resultados Obtidos 23
4.3 Melhoria das soluções de planeamento 25
4.3.1 .... Soluções de planeamento já existentes 25
4.3.2 .... Proposta do novo sistema de planeamento 26
4.3.3 .... Discussão dos resultados 29
4.4 Remodelação do *layout* fabril 30
4.4.1 .... Fábrica de quadros elétricos: estado atual 30
4.4.2 .... Proposta do novo *layout* 35
4.4.3 .... Discussão dos resultados 39

5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro 42
5.1 Conclusões 42
5.2 Trabalhos futuros 43

Referências 44

ANEXO A: Processo de uma obra de refrigeração: modelo *AS IS* 46

ANEXO B: Diagrama Causa-Efeito 49

ANEXO C: Procedimento standard para a utilização do contentor de obra 50

ANEXO D: Gráfico de Gantt do processo de uma obra de refrigeração: modelo *TO BE* 52

ANEXO E: Elementos do quadro de obra 54
ANEXO F: Etapas na produção de quadros elétricos 56
ANEXO G: Análise dos vídeos 57
ANEXO H: *Layout* da fábrica de quadros elétricos antes da remodelação 62
ANEXO I: Diagrama de *spaghetti* com as movimentações do processo de fabrico de quadros elétricos para o *layou*t antes da remodelação 63
ANEXO J: Principais *muda* e potencias de melhoria na fábrica de quadros elétricos 64
ANEXO K: *Layout* da fábrica de quadros elétricos depois da remodelação 65
ANEXO L: Diagrama de *spaghetti* com as movimentações do processo de fabrico de quadros elétricos para o *layout* depois da remodelação 66
ANEXO M: Implementação da filosofia 5S's 67
ANEXO N: Novo quadro de equipa de quadros elétricos 68
ANEXO O: Análise da diferença entre as duas estimativas de tempo desperdiçado obtidas para o primeiro *layout* da fábrica de quadros elétricos 72
ANEXO P: Cálculo dos potenciais ganhos com a adoção do novo *layout* da fábrica de quadros elétricos 74
ANEXO Q: Implementação do quadro de equipa na fábrica de quadros elétricos 75

Índice de Figuras

Figura 1 - Evolução da RACE, S.A. (RACE, 2016). 2
Figura 2 - Organograma da RACE, S.A. (RACE, 2016)..... 3
Figura 3 - Método seguido na dissertação. 4
Figura 4 - Esquema dos princípios lean (Womack e Jones, 2003). 6
Figura 5 - Pilares do lean construction (Lean Construction Institute, 2018). 7
Figura 6 - Esquema de implementação do sistema LPS (Salem et al, 2005). 9
Figura 7 - Ciclo PDCA. (Roser, 2015) 10
Figura 8 - Estrutura de um diagrama causa-efeito. 11
Figura 9 - Estrutura de um mapa de fluxo de informação. (Coimbra, 2013) 12
Figura 10 - Modelo AS IS de uma obra de refrigeração. 16
Figura 11 - Estrutura adotada no diagrama causa-efeito elaborado. 17
Figura 12 - Causas com origem no departamento comercial. 17
Figura 13 - Causas com origem no departamento de projeto e orçamentação. 18
Figura 14 - Causas com origem no departamento de compras. 18
Figura 15 - Causas com origem no departamento de manufacturing. 19
Figura 16 - Causas com origem no departamento de logística. 19
Figura 17 - Causas com origem no departamento de operações. 20
Figura 18 - Causas com origem no departamento de building efficiency. 20
Figura 19 - Fotos do contentor de obra: A) Interior do contentor; B) Caixas standard para o transporte de ferramentas; C) Contentor visto do exterior; D) Mesa de trabalho. 22
Figura 20 - Normas para utilização do contentor de obra. 23
Figura 21 - Primeiro carregamento do contentor de obra. 23
Figura 22 - Gráfico com a distribuição das datas de abertura em 2018. 25
Figura 23 - Esquema com sequência de planeamento atual. 25
Figura 24 - Análise carga versus capacidade nos meses de Maio a Setembro. 26
Figura 25 - Esquema com sequência de planeamento a implementar. 27
Figura 26 - Cartão para as tarefas semanais. 27
Figura 27 - Exemplo de preenchimento do plano de trabalhos na semana 1 (A) e na semana 2 (B). 28
Figura 28 - Área dedicada às iniciativas de melhoria do quadro de obra. 28
Figura 29 - Implementação do quadro de obra. 29
Figura 30 - Fotografias do estado da fábrica de quadros elétricos antes da remodelação fabril. 30
Figura 31 - Quadro elétrico de solo. 31
Figura 32 - Fluxo do processo de fabrico de quadros elétricos. 31

Figura 33 - Estratégia de planeamento da equipa de quadros elétricos na semana X. 34
Figura 34 - Colocação de marcações no solo e placas de identificação. 37
Figura 35 - A) Primeiro carrinho ferramenteiro; B) Novo carrinho ferramenteiro. 38
Figura 36 - Etapa de eletrificação. 38
Figura 37 - Arrumação das bobines antes da remodelação, A) e B), e depois da remodelação C). 38
Figura 38 - A) Disposição das caixas de logística antes da remodelação; B) Disposição das caixas de logística depois da remodelação. 39

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Descrição dos 5S's (Womack e Jones, 2003)(Roser, 2015).....13

Tabela 2 - Número de transportes e custo dos transportes das obras A,B e C. 21

Tabela 3 - Número de transportes e custo dos transportes da obra D, na qual foi utilizado o contentor de obra. 24

Tabela 4 - Agravamento de custos das obras A, B e C (sem contentor de obra) relativamente à obra D (com contentor de obra).....24

Tabela 5 - Descrição das fases de planeamento atuais. 26

Tabela 6 - Registo da percentagem de tarefas concluídas. 28

Tabela 7 - Volume e ciclo produtivo dos quadros elétricos. 30

Tabela 8 - Resumo dos tempos registrados após a recolha dos vídeos. 32

Tabela 9 - Análise do impacto do tempo sem valor acrescentado no fabrico de quadros elétricos. 32

Tabela 10 - Descrição das movimentações de componentes associadas ao fabrico de um quadro de solo para o primeiro layout. 32

Tabela 11 - Tempo total de movimentação dos quadros de solo para o primeiro layout. 33

Tabela 12 - Descrição das movimentações associadas à busca de consumíveis para o primeiro layout. 33

Tabela 13 - Tempo total de gasto na busca de consumíveis para o primeiro layout. 33

Tabela 14 - Tempo total gasto na procura de materiais para o primeiro layout. 33

Tabela 15 - Legenda da Figura 33. 34

Tabela 16 - Descrição das movimentações associadas à busca de consumíveis para o novo layout. 35

Tabela 17 - Tempo total de gasto na busca de consumíveis para o novo layout. 36

Tabela 18 - Descrição das movimentações de componentes associadas ao fabrico de um quadro de solo para o novo layout. 36

Tabela 19 - Tempo total de movimentação dos quadros de solo para o novo layout. 36

Tabela 20 - Tempo total gasto na procura de materiais para o novo layout. 39

Tabela 21 - Resumo dos tempos de desperdício associados ao primeiro layout. 40

Tabela 22 - Resumo dos ganhos temporais associados ao novo layout. 40

1 Introdução

O pensamento *lean* nasceu no setor industrial, mas tem vindo a revolucionar diversas áreas, tais como a da construção, automóvel e outras. A constante transformação dos mercados e a crescente competitividade na realidade dos projetos de construção leva à procura de novas formas de eliminar desperdícios e atividades que não trazem valor acrescentado. Desta forma, tomadas feitas várias iniciativas para adaptar as metodologias de melhoria contínua, já presentes em estruturas produtivas, ao setor da construção.

O grande objetivo deste novo paradigma da gestão é implementar uma nova forma de coordenar atividades que sejam aplicáveis a vários cenários, muito para além da indústria da produção. Porém, há autores que argumentam que os princípios *lean* não são alargáveis à construção, defendendo que os processos construtivos são menos passíveis de serem estandardizados. O grande propósito do pensamento *lean* é, no entanto, ser adaptável a projetos dinâmicos como é o caso da construção (Howell e Ballard, 1998).

As metodologias *lean* refletem a tendência atual da transferência do poder de decisão dos mercados para o cliente de modo a satisfazer o trinómio qualidade-tempo-preço. Surge a necessidade de repensar e analisar os processos de cada organização de maneira a criar valor para o cliente.

Esta dissertação tem como objetivo a aplicação de métodos e ferramentas para a implementação da filosofia *lean* na RACE, S.A., com vista a melhorar o processo de uma obra de sistemas de refrigeração para retalho alimentar, desde a receção do *layout* do cliente até ao fecho da obra. Em particular, pretende estudar a utilização de ferramentas associadas ao *lean construction*, como o *Last Planner® System*, e de métodos do *lean manufacturing*, como os diagramas de *spaghetti*, os mecanismos *poka-yoka* e a técnica dos 5S's para a melhoria das estratégias de planeamento, otimização dos transportes e remodelação de um *layout* fabril.

Ao longo deste capítulo será feita uma familiarização com deste trabalho, será descrita a sua aplicabilidade no contexto da empresa e os seus principais objetivos. Por fim, será explicado o método seguido e estrutura adotada ao longo da dissertação.

1.1 Apresentação da RACE

A RACE, S.A. é uma empresa pertencente ao grupo Sonae Capital cuja visão é:

"Ser líder no Mercado Nacional e reconhecido como um player Internacional nas suas principais áreas de negócio: Engenharia de Refrigeração, Ar Condicionado e Building Efficiency." (RACE, 2016)

A Figura 1 apresenta os marcos mais importantes da sua evolução:

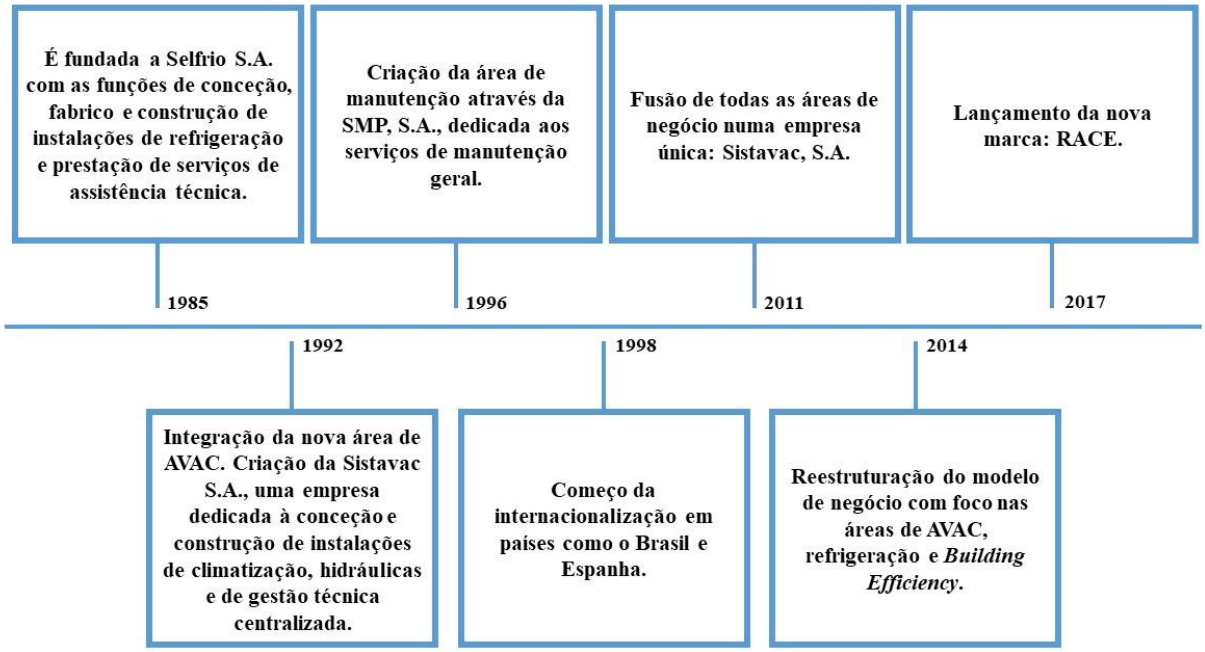


Figura 1 - Evolução da RACE, S.A. (RACE, 2016).

Atualmente a RACE, S.A. engloba uma equipa de cerca de 290 pessoas e um legado de mais de 5000 instalações realizadas (RACE, 2016). A grande parte das obras de refrigeração e AVAC são para a indústria do retalho alimentar. A sua estrutura encontra-se dividida em 5 grandes áreas: a refrigeração, o AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), o *Building Efficiency* (BE), o *Manufacturing* e o pós-venda. Mais em particular, as funções de cada área são (RACE, 2016):

- Refrigeração: Conceção, fabrico e execução de instalações industriais e comerciais de refrigeração.
- AVAC: Conceção e execução de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado de grande dimensão.
- *Building Efficiency*: Automação e controlo de edifícios e sistemas de refrigeração com foco na integração de sistemas e equipamentos, seguindo a tendência *IoT* (Internet das Coisas).
- *Manufacturing*: Projeto, fabrico e montagem de centrais de refrigeração e quadros elétricos (QE's) de alimentação e controlo dos sistemas integrantes de instalações comerciais e industriais.
- Pós-Venda: Prestação de serviços de manutenção e assistência técnica nas áreas de refrigeração industrial e comercial, AVAC e *Building Efficiency.*

Na Figura 2 apresenta-se o organograma da organização.

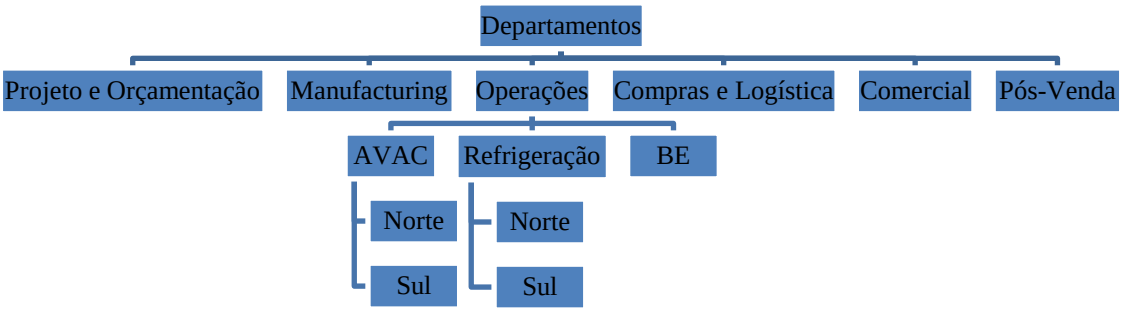


Figura 2 - Organograma da RACE, S.A. (RACE, 2016).

O departamento Comercial encontra-se responsável pela receção dos pedidos dos clientes e sua análise. A área de Projeto e Orçamentação é constituída por uma equipa de desenhadores e projetistas que recebe o *layout* do cliente, faz o projeto da obra de refrigeração, o seu orçamento e a listagem dos materiais e componentes do projeto. O departamento de Compras e Logística tem como função o *procurement* e a encomenda de materiais/ componentes e a seleção e adjudicação de subempreiteiros. O departamento de Operações está dividido em refrigeração, AVAC e *Building Efficiency* (BE). Estes fazem o planeamento e a execução das obras de refrigeração e AVAC. A secção de *Building Efficiency* está encarregue da parte do controlo e automação dos edifícios e sistemas de refrigeração, acompanhando todo o ciclo de vida dos projetos desde a conceção, arranque e manutenção. Finalmente, o departamento de *Manufacturing* realiza o projeto, fabrico e montagem de centrais de refrigeração e quadros elétricos dos sistemas integrantes das instalações comerciais e industriais.

1.2 Enquadramento da tese e motivação

A RACE, S.A. é uma empresa com uma história de mais de três décadas nas áreas da refrigeração e climatização que sofreu muito recentemente uma reorganização interna (RACE, 2016). Neste âmbito, surge ainda mais marcadamente a sede pela melhoria contínua e o espaço para a inovação e para a mudança.

Como em todos os esforços de reestruturação, são postos a nu muitos dos desperdícios e ineficiências existentes e, em consequência disso, são descobertas muitas oportunidades de melhoria.

O presente trabalho de dissertação foi realizado no departamento de melhoria contínua da RACE, S.A. Neste trabalho pretendeu-se proporcionar o crescimento de projetos inovadores de valor acrescentado para a empresa que facilitem a tomada de decisões a médio e a longo prazo nos quadros de gestão.

Os principais objetivos definidos para este trabalho são:

- Perceção das grandes oportunidades de melhoria da organização;
- Identificação e eliminação dos principais desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor;
- Redução do número de transportes para entrega de materiais e equipamentos em obra;
- Melhoria do planeamento ao nível de execução de obras e do fabrico de quadros elétricos;
- Remodelação do *layout* da fábrica de quadros elétricos: implementação da filosofia 5S's e redução dos desperdícios de tempo e movimentação.

1.3 Métodologia proposta

As principais fases e metas na realização deste trabalho apresentam-se na Figura 3.

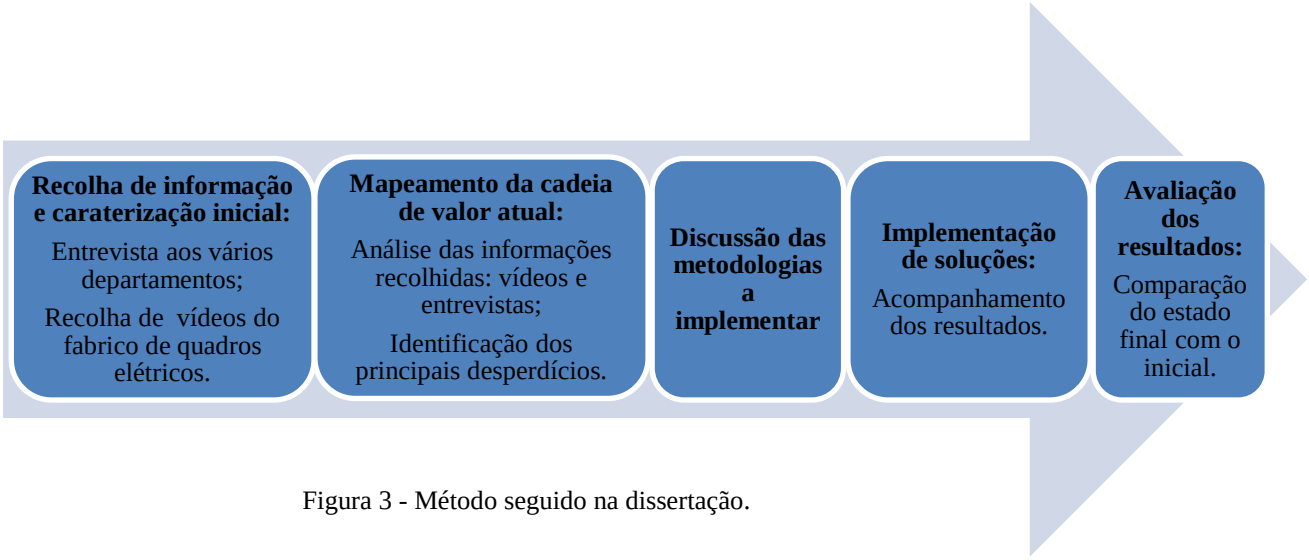


Figura 3 - Método seguido na dissertação.

A fase de recolha de informação serviu para a familiarização com o estado atual da organização e para a identificação dos principais problemas existentes. Para tal, foram conduzidas entrevistas aos responsáveis de alguns dos departamentos da empresa, feitas gravações das várias etapas de produção de quadros elétricos e assistiu-se às reuniões de planeamento de execução de obra semanais.

Concluída esta primeira etapa, os *inputs* recebidos foram compilados e organizados, resultando num mapa do processo de refrigeração e num diagrama causa-efeito. Com base nestes dois documentos, decidiu-se quais as áreas críticas para a implementação de melhorias. As propostas desenvolvidas incidiram em três áreas: no sistema de transportes, nas estratégias de planeamento de execução das obras de refrigeração e na redefinição da fábrica de quadros elétricos. De seguida, procedeu-se à implementação e ao acompanhamento das soluções criadas.

No final, fez-se uma avaliação dos resultados obtidos através da comparação com a situação inicial.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em 5 capítulos.

Primeiramente, faz-se um enquadramento teórico das metodologias utilizadas. De seguida, descreve-se o problema estudado e quais as estratégias adotadas para o caraterizar e identificar devidamente.

No quarto capítulo, apresentam-se as soluções que foram implementadas no decurso deste trabalho: as melhorias ao sistema de planeamento de execução de obra, a redução do número de transportes para obra e a remodelação do *layout* da fábrica de quadros elétricos.

Finalmente, faz-se uma conclusão na qual se avalia o impacto das soluções desenvolvidas.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Lean Thinking

O conceito *lean* surgiu pela primeira vez no livro *Lean Thinking* de *Womack et al* em 1996 (Womack e Jones, 2003). Os investigadores americanos James Womack e Daniel Jones, passaram mais de uma década no Japão a estudar os métodos de gestão daquele país. Como resultado desse trabalho surgiu o pensamento magro ou *lean*: um conjunto de conceitos e princípios que têm como intuito simplificar a maneira como uma organização cria valor para o cliente ao mesmo tempo que todos os desperdícios são eliminados (Womack e Jones, 2003).

2.1.1 Toyota Production Systems (TPS)

No final da Segunda Guerra Mundial, o Japão foi confrontado com enormes problemas e com a necessidade de reconstruir o país. No caso específico, a indústria automóvel carecia de pessoas, materiais e espaço. Em contraste, os Estados Unidos tinham uma enorme capacidade de recursos e dominavam o mercado da altura (Womack e Jones, 2003).

A revolução na indústria da produção surgiu no Japão no início dos anos 1950. Mais concretamente, na fábrica da Toyota com o Engenheiro Taiichi Ohno. A *Toyota Motors Company* descobriu a única forma de fazer face aos seus concorrentes ocidentais: oferecer variedade de produtos mantendo alta qualidade e baixo custo. A ideia principal consistia na eliminação de inventários e desperdícios através da utilização de lotes de produção pequenos, redução de tempos de, máquinas semiautomáticas e sincronização com os fornecedores (Womack e Jones, 2003) (Koskela, 1992).

Em simultâneo, foram desenvolvidos novos paradigmas de qualidade nas fábricas japonesas graças a consultores americanos como Deming e Juran, reconhecidos como gurus da qualidade. Só mais tarde é que estas ideias se começaram a difundir para os Estados Unidos e para a Europa, especialmente na área automóvel. No começo dos anos 90, a nova filosofia da produção já estava implementada nas principais empresas de fabrico americanas e europeias e até em outros setores, como o dos serviços e o da administração.

A teoria do novo *Toyota Production Systems* (TPS) propunha produzir as unidades necessárias, no tempo e na quantidade adequada. Para tal, possuía um controlo de qualidade que permitia a adaptação às flutuações de quantidade e variedade e que assegurava que cada processo resultaria em peças isentas de defeitos, promovendo o respeito pela componente humana.

Em consequência disto, as tarefas e os trabalhadores que trazem valor acrescentado para a planta de produção são maximizados e existe um sistema que deteta peças defeituosas e traça as causas da sua ocorrência. Todas as melhorias conseguidas têm um impacto direto na velocidade do fluxo de materiais e informação (Koskela, 1992).

2.1.2 Princípios *lean*

Na Figura 4 descrevem-se os princípios *lean* em detalhe.

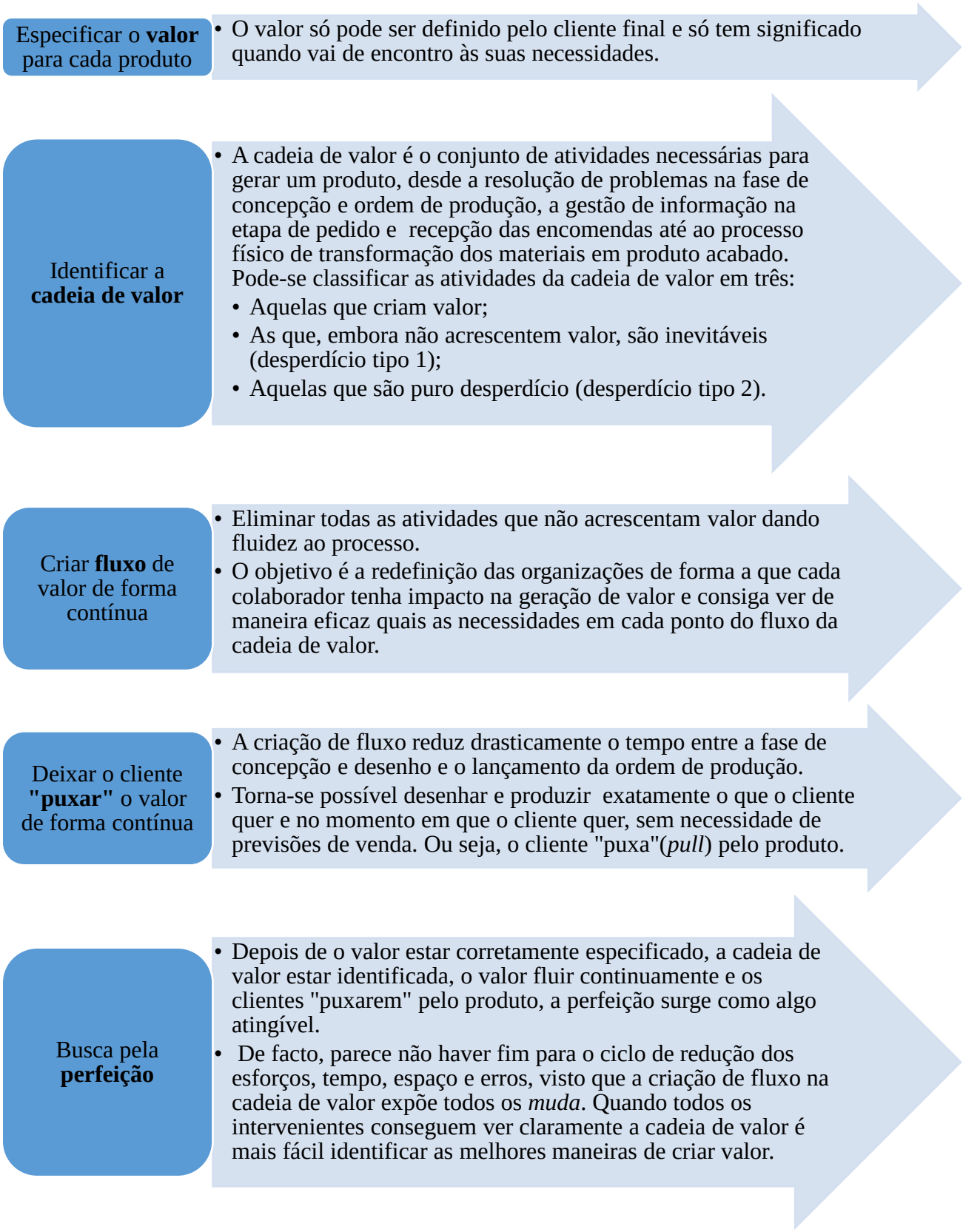


Figura 4 - Esquema dos princípios *lean* (Womack e Jones, 2003).

2.2 *Lean* na indústria da construção

Vários profissionais e investigadores da indústria da construção viram na indústria da produção uma referência e uma potencial fonte de inovação, principalmente no que toca aos princípios *lean*.

Koskela (1992) investigou a "nova teoria da produção" e a sua aplicação à construção. Posteriormente à sua investigação, o tema passou a ser conhecido como *lean construction* e foi alvo de grande análise, no que diz respeito à melhoria das técnicas de construção. Pode-se definir *lean construction* como um sistema que aplica técnicas de gestão de produção para a entrega de projetos de construção, trazendo consigo uma nova forma de projetar e construir estruturas.



Figura 5 - Pilares do *lean construction* (Lean Construction Institute, 2018).

Na Figura 5 apresentam-se os pilares associados ao *lean construction*. Verifica-se que estes ideais são comuns a todas metodologias *lean*. É de notar, porém, as diferenças entre o *lean manufacturing* e o *lean construction*, como por exemplo, os grandes volumes da produção comparativamente à construção. Mais ainda, no mundo da produção, as técnicas *lean* são aplicadas a processos altamente normalizados e repetitivos. Em contraste, no sector da construção, o foco está nos projetos, com a exceção de alguns tipos de edifícios que se repetem, e não nos grandes volumes da produção. A indústria da construção pode ser vista como um tipo de produção na qual os trabalhadores se movem pelos trabalhos, enquanto que, na produção propriamente dita, o trabalho é que flui pelos trabalhadores. Assim sendo, surgem algumas críticas na aplicação do *lean thinking* à construção (Bo Jϕrgensen, 2009).

2.2.1 Muda na construção

O conceito de *muda* é muito famoso no mundo *lean manufacturing*. *Muda* é a palavra japonesa para desperdício. Este desperdício engloba as atividades que absorvem recursos sem gerar, no entanto, valor (Womack e Jones, 2003). Os 7 tipos de desperdícios mais comuns na construção são (Sowards, 2015):

- **Defeitos:** Inclui, por exemplo, o fabrico da instalação errada, defeitos de fabrico, mudanças nas ordens de encomenda ou falhas na conformidade com os requisitos.

- **Produção em excesso:** Fabrico ou encomenda do material com demasiada antecedência e, em consequência, amontoar o material no armazém ou em obra. Anteprojeto de obras que depois não são adjudicadas. Nos escritórios, os desperdícios podem incluir: imprimir demasiadas cópias de um dado documento ou emitir ordens de material ou faturações a mais. Estes podem, por sua vez, desencadear mais desperdícios de inventário, transportação ou movimentação.

- **Inventário:** Engloba a acumulação de matéria-prima por fabricar, materiais em curso de fabrico ou mesmo produtos acabados. Todos os materiais que ainda não foram instalados e estão a ser usados pelo cliente também são considerados inventário. Este material poderá ser: equipamentos de reserva, ferramentas que não foram utilizadas, consumíveis ou mesmo pertences dos trabalhadores.

- **Transporte:** Pode ocorrer quando um material é movido pelo armazém, carregado nos camiões ou descarregado para a obra demasiadas vezes ou durante um período de tempo excessivo. Também inclui casos em que os materiais são transportados para o local errado.

- **Espera:** Momentos em que a equipa aguarda por instruções, inspeções ou pela chegada de materiais. Também ocorre no fabrico, quando a máquina está em *starving*, porque o material ainda não chegou, ou na montagem, quando se aguarda por componentes.

- **Sobreprocessamento:** Incorre-se neste tipo de desperdício quando, por exemplo, se faz reengenharia, quando se recolhe mais assinaturas do que o necessário numa requisição, se envolve demasiados intervenientes no planeamento das atividades, há documentos duplicados ou ainda muitos orçamentos para o cliente.

- **Movimento:** Ocorre sempre que os trabalhadores estão à procura de material, ferramentas, informação, … Este tipo de *muda* acontece com elevada frequência em ambiente de obra.

Existem, no entanto, muitos outros *muda*. Aliás, o engenheiro Taiichi Ohno da Toyota defendia que o *muda* está por toda a parte (Womack e Jones, 2003).

Eliminar o *muda* na construção é uma tarefa sensivelmente mais complicada à medida que se recua até à fase de desenho. Isto acontece, já que a fase de projeto consiste na especificação do valor para as subsequentes fases de produção e construção. Por essa razão, há muitos *mudas* do tipo 1, ou seja, que não podem ser evitados. Há necessidade de, para além de *lean construction*, existir *lean design*. Ou, por outras palavras, integrar as fases de construção e projeto e tornar a fase "desperdício" de desenho o mais eficiente possível, de forma a produzir projetos capazes de maximizar o valor (Bo Jϕrgensen, 2009).

2.2.2 Last Planner® System (LPS)

A ferramenta mais usada no universo *lean construction* e mais desenvolvida na última década, é, sem dúvida, o *Last Planner® System* (LPS) (Lean Construction Institute, 2017). Esta metodologia começou a ser desenvolvida por Glenn Ballard, em 1992. Inicialmente, o objetivo de Ballard era conceber um sistema para melhorar a qualidade dos trabalhos executados, mas, durante o seu desenvolvimento, o foco principal passou a ser aumentar o fluxo de trabalhos, a fiabilidade e previsibilidade do seu planeamento (Ballard, 2000).

O LPS é utilizado como uma técnica para gerir o fluxo de trabalho e controlar a variabilidade na construção e, em consequência disso, reduzir os custos e a duração dos projetos.

É curioso verificar que esta ferramenta é apresentada como um sistema de planeamento de produção que pode ser incorporado em qualquer tipologia de organização ou projeto. De acordo com o LCI: "O LPS é um Sistema de planeamento, monotorização e controlo que segue os princípios *lean construction*, tais como: entregas *Just-In-Time*(JIT), mapeamento do fluxo de valor (VSM – *Value Stream Mapping*) e planeamento *pull*." (Lean Construction Institute, 2017)

É importante distinguir o conceito de sistema no âmbito da produção e no contexto *lean construction*. Enquanto que na produção um sistema é definido como um conjunto de partes interligadas e a trabalhar em conjunto no mesmo todo, como é o caso das várias estações de uma linha de montagem, o sistema LPS é visto como um conjunto de ferramentas e princípios que um dado procedimento deverá seguir (Shenoy, 2017).

Este sistema é responsável pelo planeamento operacional, ou seja, pela realização de tarefas individuais a nível operacional. Tem-se vindo a verificar a sua aplicabilidade, quer em ambiente de obra propriamente dito, como nas fases de projeto e conceção (Daniel *et al*., 2015).

Há 5 grandes princípios na base deste sistema (Ballard, 2000):

- Assegurar que as tarefas são planeadas em detalhe à medida que a sua execução se aproxima;
- Garantir que o planeamento das tarefas é feito envolvendo os seus executantes;
- Identificar as restrições a remover de forma a desimpedir as tarefas;
- Assegurar a fiabilidade dos compromissos realizados;
- Aprender continuamente com os problemas, de forma a prevenir a sua recorrência.

Na Figura 6 é apresentada a sequência de implementação do LPS.

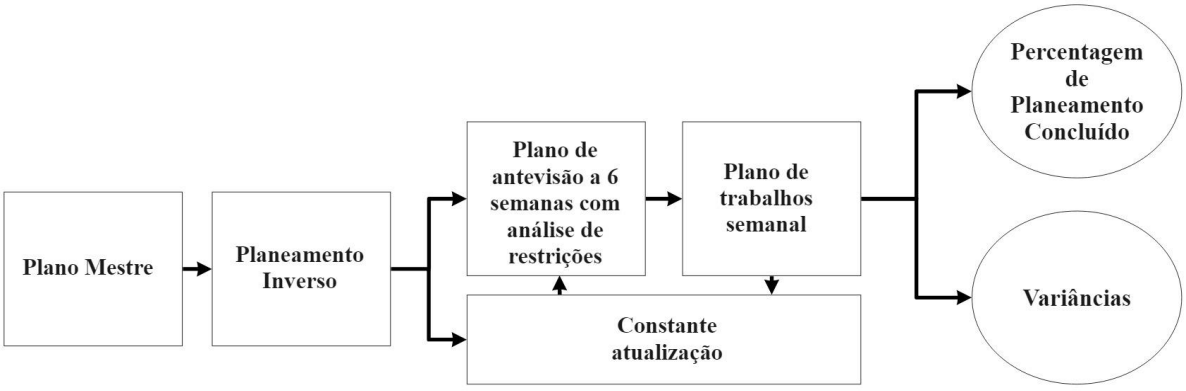


Figura 6 - Esquema de implementação do sistema LPS (Salem *et al*, 2005).

- **Plano mestre:** Plano geral das atividades com as principais metas. Utiliza uma estratégia *push*, ou seja, "empurrar", integrando a experiência acumulada em outros projetos.
- **Planeamento inverso das fases:** É produzido com base no plano mestre sendo, no entanto, um plano mais exato e próximo da realidade. O seu objetivo é conciliar a estruturação dos trabalhos numa estratégia *pull*.
- **Plano de antevisão com análise das restrições:** É indicado por Ballard (2000) como uma ferramenta de controlo de fluxo. O seu intuito é antecipar as restrições antes de estas se tornarem problemas. É também chamado de *make-ready planning*, já que os intervenientes assumem o compromisso de tornar as tarefas livres de restrições e prontas a realizar. Este plano deve ser distribuído a todos os *last planners* nas reuniões semanais de trabalhos. Os *last planners* são os responsáveis dentro de cada equipa por assegurar que as suas tarefas permitem ao próximo interveniente da cadeia de valor executar o seu trabalho com toda a informação, equipamento e material necessário.
- **Plano de trabalhos semanal:** Nesta fase de planeamento deve ser feito um plano de compromissos no qual os trabalhos "prontos a realizar" são definidos, sequenciados e ajustados à capacidade.
- **Reuniões diárias:** Estas reuniões devem servir para ajustes rápidos às restrições e como método para aprendizagem. É importante capturar indicadores como a Percentagem de Planeamento Concluído (PPC) e registrar as causas que levaram ao não cumprimento do plano.
- **Aprendizagem:** No final de cada projeto deve ser feita uma análise causa-efeito. Esta análise poderá recorrer à técnica dos 5 porquês ou ao ciclo PDCA - *Plan* (Planear), *Do* (Fazer), *Check* (Verificar) e *Act* (Atuar) para prevenir a recorrência de problemas. A Figura 7 representa o ciclo PDCA e reforça o seu caráter contínuo (Salem *et al*, 2005).

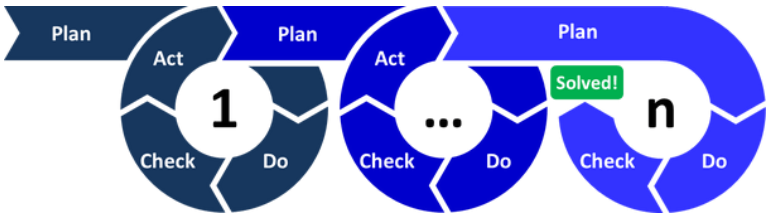


Figura 7 - Ciclo PDCA. (Roser, 2015)

Em suma, o sistema *Last Planner*® System pode ser definido como uma técnica de planeamento eficaz através de uma estratégia *pull*. Com a sua implementação é possível ajustar o plano de trabalhos à capacidade, desenvolver métodos para executar os trabalhos e melhorar as trocas de informação.

Para além disso, deve conseguir-se alcançar o pensamento **Devo-Posso-Vou,** essencial para o plano de trabalhos semanal. Na fase **Devo** inclui-se o trabalho a realizar de acordo com o programa de trabalhos, na fase **Posso** o trabalho que pode ser feito tendo em conta as restrições do problema e, finalmente, a etapa **Vou** reflete o compromisso de trabalhos a fazer após considerar todas as restrições.

Para que isto resulte é necessário reunir condições como: a comunicação, a análise das restrições durante o planeamento de antevisão e a análise das causas para variâncias depois da realização das tarefas (Ballard, 2000).

2.3 Ferramentas *lean*

2.3.1 Diagrama Causa-Efeito

O diagrama causa-efeito é uma ferramenta para a análise da dispersão de um processo muito popular no mundo da qualidade, desenvolvida pelo japonês Kaoru Ishikawa. A sua aplicação permite diagnosticar as causas e sub-causas para a ocorrência de um dado problema (Reid, 2009).

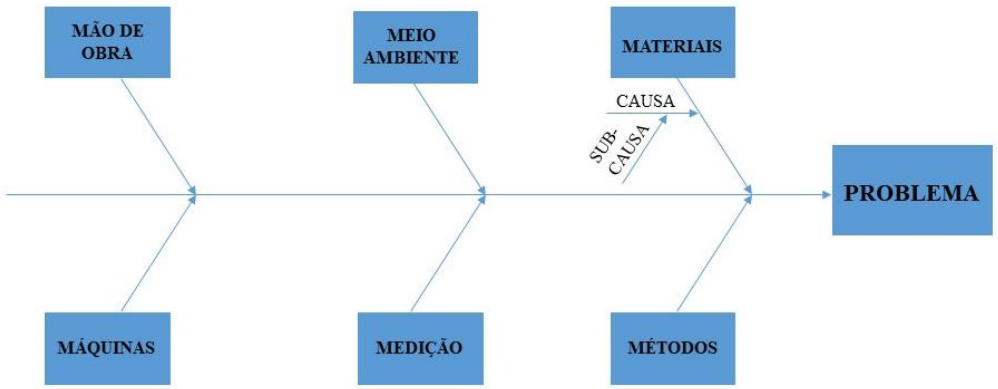


Figura 8 - Estrutura de um diagrama causa-efeito.

Existem vários grupos de causas possíveis, no entanto, os grupos de causas mais comuns são os representados na Figura 8: máquina, mão-de-obra, método, meio-ambiente, matéria-prima e medida (6 M's). Segundo Montegomery (2009), os passos para a construção de um diagrama causa-efeito são:

- Definir concretamente o problema ou efeito a ser analisado;
- Reunir uma equipa para ponderar e discutir as possíveis causas;
- Desenhar a caixa do problema e a linha central;
- Especificar os principais grupos em que o problema surge;
- Identificar para cada grupo as principais causas e, se necessário, acrescentar mais grupos;
- Classificar as causas de acordo com o seu impacto no problema;
- Tomar ações corretivas.

2.3.2 Diagrama de *Spaghetti*

Os diagramas de *spaghetti* são mapas do trajeto de um produto específico, à medida que este viaja pelo fluxo de valor de uma organização. O seu nome resulta do facto de a rota do produto se parecer muitas vezes com um prato de esparguete (Womack e Jones, 2003).

Estes mapas são uma ferramenta muito utilizada para analisar de forma rápida e simples as distâncias entre as pessoas e componentes dentro do chão de fábrica. A sua utilização tem normalmente como intuito a redução das distâncias percorridas pelo produto ou pelos trabalhadores. A sua aplicação tem mais impacto quando os processos são repetitivos (Roser, 2015).

2.3.3 Mapeamento de Processos

As ferramentas de mapeamento permitem a visualização, monitorização e gestão dos processos, de forma a que a informação possa ser partilhada entre os diversos colaboradores de uma organização.

Antes de mapear efetivamente a cadeia de valor de uma organização é necessário conhecer bem os seus fluxos de tarefas, responsabilidades e informação. Os objetivos de um mapa são: comunicar e implementar a visão da organização, melhorar o planeamento estratégico do processo, facilitar a distribuição da informação, facilitar o redesenho da cadeia de valor, clarificar a dinâmica do processo, criar uma perspetiva comum e providenciar uma base para a análise do processo.

De forma a aumentar a performance de uma organização, é necessário olhar para os seus processos, diagnosticar os erros que ocorrem, atrasos e derrapagens de custo, tomar medidas para, sistematicamente, eliminar as causas para esses problemas e redesenhar o modelo do processo. Existem várias ferramentas para o mapeamento de processos. Uma das mais conhecidas no universo *lean* é o *Value Stream Mapping* (VSM) (Gardner *et al*, 2003).

Em paralelo com o *Value Stream Mapping*, que é uma ferramenta especialmente usada no contexto do chão de fábrica, surge o mapeamento do fluxo de informação. Este tipo de mapas é mais complexo de elaborar, já que, não é tão visível no *gemba*, ao contrário do que acontece com o fluxo de materiais, e envolve muitos departamentos da organização. A orientação para o *gemba* é de particular importância e significa ir ao local onde as atividades estão realmente a acontecer, envolver as pessoas e observar cuidadosamente a realidade. Neste tipo de mapas as entidades envolvidas aparecem listadas verticalmente e os processos na horizontal. O objetivo destes mapas é comunicar as ideias principais de uma forma organizada, fácil de perceber e contendo apenas a informação relevante. Por essa razão, os modelos de processos deverão ser simples e com o nível de detalhe adequado. A cada fase deverá estar associada a meta (*baseline*) que marca o avanço para a fase subsequente e o respetivo tempo de entrega. Para além disso, deverá ser dado um particular destaque sempre que há geração e troca de documentos. Uma maneira de elaborar este tipo de mapas é perceber o que se passa no *gemba*, reunindo com cada interveniente no processo.

Na Figura 9 mostra-se um possível modelo de um mapa de fluxo de informação.

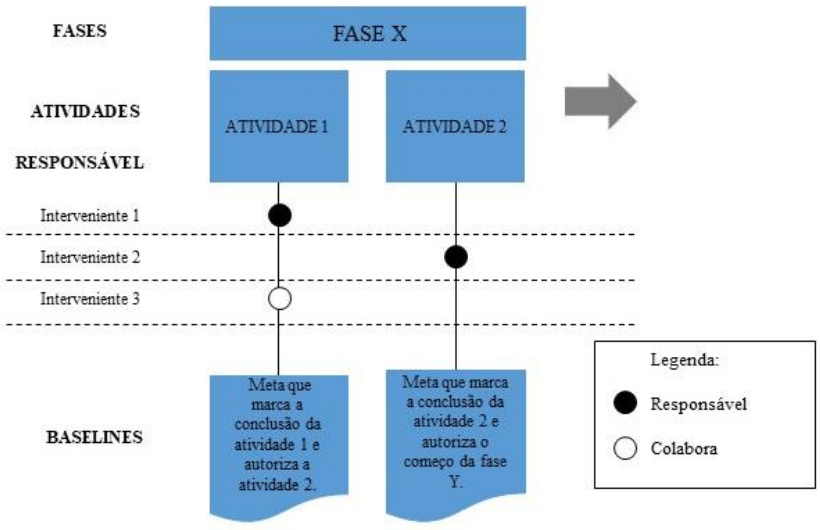


Figura 9 - Estrutura de um mapa de fluxo de informação. (Coimbra, 2013)

2.3.4 Metodologia 5S's

A metodologia 5S's surgiu na Toyota nos anos 60 e tinha como objetivo alcançar ambientes de trabalho mais organizados e limpos, de forma a aumentar a produtividade. Esta metodologia expandiu para muitos outros setores e organizações. Apesar de ser simples conceptualmente e, talvez por isso, não seja a ferramenta *lean* mais valorizada, é um excelente antídoto contra o *muda*. Contribui para o aumento do envolvimento das pessoas, do trabalho em equipa, da moral dos trabalhadores e da saúde e segurança. Para além disso, ajuda na redução de custos, da variabilidade e incerteza. Na Tabela 1, mostra-se em que consiste cada S da metodologia.

Tabela 1 - Descrição dos 5S's (Womack e Jones, 2003)(Roser, 2015).

5S's		
Seiri	Triagem	Definir o que é necessário e libertar o local de trabalho daquilo que não é necessário.
Seiton	Arrumação	Criar uma ordem sistematizada para todos os equipamentos. Cada coisa no seu lugar e um lugar para cada coisa.
Seiso	Limpeza	Repor as condições iniciais de todos os equipamentos, tornando os problemas visíveis.
Seiketsu	Normalização	Garantir a sustentabilidade dos 3 primeiros S's. Em suma, "manter" a limpeza.
Shitsuke	Disciplina	O quinto S deveria ser dispensável. No entanto, dado natureza do ser humano é necessário a disciplina para garantir o cumprimento e a melhoria dos restantes Ss.

Para o sucesso da implementação dos 5S's é necessário passar pelas seguintes fases: selecionar a(s) área(s) de intervenção, reconhecer o *gemba*, fazer o levantamento dos pontos críticos, selecionar quais os intervenientes, preparar os recursos e logística necessária, comprometer os intervenientes e por em prática a metodologia (Coimbra, 2013).

2.3.5 Mecanismos *poka-yoka*

Poka-yoka é um termo japonês que se refere a sistemas de segurança e à prova de erros. Este tipo de equipamentos pretende evitar a ocorrência de defeitos, devendo estar localizados nas operações chave de um dado processo. Normalmente são soluções simples e de baixo custo. Exemplos deste tipo de mecanismos incluem: a utilização da gestão visual para indicar problemas, como quantidades erradas, localizações erradas e produtos em falta; a utilização de ferramentas de medição fixas, no caso da montagem de determinadas peças; equipamentos automatizados de baixo custo ou peças que só encaixam de uma determinada forma (Coimbra, 2013).

2.4 Enquadramento das metodologias *lean*

Apesar da natureza do negócio das obras de refrigeração ter uma lógica muito semelhante à da construção civil, dado que coexiste o *procurement* e a produção de materiais e componentes, foram aplicados nesta dissertação conceitos do *lean construction* e, em simultâneo, do *lean manufacturing.*

As ferramentas como o mapeamento de processos e o diagrama causa e efeito foram utilizadas, inicialmente, para a perceção do funcionamento da organização. Em particular, foi criado um mapa com os fluxos de informação para toda a organização. Este mapa permitiu evidenciar as principais fontes de implementação *lean* ao longo da empresa. Serviu igualmente de base para a criação do diagrama causa efeito, realizado com o intuito de dividir e estratificar os principais desperdícios do processo de uma obra de refrigeração.

Estas duas primeiras etapas foram o ponto de partida para os restantes trabalhos: melhoria do planeamento a nível da execução de obras, redução do número de transportes de equipamentos para obra e para a remodelação do *layout* da fábrica de quadros elétricos.

As iniciativas para melhoria das estratégias de planeamento basearam-se nos princípios do *Last Planner® System*. O papel do LPS é substituir o planeamento otimístico por um planeamento realista, avaliando a performance dos trabalhadores pela capacidade de cumprir com os seus planos. O seu grande objetivo é fazer o *pull* das atividades através do planeamento inverso (RPS) e do planeamento em equipa, otimizando os recursos a longo prazo.

Para a remodelação fabril, o pressuposto é eliminar todas as operações sem valor acrescentado nas operações de transporte, controlo e espera. A mesma lógica foi utilizada para a redução da estrutura de transportes.

Para tal, é necessário a criação de *standards* de trabalho e organização. Trabalho *standard* consiste em minimizar os movimentos dos trabalhadores. Os diagramas de *spaghetti* são um instrumento útil nesta tarefa, já que, permitem a visualização do estado atual dos movimentos e, consequentemente, ajudam no redesenho do novo *layout*. A técnica dos 5S's, por sua vez, ajuda na criação e manutenção de *standards* de organização. Finalmente, a integração de mecanismos *poka-yoka* é importante para evitar a ocorrência de erros e, mais uma vez, contribuir para o ambiente de organização e *standard*. O ideal é ter os trabalhadores puramente concentrados nas atividades de valor acrescentado, fluindo pelo material.

3 Apresentação do Problema

Neste capítulo será feita uma descrição detalhada do problema a tratar. Far-se-á o ponto de situação das estratégias de planeamento e técnicas *lean* já implementadas na RACE.

Como já foi referido, a RACE é uma empresa cujo negócio está dividido em dois grandes setores: AVAC e refrigeração. O presente trabalho focou-se apenas na área da refrigeração.

3.1 Cadeia de valor de obras de refrigeração

A primeira fase deste trabalho passou pelo mapeamento da cadeia de valor da organização. Ao longo deste processo foi feito um esforço para identificar quais as tarefas críticas, da receção do *layout* do cliente até ao fecho da obra. Para tal, fez-se o acompanhamento de alguns departamentos: Projeto e Orçamentação, Operações, *Building Efficiency*, *Manufacturing*, Logística, Comercial e Compras.

As entrevistas aos responsáveis de cada departamento serviram para determinar os principais *muda*, valorizar as oportunidades de melhoria sugeridas pelos colaboradores, mas principalmente para adquirir uma perceção transversal de todo o processo.

Na Figura 10 é apresentado o modelo *AS IS* do processo de uma obra de refrigeração para retalho alimentar nova. As grandes fases do fluxo do processo de uma obra de refrigeração prendem-se com: o tratamento do pedido do cliente, a elaboração do projeto de refrigeração, a encomenda de materiais e componentes e a execução da obra.

Devido à separação de departamentos existente na empresa, decidiu-se criar um mapa que demonstrasse as responsabilidades de cada participante nas diferentes fases.

Para a realização deste mapa teve-se em consideração alguns fatores: criar fluxo na cadeia de valor, evidenciar todas as trocas de informação geradas e os *lead-time* de cada fase e incluir o parecer de todos os entrevistados. No Anexo A é possível consultar em maior detalhe o modelo atual do processo descrito.

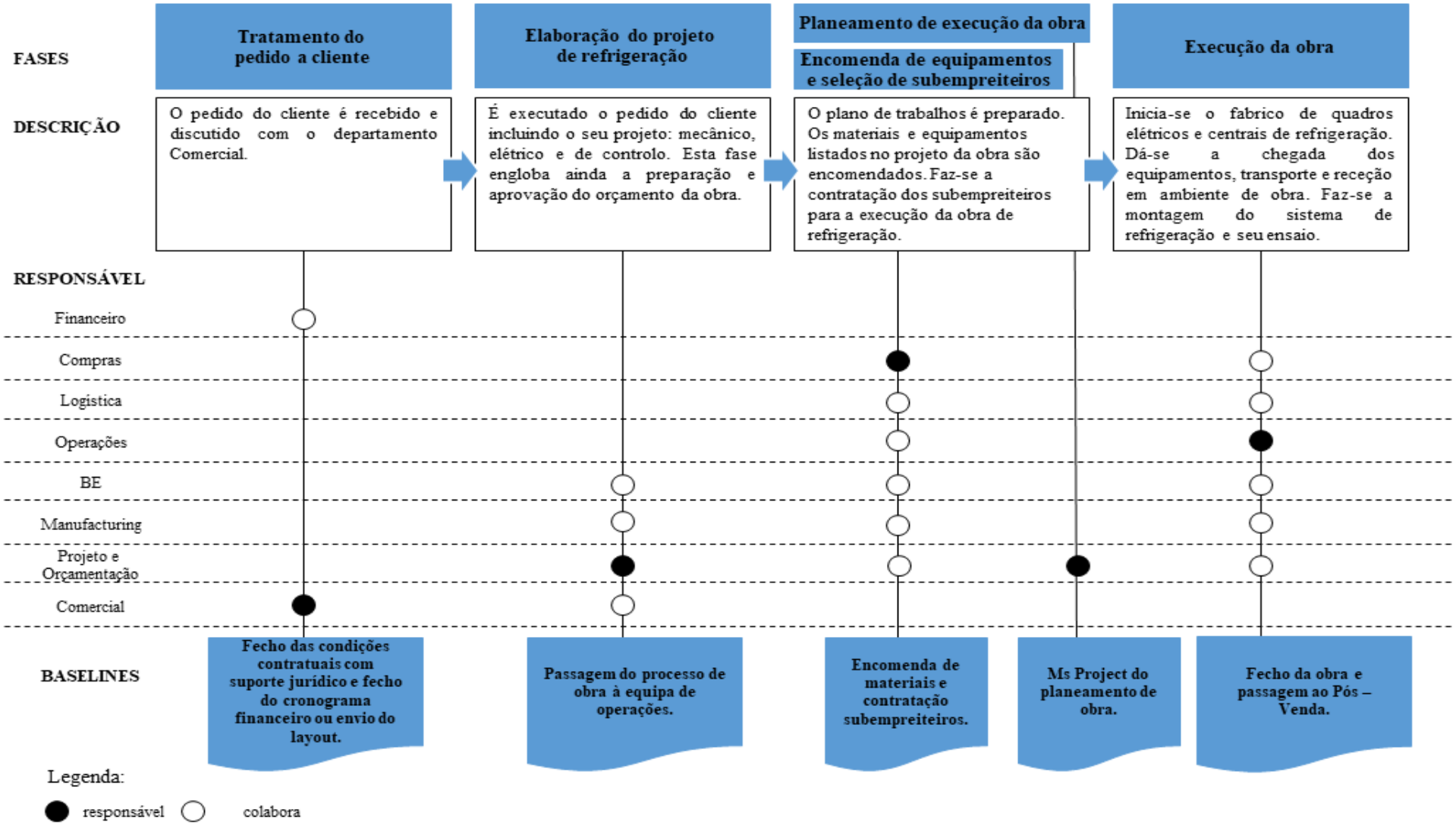


Figura 10 - Modelo *AS IS* de uma obra de refrigeração.

3.2 Os *mudas* do processo de refrigeração

Começou-se por definir o problema: as ineficiências no processo de obra. A seguir, organizaram-se as causas por origem, segundo o departamento, e cada problema foi desconstruído ao máximo, de forma a descobrir as causas raiz para as ineficiências no processo de obra. Finalmente, foram postas em evidência as causas mais críticas e as interações entre as causas. Na Figura 11 pode-se ver a estrutura adotada para o diagrama causa-efeito.

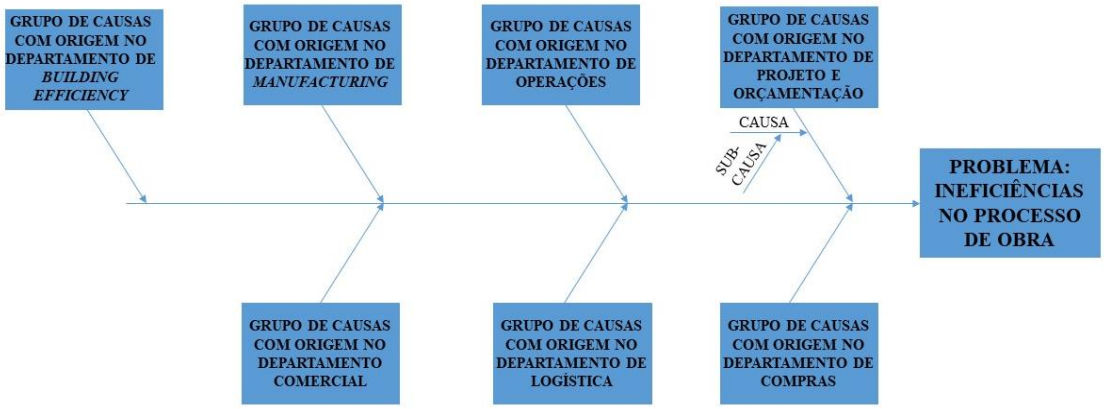


Figura 11 - Estrutura adotada no diagrama causa-efeito elaborado.

Inicialmente, a intenção era incluir toda a informação recolhida durante as entrevistas no mesmo mapa. No entanto, a certa altura, os desperdícios e oportunidades de melhoria sugeridas pelos intervenientes começaram a ser demasiados e os *inputs* recebidos eram demasiado preciosos para não serem adequadamente valorizados.

Resolveu-se compilar a informação referente aos desperdícios num diagrama causa-efeito. É usual neste tipo de diagramas a estratificação dos problemas por 6 grandes causas: máquina, mão-de-obra, método, meio-ambiente, matéria-prima e medida., como já foi visto no capítulo 2.3.1. Dado o contexto particular do negócio e a maneira como as entrevistas foram conduzidas, as causas foram estruturadas por departamento.

Tal como se deduz pela análise do mapa do Anexo A, o departamento mais a montante de todo o processo é o Comercial. Por conseguinte, a sua influência no restante processo é muito impactante, especialmente pela sua relação próxima com o cliente. Este fator faz com que a comunicação do departamento em causa com os restantes intervenientes assuma grande relevância. A Figura 12 mostra as principais contribuições com origem no departamento Comercial para o problema em estudo. Salienta-se que a falta de perspetiva integrada com o departamento de Projeto afeta em grande medida o planeamento da restante organização.

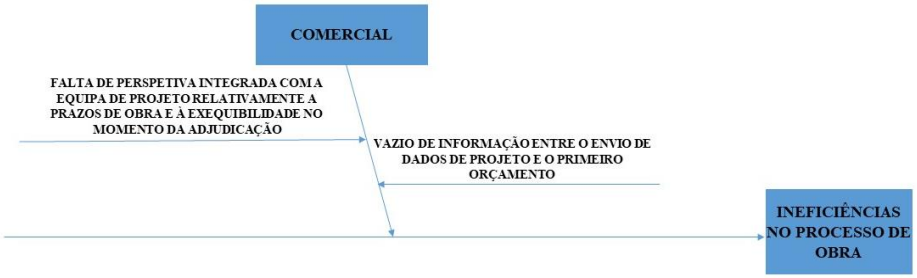


Figura 12 - Causas com origem no departamento comercial.

Durante a fase de elaboração do projeto de refrigeração há vários intervenientes: os responsáveis pelo projeto mecânico, pelo projeto elétrico e pelo controlo.

Como foi descrito no capítulo 2.2.1, na indústria da construção, a fase de projeto é sempre fonte de atividades sem valor acrescentado, mas que são imprescindíveis e, portanto, impossíveis de eliminar.

Da análise da Figura 13 conclui-se que uma das principais causas para as ineficiências do processo de uma obra de refrigeração são os constantes pedidos de modificação aos projetos que o cliente introduz. Para se ter uma ideia mais concreta, o diretor de Projeto e Orçamentação comunicou que, desde janeiro até maio de 2018, o cliente principal enviou cerca de 60 *layouts*. Este número inclui primeiros *layouts* e posteriores versões dos mesmos. Isto implica que os projetistas não consigam realizar o projeto de uma loja, do início ao fim, sem interrupções para outros trabalhos, ou porque o cliente antecipou as datas de abertura, alterando a prioridade das obras, ou porque exigiu modificações num projeto dado como concluído.

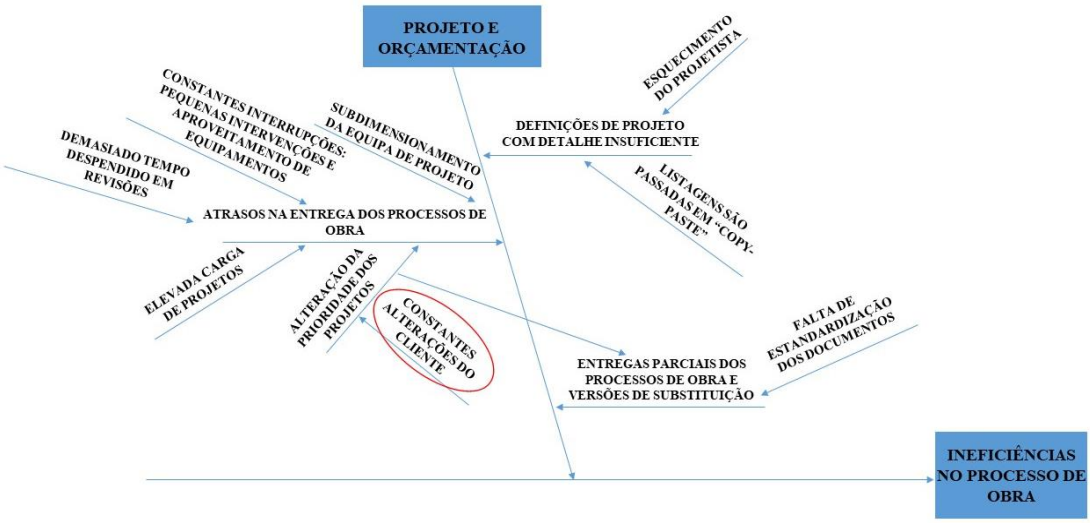


Figura 13 - Causas com origem no departamento de projeto e orçamentação.

Na Figura 14 mostra-se a secção do diagrama causa e efeito para a equipa de Compras. Na fase de encomenda de materiais e reserva de subempreiteiros, o maior desperdício é a taxa de devolução dos materiais. De facto, em 2017, 7% do volume dos materiais entregues em obra foram devolvidos, sendo que este valor não engloba o material sobrante, que nem chega a ser devolvido e é simplesmente descartado.

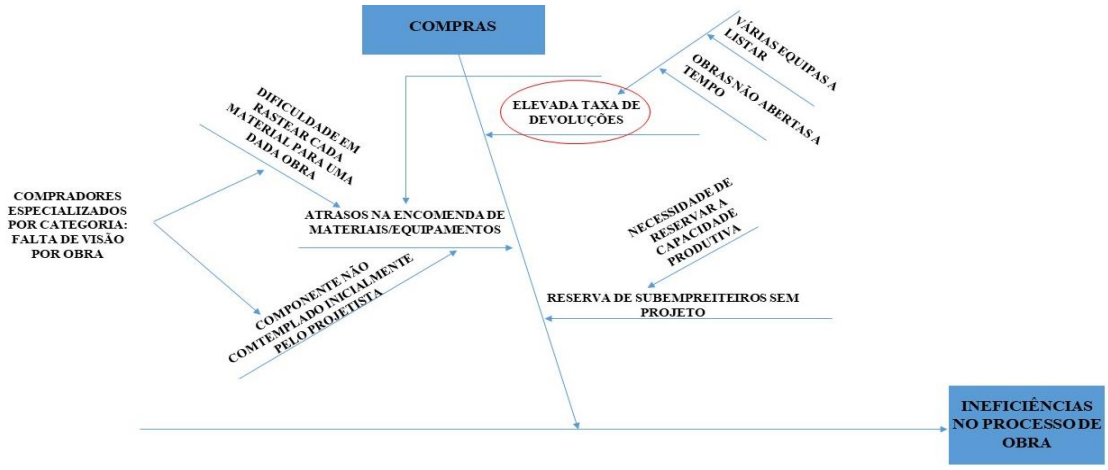


Figura 14 - Causas com origem no departamento de compras.

O fabrico de quadros elétricos, por sua vez, é impactado por todos os *muda* a montante, como a alteração dos pedidos do cliente e os atrasos nas entregas de materiais e componentes.

Na Figura 15 apresentam-se as causas com origem no departamento de *Manufacturing*. O estado atual deste departamento irá ser analisado em detalhe mais adiante, no capítulo 4.4.

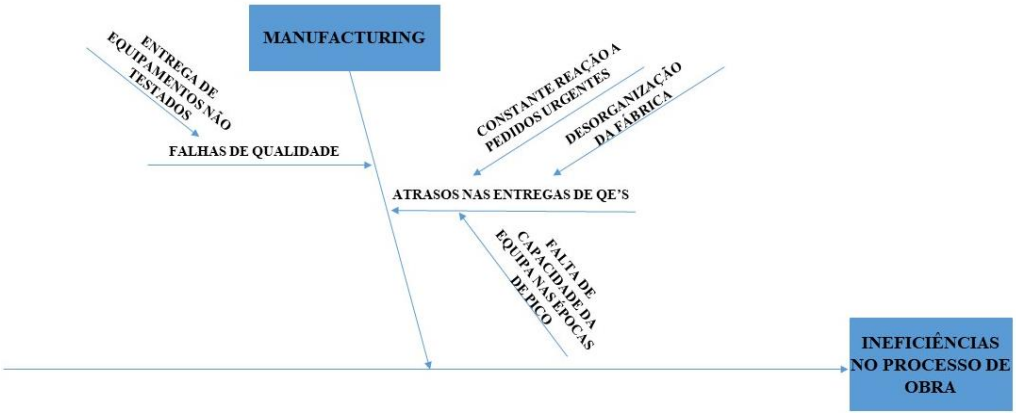


Figura 15 - Causas com origem no departamento de *manufacturing*.

Ainda na fase da encomenda de materiais, mais uma vez, a falta de planeamento cria entropia na organização, em concreto, na equipa de Logística. Tal como foi explicado, a primeira listagem de material é feita pelo departamento de projeto na plataforma *Systems Aplicattions and Products* (SAP), quando a data de início de execução de obra ainda está distante. As datas de entrega reais só chegam mais tarde quando o departamento de operações já tem noção das necessidades em obra. No entanto, como o *Material Requirement Planning* (MRP) dá prioridade à primeira data listada para cada equipamento, o departamento de Logística tem de esperar até receber um *email* das Operações com os pedidos de transporte reais. Este *email* tem uma estrutura diferente consoante o diretor de obra que o envia, o que, logicamente, provoca confusão e dá lugar a erros. No início de 2018, 80% dos pedidos de transporte foram urgentes.

Na Figura 16 pode-se consultar o resultado das entrevistas no que toca às causas com origem no departamento de Logística.

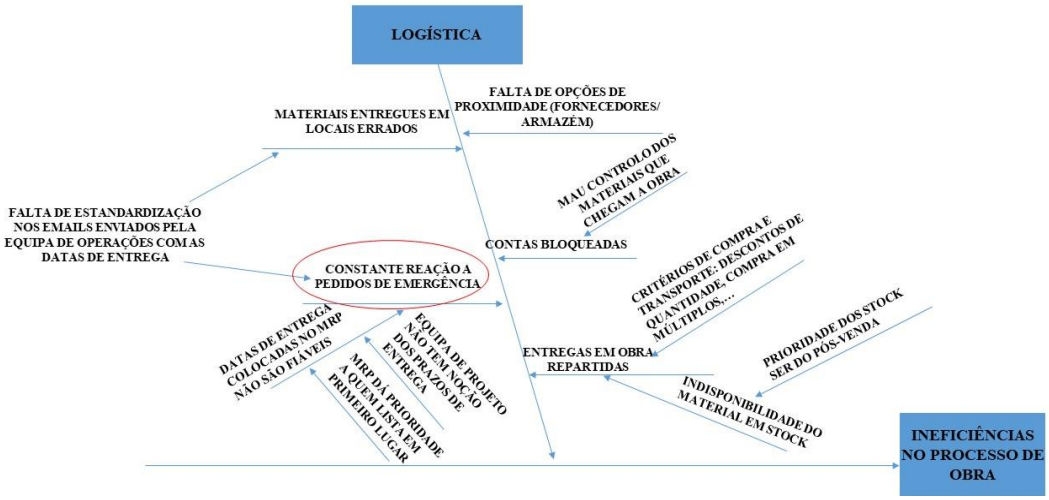


Figura 16 - Causas com origem no departamento de logística.

Passando para a fase em que o departamento de Operações tem maior intervenção, ou seja, nas atividades do planeamento e execução de obra, exibe-se na Figura 17 as fontes de desperdício com base neste departamento. É de salientar, mais uma vez, as consequências da impossibilidade de planear atempadamente, como a indisponibilidade de subempreiteiros, que necessitam de ser reservados com antecedência.

Outro elemento que também influencia muitas das ineficiências, e que irá ser discutido mais adiante, é a elevada sazonalidade da atividade. Este fator faz com que, ao longo de toda a cadeia, haja défice de capacidade nas alturas de pico.

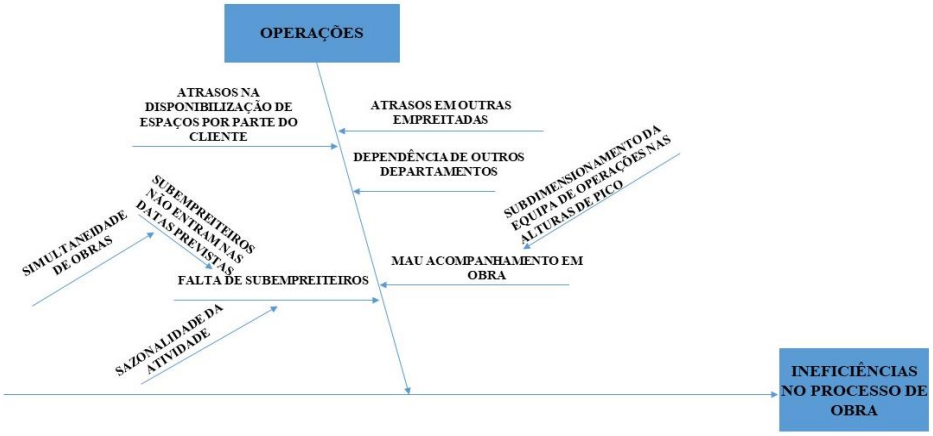


Figura 17 - Causas com origem no departamento de operações.

Finalmente, mostra-se na Figura 18 o ramo dedicado ao *Building Efficiency* que tem intervenção, tanto na fase de execução de obra como na de projeto do sistema de controlo.

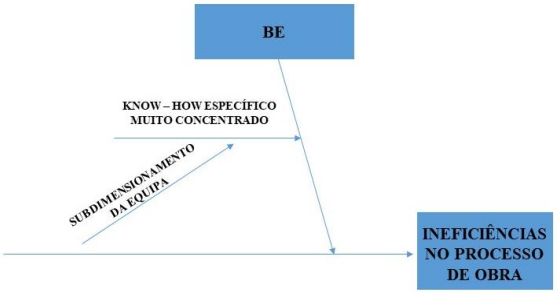


Figura 18 - Causas com origem no departamento de *building efficiency*.

No Anexo B apresenta-se o diagrama final em que estão evidenciadas as dependências das causas entre departamentos.

4 Implementação de iniciativas *lean*

4.1 Introdução

O presente capítulo é dedicado à exposição das iniciativas desenvolvidas para reduzir o efeito dos *mudas* no processo de refrigeração. Em primeiro lugar, falar-se-á do contentor de obra, em seguida do quadro de obra e, finalmente, da remodelação da fábrica de quadros elétricos. Para cada um destes temas será feita uma contextualização do problema que levou à procura destas soluções, uma descrição detalhada dos trabalhos desenvolvidos e uma discussão dos resultados obtidos.

4.2 Redução do número de transportes para obra

4.2.1 Sistema de transportes atual

Como descrito no capítulo 3.2, o elevado número de transportes para obra é um dos desperdícios no processo de uma obra de refrigeração. Deste modo, verificou-se que, muitas vezes, os equipamentos eram enviados para ambiente de obra à medida que chegavam ao armazém. Ou seja, havia transportes desnecessários do armazém para as obras. Como é evidente, dado a natureza imprevisível das obras de refrigeração, há sempre materiais e equipamentos que inicialmente não estão previstos. No entanto, os transportes dos equipamentos que estão já planeados podem ser otimizados.

De forma a poder atuar sobre este problema, foram escolhidas 3 obras novas de natureza semelhante. Para estas obras, foram analisados o número de transportes realizados e o seu custo. Normalmente, há dois tipos de transporte: do fornecedor diretamente para obra ou do armazém para a obra. Procurou-se escolher obras geograficamente próximas umas das outras. Apenas foram tidos em conta os custos de transporte do armazém para obra.

Na Tabela 2 apresentam-se os resultados deste estudo.

Tabela 2 - Número de transportes e custo dos transportes das obras A,B e C.

OBRA	Nº de transportes efetuados	Preço líquido dos transportes
A	6	2 352,50 €
B	4	1 145,00 €
C	2	1 183,00 €

É de notar que a obra A se encontra já finalizada, no entanto, as obras B e C não. A obra B recebeu cerca de 90% dos materiais e encontra-se a meio da sua execução. A obra C começou há pouco tempo e só recebeu 1/3 dos materiais. Assim sendo, o número de transportes e o seu custo associado ainda irá aumentar. Para além do custo de transporte dos materiais e equipamentos, há ainda que considerar o custo do contentor escritório que é utilizado em obra pelo diretor de obra e pelos subempreiteiros.

4.2.2 Implementação do contentor de obra

De forma a minimizar os transportes do armazém para as obras, pensou-se no desenvolvimento de um contentor de obra interno que só fosse transportado para obra quando já estivessem, pelo menos, 70% das necessidades em armazém. Este contentor serve para o transporte dos equipamentos e, ao mesmo tempo, como escritório de obra. Apesar de não poder ser aplicável a todas as obras, visto que implica que exista espaço suficiente em obra para a descarga do contentor, acarreta várias vantagens.

Os objetivos definidos para o contentor foram:

- Redução do número e dos custos de transporte;
- Custo único de transporte: materiais e contentor escritório;
- Maior arrumação do material;
- Maior aproveitamento dos espaços de transporte;
- Criação de um *standard* próprio da empresa: publicidade à marca.

Na Figura 19 mostra-se o contentor desenvolvido:



Figura 19 - Fotos do contentor de obra: A) Interior do contentor; B) Caixas *standard* para o transporte de ferramentas; C) Contentor visto do exterior; D) Mesa de trabalho.

Para maximizar o impacto positivo com a implementação do contentor foi criado um documento com o procedimento *standard* para a sua utilização que pode ser consultado no Anexo C. Esta norma será colocada no seu interior estando, portanto, acessível a todos os seus utilizadores, como se pode verificar na Figura 20.



Figura 20 - Normas para utilização do contentor de obra.

4.2.3 Resultados Obtidos

Para se avaliar o impacto do contentor, procedeu-se à sua utilização numa obra de refrigeração. Esta obra tem uma localização próxima das apresentadas na Tabela 2. Assim sendo, os custos de transporte não são significativamente diferentes uns dos outros e é possível comparar os ganhos com a adoção do contentor de obra. Na Figura 21 encontram-se imagens do primeiro carregamento do contentor.



Figura 21 - Primeiro carregamento do contentor de obra.

Como se pode ver, foi possível o carregamento completo do contentor. Para além disso, não houve grande movimentação dos equipamentos durante o trajeto até obra. A sua utilização como contentor escritório foi semelhante à solução anterior. No entanto, foi possível poupar tempo no descarregamento dos contentores, já que todos os materiais e equipamentos são enviados no mesmo contentor, não foi necessário transportar os equipamentos para o contentor escritório como acontecia anteriormente.

Na Tabela 3 apresenta-se o número de transportes e o preço líquido destes na obra de refrigeração para a qual se utilizou o contentor de obra. É de notar que a natureza desta obra de refrigeração, em termos de dimensão e tipologia de equipamentos, é muito semelhante à das apresentadas no capítulo 4.2.1.

Tabela 3 - Número de transportes e custo dos transportes da obra D, na qual foi utilizado o contentor de obra.

OBRA	Nº de transportes efetuados	Preço líquido dos transportes
D	3	695,00 €

Verifica-se que, em comparação com a obra A, em que já se tinham efetuado a totalidade dos transportes, o número de transportes reduziu para metade e o custo destes foi 3,38 vezes inferior. Em relação às obras B e C, cuja totalidade dos transportes ainda não está terminada, constata-se que o custo com transportes foi, respetivamente, 1,65 e 2,63 vezes inferior. Ou seja, os ganhos reais serão ainda superiores a estes valores. Na Tabela 4 encontram-se sumarizados o agravamento de custos que as obras A, B e C apresentam relativamente à obra D em que o contentor de obra foi utilizado. Na obra A o uso do contentor de obra poderia, potencialmente, ter reduzido em 70% os custos de transportes.

Tabela 4 - Agravamento de custos das obras A, B e C (sem contentor de obra) relativamente à obra D (com contentor de obra).

OBRA	Agravamento de custos	Agravamento % de custos
A	1 657,5 €	70 %
B	450 €	39 %
C	1 135 €	62 %

4.3 Melhoria das soluções de planeamento

4.3.1 Soluções de planeamento já existentes

Como se conclui do capítulo 3.2, a maioria dos desperdícios identificados traduz-se na falta de visibilidade de todo o processo ao longo dos vários departamentos. O grande potencial de ganho da organização encontra-se a montante na melhoria da comunicação com o cliente.

De facto, um dos grandes desafios é a falta de nivelamento dos projetos ao longo do ano, devido à sazonalidade dos pedidos do cliente principal, como se comprova pela análise da Figura 22.

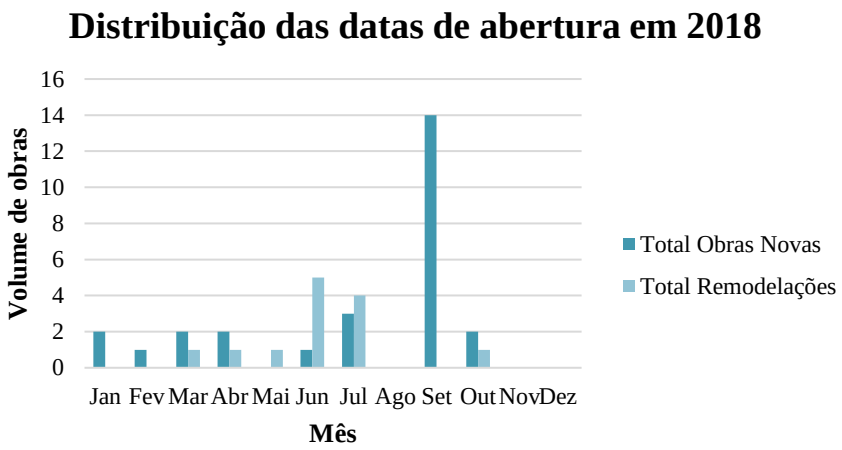


Figura 22 - Gráfico com a distribuição das datas de abertura em 2018.

Este fator é um grande entrave à melhoria do planeamento e, em consequência, de todo o fluxo da organização. Para além disso, as constantes alterações feitas pelo cliente tornam impossível a elaboração de tarefas antecipadamente. Para a familiarização com as soluções de planeamento já existentes, foi feito um acompanhamento das reuniões semanais de execução de obra durante cerca de 3 meses. Para além disso, foram realizadas duas visitas a uma obra de refrigeração já em curso.

Com base no que foi percecionado nestes momentos, elaborou-se um esquema com as estratégias de planeamento já existentes, que se encontra na Figura 23.

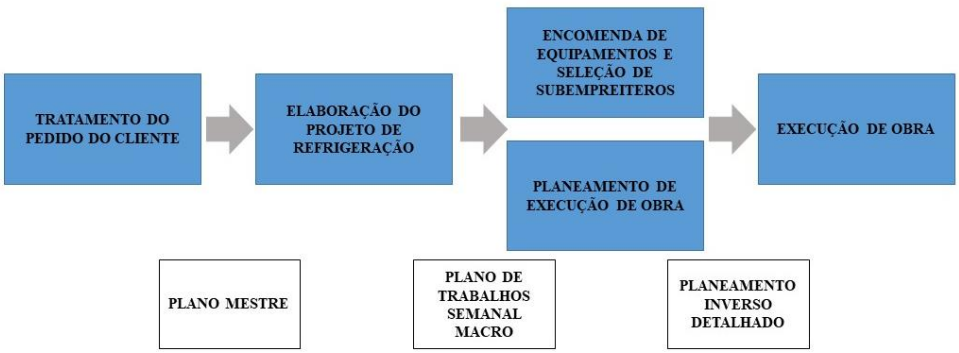


Figura 23 - Esquema com sequência de planeamento atual.

A Tabela 5 descreve as fases de planeamento existentes.

Tabela 5 - Descrição das fases de planeamento atuais.

Plano mestre	O plano mestre é um ficheiro partilhado entre a empresa e o cliente onde estão as principais datas de abertura agendadas, as datas de início de execução das obras e os principais requisitos do cliente.
Plano semanal de trabalhos macro	Todas as semanas há uma reunião entre os principais responsáveis de cada departamento em que são discutidas todas as obras em carteira. Para cada obra é feito um ponto da situação e cada interveniente discute os problemas que surgiram ao longo da semana. Com base nas informações recebidas, os próximos trabalhos são planeados. O horizonte temporal de planeamento raramente ultrapassa a semana seguinte. Nesta reunião não é feita uma análise da percentagem de trabalhos que foi cumprida semanalmente. Também não se faz um estudo das causas que deram origem ao não cumprimento de tarefas, perdendo-se a oportunidade de se discutirem potenciais de melhoria.
Planeamento inverso detalhado	Antes da entrada em obra propriamente dita, com base em informação fornecida pelo departamento de logística sobre as datas de entrega dos componentes, a equipa de operações elabora um planeamento com as atividades pensadas de forma a cumprir com a data final de abertura. Ou seja, é feito um planeamento inverso das atividades. Este documento é elaborado em MS Project.

4.3.2 Proposta do novo sistema de planeamento

A partir do mapa do processo de refrigeração realizado, fez-se o levantamento dos *lead-times* associados a cada fase. Esta informação serviu para a elaboração de um gráfico de *gantt* com o modelo ideal do processo, presente no Anexo D. Fez-se uma análise carga *versus* capacidade (Figura 24), com base nas obras em carteira, nas datas de entrega das mesmas e nos diretores de obra disponíveis. Para esta análise considerou-se que cada diretor de obra pode dedicar, por semana, 20 horas a cada obra.

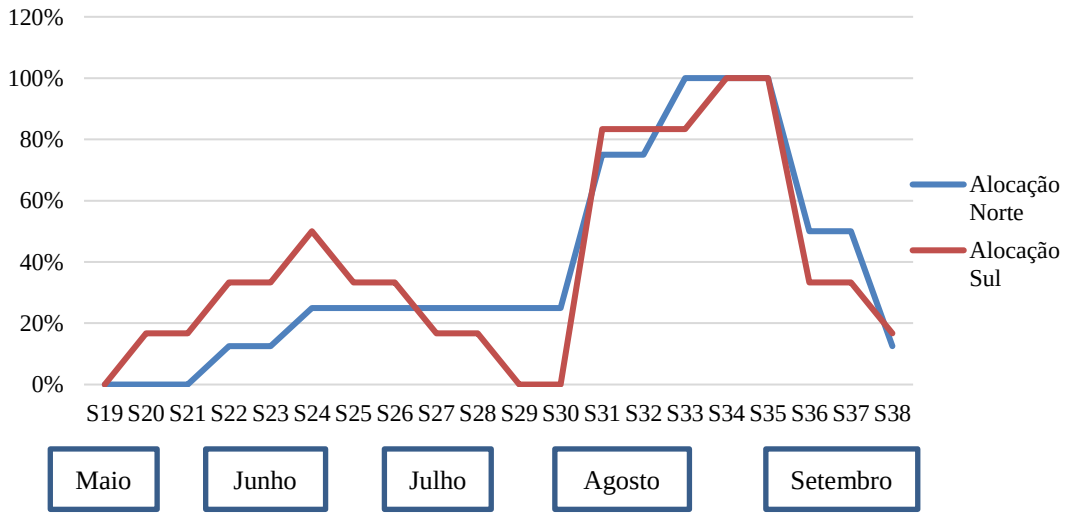


Figura 24 - Análise carga *versus* capacidade nos meses de Maio a Setembro.

O intuito destes documentos é aumentar a visibilidade do processo. É assim, possível atuar no diálogo com o cliente alertando para as datas de entrega reais e necessidade de planear com maior antecedência. A atualização e discussão destes documentos deverá ser feita nas reuniões de obra semanais onde é elaborado o plano de trabalhos macro.

Depois, com o objetivo de melhorar o planeamento das obras de refrigeração, procurou-se, com base na metodologia do *Last Planner® System*, repensar as fases de planeamento ao longo de todo o processo, em particular, a fase de execução da obra.



Figura 25 - Esquema com sequência de planeamento a implementar.

O esquema da Figura 25 traduz a nova metodologia que se pretende adotar.

De forma a melhorar o planeamento a nível da execução de obra, decidiu-se criar um quadro de obra que incorpora as três fases de planeamento sugeridas no Last Planner® System. O objetivo é que este quadro possa ser colocado em ambiente de obra. A elaboração deste quadro teve em conta as sugestões e pedidos do departamento de Operações.

Em primeiro lugar, criou-se uma área para a colocação do documento elaborado pelo departamento de Operações com o planeamento das atividades dentro do quadro de obra para que a equipa de execução tenha sempre acesso a esta informação.

Para além disso, existe um espaço para o planeamento das atividades semanais e para a antevisão das restrições subjacentes à realização das mesmas. A atualização desta secção deverá ser feita durante uma reunião semanal, com a presença de todos os envolvidos, tais como o diretor de obra e os subempreiteiros, com uma duração aproximada de 10 a 15 minutos.

Para melhor explicar o funcionamento supomos que partimos da semana 1. A equipa de trabalho deverá definir quais as tarefas planeadas. Para tal, terá de preencher, para cada tarefa, um cartão como o da Figura 26 com uma descrição da tarefa, os requisitos necessários para a sua realização, a duração estimada, a data prometida para a sua conclusão e o responsável.

TAREFA:		
PRÉ- REQUISITOS:		
DURAÇÃO ESTIMADA:		
DATA PROMETIDA:	**DATA REAL:**	**RESPONSÁVEL:**

Figura 26 - Cartão para as tarefas semanais.

Estas tarefas deverão ser colocadas no quadro na zona "em espera", tal como se observa na Figura 27 A.

Na semana 2, consoante o estado das tarefas, os cartões deverão ser movidos para as zonas de "em execução" ou "feito", ou continuar "em espera", assim como se exemplifica na Figura 27 B.

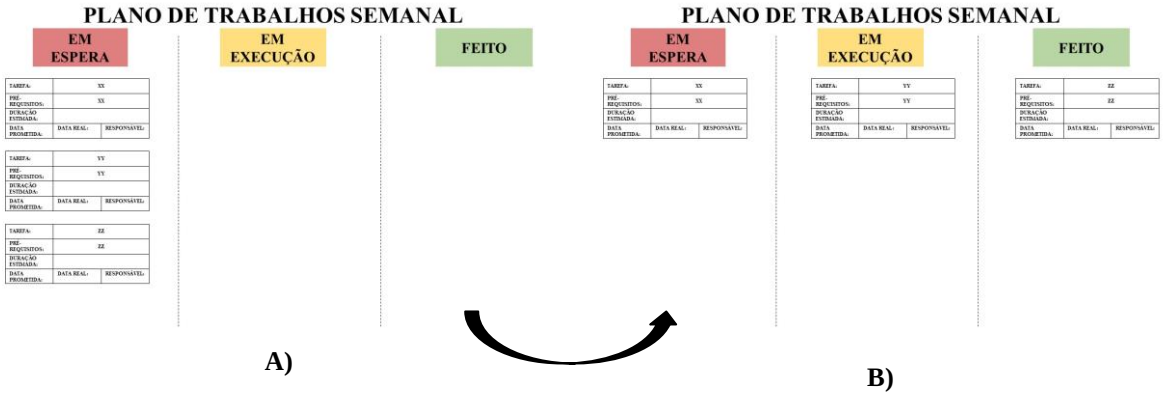


Figura 27 - Exemplo de preenchimento do plano de trabalhos na semana 1 (A) e na semana 2 (B).

No final de cada semana preenche-se a Tabela 6. O objetivo é ter um indicador da percentagem de planeamento concluído ao longo de toda a execução de obra. O quadro para o registo da percentagem de planeamento concluído encontra-se na Tabela E. 1 do Anexo E.

Tabela 6 - Registo da percentagem de tarefas concluídas.

SEMANA	
Nº DE TAREFAS PLANEADAS	
Nº DE TAREFAS CONCLUÍDAS	
% DE TAREFAS CONCLUÍDAS	

O quadro de obra irá também comtemplar uma área dedicada às iniciativas de melhoria. O seu funcionamento é semelhante ao do plano de trabalhos semanal. Existe um cartão com a sugestão de melhoria que, consoante o estado da sua implementação será movido ao longo do quadro como se demonstra na Figura 28.



Figura 28 - Área dedicada às iniciativas de melhoria do quadro de obra.

Para além disto, será incluída uma área dedicada ao registo das entregas de equipamentos, presente na Tabela E. 2 do Anexo E, e outra para a listagem dos pendentes de obra. É frequente que haja pendentes de obra, visto que, embora existam atrasos na execução de obra por diversos motivos, as datas de abertura das lojas são menos prováveis de sofrer alterações. Na Figura E. 1 do Anexo E poder-se-á consultar o quadro de obra final.

4.3.3 Discussão dos resultados

A apresentação do quadro aos diretores de obra teve uma excelente recetividade dado a inexistência de planeamento ao nível de execução de obra. Procurou-se transmitir a importância do envolvimento dos diretores de obra para o sucesso deste projeto.

A primeira aplicação do quadro de obra foi numa obra de remodelação, com uma duração estimada de 7 meses. Sabe-se que, devido à forte dependência com a construção civil, estes prazos tendem sempre a derrapar. A natureza desta tipologia de obra é bastante mais complexa do que a das obras novas. Existe uma necessidade acrescida de registar e monitorizar o curso dos trabalhos, dado que a duração e o número de intervenientes é bastante mais elevado.

O funcionamento do quadro foi explicado numa primeira ida a obra, na primeira semana de execução dos trabalhos, onde estiveram presentes o diretor de obra, um dos subempreiteiros, 3 técnicos e o projetista da obra.

A ideia inicial era de implementar o quadro de obra em conjunto com o contentor de obra. No entanto, a obra em questão não permitiu a utilização do contentor. Por essa razão, o quadro foi colocado numa parede próxima do local onde estavam os desenhos de projeto, como se pode ver na Figura 29.

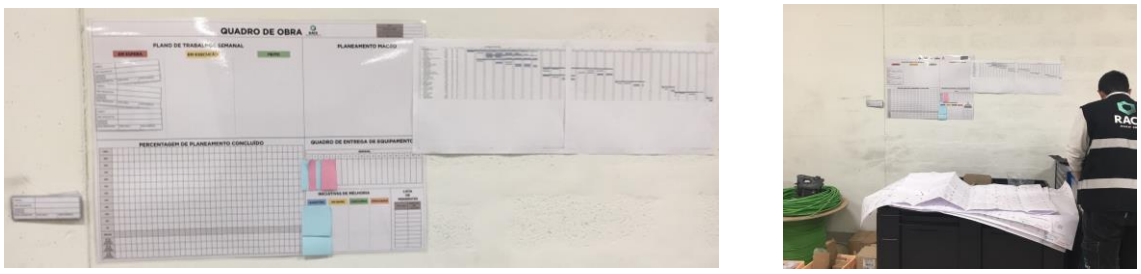


Figura 29 - Implementação do quadro de obra.

A data de inicio dos trabalhos de execução de obra foi adiada pelo que não foi sido possível acompanhar durante muito tempo a utilização do quadro. Verificou-se, após a colocação em obra e receção dos comentários e reações dos intervenientes, que a dimensão do quadro teria de ser aumentada. Em especial no caso das obras de remodelação.

Numa primeira abordagem, em que se mencionou a instituição de reuniões semanais e o preenchimento das várias secções do quadro de obra, os técnicos de refrigeração e o subempreiteiro mostraram alguma resistência. Após a explicação da simplicidade de atualização e das vantagens associadas ao quadro criado, todos os elementos deram a entender que o quadro irá facilitar o fluxo de trabalhos e de comunicação. Principalmente porque muitos dos participantes não acompanham o decurso total de execução de obra, tais como os diversos subempreiteiros para instalação: mecânica, elétrica, dos móveis de frio e dos painéis. O diretor de obra, por sua vez, também não estará sempre em obra, pelo que comunicou ser vantajoso poder consultar de forma rápida quais os trabalhos que estão a ser executados, quais os equipamentos que foram entregues e qual o estado da execução face ao planeamento.

4.4 Remodelação do *layout* fabril

4.4.1 Fábrica de quadros elétricos: estado atual

Um local onde existe grande potencial de melhoria com a implementação da filosofia *lean* na RACE, S.A. é a fábrica de quadros elétricos. As fotografias da Figura 30 exibem o estado da fábrica antes de qualquer iniciativa *lean*.

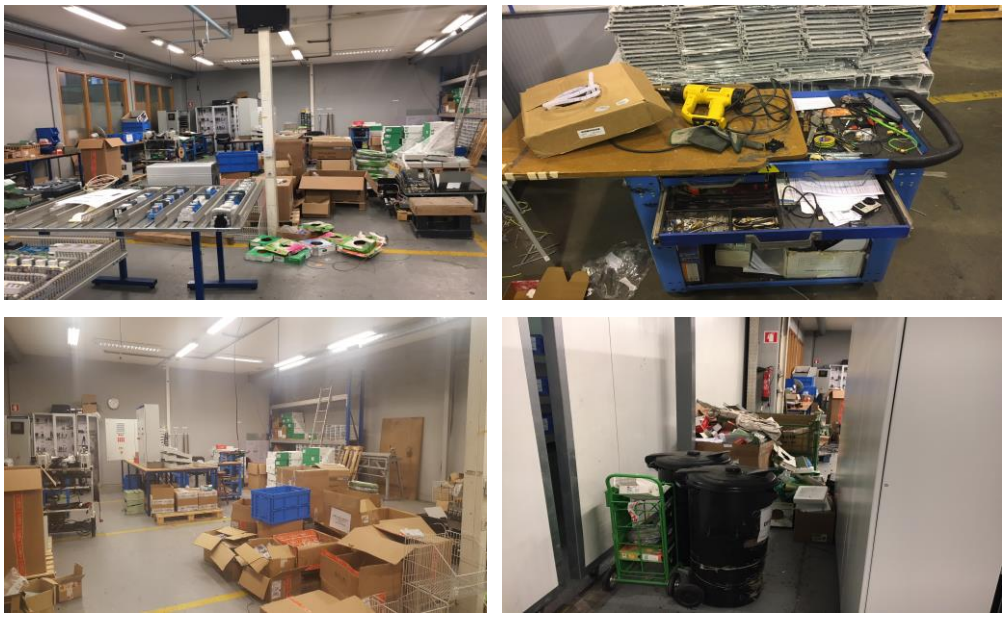


Figura 30 - Fotografias do estado da fábrica de quadros elétricos antes da remodelação fabril.

Existem essencialmente dois tipos de quadros em produção: quadros de grande e média dimensão (quadros de solo) e quadros de pequenas dimensões (postos). Dentro dos quadros de solo existem várias tipologias de quadro. Estes quadros demoram cerca de uma semana a serem produzidos. Os quadros pequenos, por sua vez, demoram 4 horas a ser produzidos e têm uma rotatividade muito mais elevada que os quadros de solo. A informação sobre o volume de unidades produzido e o ciclo produtivo de cada tipologia de quadro encontra-se sumarizada na Tabela 7. O grande foco da remodelação da fábrica de quadros elétricos foi otimizar a produção dos quadros de solo, visto terem um retorno financeiro muito mais significativo do que os postos. A equipa de fabrico de quadros elétricos é constituída por 10 elementos.

Tabela 7 - Volume e ciclo produtivo dos quadros elétricos.

	Quadros de grande e média dimensão	**Quadros de pequena dimensão**
Volume (em unidades/ano)	250	>1250
Ciclo produtivo (tempo)	1 semana	4 horas

Na Figura 31 mostra-se um quadro elétrico de solo pronto para expedição.



Figura 31 - Quadro elétrico de solo.

Na Figura 32 mostra-se o fluxo de fabrico para os quadros de solo. É de notar que este processo não está automatizado e é muito pouco *standard* devido, em parte, à elevada variedade da tipologia de quadros produzida. Nas Figura F. 1 e Figura F. 2 do Anexo F apresentam-se fotografias das etapas de eletrificação e colocação das platinas nos armários.

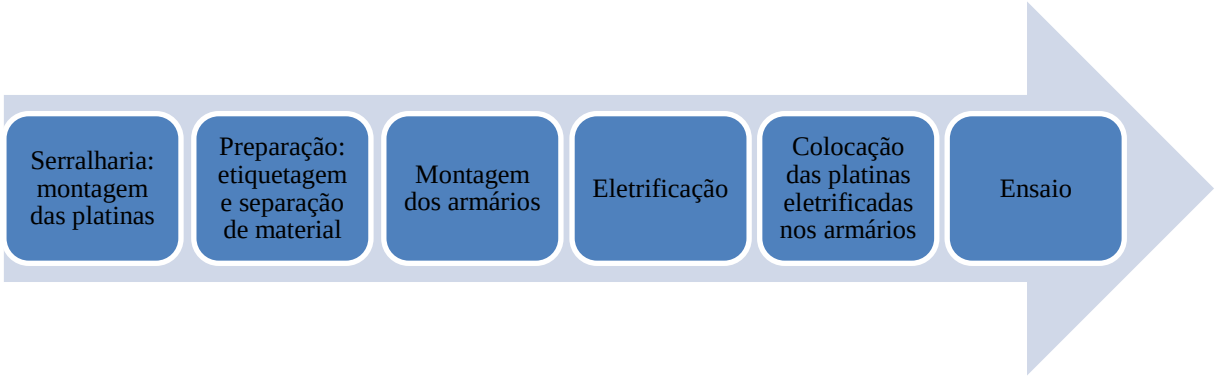


Figura 32 - Fluxo do processo de fabrico de quadros elétricos.

Numa primeira fase, foram feitas filmagens com o intuito de captar o tempo desperdiçado pelos trabalhadores. Pode considerar-se que existem três tipos de desperdício, em termos de tempo, no fabrico de quadros elétricos: o tempo de procura de ferramentas ou bobines, o tempo despendido na movimentação de componentes e o tempo de busca de consumíveis ao armazém. Durante estas filmagens procurou-se captar todas as fases de montagem dos quadros elétricos.

Posteriormente, foi feita uma análise dos vídeos. Foram observados 8 vídeos com uma duração total de 4 horas e 2 minutos. Para cada vídeo, foi registado o número de trabalhadores e, para cada trabalhador, foi registrado o tempo dentro do posto de trabalho e o tempo fora do posto de trabalho. Por essa razão, o mesmo vídeo foi observado mais do que uma vez, de acordo com o número de trabalhadores presentes, ou seja, foram analisados 800 minutos de vídeo. No Anexo G mostram-se os dados recolhidos. Na Tabela 8 e na Tabela 9 encontra-se o resultado resumo dos vídeos analisados.

Tabela 8 - Resumo dos tempos registrados após a recolha dos vídeos.

	TEMPO TOTAL	TEMPO TOTAL EM MINUTOS
Soma dos tempos **dentro** do posto de trabalho para todos os operadores	09:02:11	540
Soma dos tempos **fora** do posto de trabalho para todos os operadores	04:19:54	260
Soma do tempo total analisado para todos os operadores	13:20:20	800

Tabela 9 - Análise do impacto do tempo sem valor acrescentado no fabrico de quadros elétricos.

% tempo dentro do posto de trabalho	67,5%
% tempo fora do posto de trabalho	32,5%

Conclui-se que o tempo de procura, o tempo de movimentação de componentes e o tempo de busca de consumíveis têm um impacto muito significativo no processo de fabrico de quadros elétricos.

Verificou-se que o *layout* adotado não otimizava o fluxo da produção e resultava numa grande desorganização da fábrica. No Anexo H apresenta-se o *layout* da fábrica antes da remodelação. Existia muito desperdício de tempo e, nas alturas de pico, a produção não conseguia satisfazer a procura. A empresa tinha de colmatar este entrave de duas formas: recorrer a horas extra e/ou comprar à concorrência. Isto sucede porque é usada a metodologia *Make-to-Order*, ou seja, são produzidos quadros elétricos conforme a procura.

O Anexo I contém o fluxo de movimentações dos trabalhadores. Com base nos trajetos presentes neste diagrama foi registrado o total de metros percorridos para cada deslocação, como se pode ver na Tabela 10. De seguida, foi feita uma estimativa do tempo despendido com a movimentação de componentes para o primeiro *layout*, cujos resultados se apresentam na Tabela 11.

Tabela 10 - Descrição das movimentações de componentes associadas ao fabrico de um quadro de solo para o primeiro *layout.*

MOVIMENTO						
de	**até**	**Componente (s) movimentado (s)**	**Nº/pessoas**	**Nº médio componente(s)/ quadro**	**Metros percorridos**	**Total de metros percorridos/ quadro**
Stock	Serralharia	Platinas e armário	1	1	56	56
Serralharia	Oficina	Platinas	2	2	40	160
Serralharia	Oficina	Portas	1	4	40	160
Serralharia	Oficina	Armário	2	1	40	80
Serralharia	Lixo	Lixo	1	1	86	86
Quadros	Expedição	Quadro elétrico	3	1	104	312
						854

Tabela 11 - Tempo total de movimentação dos quadros de solo para o primeiro *layout.*

Volume de quadros de solo produzidos/ ano	250
Total kms percorridos / quadro/ ano	213,5
Tempo total movimentação/ano/equipa [Horas] (para uma velocidade de movimentação de 4km/hora)	534

No primeiro *layout*, de cada vez que era necessário algum material considerado consumível, como ponteiras e bobines, os trabalhadores tinham de ser deslocar ao armazém. Analogamente ao que foi feito para o cálculo do tempo gasto na movimentação de materiais, registou-se o total de metros percorridos e o tempo gasto na busca de consumíveis, tal como se pode observar na Tabela 12 e na Tabela 13.

Tabela 12 - Descrição das movimentações associadas à busca de consumíveis para o primeiro *layout.*

MOVIMENTO					
de	**até**	**Nº/Pessoas**	**Nº deslocações média/dia**	**Metros Percorridos**	**Total deslocação (metros percorridos / dia)**
Oficina	Armazém	10	4	100	4000

Tabela 13 - Tempo total de gasto na busca de consumíveis para o primeiro *layout*.

Nº dias de trabalho/ano	252
Total kms percorridos / ano	1008
Tempo total despendido na busca de consumíveis/ano/equipa(horas) (para uma velocidade de movimentação de 4km/hora)	252

Finalmente, foi feita uma avaliação do tempo gasto na procura de materiais, presente na Tabela 14. Considerou-se que este tempo incluía o tempo que os trabalhadores passavam na busca de materiais que estavam dentro da fábrica, mas devido à desorganização e falta de *standard* para a localização de cada componente não eram encontrados de imediato. A estimativa foi feita com base no parecer dos trabalhadores. Optou-se por manter esta estimativa conservadora, apesar de se pensar que os ganhos com a implementação da filosofia 5S's na fábrica serão maiores do que os serão apresentados.

Tabela 14 - Tempo total gasto na procura de materiais para o primeiro *layout.*

	Nº trabalhadores	**Estimativa / dia (min)**	**Nº dias úteis / ano**	**Total [Horas]/ ano/equipa**
Tempo Procura (ferramentas, bobines, outros)	10	45	252	1890

Depois da definição e caraterização dos tempos de desperdício, pediu-se aos trabalhadores para listarem as razões associadas à perda de tempo durante o processo de fabrico de quadros elétricos, de forma a perceber quais os fatores que conduzem às ineficiências encontradas e quais as oportunidades de melhoria. O resultado apresenta-se no Anexo J.

No que toca à estratégia de planeamento associada a este primeiro *layout*, era realizada uma reunião semanal. Durante estas reuniões eram discutidas as obras em curso para essa semana e estas eram distribuídas pelos colaboradores. O quadro da Figura 33 exemplifica a lógica de planeamento empregue. A Tabela 15 é legenda do quadro. Adicionalmente a este quadro, eram monitorizados alguns indicadores chave tais como: as horas extra realizadas pela equipa, a quantidade de quadros entregues atempadamente e um indicador das tarefas planeadas *versus* tarefas cumpridas. É de notar que, em 2017, foram necessárias 1500 horas extra pelos 10 trabalhadores. Ou seja, há grande interesse em que estas sejam reduzidas e controladas. Como o acompanhamento destes indicadores era feito em computador e apenas no final de cada mês, a frequência e a precisão dos resultados não era a adequada.

	SEG			**TER**			**QUA**			**QUI**			**SEX**			**SÁB**		
	M	T	E	M	T	E	M	T	E	M	T	E	M	T	E	M	T	E
Colaborador X	Obra A			Obra B			Obra B			Obra B			Obra B					
Colaborador Y	Obra C	Obra D		Obra D			Obra D			Obra D	Obra E		Obra E					
Colaborador Z	Obra C	Obra D		Obra D			Obra E			Obra D			Obra D					

Figura 33 - Estratégia de planeamento da equipa de quadros elétricos na semana X.

Tabela 15 - Legenda da Figura 33.

M	Manhã
T	Tarde
E	Extra

4.4.2 Proposta do novo *layout*

A primeira etapa para a redefinição do *layout* da fábrica foi a divisão da fábrica por zonas. As principais zonas da fábrica são:

1. Serralharia
    a. Quadros de solo
    b. Quadros pequenos
2. Preparação
    a. Etiquetagem
    b. Marcação de material
    c. Separação de material
3. Execução
    a. Quadros de solo
    b. Quadros pequenos
4. Ensaio
5. Ferramentas, consumíveis e estacionamento de carrinhos
6. Lixo

Tal como visto no capítulo 4.4.1, o maior potencial de ganho com remodelação de *layout* da fábrica é em termos de tempo. Assim sendo, o grande objetivo para o novo *layout* passou por reduzir as movimentações dos trabalhadores.

Procurou-se redesenhar o novo *layout* seguindo o fluxo do processo de fabrico. Em primeiro lugar, pensou-se em alterar a localização física da serralharia. A montagem das platinas é a primeira etapa de fabrico e existem grandes deslocações a ela associadas, tal como se pode verificar no Anexo I. Para além disso, os componentes movimentados têm elevado peso e dimensões. Consequentemente, é bastante vantajoso que esta zona esteja mais próxima da fábrica de quadros elétricos e da zona de armazenamento de armários e platinas. Optou-se por passar a serralharia para o local onde era anteriormente o armazém de quadros elétricos. Este, por sua vez, passa a estar integrado com o restante armazém da empresa, algo que não acontecia anteriormente.

Esta iniciativa obriga a que seja necessária uma zona de armazenamento de materiais consumíveis. Se não fosse assim, as deslocações necessárias ao armazém principal, seriam demasiadas, dado a elevada frequência de utilização destes materiais. Na Tabela 16 e na Tabela 17 apresentam-se as deslocações para a busca de consumíveis associadas ao novo *layout*.

Tabela 16 - Descrição das movimentações associadas à busca de consumíveis para o novo *layout*.

MOVIMENTO					
de	**até**	**Nº/Pessoas**	**Nº deslocações média/dia**	**Metros Percorridos**	**Total deslocação (metros percorridos / dia)**
Oficina	Zona de consumíveis	10	4	20	800

Tabela 17 - Tempo total de gasto na busca de consumíveis para o novo *layout*.

Nº dias de trabalho/ano	252
Total kms percorridos / ano	202
Tempo total despendido na busca de consumíveis/ano/equipa (horas) (para uma velocidade de movimentação de 4km/hora)	50

Outra medida a implementar consiste na abertura de duas novas portas: uma entre a serralharia e a fábrica de armários e platinas e a segunda entre fábrica e a zona de preparação. Todas estas iniciativas têm como objetivo minimizar as movimentações dos trabalhadores.

A versão final deste *layout* foi elaborada em conjunto com o diretor de produção de quadros elétricos e com a equipa de fabrico de quadros elétricos. No Anexo K pode- se consultar o novo *layout*.

De forma a avaliar o impacto do novo *layout*, procedeu-se a uma análise semelhante à que foi feita no capítulo anterior para o primeiro *layout*. Assim sendo, tendo em conta as movimentações esquematizadas no diagrama de *spaghetti* do Anexo L fez-se o registo do total de kms percorridos associados às movimentações dos novos trajetos. Esta informação encontra-se na Tabela 18.

Tabela 18 - Descrição das movimentações de componentes associadas ao fabrico de um quadro de solo para o novo *layout*.

MOVIMENTO						
de	**até**	**Componente (s) movimentado (s)**	**Nº/pessoas**	**Nº médio componente(s)/ quadro**	**Metros percorridos**	**Total de metros percorridos/ quadro/ pessoas**
Stock	Serralharia	Platinas e armário	1	1	38	38
Serralharia	Oficina	Platinas	2	2	24	96
Serralharia	Oficina	Portas	1	4	24	96
Serralharia	Oficina	Armário	2	1	24	48
Serralharia	Lixo	Lixo	1	1	0	0
Quadros	Expedição	Quadro elétrico	3	1	76	228
						506

Com base nesta informação, calculou-se o tempo total de movimentação dos componentes envolvidos no fabrico de um quadro elétrico (Tabela 19). Novamente, considerou-se que a velocidade de deslocação é de 4km/hora.

Tabela 19 - Tempo total de movimentação dos quadros de solo para o novo *layout*.

Volume de quadros de solo produzidos/ ano	250
Total kms percorridos / quadro/ ano	126,5
Tempo total movimentação/ano/equipa [Horas] (para uma velocidade de movimentação de 4km/hora)	316

Uma das medidas pretendidas com a adoção do novo *layout* foi a implementação da filosofia 5 S's, de forma a reduzir o tempo de procura. No Anexo M mostra-se a sequência de implementação adotada.

Para esta ação, foi necessário interromper o fabrico de quadros elétricos durante 4 dias. Neste período foram retirados todos os equipamentos da fábrica. Posteriormente, foi feita a triagem destes mesmos e a limpeza do espaço.

Um dos pedidos dos trabalhadores foi a presença de luz natural. Apesar de não ter sido possível a abertura de janelas na fábrica, foi feita uma nova pintura do chão de fábrica de forma a melhorar as condições de trabalho e a motivação dos trabalhadores. Em paralelo com esta medida, foram criados espaços específicos para cada zona, através da colocação de placas identificativas em cada área. Para além disso, zonas, como a do estacionamento dos carrinhos, foram definidas, através da colocação de marcações no solo. O resultado das atividades pode observar-se nas fotografias da Figura 34.



Figura 34 - Colocação de marcações no solo e placas de identificação.

Outras pequenas melhorias foram instituídas, onde se procurou aumentar a estandardização e adotar mecanismos *poka-yoka*. Um dos desperdícios apontados pelos trabalhadores era o carrinho ferramenteiro. Cada trabalhador possuía o seu próprio carrinho e cada carrinho tinha uma organização distinta.

Devido ao mau estado e falta de *standard* nos carrinhos de ferramentas, optou-se por adquirir novos carrinhos. Ao contrário dos anteriores, os novos carrinhos são iguais para todos os trabalhadores, o que permite a uniformização do método de trabalho e facilita a integração de um novo trabalhador.

O novo carrinho ferramenteiro procurou ter em conta vários requisitos:

1. Estrutura rígida;
2. Gaveta com fechadura para guardar pertences pessoais;
3. Bordo no tampo, para não deixar que as ferramentas rolem para o chão;
4. Rodas fáceis de mover;
5. Altura ajustável.

O requisito número 5 não foi ainda possível de concretizar. Existe, no entanto, a possibilidade de fabricar um novo modelo de carrinho dentro da própria organização, facto que permite a adição desta funcionalidade, mais tarde, nivelando a diferença de alturas elevada que existe.

Na Figura 35 apresenta-se a evolução do carrinho ferramenteiro.

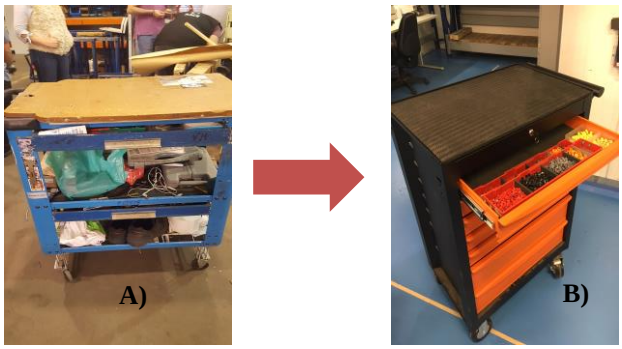


Figura 35 - A) Primeiro carrinho ferramenteiro; B) Novo carrinho ferramenteiro.

Aquando da observação dos vídeos, durante a fase de eletrificação, verificou-se que, de cada vez que um trabalhador necessitava de buscar mais fio de bobine, tinha de se baixar. A Figura 36 retrata essa situação.

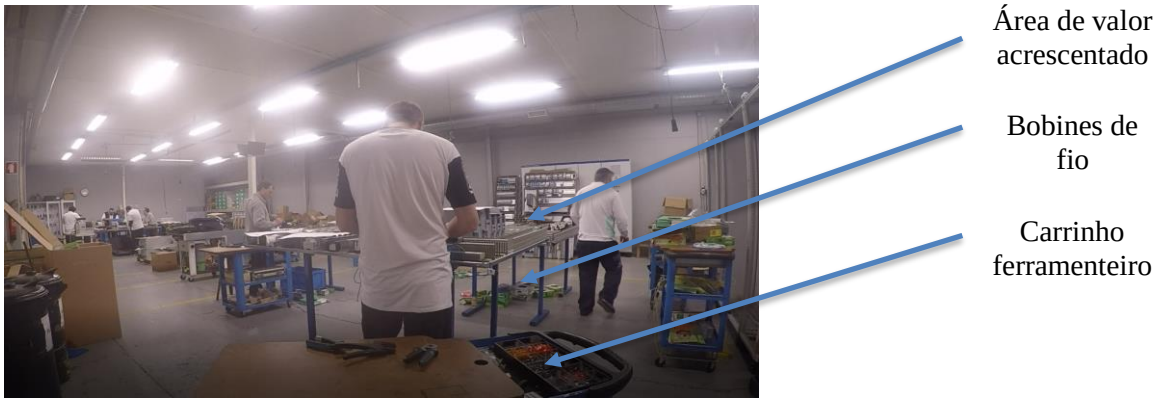


Figura 36 - Etapa de eletrificação.

Para melhorar a organização da fábrica e evitar desperdícios de movimentação dos trabalhadores, foi criado um carrinho de arrumação de bobines. Na Figura 37 comprova-se a transformação entre o estado anterior da arrumação das bobines e a nova solução.

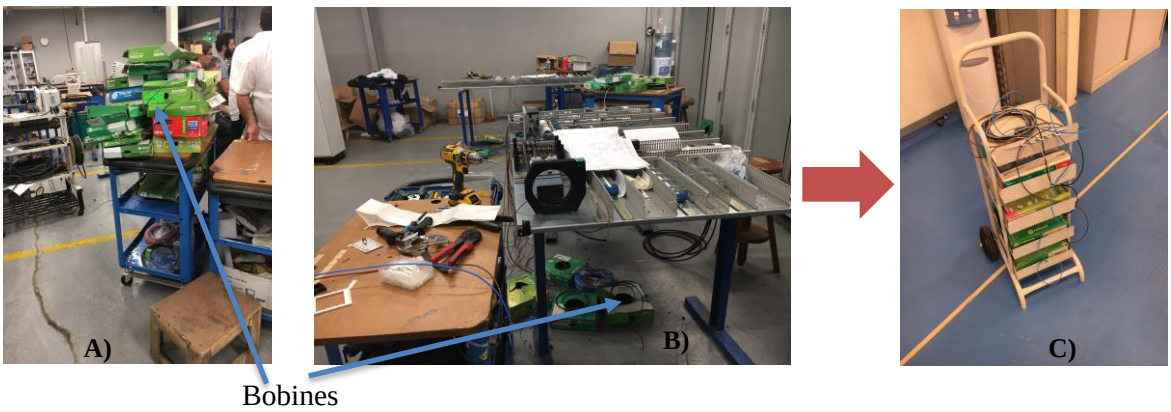


Figura 37 - Arrumação das bobines antes da remodelação, A) e B), e depois da remodelação C).

Outra pequena mudança com um impacto na fase de preparação de material foi a alteração da orientação das caixas de componentes recebidas pelo armazém da logística. Estas caixas contêm o material para os quadros elétricos de cada obra de refrigeração. Anteriormente à remodelação, estas caixas estavam dispostas na longitudinal o que, para além de dificultar a procura de material, como se verifica na Figura 38 A, também fazia com que coubessem menos caixas em cada prateleira. Após a remodelação as caixas passaram a ser arrumadas transversalmente, como se pode observar da Figura 38 B.



Figura 38 - A) Disposição das caixas de logística antes da remodelação; B) Disposição das caixas de logística depois da remodelação.

Tal como tinha sido feito para o primeiro *layout*, fez-se uma nova estimativa do total de horas por ano gasto na procura de materiais, desta vez com a organização do novo *layout*. Esta avaliação pode consultar-se na Tabela 20.

Tabela 20 - Tempo total gasto na procura de materiais para o novo *layout*.

	Nº trabalhadores	**Estimativa / dia (min)**	**Nº dias úteis / ano**	**Total [Horas]/ ano/equipa**
Tempo Procura (ferramentas, bobines, outros)	10	15	252	630

Como se expôs no capítulo 4.4.1, o quadro de equipa definido para o primeiro *layout* tinha muitas lacunas.

Por essa razão, para além do novo *layout* de fábrica, foi criado um quadro de equipa para melhorar o planeamento da produção de quadros elétricos. O objetivo deste quadro é ser atualizado diariamente, ao invés de semanalmente, durante uma reunião, com uma duração aproximada de 15 minutos. Pensou-se em dividir o quadro em 3 grandes grupos: planeamento, indicadores de performance chave (*KPI's*) e uma secção para outras informações. Os intervenientes destas reuniões deverão ser a equipa de quadros elétricos e o diretor de produção da equipa. No Anexo N descreve-se em detalhe o novo quadro de equipa proposto e o seu funcionamento.

4.4.3 Discussão dos resultados

O novo *layout* da fábrica de quadros elétricos trouxe imediatamente melhorias a nível da motivação dos trabalhadores através da implementação da filosofia 5S's. Para além disso, reduziu muito os tempos considerados como desperdício. Com o *layout* anterior, de acordo com a análise dos vídeos realizada, 32,5 % do tempo era passado fora do posto de trabalho. Considerando 8 horas de trabalho efetivo, isto corresponde a 2 horas e 36 minutos de tempo fora do posto de trabalho, por dia.

Na Tabela 21 podem ser observados os cálculos apresentados no capítulo 4.4.1. Os desperdícios de tempo com base na medição das distâncias percorridas para movimentação de materiais/ equipamentos e para busca de consumíveis e na estimativa do tempo gasto na procura de materiais, correspondem a que, por dia, seja despendido, aproximadamente, 1 hora e 4 minutos fora do posto de trabalho. Este valor, comparado ao indicado pela análise dos vídeos, é bastante inferior.

Tabela 21 - Resumo dos tempos de desperdício associados ao primeiro *layout*.

	Horas/ano/equipa	**Tempo/ dia/pessoa**
Tempo de movimentação de quadros de solo	534	13 minutos
Tempo de deslocação para busca de consumíveis	252	6 minutos
Tempo de procura	1 890	4
Total	2 676	1 hora e 4 minutos

No Anexo O explica-se as razões para as diferenças entre as duas estimativas de tempo desperdiçado obtidas para o primeiro layout.

Fez-se uma comparação entre os tempos considerados como desperdício para os dois *layouts*. Neste cálculo, considerou-se a perspetiva mais conservadora do tempo desperdiçado (1 hora e 4 minutos /dia/ pessoa). A estimativa do tempo desperdiçado com base nos vídeos recolhidos não foi tida em conta, visto que a maneira como as gravações foram conduzidas não foi a ideal.

No total, estima-se que foram ganhas 168 horas de trabalho por homem e por ano. Na Tabela 22 apresenta-se este resultado.

Tabela 22 - Resumo dos ganhos temporais associados ao novo *layout*.

	Ganhos (horas)/ano
Tempo de movimentação de quadros de solo	218
Tempo de deslocação para busca de consumíveis	202
Tempo de procura	1 260
Total/equipa	**1 679**
Total/ homem	**168**

Partindo do pressuposto que o fabrico ocorre dentro do horário normal, há um potencial de fabrico adicional de 42 quadros por ano, ou seja, um aumento da capacidade de produção em 16,8 % e um potencial de faturação adicional correspondente a 508 230 € por ano. No Anexo P é detalhado como foram calculados estes ganhos.

No que diz respeito ao novo quadro de equipa de fabrico quadros elétricos mostra-se, no Anexo Q, imagens do seu preenchimento. O envolvimento do diretor do departamento de *Manufacturing*, principalmente na fase inicial, foi crucial para garantir o sucesso das reuniões de equipa.

Verificou-se que a duração das reuniões diárias se foi tornando mais curta e eficiente com o decorrer da utilização do quadro de equipa de produção de quadros elétricos. Como se pode observar nas Figura Q. 1 e Figura Q. 2 do Anexo Q, os indicadores revelaram que a

principal causa para o atraso na entrada dos quadros em produção era a falta de material em armazém.

5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

5.1 Conclusões

A implementação de metodologias *lean*, assentes numa perspetiva de melhoria contínua, é fundamental para qualquer empresa que se pretenda manter competitiva no mercado.

A indústria da refrigeração para retalho alimentar apresenta um modelo de negócio muito particular sendo que, por essa razão, a adoção de técnicas *lean* para a redução de desperdícios tem um leque variado de aplicações.

O presente trabalho começou pelo mapeamento do processo das obras de refrigeração. Esta fase foi essencial para a perceção das oportunidades de melhoria existentes na organização.

O desenvolvimento de propostas de melhoria incidiu em vários setores. Em primeiro lugar, a criação do contentor de obra teve um impacto muito benéfico em termos de custos para a organização. Estima-se uma poupança de cerca de 70% dos custos de transporte nas obras em que este seja utilizado, comparativamente ao sistema de transportes anterior. Tornou, em grande parte, mais fácil a comunicação entre os técnicos de execução responsáveis pela receção de materiais e a equipa de Logística através da criação de *standards* de trabalho e de arrumação. Em ambiente de obra trouxe grandes vantagens no que toca à otimização dos espaços e poupança dos tempos de descarga.

A aplicação do *Last Planner® System* revelou-se um processo mais complexo e gradual do que o pensado inicialmente. Verificou-se que este sistema potencia a transparência da informação partilhada entre os colaboradores de toda a organização e com o cliente principal.

A implementação deste sistema passou pela criação do quadro de obra. A continuidade da utilização desta ferramenta e sua aplicação a outras tipologias de obras de refrigeração irá permitir a sua afinação. Prevê-se que o forte envolvimento dos líderes do projeto, neste caso, os diretores de obra, tenha uma grande influência no sucesso desta iniciativa. O registo do estado das obras em execução e a monitorização do *KPI* da percentagem de planeamento concluído irá facilitar e aumentar a qualidade da informação que é partilhada. O objetivo final é que a informação emergente do quadro de obra seja debatida nas reuniões semanais de execução de obra, nas quais estão presentes as primeiras linhas. Uma boa utilização do quadro poderá dar a conhecer ineficiências que, por sua vez, conduzam a futuras oportunidades de melhoria com elevado retorno financeiro.

O último propósito deste trabalho incidiu sobre a fábrica de quadros elétricos. Apesar da produção de quadros elétricos não ser o foco do negócio da organização, o estado anterior da fábrica constituía uma fonte evidente de melhorias. Com pequeno investimento e num curto período de tempo foi possível otimizar o fluxo de produção de quadros elétricos, reduzindo os tempos de desperdício. A implementação da filosofia 5S's, a criação de *standards* e a alteração do *layout* da fábrica poderá traduzir-se num ganho de 168 horas de trabalho por ano. Este ganho temporal significa um potencial aumento da capacidade de produção de 16,8%. O resultado

final originou uma perspetiva de trabalhar diferente, alcançando efeitos visíveis. O objetivo é que haja uma redução das horas extra realizadas pelos trabalhadores e que não seja necessário recorrer a fornecedores externos, principalmente nas alturas de pico da procura.

O quadro de equipa proposto para a fábrica de quadros elétricos deverá proporcionar, tal como o quadro de obra, uma melhor integração de todos os departamentos da empresa. A sua finalidade deverá ser transparecer os desperdícios que surgem no *gemba* para que, de forma rápida, o diretor de produção os consiga percecionar e, posteriormente, comunicar à restante organização.

Em suma, conclui-se que as ferramentas de planeamento e a melhoria do fluxo de informação são um fator determinante na otimização de processos. No âmbito geral, o trabalho realizado conseguiu ir de encontro aos objetivos definidos inicialmente. É de salientar, no entanto, que ao conceito de melhoria contínua está subjacente um acompanhamento constante que irá, sem dúvida, determinar o sucesso de todas as iniciativas levadas a cabo. Para além disso, acredita-se que o envolvimento dos líderes será um fator determinante para mitigar a resistência à mudança e assegurar a colaboração de todos os intervenientes.

5.2 Trabalhos futuros

O início deste trabalho foi muito útil na definição das oportunidades de melhoria existentes. Dado a sua curta duração, não foi possível atuar sobre todas as oportunidades encontradas.

No futuro pretende-se que o contentor e o quadro de obra passem a estar integrados, constituindo uma ferramenta única para organização em ambiente de obra.

Ainda no âmbito da continuação do desenvolvimento *Last Planner® System* na empresa, sugere-se que seja introduzido um momento durante as reuniões de execução de obra semanais para a discussão dos desperdícios encontrados e registo das soluções propostas. Esta medida poderá evitar a recorrência de certos problemas e irá fomentar a cultura de melhoria contínua.

Recomenda-se, com o propósito de mitigar o problema das más listagens de equipamentos, que o processo de inserção das datas de entrega dos equipamentos no sistema *MRP* seja alterado. O sistema deverá passar a dar prioridade às datas de entrega introduzidas pela equipa de Operações, visto que este departamento tem melhor perceção dos recursos e dos prazos de entrega requeridos. Em alternativa a esta medida, propõe-se a criação de um documento *standard* para envio das datas de entrega de equipamentos ao departamento de Logística por parte dos diretores de obra.

A redução do número de alterações de *layouts* pedida pelo cliente é uma tarefa difícil de levar a cabo dado que o cliente é o responsável pela definição de valor do produto. No entanto, os *KPI's* definidos, tanto para o quadro de obra, como para a fábrica de quadros elétricos, pretendem fazer transparecer a necessidade de aumentar a estabilidade do planeamento. A análise de carga *versus* capacidade realizada tem o mesmo propósito. O objetivo final é que a comunicação com o cliente passe a ser mais eficaz.

Por último, aconselha-se a compra de equipamentos de transporte para os quadros elétricos de grandes dimensões para reduzir, de forma ainda mais acentuada, os tempos desperdiçados em movimentações e o número de acidentes.

Referências

Ballard, Herman Glenn. 2000. “The Last Planner System of Production Control.” Thesis. Thesis (Ph. D.).

Coimbra, Euclides A. 2013. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw-Hill.

Daniel, Emmanuel I., Christine Pasquire, e Graham Dickens. 2015. “Annual Conference of the International Group for Lean Construction.” em *Proceedings for the 23th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 153–62. Perth.

Gardner, John T., e Martha C. Cooper. 2003. “Strategic Supply Chain Mapping Approaches.” *Journal of Business Logistics* 24 (2): 37–64.

Guimarães, Rui Campos, e José A. Sarsfield Cabral. 2010. *Estatística*. 2ªed. Chipre: Dashöfer Holding.

Howell, Greg, e Glenn Ballard. 1998. "Implementing Lean Construction: Understanding and Action." Proceedings of the 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction Guaruja Brazil.

Jϕrgensen, Bo. 2009."Design and Construction Integration - A Lean Perspective." em *Architectural Management: International Research and Practice*. U.K.: Wiley-Blackwell.

Koskela, Lauri. 1992. *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical paper. Stanford University.

“Lean Construction Institute (LCI) | Lean Project Design & Delivery.” 2017. *Lean Construction Institute*. Acedido a 30 de Março de 2018. https://www.leanconstruction.org/.

Montgomery, Douglas C., e Cheryl L. Jennings. 2009."Methods and Philosophy of Statistical Process Control." In *Introduction to Statistical Quality Control*, 203-07. 6ªed. Hoboken: John Wiley & Sons.

RACE. 2016. *RACE - A Race*. Acedido a 3 de Maio de 2018. http://www.race.com.pt/pt/a-race.

Reid, R. Dan. 2009. "Building from the Basis." *Quality Progress*, Janeiro, 24-25.

Roser, Christoph. 2015. "AllAboutLean.com – Organize Your Industry." AllAboutLean.com. Agosto. Acedido a 30 de Maio de 2018. https://www.allaboutlean.com/.

Salem, O., J. Solomon, A. Genaidy, e M. Luegring. 2005. "Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques." *Lean Construction Journal*, nº 2 (Outubro): 1-21. www.leanconstructionjournal.org.

Shenoy, Ram. 2017. "PPI Position Paper: Defining “Production System” from an Operations Science and Project Production Management Perspective." *Journal of Project Production Management* 2. https://projectproduction.org/journal/#.

Sowards, Dennis. 2015. "Making It Pay: Five Ways to Use Lean in Green HVAC Construction." *Snips*, Julho.

Womack, James P., e Daniel T. Jones. 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London: Simon and Schuster.

ANEXO A: Processo de uma obra de refrigeração: modelo *AS IS*

Figura A. 1 – Mapa do processo atual de uma obra de refrigeração para retalho nova: parte 1.

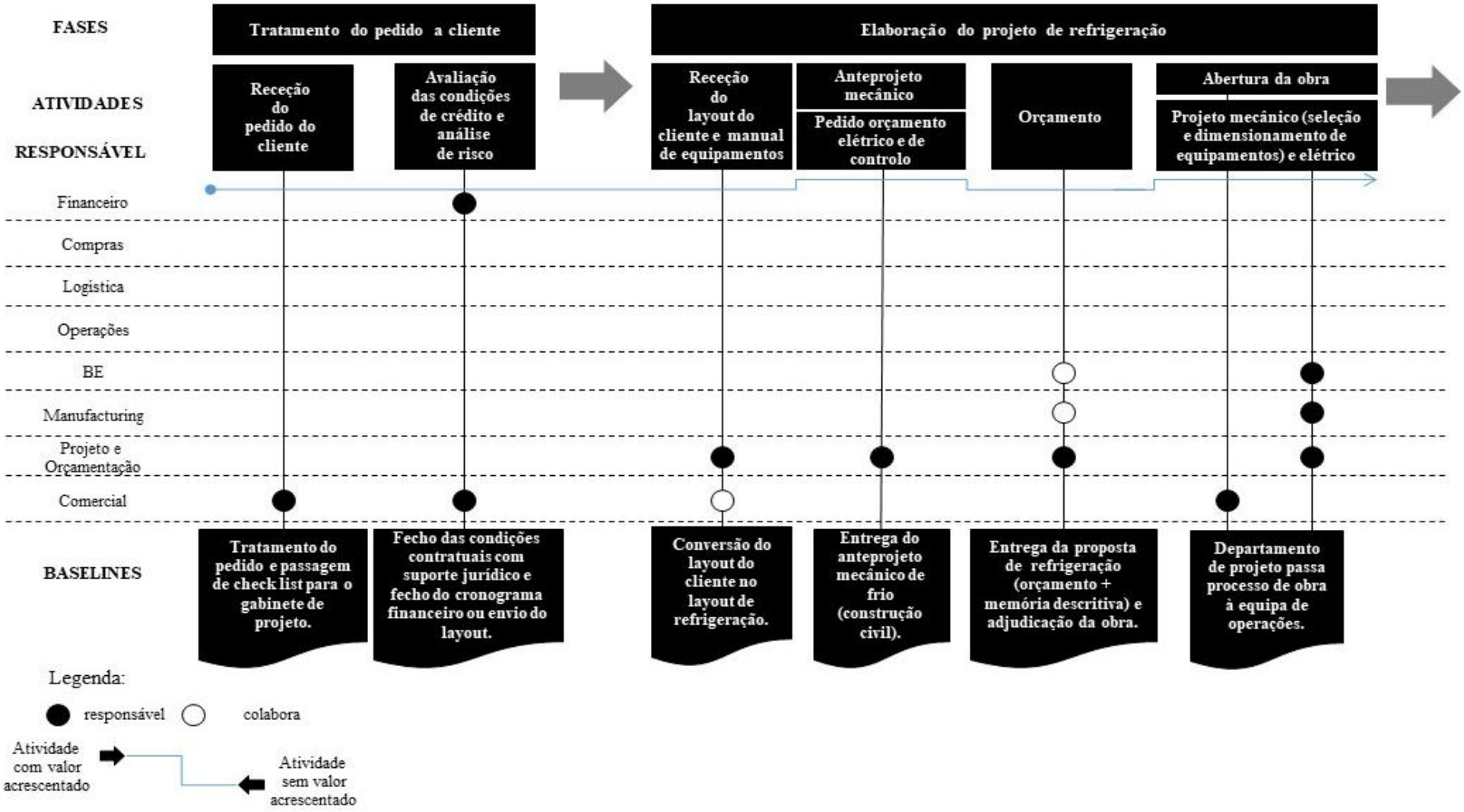


Figura A. 2 - Mapa do processo atual de uma obra de refrigeração para retalho nova: parte 2.

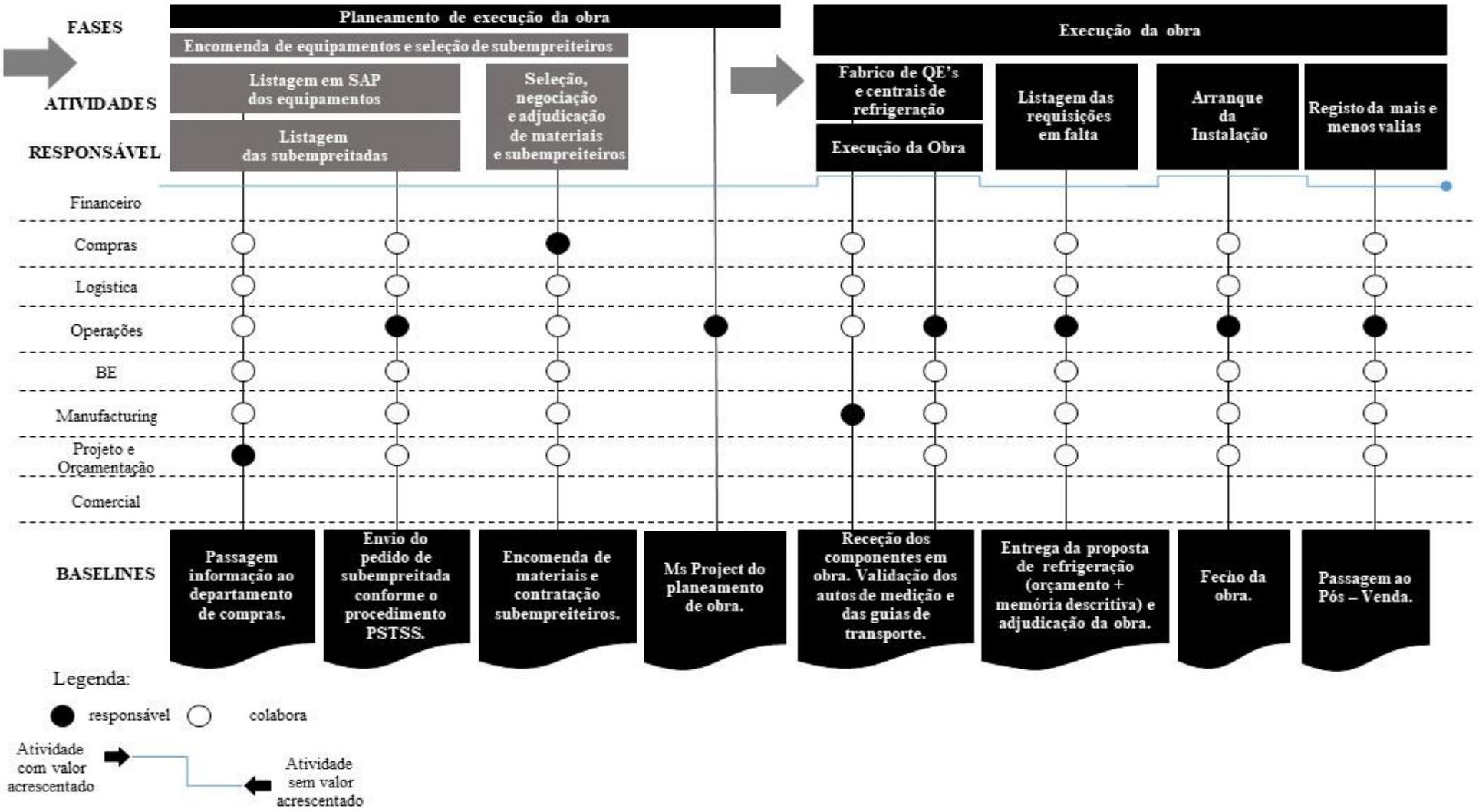
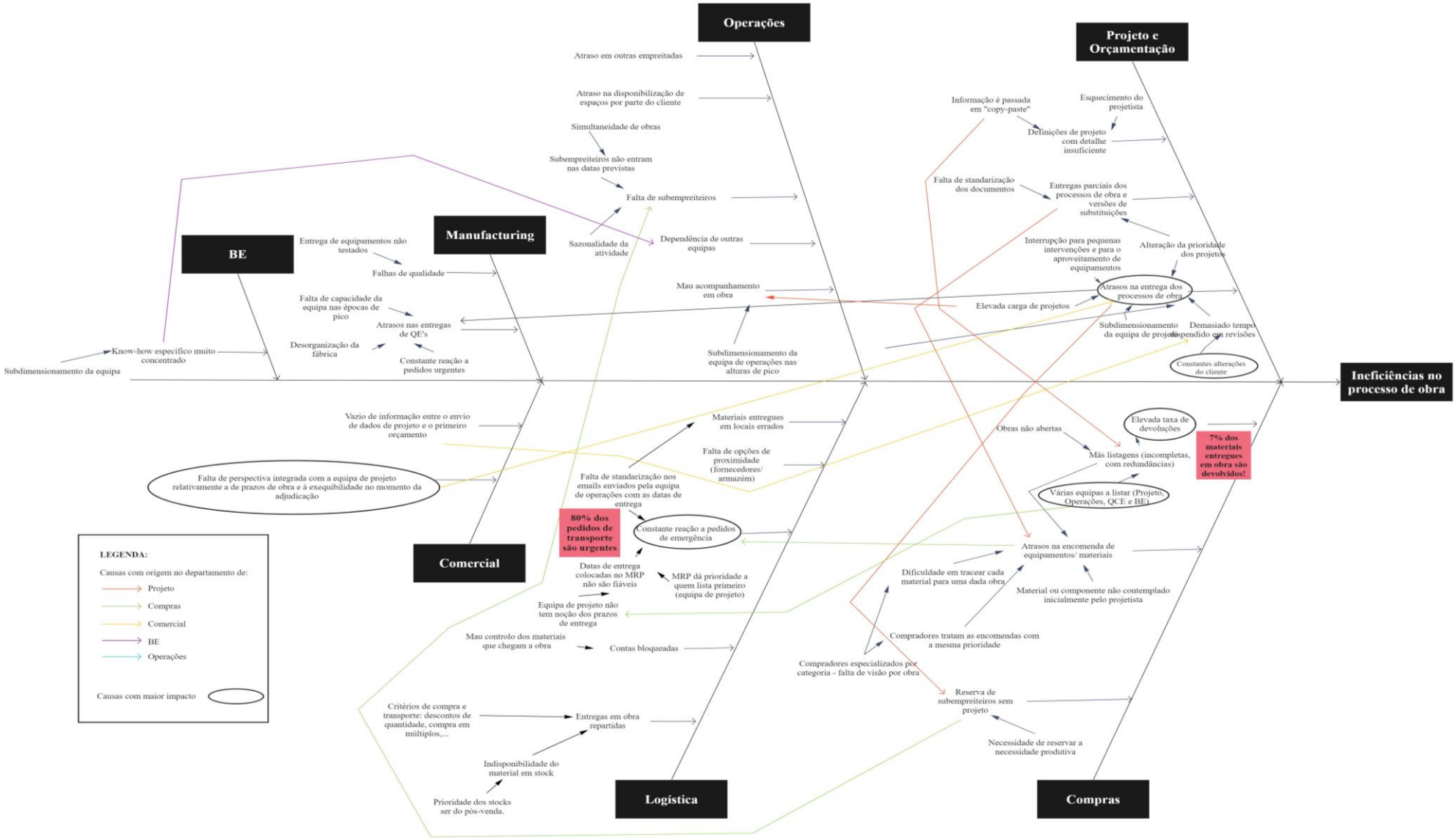


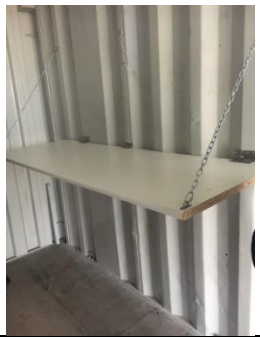
Tabela A. 1 – Modelo do processo atual de uma obra de refrigeração para retalho nova com observações.

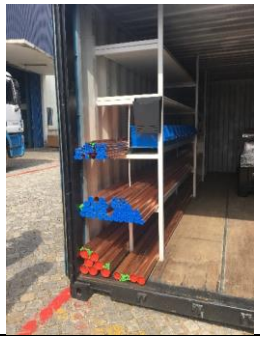
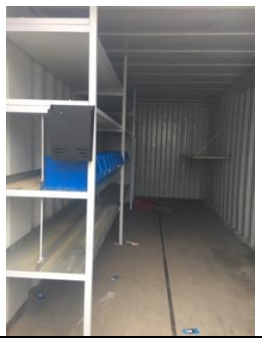
FASE	TAREFA		OBSERVAÇÕES
Tratamento do pedido do cliente	Receção do pedido do cliente		A RACE possui um cliente principal. Os novos projetos são discutidos entre o cliente e o departamento Comercial.
	Avaliação das condições de crédito e análise de risco		Esta fase só é necessária quando se trata de uma obra para um cliente externo.
Elaboração do projeto de refrigeração	Receção do *layout* do cliente e manual de equipamentos		O departamento Comercial passa o *layout* do cliente para o departamento de Projeto.
	Anteprojeto mecânico	Pedido do orçamento elétrico e de controlo	O departamento de Projeto converte o *layout* do cliente e evidencia os componentes que farão parte do orçamento. Em paralelo, as equipas de *Manufacturing* e do BE elaboram os orçamentos, respetivamente, elétrico e de controlo.
	Orçamento		O departamento de Projeto compila o orçamento e envia a proposta de refrigeração ao cliente. A obra é, ou não, adjudicada.
	Abertura da obra	Projeto mecânico e elétrico	O departamento Comercial é responsável pela abertura da obra, para que os restantes departamentos possam começar a listar equipamentos. Simultaneamente, é feito o projeto elétrico e mecânico.
Planeamento de execução de obra / Encomenda de equipamentos e seleção de subempreiteiros	Listagem SAP dos equipamentos	Listagem de subempreitadas	À medida que os equipamentos são selecionados e dimensionados, o departamento de Projeto faz a sua listagem. As Operações, por sua vez, fazem a listagem das subempreitadas.
	Seleção, negociação e adjudicação de materiais e subempreiteiros		O departamento de Compras faz a encomenda dos materiais e contrata as necessidades de subempreitadas. Ocorre, para além disso, o planeamento de execução de obra.
Execução da obra	Fabrico de QE's e centrais de refrigeração	Execução de obra	Na oficina são recebidos os pedidos de produção e começa a produção de quadros elétricos e centrais. À medida que os equipamentos chegam, vão sendo ou diretamente expedidos para a obra ou são temporariamente armazenados e depois transportados para a obra.
	Listagem das requisições em falta		Após a receção dos materiais em obra é feita uma listagem das requisições em falta.
	Arranque da instalação		A equipa do BE faz o teste e arranque da instalação. No final é feito, pela equipa de Operações, o fecho de obra.
	Registo das mais e menos valias		A equipa de projeto reúne as mais e menos valias, ou seja, compara os trabalhos feitos com o respetivo orçamento.

ANEXO B: Diagrama Causa-Efeito



ANEXO C: Procedimento *standard* para a utilização do contentor de obra

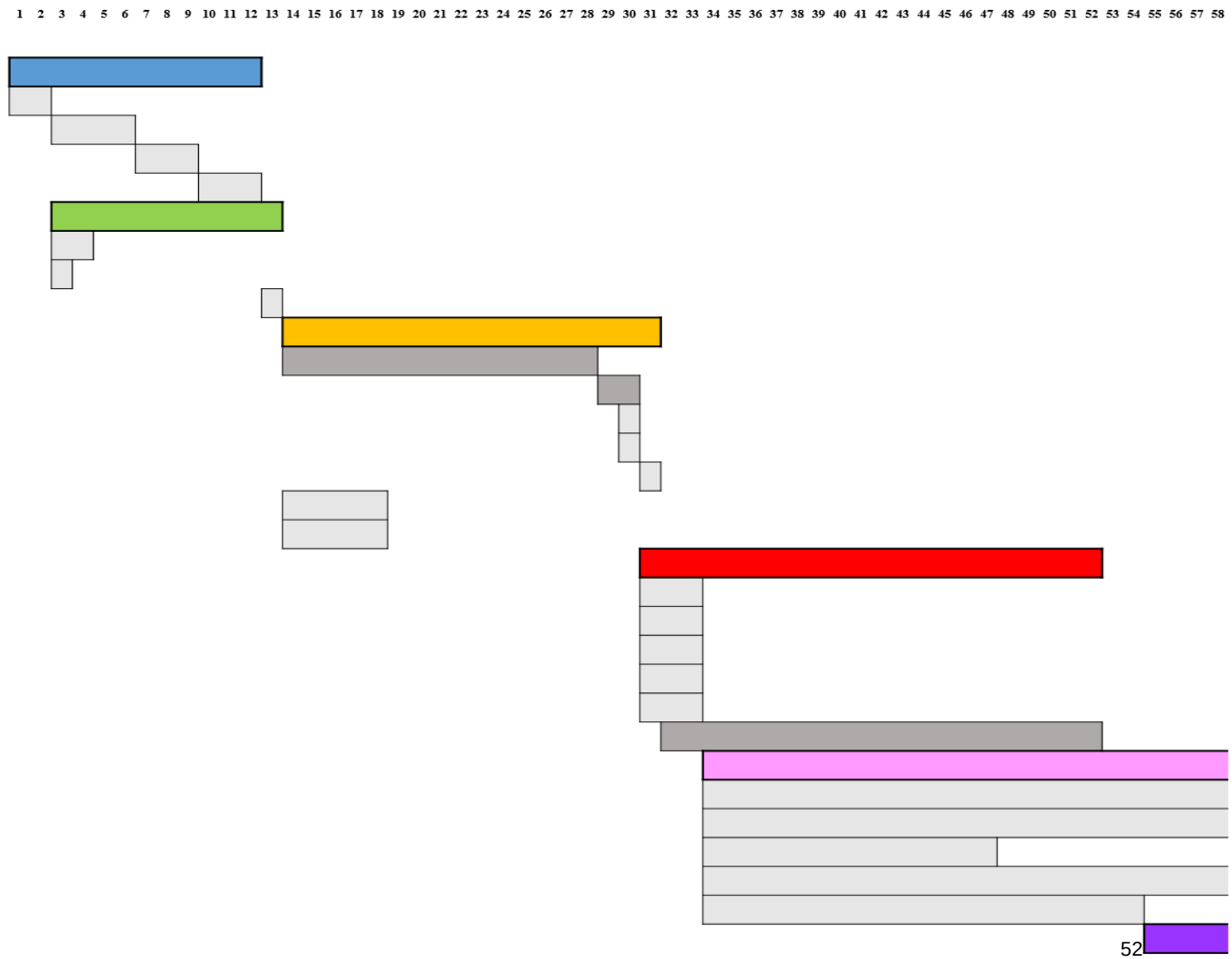
<table>
<tr><th colspan="4">CONTENTOR RACE – ARRUMAÇÃO EM OBRA E DEVOLUÇÃO EM ARMAZÉM</th></tr>
<tr><td colspan="2">Equipa</td><td colspan="2">Operações</td></tr>
<tr><td>Responsável</td><td>Diretor de Obra</td><td>Processo</td><td>Contentor RACE | Obra e devolução em armazém</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">Contentor race, preparado para transportar o material para as obras, devidamente arrumado.</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">Mesa de trabalhar, mesa de apoio rebatível.</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">Separadores para todo o material de acessórios.</td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="2">Caixa de guias de materiais recebidos em obra, de forma a serem enviadas com a maior brevidade possível para a técnica de receções.</td><td>
</td></tr>
</table>

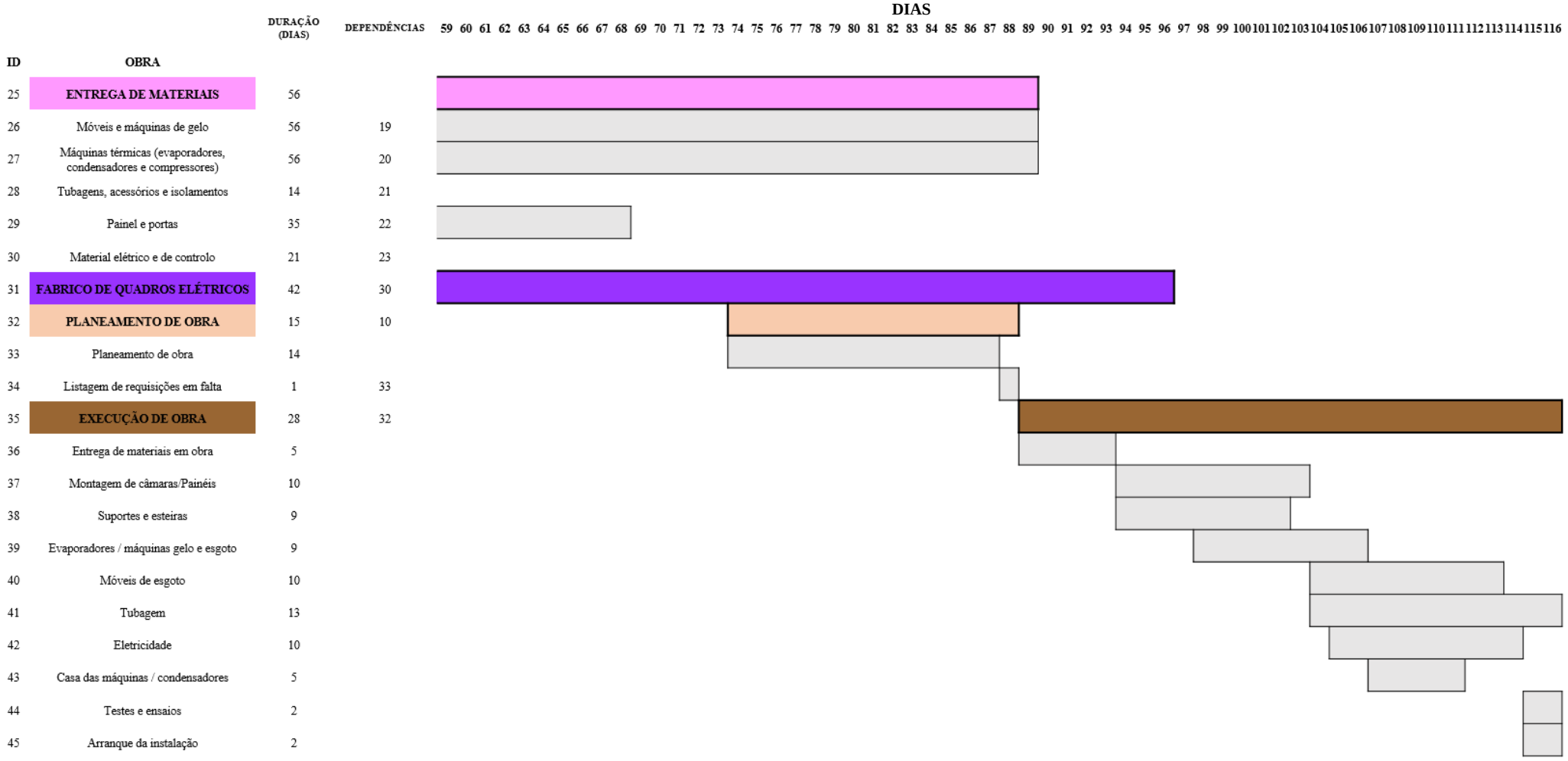
5	Local para colocar toda a tubagem em vara.	
6	Prateleiras para colocar os diversos materiais e equipamentos.	
7	Espaço livre para arrumação, como por exemplo bobines.	
8	Fio corredor do lado direito, será o espaço reservado para os palotes. Os palotes contêm a mercadoria necessária para a obra, de forma organizada e identificada através de uma Checklist.	
9	A devolução de material deve ter em conta os espaços apresentados: 1. O material pequeno deve vir devidamente arrumado nos palotes. 2. Os palotes devem ser envoltos em fita. 3. As varas de cobre devem regressar nas prateleiras criadas para o efeito. 4. A caixa de guias deve voltar vazia, dado que estas devem ser enviadas logo que possível para a técnica de receções.	
10	Não é aceite em armazém devolução dos seguintes itens: • Bobines vazias e garrafas de gás (pedido de recolha na obra pelo fornecedor deve ser feito ao comprador) • Painel e acessórios • Equipamentos	
11	Cada devolução será devidamente avaliada pelo armazém e o feedback será enviado ao Diretor de obra a respetiva chefia com documentação fotográfica.	

ANEXO D: Gráfico de *Gantt* do processo de uma obra de refrigeração: modelo *TO BE*

DIAS

ID	OBRA	DURAÇÃO (DIAS)	DEPENDÊNCIAS
1	**ANTEPROJETO**	12	-
2	Receção do layout do cliente e manual de equipamentos	2	-
3	Desenho de construção civil	4	2
4	Seleção e dimensionamento de grandes equipamentos	3	3
5	Dimensionamento de pequenos equipamentos	3	4
6	**ORÇAMENTO**	12	2
7	Orçamento Manufacturing	2	2
8	Orçamento BE	1	2
9	Orçamento Mecânico + Compilação BE e Manufacturing	1	7,8,1
10	**PROJETO**	18	6
11	**Projeto mecânico**	15	6
12	**Listagem de equipamentos em SAP**	2	11
13	Grandes equipamentos	1	-
14	Pequenos equipamentos	1	-
15	Descrição de trabalhos	1	-
16	**Projeto elétrico**	5	6
17	**Projeto BE**	5	6
18	**ENCOMENDA DE EQUIPAMENTOS E SELEÇÃO DE SUBEMPREITADAS**	22	12,16,17
19	Móveis e máquinas de gelo	3	-
20	Máquinas térmicas (evaporadores, condensadores e compressores)	3	-
21	Tubagens, acessórios e isolamentos	3	-
22	Painel e portas	3	-
23	Material elétrico e de controlo	3	-
24	**Negociação, seleção e adjudicação de subempreitadas**	21	15
25	**ENTREGA DE MATERIAIS**	56	-
26	Móveis e máquinas de gelo	56	19
27	Máquinas térmicas (evaporadores, condensadores e compressores)	56	20
28	Tubagens, acessórios e isolamentos	14	21
29	Painel e portas	35	22
30	Material elétrico e de controlo	21	23
31	**FABRICO DE QUADROS ELÉTRICOS**	42	30





ID	OBRA	DURAÇÃO (DIAS)	DEPENDÊNCIAS
25	**ENTREGA DE MATERIAIS**	56	
26	Móveis e máquinas de gelo	56	19
27	Máquinas térmicas (evaporadores, condensadores e compressores)	56	20
28	Tubagens, acessórios e isolamentos	14	21
29	Painel e portas	35	22
30	Material elétrico e de controlo	21	23
31	**FABRICO DE QUADROS ELÉTRICOS**	42	30
32	**PLANEAMENTO DE OBRA**	15	10
33	Planeamento de obra	14	
34	Listagem de requisições em falta	1	33
35	**EXECUÇÃO DE OBRA**	28	32
36	Entrega de materiais em obra	5	
37	Montagem de câmaras/Painéis	10	
38	Suportes e esteiras	9	
39	Evaporadores / máquinas gelo e esgoto	9	
40	Móveis de esgoto	10	
41	Tubagem	13	
42	Eletricidade	10	
43	Casa das máquinas / condensadores	5	
44	Testes e ensaios	2	
45	Arranque da instalação	2	

ANEXO E: Elementos do quadro de obra

Tabela E. 1 - Quadro para registo da percentagem de planeamento concluído.

100%																						
90%																						
80%																						
70%																						
60%																						
50%																						
40%																						
40%																						
30%																						
20%																						
10%																						
0%																						
SEMANA																						
Nº de tarefas planeadas																						
Nº de tarefas concluídas																						
% de tarefas concluídas																						

Tabela E. 2 - Quadro de entrega de equipamentos.

SEMANA									

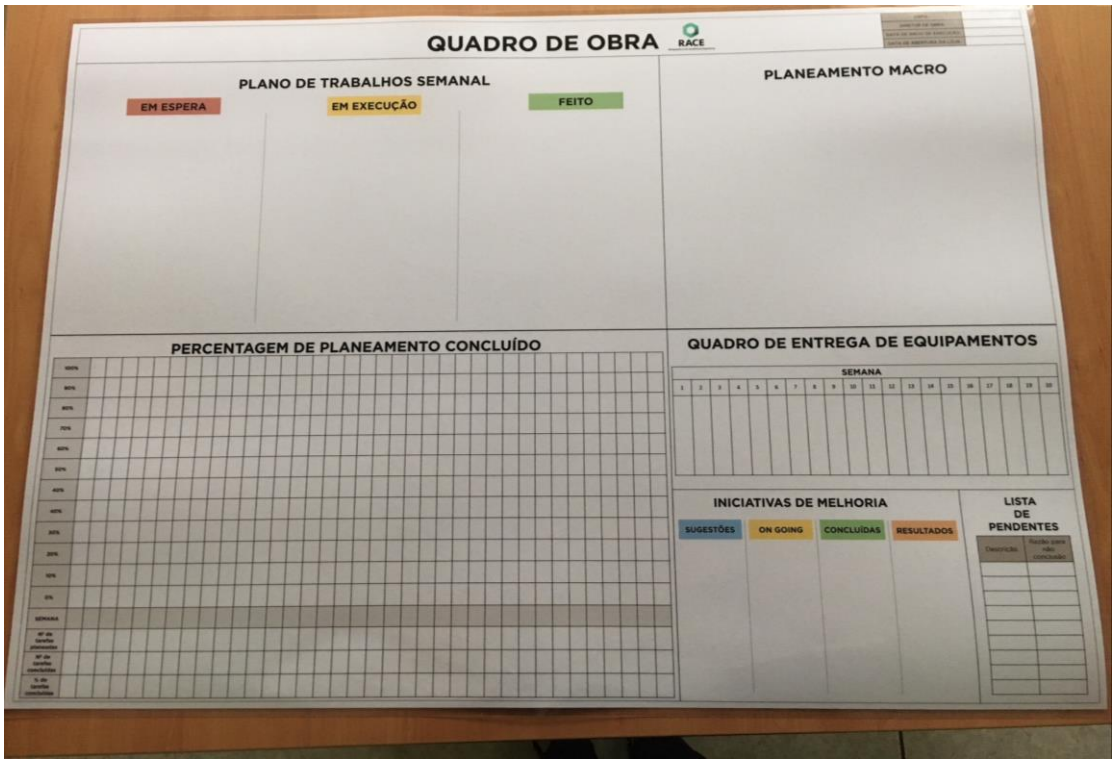


Figura E. 1 - Quadro de obra.

ANEXO F: Etapas na produção de quadros elétricos

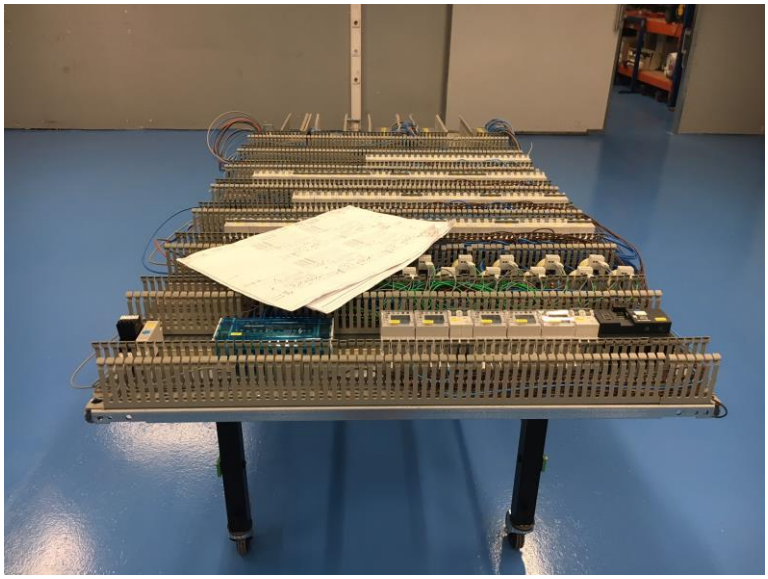


Figura F. 1 - Eletrificação das platinas.



Figura F. 2 - Montagem das platinas nos armários.

ANEXO G: Análise dos vídeos

Tabela G. 1 - Resultados da análise do vídeo 1.

VÍDEO 1							
TIPO	**INÍCIO**	**FIM**	**TEMPO**	**Operador 1**	**Operador 2**	**Operador 3**	**Operador 4**
posto	00:00:00	00:17:30	00:17:30	**x**	-	-	-
saiu	00:17:30	00:24:20	00:06:50	**x**	-	-	-
posto	00:24:20	00:29:50	00:05:30	**x**	-	-	-
posto	00:00:00	00:12:30	00:12:30	-	**x**	-	-
saiu	00:12:30	00:13:10	00:00:40	-	**x**	-	-
posto	00:13:10	00:16:50	00:03:40	-	**x**	-	-
saiu	00:16:50	00:24:50	00:08:00	-	**x**	-	-
posto	00:24:50	00:29:50	00:05:00	-	**x**	-	-
Duração da amostra	00:29:50						
TOTAL							
posto				00:23:00	00:21:10	-	-
saiu				00:06:50	00:08:40	-	-

Tabela G. 2 - Resultados da análise do vídeo 2.

VÍDEO 2							
TIPO	**INÍCIO**	**FIM**	**TEMPO**	**Operador 1**	**Operador 2**	**Operador 3**	**Operador 4**
posto	00:00:00	00:15:00	00:15:00	**x**	-	-	-
saiu	00:15:00	00:16:00	00:01:00	**x**	-	-	-
posto	00:16:00	00:26:30	00:10:30	**x**	-	-	-
posto	00:00:00	00:02:00	00:02:00	-	**x**	-	-
saiu	00:02:00	00:02:30	00:00:30	-	**x**	-	-
posto	00:02:30	00:04:30	00:02:00	-	**x**	-	-
saiu	00:04:30	00:07:10	00:02:40	-	**x**	-	-
posto	00:07:10	00:26:30	00:19:20	-	**x**	-	-
posto	00:00:00	00:06:50	00:06:50	-	-	**x**	-
saiu	00:06:50	00:09:50	00:03:00	-	-	**x**	-
posto	00:09:50	00:11:30	00:01:40	-	-	**x**	-
saiu	00:11:30	00:12:00	00:00:30	-	-	**x**	-
posto	00:12:00	00:21:30	00:09:30	-	-	**x**	-
saiu	00:21:30	00:22:30	00:01:00	-	-	**x**	-
posto	00:22:30	00:26:30	00:04:00	-	-	**x**	-
Duração da amostra	00:26:30						
TOTAL							
posto				00:25:30	00:23:20	00:22:00	-
saiu				00:01:00	00:03:10	00:04:30	-

Tabela G. 3 - Resultados da análise do vídeo 3.

VÍDEO 3							
TIPO	**INÍCIO**	**FIM**	**TEMPO**	**Operador 1**	**Operador 2**	**Operador 3**	**Operador 4**
posto	00:00:00	00:04:00	00:04:00	**x**	-	-	-
saiu	00:04:00	00:11:00	00:07:00	**x**	-	-	-
posto	00:11:00	00:23:30	00:12:30	**x**	-	-	-
saiu	00:23:30	00:24:14	00:00:44	**x**	-	-	-
posto	00:24:14	00:26:30	00:02:16	**x**	-	-	-
posto	00:00:00	00:26:30	00:26:30	-	**x**	-	-
posto	00:00:00	00:03:10	00:03:10	-	-	**x**	-
saiu	00:03:10	00:03:40	00:00:30	-	-	**x**	-
posto	00:03:40	00:04:10	00:00:30	-	-	**x**	-
saiu	00:04:10	00:12:30	00:08:20	-	-	**x**	-
posto	00:12:30	00:14:00	00:01:30	-	-	**x**	-
saiu	00:14:00	00:16:50	00:02:50	-	-	**x**	-
posto	00:16:50	00:24:00	00:07:10	-	-	**x**	-
saiu	00:24:00	00:25:40	00:01:40	-	-	**x**	-
posto	00:25:40	00:26:30	00:00:50	-	-	**x**	-
Duração da amostra	00:26:30						
TOTAL							
posto				00:18:46	00:26:30	00:13:10	-
saiu				00:07:44	00:00:00	00:13:20	-

Tabela G. 4 - Resultados da análise do vídeo 4.

VÍDEO 4							
TIPO	**INÍCIO**	**FIM**	**TEMPO**	**Operador 1**	**Operador 2**	**Operador 3**	**Operador 4**
posto	00:00:00	00:02:00	00:02:00	**x**	-	-	-
saiu	00:02:00	00:04:00	00:02:00	**x**	-	-	-
posto	00:04:00	00:29:50	00:25:50	**x**	-	-	-
posto	00:00:00	00:13:00	00:13:00	-	**x**	-	-
saiu	00:13:00	00:13:50	00:00:50	-	**x**	-	-
posto	00:13:50	00:27:00	00:13:10	-	**x**	-	-
saiu	00:27:00	00:27:50	00:00:50	-	**x**	-	-
posto	00:27:50	00:29:50	00:02:00	-	**x**	-	-
posto	00:00:00	00:03:40	00:03:40	-	-	**x**	-
saiu	00:03:40	00:21:30	00:17:50	-	-	**x**	-
posto	00:21:30	00:29:50	00:08:20	-	-	**x**	-
Duração da amostra	00:29:50						
TOTAL							
posto				00:27:50	00:28:10	00:12:00	-
saiu				00:02:00	00:01:40	00:17:50	-

Tabela G. 5 - Resultados da análise do vídeo 5.

VÍDEO 5							
TIPO	**INÍCIO**	**FIM**	**TEMPO**	**Operador 1**	**Operador 2**	**Operador 3**	**Operador 4**
posto	00:00:00	00:11:20	00:11:20	**x**	-	-	-
saiu	00:11:20	00:12:20	00:01:00	**x**	-	-	-
posto	00:12:20	00:23:30	00:11:10	**x**	-	-	-
saiu	00:23:30	00:26:30	00:03:00	**x**	-	-	-
posto	00:00:00	00:01:30	00:01:30	-	**x**	-	-
saiu	00:01:30	00:05:10	00:03:40	-	**x**	-	-
posto	00:05:10	00:26:30	00:21:20	-	**x**	-	-
posto	00:00:00	00:04:30	00:04:30	-	-	**x**	-
saiu	00:04:30	00:06:30	00:02:00	-	-	**x**	-
posto	00:06:30	00:26:30	00:20:00	-	-	**x**	-
Duração da amostra	00:26:30						
TOTAL							
posto				00:22:30	00:22:50	00:24:30	-
saiu				00:04:00	00:03:40	00:02:00	-

Tabela G. 6 - Resultados da análise do vídeo 6.

VÍDEO 6							
TIPO	**INÍCIO**	**FIM**	**TEMPO**	**Operador 1**	**Operador 2**	**Operador 3**	**Operador 4**
posto	00:00:00	00:29:50	00:29:50	**x**	-	-	-
posto	00:00:00	00:01:20	00:01:20	-	**x**	-	-
saiu	00:01:20	00:02:30	00:01:10	-	**x**	-	-
posto	00:02:30	00:29:50	00:27:20	-	**x**	-	-
saiu	00:00:00	00:01:15	00:01:15	-	-	**x**	-
posto	00:01:15	00:21:00	00:19:45	-	-	**x**	-
saiu	00:21:00	00:28:30	00:07:30	-	-	**x**	-
posto	00:28:30	00:29:50	00:01:20	-	-	**x**	-
posto	00:00:00	00:01:00	00:01:00	-	-	-	**x**
saiu	00:01:00	00:04:00	00:03:00	-	-	-	**x**
posto	00:04:00	00:06:45	00:02:45	-	-	-	**x**
saiu	00:06:45	00:11:00	00:04:15	-	-	-	**x**
posto	00:11:00	00:29:50	00:18:50	-	-	-	**x**
Duração da amostra	00:29:50						
TOTAL							
posto				00:29:50	00:28:40	00:21:05	00:22:35
saiu				00:00:00	00:01:10	00:08:45	00:07:15

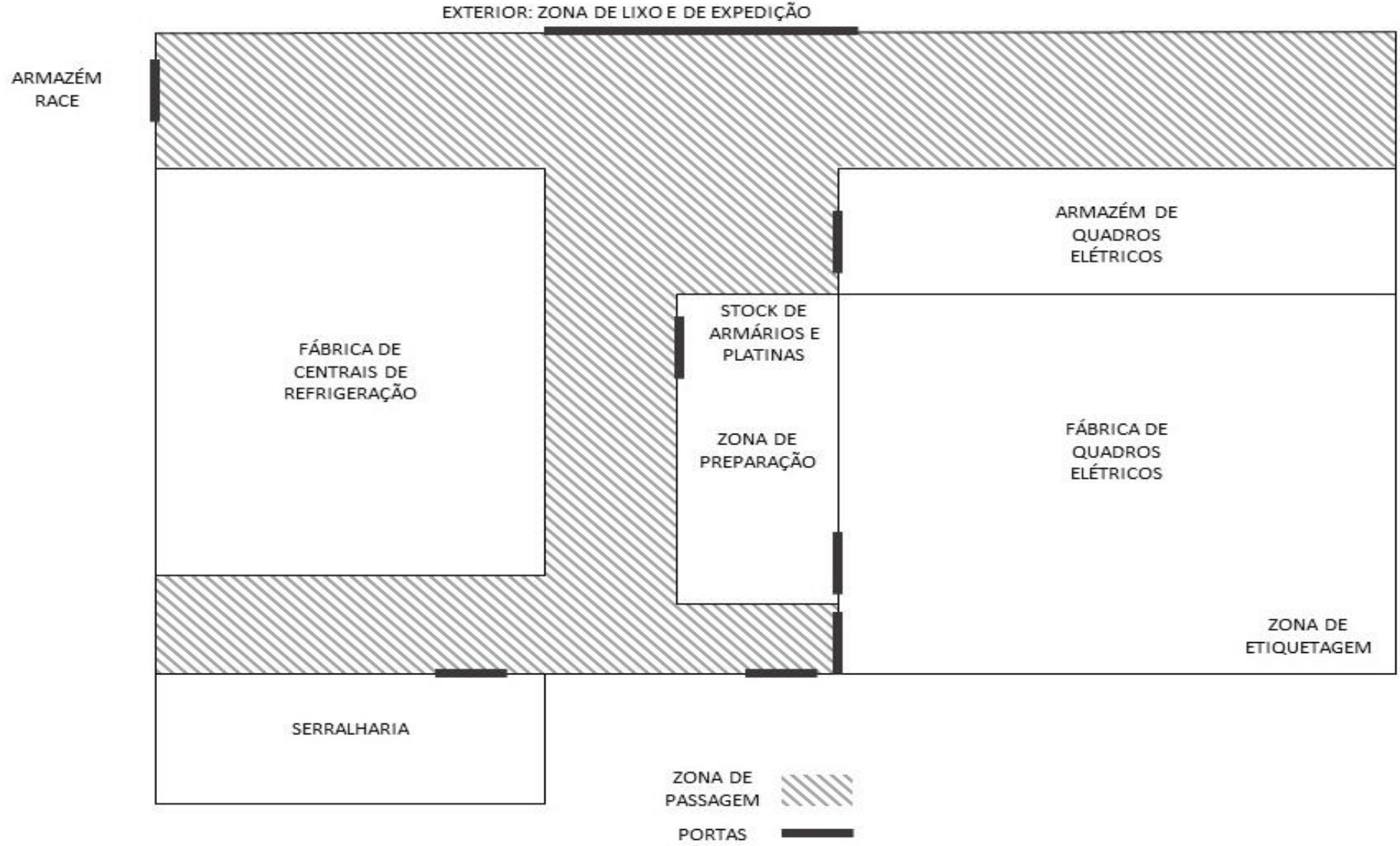
Tabela G. 7 - Resultados da análise do vídeo 7.

VÍDEO 7							
TIPO	**INÍCIO**	**FIM**	**TEMPO**	**Operador 1**	**Operador 2**	**Operador 3**	**Operador 4**
posto	00:00:00	00:05:00	00:05:00	**x**	-	-	-
saiu	00:05:00	00:06:00	00:01:00	**x**	-	-	-
posto	00:06:00	00:12:00	00:06:00	**x**	-	-	-
saiu	00:12:00	00:18:50	00:06:50	**x**	-	-	-
posto	00:18:50	00:21:30	00:02:40	**x**	-	-	-
saiu	00:21:30	00:26:30	00:05:00	**x**	-	-	-
posto	00:00:00	00:02:15	00:02:15	-	**x**	-	-
saiu	00:02:15	00:07:00	00:04:45	-	**x**	-	-
posto	00:07:00	00:12:20	00:05:20	-	**x**	-	-
saiu	00:12:20	00:15:00	00:02:40	-	**x**	-	-
posto	00:15:00	00:16:20	00:01:20	-	**x**	-	-
saiu	00:16:20	00:18:20	00:02:00	-	**x**	-	-
posto	00:18:20	00:20:20	00:02:00	-	**x**	-	-
saiu	00:20:20	00:26:30	00:06:10	-	**x**	-	-
posto	00:00:00	00:12:15	00:12:15	-	-	**x**	-
saiu	00:12:15	00:13:35	00:01:20	-	-	**x**	-
posto	00:13:35	00:26:30	00:12:55	-	-	**x**	-
posto	00:00:00	00:04:00	00:04:00	-	-	-	**x**
saiu	00:04:00	00:04:40	00:00:40	-	-	-	**x**
posto	00:04:40	00:09:15	00:04:35	-	-	-	**x**
saiu	00:09:15	00:13:35	00:04:20	-	-	-	**x**
posto	00:13:35	00:17:45	00:04:10	-	-	-	**x**
saiu	00:17:45	00:19:40	00:01:55	-	-	-	**x**
posto	00:19:40	00:21:00	00:01:20	-	-	-	**x**
saiu	00:21:00	00:24:30	00:03:30	-	-	-	**x**
posto	00:24:30	00:26:30	00:02:00	-	-	-	**x**
Duração da amostra	00:26:30						
TOTAL							
posto				00:13:40	00:10:55	00:25:10	00:16:05
saiu				00:12:50	00:15:35	00:01:20	00:10:25

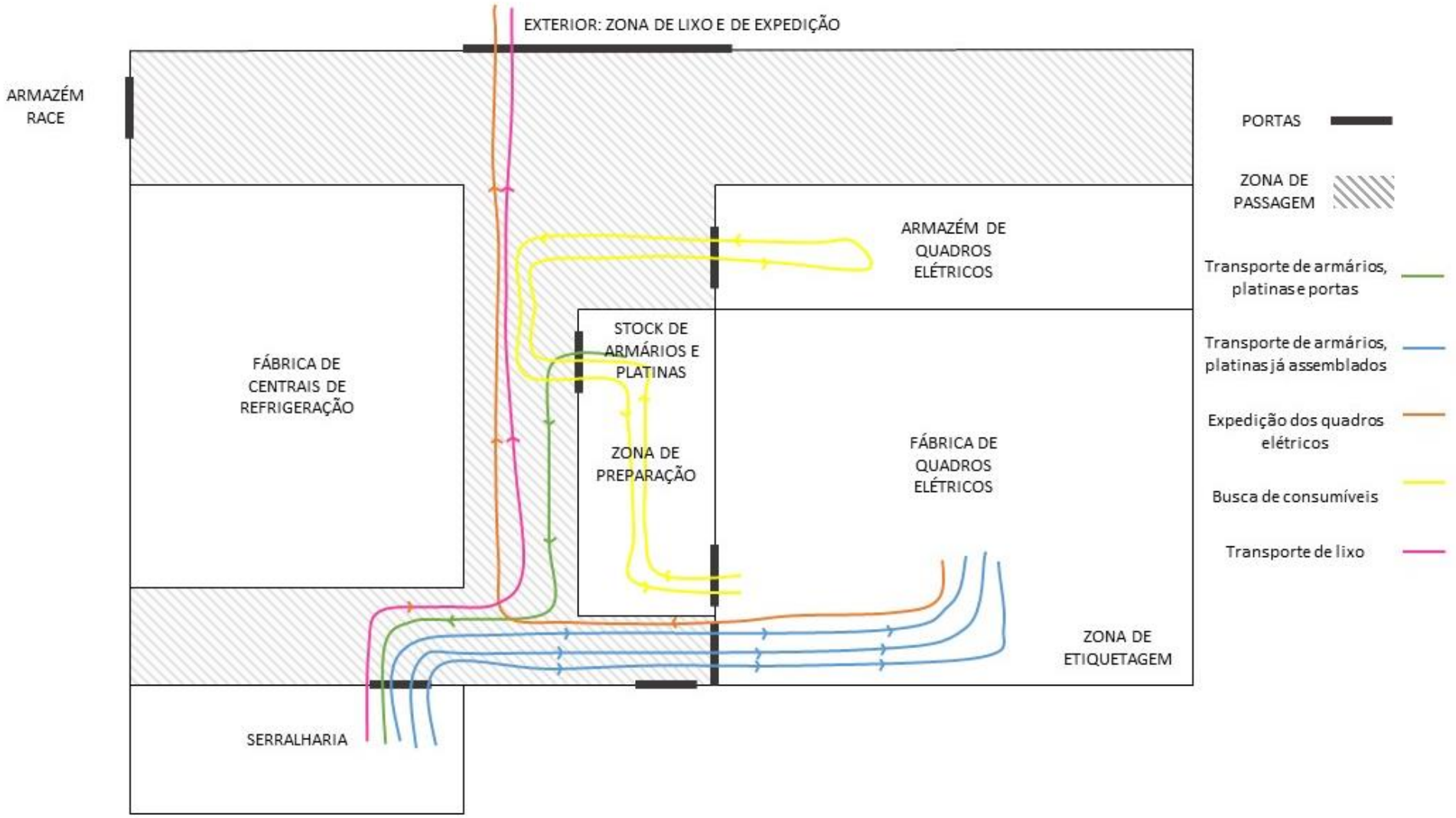
Tabela G. 8 - Resultados da análise do vídeo 8.

VÍDEO 8							
TIPO	**INÍCIO**	**FIM**	**TEMPO**	**Operador 1**	**Operador 2**	**Operador 3**	**Operador 4**
posto	00:00:00	00:05:30	00:05:30	**x**	-	-	-
saiu	00:05:30	00:06:00	00:00:30	**x**	-	-	-
posto	00:06:00	00:11:00	00:05:00	**x**	-	-	-
saiu	00:11:00	00:32:40	00:21:40	**x**	-	-	-
posto	00:32:40	00:35:50	00:03:10	**x**	-	-	-
saiu	00:35:50	00:39:50	00:04:00	**x**	-	-	-
posto	00:39:50	00:41:00	00:01:10	**x**	-	-	-
saiu	00:41:00	00:43:10	00:02:10	**x**	-	-	-
posto	00:43:10	00:45:50	00:02:40	**x**	-	-	-
saiu	00:45:50	00:46:50	00:01:00	**x**	-	-	-
saiu	00:00:00	00:04:40	00:04:40	-	**x**	-	-
posto	00:04:40	00:11:00	00:06:20	-	**x**	-	-
saiu	00:11:00	00:32:40	00:21:40	-	**x**	-	-
posto	00:32:40	00:46:50	00:14:10	-	**x**	-	-
saiu	00:00:00	00:11:00	00:11:00	-	-	**x**	-
posto	00:11:00	00:12:00	00:01:00	-	-	**x**	-
saiu	00:12:00	00:32:30	00:20:30	-	-	**x**	-
posto	00:32:30	00:46:50	00:14:20	-	-	**x**	-
saiu	00:00:00	00:04:40	00:04:40	-	-	-	**x**
posto	00:04:40	00:05:00	00:00:20	-	-	-	**x**
saiu	00:05:00	00:06:00	00:01:00	-	-	-	**x**
posto	00:06:00	00:07:15	00:01:15	-	-	-	**x**
saiu	00:07:15	00:32:40	00:25:25	-	-	-	**x**
posto	00:32:40	00:32:50	00:00:10	-	-	-	**x**
saiu	00:32:50	00:37:00	00:04:10	-	-	-	**x**
posto	00:37:00	00:40:30	00:03:30	-	-	-	**x**
saiu	00:40:30	00:44:15	00:03:45	-	-	-	**x**
posto	00:44:15	00:46:50	00:02:35	-	-	-	**x**
Duração da amostra	00:46:50						
TOTAL							
posto				00:17:30	00:20:30	00:17:05	00:07:50
saiu				00:29:20	00:26:20	00:31:30	00:39:00

ANEXO H: *Layout* da fábrica de quadros elétricos antes da remodelação



ANEXO I: Diagrama de *spaghetti* com as movimentações do processo de fabrico de quadros elétricos para o *layout* antes da remodelação



ANEXO J: Principais *muda* e potencias de melhoria na fábrica de quadros elétricos

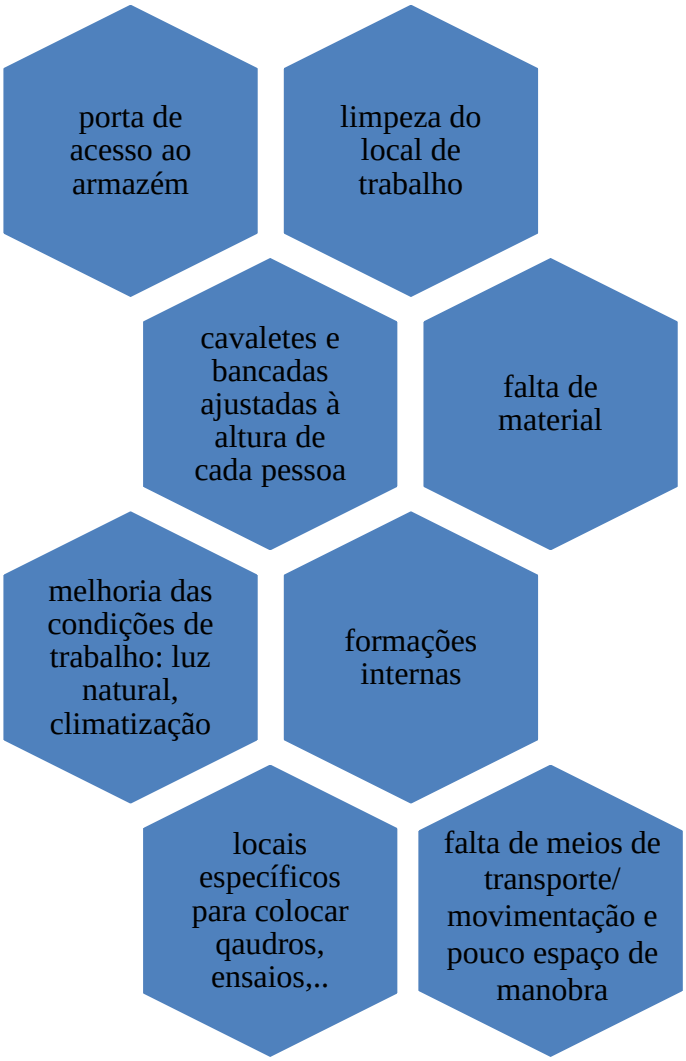
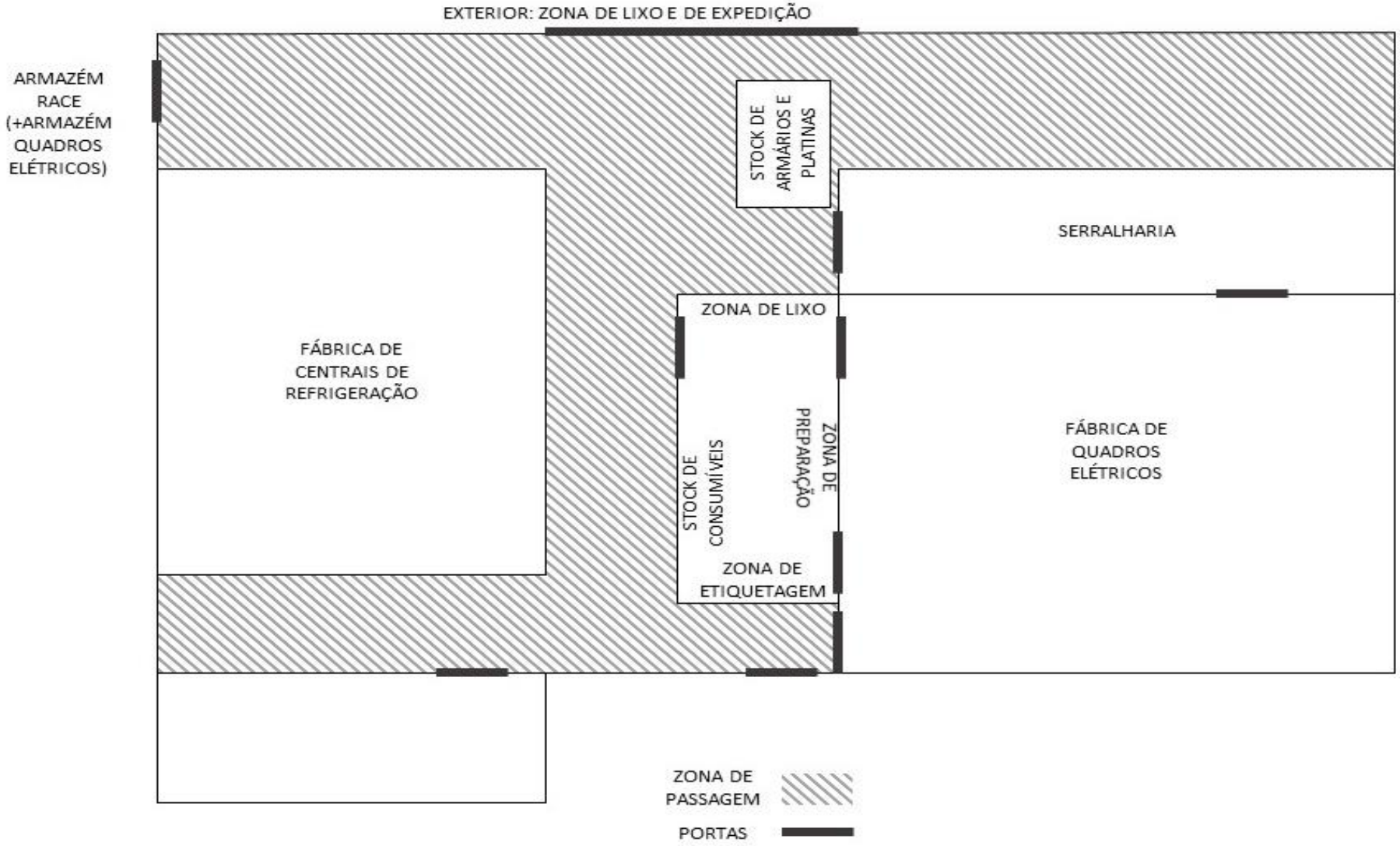
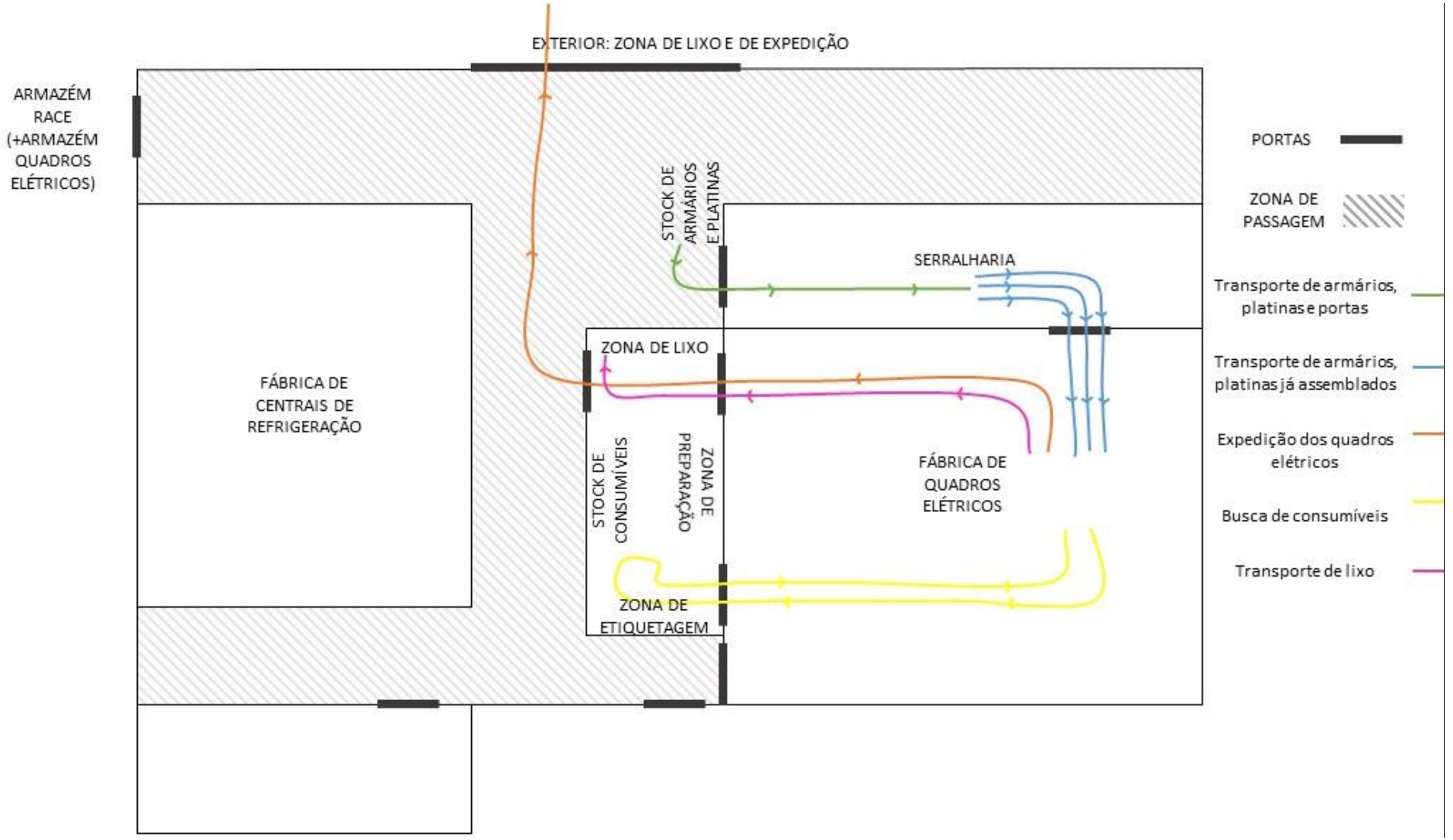


Figura J. 1 - Resultado da entrevista aos trabalhadores da fábrica de quadros elétricos.

ANEXO K: *Layout* da fábrica de quadros elétricos depois da remodelação



ANEXO L: Diagrama de *spaghetti* com as movimentações do processo de fabrico de quadros elétricos para o *layout* depois da remodelação



ANEXO M: Implementação da filosofia 5S's

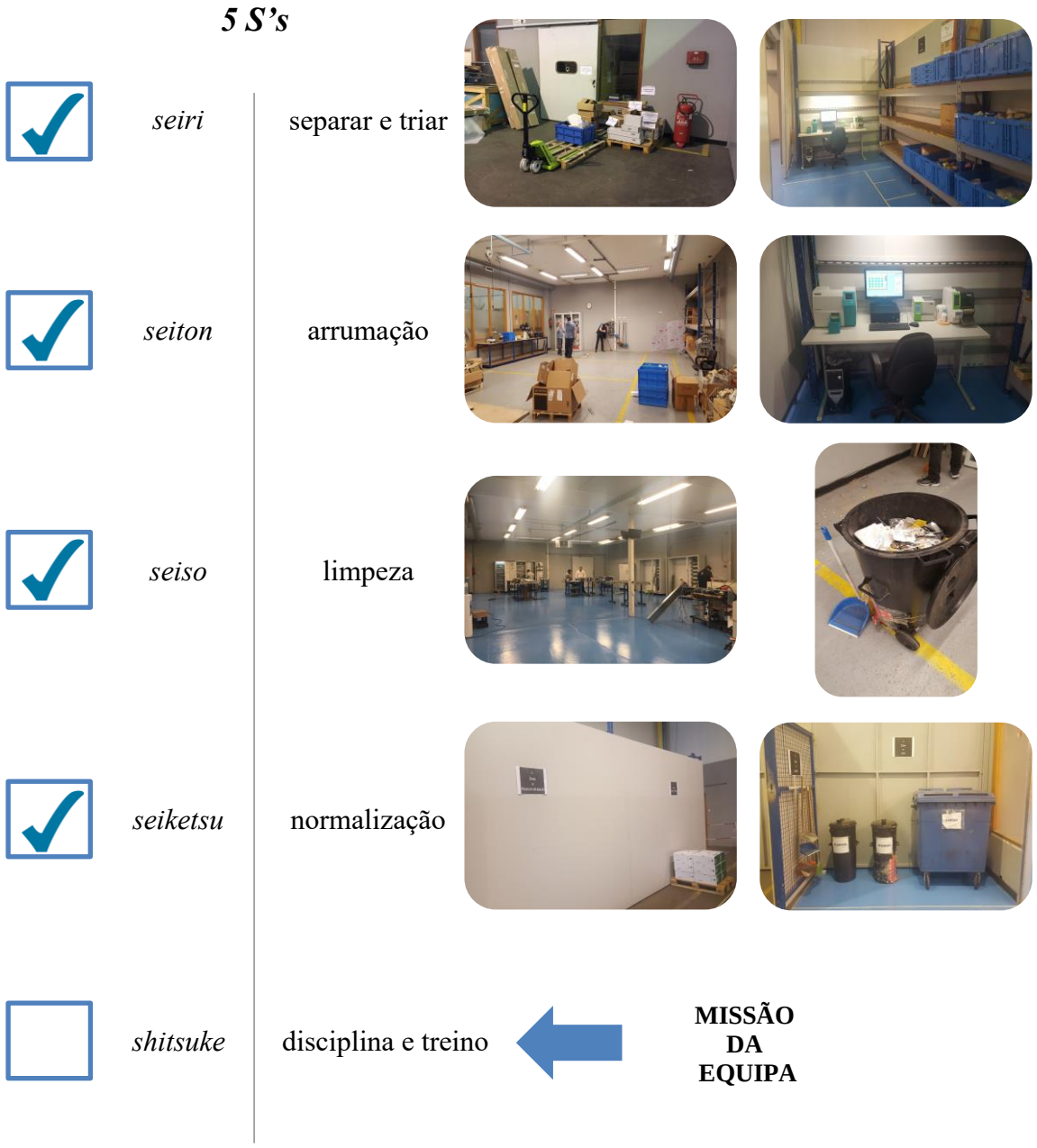


Figura M. 1 - Etapas da implementação da filosofia 5S's.

ANEXO N: Novo quadro de equipa de quadros elétricos

Dentro da área de planeamento quer-se criar duas divisões: uma dedicada ao macroplaneamento e outra ao micro planeamento.

Na Figura N. 1 e na Figura N. 2 mostra-se o modelo do macroplaneamento proposto e a sua lógica de utilização. As tabelas com a data de inicio e a data de conclusão deverão ser atualizadas consoante as alterações transmitidas pelo diretor do departamento de *Manufacturing* que, como se explicou anteriormente, recebe esta informação durante as reuniões de trabalhos semanais nas quais estão presentes todos os departamentos. É de salientar que semanalmente é frequente existirem alterações nas prioridades das ordens de produção.

DATA DE INÍCIO PRODUÇÃO						
SEMANA	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb
Semana A			QE1 Obra X			
Semana B						
Semana C		QE2 Obra X				
Semana D				QE1 Obra Z		
Semana E						

DATA DE CONCLUSÃO PRODUÇÃO						
SEMANA	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb
Semana B					QE1 Obra X	
Semana C						
Semana D				QE2 Obra X		
Semana E				QE1 Obra Z		
Semana F						

Figura N. 1- Modelo de macroplaneamento na semana A.

DATA DE INÍCIO PRODUÇÃO						
SEMANA	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb
Semana B						
Semana C		QE2 Obra X				
Semana D				QE1 Obra Z		
Semana E						
Semana F		QE1 Obra Y				

DATA DE CONCLUSÃO PRODUÇÃO						
SEMANA	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb
Semana A						
Semana B					QE1 Obra X	
Semana C						
Semana D					QE2 Obra X	
Semana E				QE1 Obra Z		

Figura N. 2 - Modelo de macroplaneamento na semana B.

Para o micro planeamento, o objetivo é ter uma visão mais detalhada dos trabalhos diários, algo que não acontecia com as práticas anteriores. O modelo proposto inclui informação sobre o estado de cada produto, isto é, em que fase de execução se encontra e qual o trabalhador responsável pela tarefa em curso. Para cada produto existe um código de cores para sinalizar o estado da sua execução e uma fotografia do trabalhador responsável pela sua realização, como se pode observar na Figura N. 3. A Figura N. 4 explica a legenda do código de cores do quadro de micro planeamento.

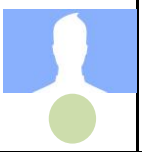
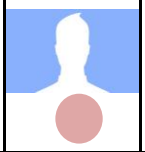
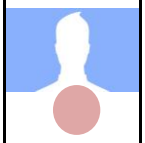
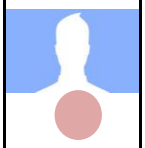
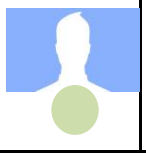
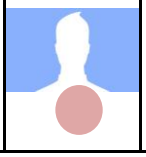
Código	Produto	Data início	Data Fim	Preparação	Assemblagem	Eletrificação	Ensaio	Observações
XXX	QE1 Obra X	Real: / Teórica:	Real: / Teórica:					
YYY	QE1 Obra Y	Real: / Teórica:	Real: / Teórica:					
ZZZ	QE2 Obra Y	Real: / Teórica:	Real: / Teórica:					
VVV	QE1 Obra Z	Real: / Teórica:	Real: / Teórica:					

Figura N. 3 - Quadro de micro planeamento desenvolvido.

Cor	Significado
	NÃO INICIADO
	CONDICIONADO
	EM CURSO
	CONCLUÍDO

Figura N. 4 - Legenda do quadro de micro planeamento.

A escolha dos indicadores de performance a medir teve como objetivo que estes fossem simples, mensuráveis, relevantes e que a equipa tivesse influência direta neles. Os indicadores definidos foram: a quantidade de horas extra realizadas pelos trabalhadores, a percentagem de quadros entregues na data definida e a percentagem de quadros iniciados a tempo. Apesar de os dois primeiros já serem comtemplados no primeiro quadro de equipa, não continham informação fiável. Desta forma, decidiu-se maximizar a qualidade dos indicadores e na nova solução estes irão ser atualizados manualmente e diariamente de forma simples. Os quadros para registo destes três indicadores estão presentes na Figura N. 5,na Figura N. 6 e na Figura N. 7.

Figura N. 5 - Quadro para registo das horas extra realizadas pela equipa de QE´S.

HORAS EXTRA																													
34																													
32																													
30																													
28																													
26																													
24																													
22																													
20																													
18																													
16																													
14																													
12																													
10																													
8																													
6																													
4																													
2																													
0																													
Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

Figura N. 6 - Quadro para monitorização da percentagem de produto iniciada na data definida.

% Produto Iniciado na Data Definida (On Time Start)																													
100%																													
90%																													
80%																													
70%																													
60%																													
50%																													
40%																													
30%																													
20%																													
10%																													
0%																													
Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Nº produtos a entregar																															
Nº produtos entregues																															
% Produtos entregues no dia																															
MOTIVOS																															
Materiais																															
Projeto Elétrico																															
Fator Humano																															
Solicitação Cliente																															
Planeamento Fabrico																															
Ensaios																															

Figura N. 7 - Quadro para monitorização da percentagem de produto concluída na data definida.

% Produto Concluído na Data Definida (On Time Delivery)																													
100%																													
90%																													
80%																													
70%																													
60%																													
50%																													
40%																													
30%																													
20%																													
10%																													
0%																													
Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Nº produtos a entregar																															
Nº produtos entregues																															
% Produtos entregues no dia																															
MOTIVOS																															
Materiais																															
Projeto Elétrico																															
Fator Humano																															
Solicitação Cliente																															
Planeamento Fabrico																															
Ensaios																															

ANEXO O: Análise da diferença entre as duas estimativas de tempo desperdiçado obtidas para o primeiro *layout* da fábrica de quadros elétricos

A diferença entre as duas estimativas de tempo desperdiçado para o primeiro *layout* da fábrica de quadros elétricos pode ter tido origem em diversos fatores. Em primeiro lugar, a estimativa feita para o tempo de procura apresentada no capítulo 4.4.1 teve por base o parecer dos trabalhadores. Ou seja, este tempo poderá ser superior aos 45 minutos indicados.

É igualmente possível que as gravações efetuadas tenham captado momentos de pausa dos trabalhadores, ou outros tempos que não correspondem a nenhum dos três estudados, tais como, reuniões com projetistas. É preciso ainda ter em conta que os vídeos foram feitos fora da altura de pico de trabalho. Verifica-se que pode haver causas assinaláveis que não foram controladas.

Conclui-se que a recolha de dados não foi a adequada. As amostras de filme deveriam ter sido captadas de forma aleatória. Este procedimento teria minorado, em grande parte, a probabilidade de algum dos trabalhadores ter tido um desempenho menos bom na semana das gravações por motivo de doença, por exemplo.

Para além disso, os trabalhadores não deveriam ter tido conhecimento de estarem a ser gravados. Isto evitaria que alguns trabalhadores trabalhassem de maneira diferente da habitual, ou por se sentirem desconfortáveis com a câmara, ou por querem causar boa impressão.

Caso as duas últimas medidas tivessem sido adotadas, poder-se-ia assumir que os dados tinham sido recolhidos de forma aleatória. Imagine-se a recolha de vídeos com a duração de 10 minutos em dias de trabalho diferentes, sem que os trabalhadores soubessem quando a gravação era iniciada. Neste caso, poder-se-ia considerar que a variável Y, minutos passados fora do posto de trabalho, segue uma distribuição hipergeométrica, em que, os resultados sucessivos não são independentes e a probabilidade de ocorrência de cada um dos resultados possíveis não se mantém constante de experiência para experiência. Em notação simbólica escreve-se (Equação O. 1):

$$Y \rightsquigarrow H(M \cdot p, M \cdot q, N)$$

Equação O. 1 - Notação da distribuição hipergeométrica. (Guimarães e Cabral, 2010)

A Tabela O. 1 apresenta a nomenclatura da Equação O. 1.

Tabela O. 1- Legenda da Equação O. 1.

M	Dimensão da população
N	Número de minutos da amostra
D	Número de minutos fora do posto de trabalho
p	Proporção de tempo fora do posto de trabalho
q	Proporção de tempo dentro do posto de trabalho

Sabe-se que, quando M é muito maior do que N, como é o caso, a distribuição hipergeométrica aproxima-se da distribuição binomial. (Guimarães e Cabral, 2010). Como tal, a dimensão da amostra a recolher, ou seja, o número de minutos de vídeo que se deveria ter recolhido, será dado pela seguinte expressão (Equação O. 2):

$$N > \frac{z(\alpha/2)^2 \cdot p \cdot q}{E^2}$$

Equação O. 2 - Expressão para o cálculo do tamanho mínimo da amostra de vídeos a recolher. (Guimarães e Cabral, 2010)

Na Tabela O. 2 segue-se a legenda da Equação O. 2.

Tabela O. 2 - Legenda da Equação O. 2.

E	Erro máximo da estimativa
$\boldsymbol{z(\alpha/2)}$	Valor da variável padronizada para $100 - \alpha$ % de confiança

Será considerado um nível de confiança de 95 % e um erro máximo de 5%. Como os valores de p e q não são conhecidos, substitui-se $\hat{p}$ e $\hat{q}$ pelo valor de 0,5. Sabendo ainda que (Equação O. 3):

$$z(\alpha/2) = z(0.025) = 1.96$$

Equação O. 3 - Valor da variável padronizada para um nível de confiança de 95%. (Guimarães e Cabral, 2010)

Obtém-se, resolvendo a Equação O. 2, que deveriam ter sido gravados, pelo menos, 349 minutos de vídeo. Isto é, 35 amostras de vídeo com a duração de 10 minutos.

ANEXO P: Cálculo dos potenciais ganhos com a adoção do novo *layout* da fábrica de quadros elétricos

Na Equação P. 1, na Equação P. 2 e na Equação P. 3 especifica-se como foram calculados os potenciais ganhos associados à adoção do novo *layout* da fábrica de QE's, nomeadamente: no número de quadros produzidos, na capacidade produtiva da fábrica e na faturação com a venda de quadros elétricos.

$$\frac{horas\ ganhas\ por\ ano\ com\ o\ novo\ layout}{ciclo\ produtivo\ de\ cada\ quadro\ em\ horas} = \frac{1694}{5 * 8} = 42\ quadros/ano$$

Equação P. 1 - Cálculo do potencial número de quadros adicionais produzidos com o novo *layout* da fábrica de QE's.

$$\frac{capacidade\ adicional\ de\ produção\ por\ ano}{número\ de\ quadros\ produzidos\ por\ ano} * 100 = \frac{42}{250} * 100 = 16{,}8\ \%$$

Equação P. 2 - Cálculo do ganho potencial na capacidade produtiva com o novo layout da fábrica de QE's.

$$capacidade\ de\ produção\ adicional\ por\ ano * lucro\ associado\ à\ venda\ de\ um\ quadro = 42 * 12\,000 = 508\,230\ €$$

Equação P. 3 - Cálculo do potencial adicional de faturação com o novo *layout* da fábrica de QE's.

ANEXO Q: Implementação do quadro de equipa na fábrica de quadros elétricos

Na Figura Q. 1, na Figura Q. 2 e na Figura Q. 3 apresenta-se o estado dos indicadores e do quadro de equipa de quadros elétricos na semana de 10 a 15 de Junho de 2018.

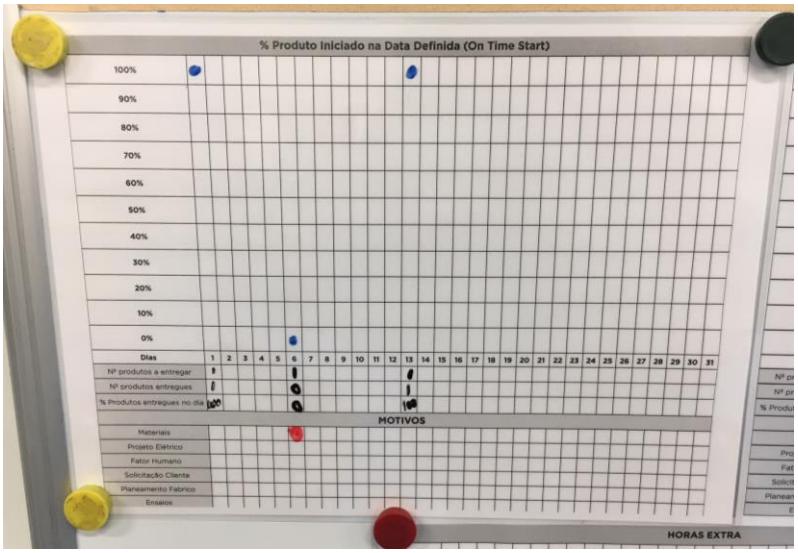


Figura Q. 1 - Indicador da % percentagem de produto iniciada na data definida na semana de 10 a 15 de Junho de 2018.

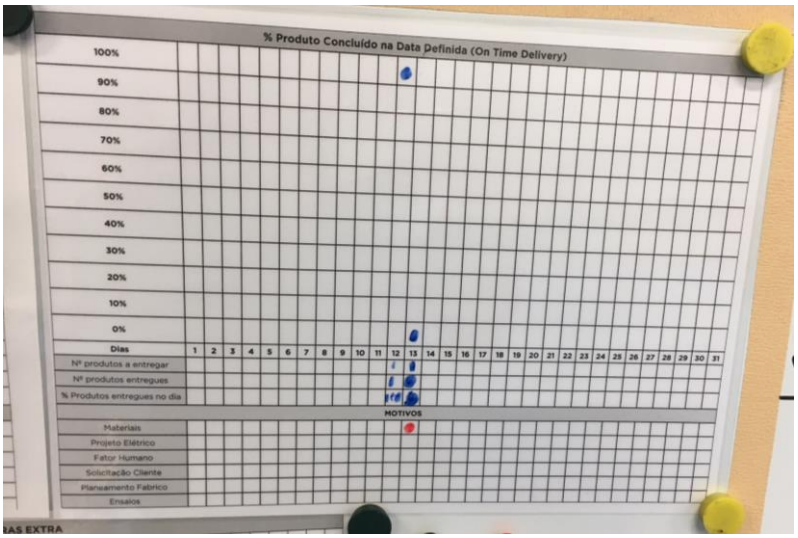


Figura Q. 2 - Indicador da % percentagem de produto concluído na data definida na semana de 10 a 15 de Junho de 2018.



Figura Q. 3 - Quadro da equipa de fabrico de quadros elétricos na semana de 10 a 15 de Junho de 2018.