



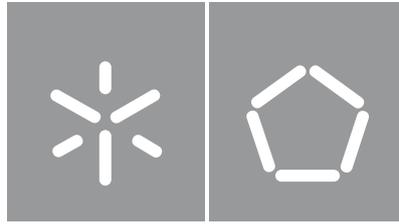
Maria Inês Marques Quelhas

Aplicação de princípios *Lean Thinking*  
para reconfigurar um sistema  
produtivo de transformadores Core

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia







**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Maria Inês Marques Quelhas

**Aplicação de princípios *Lean Thinking*  
para reconfigurar um sistema  
produtivo de transformadores Core**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da  
**Professora Doutora Anabela Carvalho Alves**

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

Ao longo destes meses nos quais abracei este desafio, foram muitas as pessoas que me deram força, carinho e ensinamentos essenciais para o desenvolvimento deste projeto. Por isso, gostaria de deixar um grande obrigado a todas essas pessoas.

À Efacec por me ter dado a oportunidade de estagiar lá. Aos membros da equipa *Lean* onde estive a trabalhar, em particular à minha orientadora de estágio Maria Martins, pela disponibilidade para me tirar dúvidas e por me estimular a fazer mais e melhor a cada dia. Aos membros da equipa de manutenção, que foram sempre muito simpáticos. À Adriana por ser a melhor colega de estágio que poderia ter tido, por me saber ouvir e incentivar sempre que precisava. Aos chefes de turno da Linha M, António e Emanuel e a todos os coladoradores, em especial ao Telmo, ao Hugo, ao Fábio P., ao Fábio F., ao Marco S., ao Marco N., ao Bruno, ao António, ao João, ao Helder S., ao Helder C., ao Artur, ao Nuno, ao Aranda, ao Carlos e ao Ricardo, que tiveram paciência para me esclarecer todas as perguntas que lhes fazia, que me fizeram sentir parte da equipa e que me fizeram rir todos os dias.

À minha orientadora da universidade, a professora Anabela Alves, um agradecimento muito especial pela disponibilidade, motivação, conhecimento e rigor que me transmitiu ao longo de todo o percurso.

Aos amigos que a universidade me trouxe e com quem partilhei cinco anos inesquecíveis, fico grata pelos nossos caminhos se terem cruzado e por poder crescer e aprender tanto ao vosso lado. Obrigada Flor, Cacho, Marques, Alex, Verónica, Isac, Martins, Zé Rui e Tomás. São pessoas extraordinárias e inspirações para mim.

Aos meus amigos do secundário, Núria, Rafaela, Maria, Ricardo, Nelo e Fábio, que são como família para mim (e netos para a minha avó!), obrigada pela boa energia que me transmitem, porque é ao vosso lado que vivo as melhores experiências da vida. Obrigada também por todos os conselhos que me dão e por tudo o que me ensinam.

À Inês e à Sãozinha por me aturarem desde que me conheço e por estarem sempre lá para mim.

À Bárbara por ser a melhor ouvinte e pela grande amizade que mantemos, mesmo à distância.

À minha família, que é o meu porto seguro e que me conforta sempre que preciso, obrigada por acreditarem sempre em mim e por fazerem de mim uma pessoa tão sortuda.

E por fim, um agradecimento muito especial ao Fábio, que me conforta quando não estou bem e que me faz rir até chorar. Obrigada por seres o melhor ouvinte e a pessoa que mais me motiva e acredita em mim. A vida é muito melhor ao teu lado!

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

# Aplicação de princípios *Lean Thinking* para reconfigurar um sistema produtivo de transformadores Core

## RESUMO

O presente projeto de dissertação está inserido no Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho. Este trabalho teve como principal objetivo a implementação de princípios *Lean Thinking* na reconfiguração de um sistema produtivo de transformadores *Core na Efacec - Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos, S.A.*

A metodologia de investigação utilizada nesta dissertação foi a Investigação-Ação, cuja primeira etapa consiste no diagnóstico da situação inicial. Para tal, identificou-se, numa primeira fase, os subprocessos críticos do sistema, isto é, aqueles cujos tempos eram mais elevados. De seguida, aplicou-se um conjunto de ferramentas a esses subprocessos como o estudo de tempos e métodos, concretizado através da utilização do sistema *MaxiMOST*, o diagrama de *spaghetti*, o diagrama de sequência-executante e as *checklists* de auditoria 5S, que foram cruciais na identificação dos desperdícios existentes nos subprocessos. Como consequência, detetaram-se vários problemas tais como elevado tempo que não acrescentava valor ao produto, elevadas distâncias percorridas, desorganização dos postos de trabalho, entre outros.

No sentido de combater os problemas anteriormente referidos, constatou-se que as oportunidades de melhoria requeriam a implementação de 5S e gestão visual, a modificação da localização de alguns materiais, a aplicação de SMED, a definição de métodos de trabalho, a criação de um sistema *kanban*, a criação de um mecanismo *poka-yoke*, entre outras.

Com a implementação das melhorias propostas, estimou-se uma redução em 4% do tempo do subprocesso de Bobinagem Alta Tensão, uma redução de 32% da distância percorrida pelos operadores e uma poupança anual de 6323€. No que concerne ao subprocesso de Preparação de Bobinas, a redução do tempo ascende a 8.4% e da distância percorrida em 30.3%, totalizando uma poupança anual de 4735€. Por fim, no subprocesso de Formação de Fases, a redução do tempo foi de 20.5% e a da distância de 3.5%, o que representava uma poupança anual de 8906€. Em suma, as melhorias propostas preveem uma poupança total de 19964€/ano.

## PALAVRAS-CHAVE

5S; *Lean Production*; *MaxiMOST*; SMED.

## Application of *Lean Thinking* principles for reconfigure a productive system of Core transformers

### ABSTRACT

This dissertation project is part of the Integrated Master in Engineering and Industrial Management from the University of Minho. This work had as main objective the implementation of Lean Thinking principles for the reconfiguration of a productive system of Core transformers at *Efacec - Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos, S.A.*

The research methodology used in this dissertation was Action-Research, whose first stage consists of diagnosing the initial situation. For this purpose, the critical sub-processes of the system were identified, in a first phase, which are those whose process times were higher. Then, a set of tools was applied to these sub-processes, such as the study of times and methods, implemented through the use of the MaxiMOST system, the spaghetti diagram, the sequence diagram and the 5S audit checklists, which were crucial in the identification of waste in the sub-processes. As a result, several problems were detected, such as high time that does not add value to the product, long distances, disorganization of workstations.

In order to address the aforementioned problems, it was found that the opportunities for improvement required the implementation of 5S and visual management, the modification of the location of some materials, the application of SMED, work methods definition, the creation of a *kanban* system, the creation of a mechanism poka-yoke, among others.

With the implementation of the proposed improvements, it was estimated a 4% reduction in the time of the High Voltage Winding sub-process, a 32% reduction in the distance traveled by operators and an annual saving of 6323€. With regard to the Coil Preparation sub-process, the time reduction amounted to 8.4% and the distance covered by 30.3%, totaling an annual saving of 4735€. Finally, in the Phase Formation sub-process, time reduction was 20.5% and distance reduction 3.5%, which represented an annual saving of 8906€. In short, the proposed improvements foresee a total savings of 19964€/year.

### KEYWORDS

5S; *Lean Production*; *MaxiMOST*; SMED

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas .....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xv
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação .....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão Bibliográfica .....	7
2.1 <i>Lean Production</i> .....	7
2.1.1 Casa TPS .....	8
2.1.2 Sete tipos de desperdício .....	10
2.1.3 Princípios <i>Lean Thinking</i> .....	11
2.2 Ferramentas <i>Lean</i> .....	12
2.2.1 <i>Kaizen</i> .....	12
2.2.2 Técnica dos 5S.....	13
2.2.3 <i>Standard Work</i> .....	14
2.2.4 Mecanismos <i>Poka-Yoke</i> .....	15
2.2.5 <i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED).....	15
2.3 <i>Lean</i> num contexto <i>Engineer-To-Order</i> .....	16
2.4 Estudo do Trabalho .....	17
2.4.1 Sistemas Predeterminados de Tempos de Movimentos .....	18
2.4.2 Maynard Operation Sequence Technique (MOST) .....	19
3. Apresentação da Empresa .....	26

3.1	Grupo <i>Efacec</i> .....	26
3.2	Áreas de negócios .....	27
4.	Descrição e Análise Crítica do Estado Atual .....	30
4.1	Descrição do produto, do processo produtivo e do fluxo .....	30
4.1.1	Transformador Core e materiais.....	30
4.1.2	Fases do processo produtivo.....	31
4.1.3	<i>Layout</i> e fluxo produtivo .....	38
4.2	Análise crítica e identificação de problemas .....	39
4.2.1	Identificação dos subprocessos a estudar .....	39
4.2.2	Subprocesso Bobinagem AT .....	40
4.2.3	Subprocesso Preparação de Bobinas .....	47
4.2.4	Subprocesso Formação de Fases.....	50
4.2.5	Síntese dos problemas identificados.....	56
5.	Apresentação de Propostas de Melhoria .....	57
5.1	Implementação de propostas de melhoria no subprocesso de Bobinagem AT.....	59
5.1.1	Implementação de 5S e Gestão Visual .....	59
5.1.2	Reativação do armário de ferramentas .....	62
5.1.3	Colocação dos materiais do <i>kit</i> no posto de trabalho .....	63
5.1.4	Definição de métodos de trabalho .....	64
5.1.5	Inclusão dos cartões de proteção de pontas no <i>kit</i> .....	64
5.2	Implementação de propostas de melhoria no subprocesso de Preparação de Bobinas.....	64
5.2.1	Implementação de 5S e Gestão Visual .....	65
5.2.2	Colocação de estantes de calços na Calibragem .....	66
5.2.3	Aplicação de SMED no posto de Decapagem.....	67
5.2.4	Eliminação da informação desnecessária ao posto de trabalho .....	68
5.3	Implementação de propostas de melhoria no subprocesso de Formação de Fases .....	69
5.3.1	Implementação de 5S e Gestão Visual .....	69
5.3.2	Criação de um sistema <i>Kanban</i> no subprocesso de Formação de Fases.....	71
5.3.3	Criação de um mecanismo <i>Poka-yoke</i> .....	72

5.3.4	Aquisição de uma fita métrica flexível .....	72
6.	Análise e Discussão de Resultados .....	74
6.1	Redução de tempos, distâncias e custos do subprocesso de Bobinagem AT .....	74
6.1.1	Resultados da implementação de 5S e Gestão Visual .....	74
6.1.2	Resultados da reativação dos armários de ferramentas .....	75
6.1.3	Resultados da colocação dos materiais do <i>kit</i> em cada posto de trabalho .....	75
6.1.4	Resultados da definição de métodos de trabalho .....	75
6.1.5	Resultados da inclusão de cartões de proteção de pontas no <i>kit</i> dos isolantes .....	76
6.2	Redução de tempos, distâncias e custos do subprocesso de Preparação de Bobinas .....	76
6.2.1	Resultados da implementação de 5S e Gestão Visual .....	77
6.2.2	Resultados da implementação de SMED na Decapagem .....	77
6.2.3	Resultados da colocação de estantes de calços no posto de Calibragem.....	77
6.2.4	Resultados do resumo da informação afixada no posto.....	78
6.3	Redução de tempos, distâncias e custos do subprocesso de Formação de Fases .....	78
6.3.1	Resultados da implementação de 5S e Gestão Visual .....	78
6.3.2	Resultados da criação de um sistema <i>kanban</i> .....	79
6.3.3	Resultados da criação de um mecanismo <i>Poka-Yoke</i> .....	79
6.3.4	Resultados da utilização de fita métrica flexível.....	79
6.4	Síntese e discussão de resultados .....	80
6.4.1	Discussão de resultados quantitativos .....	80
6.4.2	Discussão de resultados qualitativos .....	81
7.	Conclusão .....	83
7.1	Considerações finais .....	83
7.2	Trabalho futuro .....	84
	Referências Bibliográficas .....	86
	Apêndice 1 - Análise MOST no Posto de Bobinagem AT .....	91
	Apêndice 2 - Gráfico de sequência do processo de Bobinagem AT .....	93
	Apêndice 3 - Auditoria Inicial 5S Bobinagem AT .....	97
	Apêndice 4 - Auditoria Inicial 5S Preparação de Bobinas .....	98

Apêndice 5 - Auditoria Inicial 5S Formação de Fases .....	99
Apêndice 6 - Lista de Materiais Bobinagem AT .....	100
Apêndice 7 - One Point Lesson Bobinagem AT .....	101
Apêndice 8 - Segunda auditoria 5S Bobinagem AT .....	102
Apêndice 9 - Lista de Materiais Preparação de Bobinas .....	103
Apêndice 10 - Segunda Auditoria 5S Preparação de Bobinas .....	104
Apêndice 11 - Aplicação de SMED no Posto de Decapagem .....	105
Apêndice 12 - Lista de Materiais Formação de Fases .....	106
Apêndice 13 - One Point Lesson Formação de Fases.....	108
Apêndice 14 - Segunda Auditoria 5S Formação de Fases .....	109
Apêndice 15 - Questionário Efetuado aos Operadores Sobre Melhorias Implementadas .....	110
Apêndice 16 - Resultados Do Questionário Sobre Melhorias Implementadas .....	111
Anexo 1 - Tabelas MOST .....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquematização das fases da metodologia Investigação-Ação .....	4
Figura 2 - Percentagem de publicações de cada tipo utilizadas na revisão bibliográfica .....	4
Figura 3 - Percentagem de publicações com menos de 5 anos e com mais do que 5 anos .....	5
Figura 4 - A casa TPS .....	9
Figura 5 - Os cinco princípios do <i>Lean Thinking</i> .....	11
Figura 6 - As fases do ciclo PDCA .....	13
Figura 7 - Sede <i>Efacec</i> : Polo da Arroiteia, Matosinhos .....	27
Figura 8 - Áreas de negócio <i>Efacec</i> .....	27
Figura 9 - Transformador do tipo Core.....	28
Figura 10 - Esquematização da parte ativa de um transformador trifásico com dois enrolamentos .....	29
Figura 11 - Fluxograma do processo produtivo do Transformador Core .....	31
Figura 12 - Pormenor de uma bobina AT.....	32
Figura 13 - Posto de Decapagem .....	33
Figura 14 - Posto de Preparação e Carga .....	33
Figura 15 - Posto de Calibragem .....	34
Figura 16 - Posto de Preparação de Pontas.....	34
Figura 17 - Posto de Formação de Fases .....	35
Figura 18 - Posto de Montagem da Parte Ativa .....	35
Figura 19 - Posto de Ligações .....	36
Figura 20 - <i>Vapour Phase</i> .....	37
Figura 21 - Posto de Montagem Final e Encubação .....	37
Figura 22 - Fluxo Produtivo do transformador Core.....	38
Figura 23 - Tempo de ciclo de cada subprocesso .....	40
Figura 24 - Cabeçalho do gráfico de sequência-executante do subprocesso de Bobinagem AT .....	41
Figura 25 - Classificação do valor das atividades no subprocesso de Bobinagem AT .....	42
Figura 26 - Diagrama de <i>spaghetti</i> das deslocações do posto de Bobinagem AT .....	43
Figura 27 - Exemplos de desorganização das bancadas de trabalho do posto de Bobinagem AT .....	44
Figura 28 - Pranchetas utilizadas no posto de Bobinagem AT .....	46
Figura 29 - Máquina de cruzamentos .....	46
Figura 30 - <i>Kit</i> dos Isolantes utilizado no posto de Bobinagem AT .....	47

Figura 31 – Classificação do valor das atividades no subprocesso de Preparação de Bobinas .....	48
Figura 32 - Diagrama de <i>spaghetti</i> das deslocções do subprocesso de Preparação de Bobinas .....	49
Figura 33 - Desorganização da bancada (a) e equipamentos que não são utilizados (b) .....	50
Figura 34 - Suportes de bobinas da Preparação de Pontas .....	50
Figura 35 – Classificação do valor das atividades no subprocesso de Formação de Fases .....	51
Figura 36 - Diagrama de <i>spaghetti</i> das deslocções do subprocesso de Formação de Fases.....	52
Figura 37 - Sobras de materiais existentes nos armários do posto de Formação de Fases.....	53
Figura 38 - Materiais do posto de Formação de Fases com identificação indevida.....	53
Figura 39 - Objetos a obstruir o abastecimento de materiais ao posto de Formação de Fases .....	54
Figura 40 - Colocção das réguas com o auxílio do nastro.....	54
Figura 41 - Medição do perímetro de uma bobina na Formação de Fases.....	55
Figura 42 - Bancada de trabalho com marcações do local de cada material.....	60
Figura 43 – Calços e placas auxiliares armazenados na bancada de trabalho.....	60
Figura 44 - Caixas das placas auxiliares antes da arrumação (a) e após (b) .....	61
Figura 45 - Arrumação e identificação das caixas com placas auxiliares.....	61
Figura 46 - Armário de ferramentas do posto de Bobinagem, desativado .....	62
Figura 47 - Protótipo da estante a colocar no posto de Bobinagem AT .....	63
Figura 48 - Consumíveis do posto de Calibragem (a) e do posto de Preparação de Pontas (b).....	65
Figura 49 - Identificação das estantes de calços.....	65
Figura 50 - Atividades de <i>set-up</i> do posto de Decapagem .....	67
Figura 51 - Visão frontal (a) e lateral (b) do posto de Decapagem após a alteração do <i>layout</i> .....	68
Figura 52 - Visão geral dos armários após implementação (a) e em detalhe (b e c).....	70
Figura 53 - Exemplo de um cartão <i>kanban</i> para reposição de material.....	71
Figura 54 - Esquema do sistema <i>kanban</i> a colocar no posto de Formação de Fases.....	72
Figura 55 - Fita métrica flexível de 10 metros.....	73
Figura 56 - Extrato da tabela <i>MOST</i> para o posto de Bobinagem AT.....	91
Figura 57 - Gráfico de sequência-executante do subprocesso Bobinagem AT 1/4 .....	93
Figura 58 - Gráfico de sequência-executante do subprocesso Bobinagem AT 2/4 .....	94
Figura 59 - Gráfico de sequência-executante do subprocesso Bobinagem AT 3/4 .....	95
Figura 60 - Gráfico de sequência-executante do subprocesso Bobinagem AT 4/4 .....	96
Figura 61 - Listagem dos itens existentes no posto Bobinagem AT.....	100
Figura 62 - <i>One Point Lesson</i> do posto de trabalho da Bobinagem AT.....	101

Figura 63 - Listagem dos itens existentes no posto de Preparação de Bobinas.....	103
Figura 64 - Aplicação da ferramenta SMED no posto de Decapagem .....	105
Figura 65 - Listagem dos itens existentes no posto de Formação de Fases .....	107
Figura 66 - <i>One Point Lesson</i> do posto de trabalho da Formação de Fases .....	108
Figura 67 - Questionário para aferir o grau de satisfação com as melhorias implementadas.....	110
Figura 68 - Respostas à questão: Qual o subprocesso em que trabalha?.....	111
Figura 69 - Respostas à questão 1 .....	111
Figura 70 - Respostas à questão 2.....	111
Figura 71 - Respostas à questão 3 .....	112
Figura 72 - Respostas à questão 4.....	112
Figura 73 - Tabela <i>MaxiMOST</i> com a indexação a aplicar para a deslocação horizontal.....	113

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Os sete tipos de desperdício .....	10
Tabela 2 - Família de sistemas MOST .....	20
Tabela 3 - Atividades básicas manuais do sistema <i>MaxiMOST</i> .....	24
Tabela 4 - Síntese dos problemas identificados, consequências e tipos de desperdícios .....	56
Tabela 5 - Plano de ação para a implementação das propostas de melhoria .....	58
Tabela 6 - Resumo da redução de tempo de setup em cada estágio .....	68
Tabela 7 - Resultados implementação 5S no posto de Bobinagem AT .....	74
Tabela 8 - Resultados reativação do armário de ferramentas .....	75
Tabela 9 - Resultados colocação de estantes para os materiais do <i>kit</i> em cada posto.....	75
Tabela 10 - Resultados criação de um método para preparação e arrumação do posto de trabalho....	76
Tabela 11 - Resultados inclusão cartões de proteção de pontas no <i>kit</i> dos isolantes.....	76
Tabela 12 - Resultados implementação 5S no subprocesso de Preparação de Bobinas.....	77
Tabela 13 - Resultados da implementação de SMED na Decapagem .....	77
Tabela 14 - Resultados da colocação de estantes de calços na Calibragem .....	78
Tabela 15 - Resultados da remoção de materiais da Preparação de Bobinas .....	78
Tabela 16 - Resultados criação de um sistema <i>kanban</i> na Formação de Fases .....	79
Tabela 17 - Resultados criação de um mecanismo <i>poka-yoke</i> .....	79
Tabela 18 - Quadro resumo dos resultados obtidos no subprocesso de Bobinagem Vertical .....	80
Tabela 19 - Quadro resumo dos resultados obtidos no subprocesso de Preparação de Bobinas .....	81
Tabela 20 - Quadro resumo dos resultados obtidos no posto de Formação de Fases .....	81
Tabela 21 - Auditoria Inicial 5S no posto de Bobinagem AT .....	97
Tabela 22 - Auditoria Inicial 5S no posto de Preparação de Bobinas .....	98
Tabela 23 - Auditoria Inicial 5S no posto de Formação de Fases.....	99
Tabela 24 – 2ª Auditoria 5S no posto de Bobinagem AT.....	102
Tabela 25 – 2ª Auditoria 5S no posto de Preparação de Bobinas .....	104
Tabela 26 – 2ª Auditoria 5S no posto de Formação de Fases.....	109

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

3M - *Muda, Mura e Muri*

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

5W2H - *Who, What, Where, When, Why, How, How Much*

AT – Alta Tensão

BT – Baixa Tensão

ETO – *Engineer-To-Order*

IO – Instrução Operacional

JIT - *Just-In-Time*

MOST – *Maynard Operation Sequence Technique*

MTM – *Methods Time Measurement*

OPL - *One Point Lesson*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

PMTS - *Predetermined Motion Time System*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TN - Tempo Normal

TP – Tempo Padrão

TPS - *Toyota Production System*

TRF – Transformador

## 1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação enquadra-se no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho. Esta foi desenvolvida na empresa Efacec - Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos, S.A, que será posteriormente apresentada no capítulo 3. Neste capítulo pretende-se apresentar o enquadramento geral no qual está inserida a dissertação, os seus objetivos, a metodologia de investigação utilizada e a estrutura do documento.

### 1.1 Enquadramento

Num mundo onde a competitividade é a palavra-chave para a sobrevivência de muitas empresas, assiste-se a um interesse crescente em compreender a estratégia competitiva mais adequada para superar os concorrentes (Hallam et al., 2018). Além disso, as empresas têm também sido pressionadas para dar resposta aos maiores problemas do século XXI, entre os quais se incluem as alterações climáticas, a poluição e o custo crescente de energia e recursos. A combinação dos problemas apresentados estimula a busca por estratégias que aliem os bons resultados financeiros com a responsabilidade ambiental e social da organização (Cherrafi et al., 2016).

Nesse contexto, as empresas procuram filosofias, métodos e ferramentas que lhes permitam melhorar a cadeia de valor para satisfazer os requisitos dos clientes (Hallam et al., 2018). Uma dessas filosofias é o *Lean Production*, que foi popularizada através do livro “The machine that changed the world” de Womack, Jones e Roos. Esta surgiu num período de crise económica, após a II Guerra Mundial, na *Toyota Motor Company*, onde se estavam a verificar graves quebras nas vendas e, devido à falta de capital e de moeda de troca estrangeira, a produção em massa não era uma opção viável (Womack et al., 1990). Desta forma, a *Toyota Motor Company* criou uma filosofia de produção, que defende a eliminação dos vários tipos de desperdício existentes dentro de uma organização, através da aplicação de ações de melhoria que permitem aumentar a capacidade do sistema produtivo (Monden, 1998; Ohno, 1988). Nesta filosofia, é considerado como desperdício tudo aquilo que não contribui diretamente para adicionar valor a um produto, na perspetiva das necessidades e requisitos do cliente, estando identificadas sete classes principais: sobreprodução, esperas, transportes, sobreprocessamento, inventário, movimentações e defeitos (Ohno, 1988).

Portanto, a *Lean Production* promove a produção orientada à redução de desperdícios num sistema produtivo, sendo o *Lean Thinking* a filosofia por trás de *Lean production* e promove um pensamento

diferente, no qual os trabalhadores são encorajados e motivados a procurar por problemas e a encontrar formas para os solucionar (Bittencourt et al., 2021). Assim, a máxima do pensamento *Lean* (*Lean Thinking*) é entregar aos clientes exatamente aquilo que eles necessitam para cumprir com os seus propósitos, sem desperdícios, o que é concretizado através dos cinco princípios do *Lean Thinking* (Powell et al., 2014; Womack & Jones, 1996).

Esta aplicação bem-sucedida tem sido global e transversal a empresas de bens e serviços, contribuindo para melhorar a economia dos países e reduzido o impacto ambiental (Amaro et al., 2019; Sanidas & Shin, 2017).

A implementação desta filosofia requer a aplicação de certas ferramentas, entre as quais se salientam os 5S, a gestão visual, os procedimentos de trabalho padronizados (*Standard Work*), o SMED (*Single Minute Exchange of Die*) e os mecanismos *poka-yoke*, que revelam trazer ganhos consideráveis na melhoria de sistemas produtivos, tal como indicam as seguintes publicações (Carvalho et al., 2011; Costa et al., 2013).

A empresa onde foi realizada esta dissertação produz equipamentos customizados pelo cliente, nomeadamente, transformadores, o que implica que todo o processo de *design*, engenharia e produção, seja feito unicamente para a encomenda em causa. Considera-se que esta empresa tem uma resposta à procura de *Engineer-To-Order* (ETO). Este contexto requer um esforço substancial em vendas, compras, engenharia e gestão de projetos (Strandhagen et al., 2018). Por estes motivos, esta empresa produz uma grande variedade de modelos de cada produto, e um baixo volume de produção, o que faz com que a implementação da filosofia *Lean Production* seja mais desafiante. No entanto, os princípios *Lean Thinking* têm sido aplicados com sucesso nesta empresa, como se pode ver na publicação de Amorim (2014), que obteve uma redução no *lead time* em 23% e num aumento da capacidade produtiva em 30% e na publicação de Marques (2015) que conseguiu um ganho anual de 18018€, associada a uma redução do tempo da montagem final em 13%. No entanto, a implementação dos princípios *Lean Thinking* possibilitam a melhoria contínua dos processos, o que será a motivação para a presente dissertação.

## 1.2 Objetivos

Esta dissertação teve como objetivo principal a melhoria do sistema de produção dos transformadores Core, através da aplicação dos princípios *Lean Thinking* e ferramentas *Lean Production*, que visam a

eliminação das atividades sem valor acrescentado. Para concretizar este objetivo, foi necessário passar pelas seguintes etapas:

- Caracterizar o estado atual do sistema e identificar as etapas críticas do processo;
- Estudar os fluxos de movimentações nos postos críticos;
- Estudar os tempos de valor acrescentado e sem valor acrescentado nos postos críticos;
- Quantificar os desperdícios existentes nos postos críticos;
- Atuar sobre os postos críticos elaborando propostas de melhoria;
- Implementar propostas de melhoria validadas pela empresa.

Desta forma, os resultados que se esperava alcançar passaram por:

- Redução do tempo de percurso;
- Diminuição das distâncias de movimentação e transporte;
- Redução de custos.

### 1.3 Metodologia de investigação

A dissertação foi desenvolvida utilizando a metodologia Investigação-Ação (*Action-Research*), caracterizada por ser uma pesquisa participativa na qual existe uma interação do investigador com todos os envolvidos no projeto (O'Brien, 1998). Esta metodologia foi introduzida em 1946 por Kurt Lewin, e defende que seja feita uma pesquisa de literatura de suporte ao tema estudado, em simultâneo com a colaboração dos envolvidos do sistema para proceder à análise do estado atual, o que se designa por *learning by doing* ou, em português, aprender enquanto se faz. Depois desta análise, é elaborada a identificação e implementação de ações que visam alcançar os objetivos traçados inicialmente (O'Brien, 1998; Susman & Evered, 1978).

A Investigação-ação pode ser vista como um processo cíclico de cinco fases: diagnóstico, planeamento de ações, implementação de ações, avaliação dos resultados obtidos e especificação dos conteúdos aprendidos (Susman & Evered, 1978). Na Figura 1 encontra-se uma esquematização das fases desta metodologia, bem como um resumo das principais tarefas que foram realizadas em cada etapa nesta dissertação.

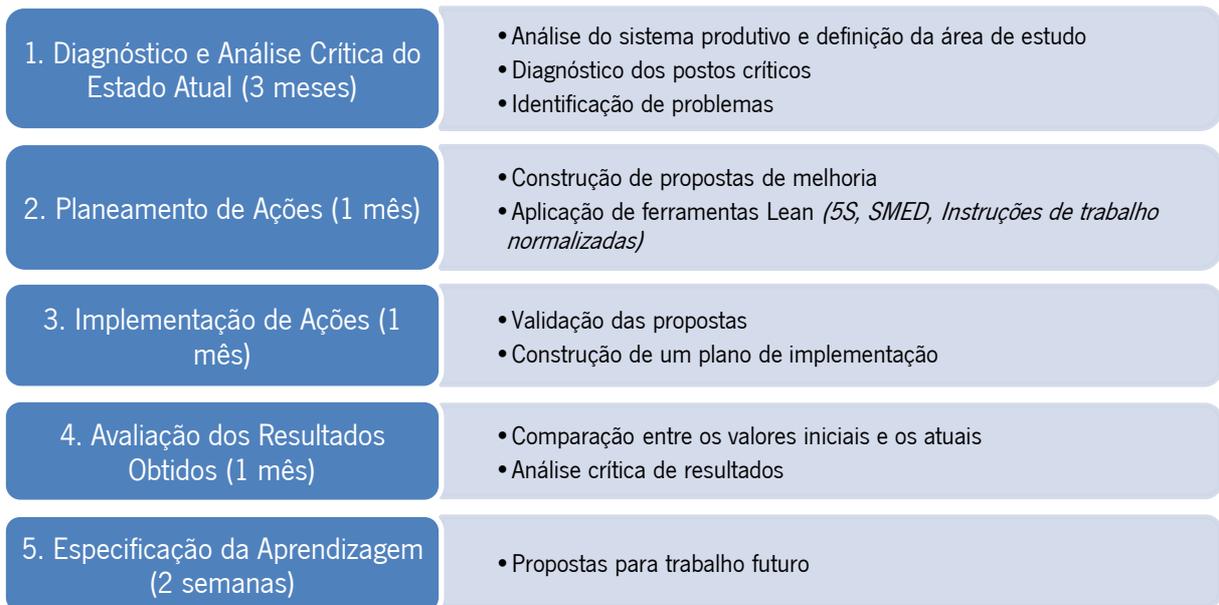


Figura 1 - Esquematização das fases da metodologia Investigação-Ação

Para a elaboração do diagnóstico apresentado na primeira fase da Figura 1, que demorou três meses, recorreu-se à análise de documentos da empresa e à recolha de dados e informações. Neste sentido, fez-se um estudo de tempos e métodos, um estudo das movimentações nos postos críticos que serão alvo de intervenção e de uma auditoria inicial 5S. De seguida, foi feita a identificação detalhada das atividades desempenhadas nos postos de trabalho críticos, e a respetiva separação em atividades que acrescentem valor e que não acrescentam. Além disso, a observação dos postos de trabalho e o diálogo com os colaboradores também foram fundamentais durante o processo de diagnóstico.

Simultaneamente, foi feita uma pesquisa bibliográfica acerca das metodologias e ferramentas usadas neste projeto, como o *Lean Production*, e o estudo do trabalho, com particular foco nos sistemas predeterminados de tempos de movimentos, e outras que serão referidas posteriormente. Neste contexto, a pesquisa foi efetuada recorrendo-se a diversas fontes literárias nomeadamente artigos científicos (66%), livros (27%), dissertações (5%) e outras fontes (2%), tal como se visualiza na Figura 2.

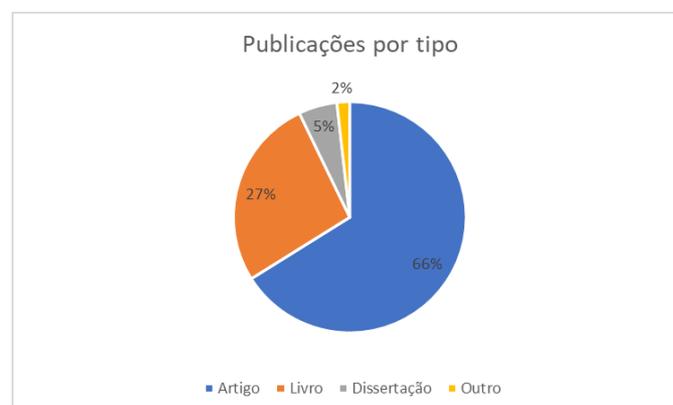


Figura 2 - Percentagem de publicações de cada tipo utilizadas na revisão bibliográfica

Das fontes utilizadas na revisão bibliográfica salienta-se que 38% apresenta menos do que 5 anos e 63% apresenta mais do que 5 anos (Figura 3), sendo que sempre que possível se procurou recorrer a artigos publicados a partir do ano de 2000.

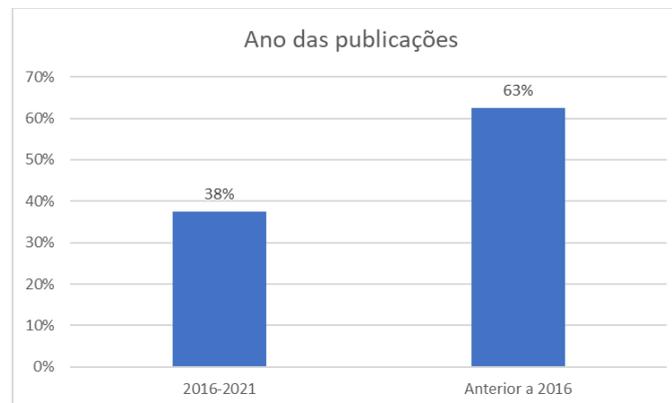


Figura 3 - Percentagem de publicações com menos de 5 anos e com mais do que 5 anos

Na fase de planeamento de ações, que despendeu um mês, analisaram-se os dados recolhidos na fase anterior para conceber propostas de melhorias que visavam solucionar os problemas identificados, através da aplicação de várias ferramentas *Lean*, tais como o 5S, a gestão visual, as instruções de trabalho normalizadas e os mecanismos *Poka-Yoke*.

Na fase de implementação de ações, que demorou igualmente um mês, foi avaliado junto da empresa quais as propostas viáveis para implementação e, para essas, foi construído um plano de implementação, recorrendo à ferramenta 5W2H.

Decorrido isto, foram comparador indicadores de desempenho inicialmente medidos de forma a possibilitar a sua comparação com os valores iniciais, com vista a analisar e discutir os resultados obtidos, e concluir se as ações de melhoria se traduziram nos resultados esperados, o que decorreu no período de um mês.

Por último, durante duas semanas, foi feito o apuramento dos conteúdos aprendidos, no qual foram também apresentadas propostas de trabalho futuro para propostas que não puderam ser implementadas e/ou assuntos relevantes para dar continuidade ao projeto.

#### 1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. O presente capítulo tem o propósito de enquadrar o tema da dissertação, os objetivos a atingir e a metodologia de investigação utilizada. No segundo capítulo expõe-se uma revisão de literatura relevante para o desenvolvimento da mesma. Por sua vez, no terceiro capítulo é feita uma apresentação geral da empresa onde a dissertação foi elaborada.

Em seguida, no quarto capítulo é apresentada uma descrição e análise crítica do estado atual do sistema, na qual são identificados os principais problemas encontrados. Dessa forma, no quinto capítulo, são apresentadas propostas de melhoria para mitigar esses problemas e, no sexto capítulo, é feita a discussão crítica dos resultados obtidos. Por fim, no sétimo e último capítulo apresenta-se uma conclusão do trabalho e sugestões de trabalho futuro.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica dos principais conceitos abordados neste projeto de dissertação. Desta forma, inicia-se com a definição do *Lean Production* e do contexto em que surgiu, assim como da casa TPS (*Toyota Production System*), dos cinco princípios e dos sete tipos de desperdícios. São ainda apresentadas algumas ferramentas *Lean* mais relevantes no contexto desta dissertação e é, de seguida, introduzido o *Lean* em contexto de *Engineer-To-Order* (ETO).

Além disso, foi importante introduzir o tópico de estudo do trabalho, no qual se abordaram duas técnicas usualmente utilizadas, o estudo de métodos e a medida do trabalho. Relativamente à medida do trabalho, abordou-se em maior detalhe a técnica de sistemas predeterminados de tempos de movimentos, visto que foi a utilizada para esta dissertação. Dentro desta, foi abordado o MOST (*Maynard Operation Sequence Technique*), em particular o sistema *MaxiMOST*, que se considerou ser o sistema mais indicado de acordo com a natureza do trabalho analisado.

### 2.1 *Lean Production*

O conceito de *Lean Production*, ou *Lean Manufacturing* tornou-se popular em 1990 com o lançamento do livro “The machine that changed the world”, de Womack, Jones e Roos. O objetivo primordial desta metodologia organizacional é ser altamente flexível à procura do cliente, a partir da redução de desperdícios, o que permite simultaneamente produzir produtos e serviços a um custo mais baixo (Womack et al., 1990).

O *Lean Production* surge num período de crise económica, após a II Guerra Mundial, na empresa automóvel *Toyota Motor Company*, onde se estavam a verificar graves quebras nas vendas e, tal como em toda a economia japonesa, existia escassez de capital e de moeda de troca estrangeira, o que tornava impraticável o modelo de produção em massa, desenvolvido por Henry Ford, e que consistia em produzir o máximo possível, da forma mais barata possível.

Neste contexto, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno começaram a trabalhar num novo modelo de produção, o qual viria a ser chamado *Toyota Production System*, (TPS) e, posteriormente, *Lean Production System* (Krafcik, 1988). Este modelo preconiza o oposto do que havia até então sido praticado na produção em massa, focando-se no aumento da flexibilidade do sistema produtivo e na diminuição dos tempos de produção, com base no pressuposto de que apenas uma pequena fração do tempo total de operação e esforço aplicado acrescenta valor para o cliente final. Desta forma, a *Toyota* introduziu um novo

paradigma, ao produzir automóveis com menores níveis de *stock*, esforço humano, investimento e defeitos, e simultaneamente com maior qualidade, melhor produtividade, maior variedade e melhor utilização do recursos (Liker, 2004; Womack et al., 1990).

Apesar da definição de *Lean Production* não ser totalmente consensual, Womack (1990) descreve este conceito como um processo dinâmico impulsionado por um conjunto sistémico de princípios e melhores práticas que buscam a melhoria contínua. Desta forma, tem a capacidade de combinar as vantagens da produção em massa, e da produção artesanal.

Segundo Hayes e Pisano (1994), esta filosofia é apelidada de *Lean* uma vez que utiliza menos, ou o mínimo, de qualquer recurso necessário para produzir um produto ou entregar um serviço ao cliente. Além disso, Dankbaar (1997) frisa que o *Lean Production* ambiciona o uso máximo das competências dos trabalhadores, conseguido através da formação de trabalhadores polivalentes, e estimulando o desempenho de atividades de melhoria contínua. Desta forma, esta filosofia de produção é capaz de produzir uma grande variedade de produtos, com preços baixos e elevada qualidade, assegurando o uso de menos recursos, quando comparada com o modelo tradicional de produção em massa.

### 2.1.1 Casa TPS

O TPS procura gerir as operações de forma simples e eficiente, desde o instante em que o cliente faz uma encomenda, até ao pagamento dessa encomenda ser processado, de modo a atender às exigências de qualidade e entrega do cliente, com o mínimo de recursos possível (Ohno, 1988; Woods, 2005). A teoria que suporta o TPS foi esquematizada numa casa, a qual se tornou um ícone no mundo da produção. A casa foi o símbolo escolhido dado que uma casa é um sistema tão forte quanto a parte mais fraca desse sistema. Portanto, caso um dos pilares da casa não seja robusto, a casa também não o é (Liker, 2004).

No caso particular da casa TPS, tal como se pode observar através da Figura 4, o telhado compreende os seus objetivos primordiais, que são a melhor qualidade, o custo mais baixo, o menor tempo de atravessamento, isto é, o tempo desde que o produto inicia a fabricação no primeiro processo, até que fica concluído, a maior segurança e a moral mais alta (Liker, 2004). Por sua vez, os seus pilares são o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka*.

O *Just-In-Time* assenta na criação de um fluxo de material ao longo do processo de forma rápida, permitindo que os componentes certos estejam no sítio certo, no momento certo, partindo do pressuposto de que apenas se produz a quantidade e com a qualidade que o cliente exige. Por outro

lado, o *Jidoka* ou *Autonomation*, é um conceito menos conhecido e mais complexo, que representa uma máquina que trabalha de forma harmoniosa com os operadores e apresenta uma inteligência que lhe permite efetuar uma paragem automática, ao identificar uma anomalia no processo (Romero et al., 2019). Essa paragem impede que se continuem a produzir artigos defeituosos, permitindo a rápida resolução de problemas (Liker, 2004).

Qualquer implementação eficaz dos conceitos do TPS exige uma mudança cultural dentro da empresa, que envolve todas as pessoas da organização, começando pela gestão de topo, pois a única forma de implementar o TPS é através de uma mudança na prática de trabalho e no estilo de gestão (Pinto, 2008). Desta forma, no centro da casa encontram-se as pessoas, devidamente motivadas e envolvidas pelas práticas de melhoria contínua e pela redução de desperdícios (Liker, 2004).

No entanto, todos os elementos acima referidos necessitam de uma estrutura de suporte, a qual é compreendida pelo *Heijunka* ou produção nivelada, e por processos estáveis e normalizados. O objetivo é criar um fluxo nivelado de encomendas e de carga de trabalho, o que irá por sua vez criar oportunidades para a normalização dos processos e para determinar a quantidade ideal a armazenar em *stock* (Liker, 2004; Liker & Morgan, 2006). Por sua vez, a normalização dos processos vai potenciar a estabilidade do sistema, tornando possível o estabelecimento de objetivos de gestão que passem pela eliminação de desperdícios (Pinto, 2008).

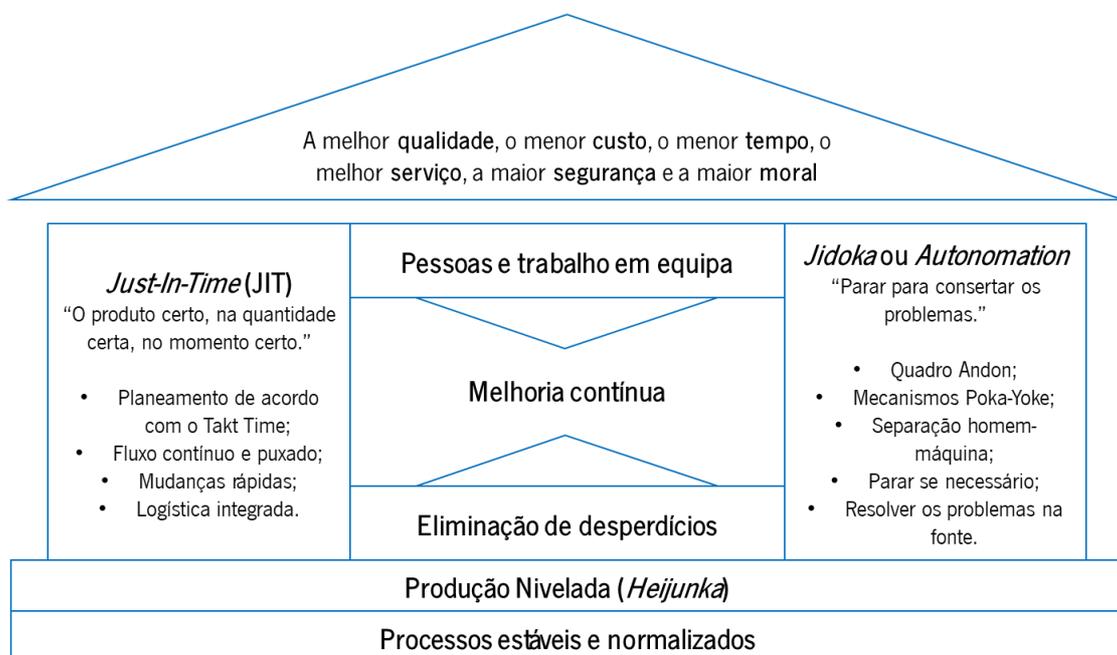


Figura 4 - A casa TPS  
 Fonte: Adaptado de Liker (2006)

### 2.1.2 Sete tipos de desperdício

Um desperdício ou *muda*, é qualquer atividade num processo que aumenta o custo, mas não acrescenta valor para o cliente, pelo que é denominada de atividade sem valor acrescentado ou *non value added* (NVA), em inglês. Além disso, existem também atividades sem valor acrescentado, mas que são necessárias ao funcionamento do processo, sendo denominadas *necessary non-value added* (NNVA), em inglês, portanto, a sua eliminação implica uma reestruturação do processo atual (Ohno, 1988). Por fim, existem as atividades que acrescentam valor ao cliente, denominadas como *value added* (VA), em inglês. A Toyota identificou sete classes de desperdícios existentes (Melton, 2005), as quais se encontram apresentadas na Tabela 1, que podem ser aplicadas a qualquer área, desde o desenvolvimento de produtos, processamento de encomendas e escritórios, e não apenas a linhas de produção.

Tabela 1 – Os sete tipos de desperdício  
Fonte: Adaptado de Melton (2005)

Tipo de desperdício	Descrição	Principais consequências
<b>Sobreprodução</b>	Produto produzido em excesso.	Grande espaço de armazém ocupado; Desarticulação entre a produção e o desenvolvimento.
<b>Esperas</b>	Pessoas, produtos ou equipamentos a aguardar que um produto termine o seu processamento.	Elevado <i>work-in-progress</i> (WIP).
<b>Transporte de material</b>	Movimentar o produto para outra localização.	Movimentações frequentes de paletes de produto intermédio pela unidade fabril ou entre unidades.
<b>Stock</b>	Armazenamento de produtos acabados, produto intermédio, ou matérias-primas, que envolve custos para a empresa.	Elevado <i>work-in-progress</i> (WIP); Tempo de atravessamento elevado.
<b>Sobreprocessamento</b>	Um passo do processo que não acrescenta valor ao produto.	Existência de postos de controlo que nunca apresentam um defeito.
<b>Movimentações</b>	Movimentações excessivas dos operadores fabris, de dados, decisões e informações.	Muito tempo perdido em movimentações de operadores pela fábrica; Problemas relativos à introdução de dados nos sistemas informáticos.
<b>Defeitos</b>	Erros durante o processo, que causam retrabalho ou sucata.	Falha nos prazos de entrega; Tempo de atravessamento elevado; Custos de operação acrescidos.

Por fim, foi ainda identificado um oitavo desperdício, a não utilização do potencial dos trabalhadores, o qual consiste em não usufruir do tempo, ideias, capacidades, melhorias e oportunidades de melhoria dos trabalhadores, que acontece quando estes não são envolvidos ou ouvidos pelas chefias (Liker, 2004).

De realçar que o *Lean Production* não se foca apenas na eliminação do desperdício. Este orienta-se por um sistema 3M, onde um dos M's corresponde ao Muda ou desperdício, que já foi referido, o segundo M ao *Mura*, que corresponde a irregularidades no produto, processos e sistemas e o terceiro ao *Muri*, que engloba o excesso ou sobrecarga física dos trabalhadores (Chaudhari & Raut, 2017).

### 2.1.3 Princípios *Lean Thinking*

Os cinco princípios do pensamento *Lean*, apresentados na Figura 5, foram introduzidos no livro *Lean Thinking*, por Womack e Jones, como o “antídoto para o desperdício” e fornecem a estrutura para a criação de uma organização eficiente e eficaz. O seu cumprimento traduz-se num aumento da competitividade, aumento do valor entregue aos clientes e consequente diminuição dos custos.

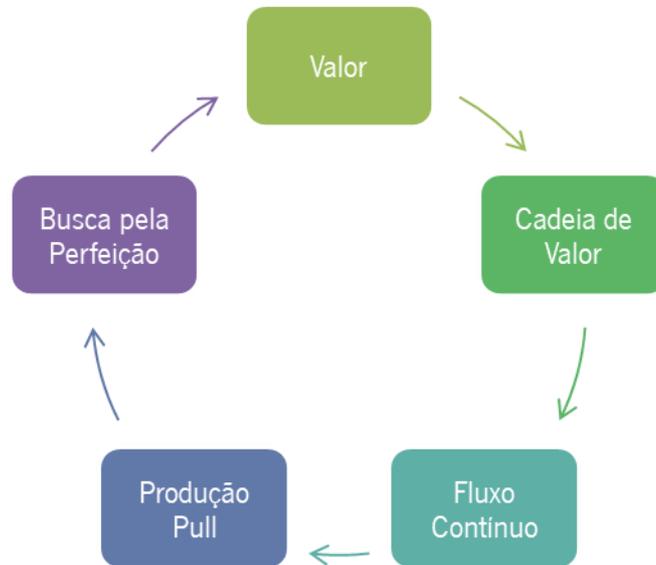


Figura 5 - Os cinco princípios do *Lean Thinking*

De seguida, é feita uma breve explicação de cada um dos princípios (Womack & Jones, 1996):

1. **Especificação do valor** - Valor é definido como aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar. Desta forma, tudo o que não for considerado valor, deve, tanto quanto possível, ser eliminado.
2. **Identificação da cadeia de valor** - Corresponde à análise e mapeamento de todas as atividades necessárias para a entrega de um produto a um cliente. As atividades que não acrescentam valor ao cliente são consideradas desperdício. O desperdício apresenta duas categorias: atividade sem valor acrescentado, mas necessária, e atividade sem valor acrescentado e desnecessária. As atividades presentes na segunda categoria devem ser eliminadas, e as da primeira categoria devem, tanto quanto possível, ser reduzidas. Este processo assegura que o cliente final terá exatamente aquilo que pretende, e ao mesmo tempo, reduz-se o custo de produzir certo produto ou serviço.
3. **Fluxo contínuo** - Após a eliminação dos desperdícios da cadeia de valor, a etapa seguinte é a criação de um fluxo contínuo, isto é, sem atrasos ou interrupções. Para tal, são utilizadas certas estratégias como a eliminação da produção em lotes de grandes quantidades e a adoção do fluxo peça a peça.

4. **Produção *pull*** - O inventário é considerado um dos maiores desperdícios em qualquer sistema produtivo. O objetivo do estabelecimento de um sistema *pull* ou puxado, é limitar o inventário e o *work-in-progress* (WIP), e ao mesmo tempo assegurar que os materiais e informação estão disponíveis para manter o fluxo contínuo de trabalho. Os sistemas *pull* são sempre criados pela ótica do cliente final, pois têm como objetivo de produzir exatamente de acordo com as suas necessidades.
5. **Busca pela perfeição** - Os desperdícios são eliminados através da concretização das quatro primeiras etapas acima mencionadas. No entanto, este último princípio é o mais importante de todos, pois estabelece o *Lean Thinking* como um processo de melhoria contínua e parte da cultura organizacional. A empresa deve ter uma cultura de aprendizagem, disposta a aprender a cada dia, o que faz deste um processo iterativo.

## 2.2 Ferramentas *Lean*

Nesta secção é feita uma breve descrição de algumas ferramentas *Lean* utilizadas na presente dissertação, tais como o Kaizen, a técnica 5S, o *Standard Work* ou trabalho padronizado, os mecanismos *Poka-Yoke* e o *Single Minute Exchange of Die* (SMED).

### 2.2.1 Kaizen

A palavra *Kaizen* teve origem no Japão e pode ser traduzida como mudança para melhor. A essência do *Kaizen* é a melhoria contínua, pois é uma forma de pensar que encoraja e empodera todos os colaboradores da organização para identificarem onde e como pequenas mudanças devem ser feitas de forma a melhorar o processo atual, a equipa, ou a performance individual (Chiarini et al., 2018).

Um princípio da *Toyota* interligado com o *Kaizen* é o *Genchi Genbutsu*, que pode ser traduzido como ir ao local onde tudo acontece, isto é, ir ao chão de fábrica ver os problemas, visto que as pessoas têm que recolher os dados por si mesmas, de forma a terem ao seu dispor informações corretas para poderem tomar as melhores decisões (Chiarini et al., 2018).

Para aplicar o Kaizen deve ser utilizada uma metodologia orientada ao processo, denominada de ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), que é também conhecida por ciclo de Deming ou ciclo de Shewhard. O ciclo PDCA (Figura 6), que foi concebido como uma ferramenta de controlo da qualidade, rapidamente se expandiu para um método que possibilita o desenvolvimento de melhorias em processos ao nível organizacional, assente numa perspetiva de melhoria contínua. Este ciclo apresenta quatro etapas, sendo estas (Realyvásquez-Vargas et al., 2018):

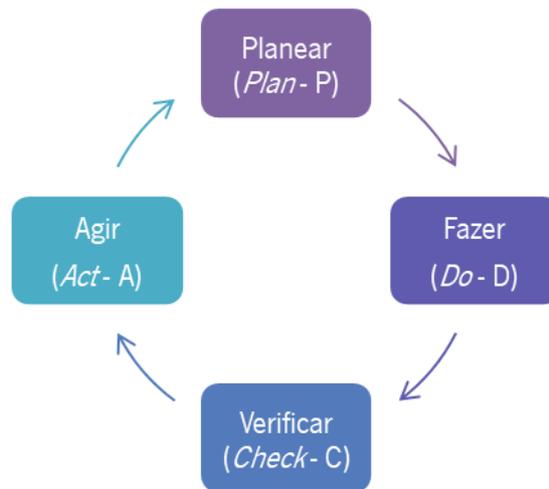


Figura 6 - As fases do ciclo PDCA

- Planear (*Plan*, do inglês). Nesta fase são identificadas as oportunidades de melhoria, através de uma análise à situação atual, através da recolha de dados, da determinação da causa raiz dos problemas e da identificação de potenciais soluções para mitigar os problemas identificados.
- Fazer (*Do*, do inglês). Nesta fase, procede-se à implementação do plano de ação, bem como fazer uma seleção e documentação da informação recolhida. Além disso, devem ser considerados eventos inesperados, as lições aprendidas e o conhecimento adquirido.
- Verificar (*Check*, do inglês). Nesta etapa, são analisados os resultados das ações implementadas na etapa anterior. É realizada uma comparação entre o antes e depois das melhorias implementadas, de modo a verificar se os objetivos estabelecidos foram alcançados. Para isso, podem ser utilizadas várias ferramentas de suporte gráfico, como o gráfico de *Pareto* ou o diagrama de *Ishikawa*.
- Agir (*Act*, do inglês). Caso as ações implementadas tenham produzido melhorias efetivas, devem ser desenvolvidos métodos que visem padronizar as melhorias. Caso contrário, deve ser iniciado um novo projeto a partir da primeira fase, dado que se trata de um processo iterativo.

### 2.2.2 Técnica dos 5S

Os 5S ou 5 sentidos, em português, são um método originado na *Toyota Production System* com vista à organização, ordenação, limpeza, normalização e melhoria contínua de uma área de trabalho, e é considerada uma ferramenta essencial para implementar a cultura *Lean* (Agrahari et al., 2015). Este método compreende cinco etapas que são representadas por 5 palavras japonesas iniciadas por S, sendo estas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, as quais significam organizar, ordenar, limpar, padronizar

e manter, respetivamente (Monden, 1998). As cinco etapas encontram-se a seguir apresentadas (Veres et al., 2018):

- Organizar (*Seiri*). Remover os itens desnecessários e fazer uma limpeza do espaço de trabalho.
- Ordenar (*Seiton*). Preparar os itens necessários de forma organizada e sistemática, de modo que estes possam ser facilmente retirados e devolvidos ao local original, após o uso.
- Limpar (*Seiso*). Limpeza regular dos equipamentos, materiais e ferramentas do espaço de trabalho, visto que a poeira, sujidade e resíduos são uma fonte de desordem, indisciplina, ineficiência e promovem os acidentes de trabalho.
- Padronizar (*Seikutsu*). Documentação e padronização do método, utilizando procedimentos padrão que devem ser facilmente comunicáveis, claros e fáceis de compreender.
- Manter (*Shitsuke*). Manter continuamente os procedimentos estabelecidos, levar a cabo ações de auditoria, de modo a tornar a prática de 5S num hábito diário que integra a cultura organizacional.

A sua aplicação tem como objetivo a identificação e eliminação de desperdícios num espaço de trabalho, resultando na melhoria da qualidade, na redução do tempo de atravessamento e de custos, que são os três pilares da gestão da produção. Além disso, revela também benefícios ao nível da melhoria da manutenção, segurança, disciplina, envolvimento dos trabalhadores, responsabilidade e trabalho em equipa (Monden, 1998; Veres et al., 2018).

### 2.2.3 *Standard Work*

O *Standard Work* ou trabalho normalizado pode ser definido como o trabalho no qual a sequência de elementos que compõem o trabalho foi organizada de forma eficiente, e é repetidamente seguida por um membro da equipa. Segundo a *Productivity Press Development Team* (2002), existem três elementos chave que são essenciais para o trabalho padronizado:

- *Takt Time*: é o tempo necessário para a produção de um produto exigido pela procura do mercado.
- Sequência de trabalho normalizado: representa a ordem pela qual as tarefas são realizadas;
- Inventário WIP normalizado: consiste na quantidade mínima de *stock* que se deve manter para que seja possível assegurar um fluxo contínuo de produção.

O trabalho padronizado estabelece a forma mais segura de realizar as tarefas e, por isso, está associado a uma diminuição no número de lesões, a uma redução dos erros e a uma redução da variabilidade do

processo. Além disso, o trabalho normalizado está também associado à eliminação de movimentações desnecessárias e de atividades que não acrescentam valor (Luyster & Tapping, 2006).

A implementação do trabalho normalizado deve ser feita com o envolvimento dos trabalhadores, dado que essa é a forma mais simples para que estes aceitem os procedimentos sugeridos e os sigam. Ademais, é importante que sejam criados documentos que sejam disponibilizados aos operadores em locais visíveis e fáceis de consultar, o que pode ser conseguido através da inclusão de diagramas ou esquemas visuais (Duggan, 2007). A *One-Point-Lesson* (OPL) é uma ferramenta visual frequentemente utilizada para essa finalidade, pois consiste na escrita dos pontos chave numa ou em duas frases, acompanhada de imagens que exemplifiquem os pontos abordados de forma simples, com o intuito de educar os trabalhadores para uma melhoria num produto ou serviço (Navalgund & Kulkarni, 2020).

#### 2.2.4 Mecanismo *Poka-Yoke*

O mecanismo *poka-yoke*, que pode ser traduzido como um mecanismo à prova de falhas (*mistake proofing*, do inglês), foi desenvolvido pelo engenheiro Shingeo Shingo, com o objetivo de atingir zero defeitos. A ideia assente neste mecanismo é assumir o controlo de tarefas repetitivas ou ações que dependam da vigilância ou memória do operador, tais como as operações de inspeção, permitindo que este canalize o seu tempo para atividades com valor acrescentado (Saurin et al., 2012; Shimbun, 1989).

Existem três classes de mecanismos, que se podem agrupar em (Hollnagel, 2004):

- Físicos: se estes bloquearem a passagem de massa, energia ou informação (p.e. paredes);
- Funcionais: se estes forem ativados ou desativados devido a um acontecimento (p.e. palavras-passe);
- Simbólicos: caso estes necessitem de interpretação do operador, mas estão fisicamente presentes no momento que são necessários (p.e. sinais de alerta).

#### 2.2.5 *Single Minute Exchange of Die* (SMED)

A técnica SMED foi introduzida por Shingo com o objetivo de reduzir o tempo de mudança entre ferramentas, isto é, o *setup*, para um valor com apenas um dígito (ou seja, abaixo de 10 minutos). As atividades de *setup* (Shingo, 1983) podem ser divididas em duas classes:

- *Setup* interno: atividades que só podem ser executadas com o equipamento parado (p.e. remover peças da máquina);
- *Setup* externo: atividades que podem ser executadas com o equipamento em funcionamento (p.e. transportar peças desde o posto até um local de armazenamento).

Geralmente, as operações de *setup* dividem-se em (Shingo, 1983):

- Preparação, ajustamentos após o processo e testes à nova matéria-prima (30%);
- Montar e remover lâminas ou outro equipamento (5%);
- Centrar, dimensionar ou estabelecer outras condições de funcionamento do processo (15%);
- Testes e posicionamentos (50%).

Shingo (1983), divide o método SMED em quatro estágios:

- Estágio preliminar: as atividades de *setup* interno e externo não se distinguem - neste estágio faz-se a recolha dos tempos das atividades realizadas no *setup*, de preferência através da técnica de filmagem das operações, para que o analista possa visualizar a sequência de operações tantas vezes quantas forem necessárias;
- Estágio 1: distinção entre atividades de *setup* interno e externo – organização das atividades identificadas no estágio preliminar, classificando-as em *setup* interno ou externo;
- Estágio 2: conversão do *setup* interno em externo – este estágio envolve duas importantes noções: (1) reexaminar o processo de *setup* para ver se alguma atividade foi incorretamente classificada como *setup* interno; (2) encontrar uma maneira de converter atividades de *setup* interno em externo;
- Estágio 3: racionalização de todos os aspetos da operação de *setup* – análise detalhada de cada atividade elementar com o objetivo de reduzir o tempo de processo.

A correta aplicação do SMED pode garantir uma redução do tempo de *setup* em mais de 50%, tal como ilustram as publicações (Costa et al., 2013; Desai & Rawani, 2017).

### 2.3 *Lean* num contexto *Engineer-To-Order*

Um contexto *Engineer-To-Order* (ETO) caracteriza-se por executar cada processo de *design*, engenharia e produção, unicamente para a encomenda em causa (Strandhagen et al., 2018). No entanto, o *Lean Production* tem sido amplamente aplicado em empresas com elevados volumes de produção e baixa variedade de produtos, apesar de que empresas que apresentam grande variedade de produtos e baixo volume de produção, também necessitam de perseguir um ideal *Lean*, para prosperarem em ambientes competitivos (Slomp et al., 2009).

Num contexto ETO, os produtos são específicos para cada cliente, altamente customizados, produzidos em baixos volumes (existindo frequentemente apenas um de cada modelo) e estão associados a processos não repetitivos e que requerem mão-de-obra especializada. Por estes motivos, os principais

desafios estão associados à dificuldade de prever a procura e consequentemente aplicar métodos de planeamento e controlo da produção, ou aplicar métodos de produção em lote (Powell et al., 2014).

Para mitigar estes desafios, o autor Bokhorst (2010) defende a utilização de certos mecanismos de controlo da produção que podem ser aplicados de forma combinada em ambientes com grande variedade de produtos e baixo volume de produção. O primeiro desses mecanismos é o CONWIP, que consiste em manter constante a quantidade de *work-in-progress* (WIP), com recurso a cartões que são anexados a um produto no início do sistema, e que é libertado logo que o produto termine o processamento no último posto de trabalho (Framinan et al., 2003). O segundo mecanismo é o *first in first out* (FIFO), que significa primeiro a entrar, primeiro a sair, para sequenciar a ordem pela qual os trabalhos devem ser efetuados e o terceiro é o *takt time*, utilizado para controlar o momento certo para iniciar a produção.

Por outro lado, o autor Powell (2014) estabelece um conjunto de princípios para atingir a excelência operacional em contexto ETO, sendo estes:

- Definição do valor do *stakeholder*;
- Liderança, pessoas e aprendizagem;
- Flexibilidade;
- Arranjo em células de produção;
- Fluxo de produção contínuo;
- Fluxo de produção puxado;
- Integração entre *stakeholders* e sistemas;
- Transparência;
- Tecnologia;
- Melhoria contínua.

## 2.4 Estudo do Trabalho

A crescente competitividade no setor empresarial impulsionou as empresas numa busca pela produtividade máxima, isto é, o quociente entre as saídas (produtos e/ou serviços) e as entradas (os recursos necessários para a obtenção dos produtos e/ou serviços). Portanto, para aumentar a produtividade as empresas podem, por um lado, aumentar as receitas, quer aumentando a quantidade vendida ou o valor unitário e, por outro, diminuir os custos associados à produção, p.e. investindo em tecnologia ou utilizando diferentes matérias-primas. Para atingir esta finalidade, as empresas recorrem,

frequentemente ao estudo do trabalho ou estudo de tempos e movimentos, como também se designa, e que se define como uma examinação sistemática dos métodos utilizados para executar as atividades de forma a melhorar o uso eficiente de recursos e para estabelecer valores padrão de performance para as atividades desempenhadas (Kanawaty, 1992).

O estudo do trabalho abrange, normalmente, duas técnicas: o estudo de métodos e a medida do trabalho. A primeira consiste em registar e examinar os métodos atuais e os previstos para a execução de determinada atividade, com o objetivo de tornar a sua execução mais eficaz. Já a segunda, consiste na aplicação de um conjunto de técnicas que permitem determinar o tempo necessário que um trabalhador qualificado necessita para executar uma dada tarefa, com um nível de rendimento bem definido. A combinação das duas traduz-se numa maior produtividade (Costa & Arezes, 2003).

Relativamente às técnicas a utilizar para a medida do trabalho pode-se afirmar que estas são condicionadas, em grande medida, pelo tipo de atividade a estudar, isto é, se se trata de trabalho repetitivo de ciclo curto, trabalho sem ciclos repetitivos ou com ciclos muito longos, bem como do tempo disponível para efetuar o estudo, os recursos necessários para o efeito ou a precisão necessária. As principais técnicas utilizadas podem ser agrupadas em quatro grupos (Costa & Arezes, 2003):

1. Estudo de tempos ou cronometragem: É uma técnica de observação direta intensiva, apropriada para tarefas manuais ou semiautomáticas com ciclos curtos e repetitivos (p.e. trabalhos de produção industrial).
2. Amostragem do trabalho ou sondagem: É uma técnica de observação direta extensiva apropriada para trabalho sem ciclos repetitivos ou com ciclos muito longos (p.e. manutenção de máquinas).
3. Sistemas de tempos predeterminados: É uma técnica que utiliza sistemas de tempos de movimentos fundamentais informatizados ou em tabelas (p.e. atividades das quais ainda não há tempos cronometrados).
4. Sistemas de dados de referência ou tempos sintéticos: É uma técnica que recorre a bases de dados de tempos de operações semelhantes anteriormente obtidos, normalmente pela própria empresa (p.e. tarefas que ainda não estão em execução na empresa).

A técnica utilizada nesta dissertação para a medida do trabalho foram os sistemas de tempos predeterminados, pelo que serão abordados em maior detalhe.

#### 2.4.1 Sistemas Predeterminados de Tempos de Movimentos

Os sistemas predeterminados de tempos de movimentos (do inglês, *predetermined motion time system* - PMTS) surgiram da junção entre as técnicas de estudo de tempo e de métodos. O estudo de tempos

foi introduzido por Frederick Taylor, com base na ideia de que o trabalho é algo que pode ser controlado, e o estudo de métodos foi introduzido por Frank e Lilian Gilberth, com a descoberta de que todas as operações manuais seguem uma combinação de elementos básicos (Zandin, 2021).

O primeiro sistema predeterminado de tempos de movimentos foi desenvolvido em 1948, denomina-se método de medição de tempos (do inglês, *methods time measurement* - MTM) e foi introduzido por Maynard, Stegemerten e Schwab (Zandin, 2021). Este é muito útil na configuração dos métodos de trabalho, na determinação de tempos e na descrição do método como forma de documentação para formação de operadores. Desta forma, permite classificar o conteúdo de trabalho quer antes de começar a produção, quer durante a mesma, e assim otimizar os sistemas produtivos (Morlock et al., 2017; Zandin, 2021).

O sistema básico MTM, o MTM-1, procede à estruturação de sequências de movimentos em tarefas elementares (alcançar, apertar, mover, posicionar, largar, aplicar pressão, movimentar os olhos, separar e rodar), para os quais é atribuído um tempo normalizado, o qual é pré-determinado em função dos fatores que influenciam a sua composição, como, por exemplo, a distância percorrida (Morlock et al., 2017).

Todavia, o nível de detalhe exigido pelo sistema MTM-1, faz com que os erros do analista possam ser um problema. Por esse motivo, surgiram versões simplificadas do sistema MTM-1, denominadas de MTM-2 e MTM-3, que agrupam certos movimentos elementares, com o objetivo de reduzir os erros do analista e a duração do estudo (Zandin, 2021).

Além dos sistemas MTM surgiram outros sistemas de tempo pré-determinados simplificados, que se encontram atualmente em uso, sendo os mais conhecidos o *Modular Arrangements of Predetermined Time Standards* (MODAPTS), que foi introduzido em 1966 por Heyde e que é um método orientado para a melhoria ergonómica dos métodos de trabalho, e o *Maynard Operation Sequence Technique* (MOST) que foi introduzido na Suécia em 1972 por Maynard e que permite medir trabalhos que não tenham ciclos repetitivos e/ou curtos (Golpîra, 2013; Zandin, 2021).

#### 2.4.2 Maynard Operation Sequence Technique (MOST)

O *Maynard Operation Sequence Technique* (MOST) foi desenvolvido em 1967 por Maynard, é uma técnica utilizada para analisar sequências de atividades, com o objetivo de definir um tempo normalizado para as mesmas. O MOST baseia-se no pressuposto de que o trabalho pode ser definido, na sua maioria,

como a movimentação de um objeto ou massa, cujo objetivo é o de atingir um resultado útil com a movimentação de objetos (Zandin, 2021).

Nesse sentido, foi identificado que a movimentação de materiais segue um certo padrão repetitivo, tal como alcançar, apertar, mover e posicionar um objeto. O sistema MOST procedeu à identificação desses padrões, e à respetiva organização numa sequência de eventos, que funcionam como um guia utilizado na análise dos movimentos de um objeto. As unidades de trabalho não são associadas a movimentos elementares, como no MTM, mas a atividades fundamentais, ou conjuntos de movimentos elementares, associados à movimentação de objetos (Zandin, 2021).

Existem vários tipos de sistemas MOST, o que confere a este método a uma grande área de atuação, que abrange desde indústrias de construção de navios a produtos eletrónicos, automóveis ou têxteis (Deshpande, 2007). O mais conhecido é o *BasicMOST* que é adequado para atividades com tempo de ciclo médio, de carácter repetitivo ou não. Além deste, existe o *MiniMOST*, adequado para atividades de ciclo curto e repetitivas e o *MaxiMOST*, para indústrias com tempos de operação de ciclo longo. Por fim, existe também o *AdminMOST*, utilizado em trabalho administrativo, tal como se encontra apresentado na Tabela 2 (Zandin, 2021).

Tabela 2 - Família de sistemas MOST

Sistemas MOST	Tipo de atividade	Frequência da atividade
<i>MiniMOST</i>	Atividades com ciclo curto e repetitivo	>1500 vezes/semana
<i>BasicMOST</i>	Atividades com tempos de ciclo médio, sejam repetitivas ou não	>150 e <1500 vezes/semana
<i>MaxiMOST</i>	Atividades com tempos de ciclo longo e não repetitivos	<150 vezes/semana
<i>AdminMOST</i>	Atividades com tempos de ciclo médio, com trabalho administrativo repetitivo ou não	>150 e <1500 vezes/semana

A técnica MOST foi concebida para ser muito mais rápida do que outro sistema convencional de medição do trabalho, como o estudo de tempos, que requer, em média, que uma operação seja observada entre 10 e 100 vezes, dependendo da sua duração e frequência, para obter uma amostra representativa. No entanto, como o MOST utiliza regras bem definidas, estas eliminam a subjetividade presente nos estudos de tempos (Costa & Arezes, 2003; Zandin, 2021). Desta forma, apenas é necessária uma observação para medir o trabalho, com resultados que garantem uma precisão com um erro associado de  $\pm 5\%$  e um nível de confiança de 95 %. Estes valores não são afetados pela experiência do analista, uma vez que existem fichas com valores estabelecidos para as sequências de movimentos e o índice para os mesmos, o que permite reduzir o erro associado ao analista no estudo (Kanda et al., 2013; Thakre et al., 2009).

Atualmente, os sistemas MOST são amplamente aplicados na indústria, obtendo resultados positivos (Bondhare et al., 2016; Karim et al., 2016; Patil et al., 2017).

O MOST utiliza modelos sequenciais que permitem descrever os movimentos realizados durante um trabalho. Estes modelos contêm um conjunto de parâmetros aos quais será atribuída uma indexação, consoante o conteúdo de movimentação existente na subatividade em análise. A escolha do índice a aplicar é feita através da consulta das tabelas MOST (Anexo 1) sendo a escala mais comum utilizada para o índice a de 0,1,3,6,10,16,24,32,42 e 54 (Thakre et al., 2009).

Por sua vez, as unidades de tempo utilizadas são idênticas às utilizadas num sistema básico MTM, e são denominadas de unidades de medição de tempo (*Time Measurement Units - TMU*), em que um TMU corresponde a 0.0006 minutos. Para obter o tempo normal de cada modelo sequencial, procede-se ao somatório dos índices de cada parâmetro, seguido de uma multiplicação que varia consoante o sistema MOST que está a ser utilizado. No caso do *MiniMOST* é feita uma multiplicação por 1, no caso do *BasicMOST* por 10 e no caso do *MaxiMOST* por 100 (Zandin, 2021) (explicado mais à frente nesta secção). Por exemplo, caso o modelo sequencial seja A1 B0 P1, o somatório dos índices corresponde a 2 (1+1) e, caso se esteja a aplicar o sistema *BasicMOST*, o tempo normal corresponderá a 20 TMUs (2x10).

Os tempos calculados referem-se ao esforço despendido por um trabalhador com qualificações médias, treinado para trabalhar a um ritmo normal sob supervisão adequada, o que é frequentemente definido como o nível de performance 100%. É por este motivo que o tempo obtido através do MOST é um tempo normal, sem correções, não sendo, assim, necessário ajustar os tempos, como é feito nos estudos de tempos (Zandin, 2021).

Para a obtenção do tempo padrão, devem ser posteriormente aplicadas tolerâncias para necessidades pessoais, fadiga, trabalho em pé, entre outros. Estas tolerâncias são obtidas adicionando uma percentagem a cada fator, de forma empírica (Silva & Leite, 2019).

Desta forma, os procedimentos a seguir para a obtenção do tempo padrão são (Ganorkar et al., 2019):

1. Observar e documentar os métodos da operação, o que pode ser feito com recurso a filmagens, pois este método permite que o analista visualize os movimentos várias vezes, para atribuir o parâmetro e o índice mais adequado a cada operação;
2. Dividir as atividades em subatividades lógicas;
3. Selecionar o modelo de sequência apropriado para cada subatividade;
4. Selecionar o índice adequado para cada parâmetro do modelo;
5. Selecionar o número de repetições de cada subatividade;

6. Obter o tempo normal da subatividade, através da soma dos índices dos parâmetros de cada modelo de sequência, seguida da multiplicação pela frequência observada e, por fim, pela multiplicação por 1, 10 ou 100, consoante o sistema utilizado, tal como se pode observar na equação (1).

$$TN = (\text{Soma dos índices de cada parâmetro}) * \text{Frequência} * (1, 10 \text{ ou } 100) \quad (1)$$

7. Obter o tempo padrão da subatividade, através da aplicação de tolerâncias.

Em operações de ciclo longo e não repetitivas, nas quais existe uma grande variação no método utilizado de ciclo para ciclo de trabalho, tal como acontece em operações de montagem de equipamentos com grandes dimensões ou manutenção, o detalhe fornecido pelo modelo sequencial *BasicMOST* não é necessário. Nessas operações, o sistema mais indicado a utilizar é o *MaxiMOST* que permite uma análise descritiva e precisa em menos tempo (Zandin, 2021).

O sistema *MaxiMOST* utiliza três modelos sequenciais primários para descrever os movimentos (Zandin, 2021), sendo estes:

1. Manuseamento de Componentes – Para a análise de movimentos espaciais de componentes ou objetos. Caso o objeto esteja em contacto com outro, o modelo sequencial do movimento geral não se aplica, pois este é considerado um movimento controlado. Este segue uma sequência fixa de subatividades, a saber:
  - Alcançar com uma ou duas mãos um objeto, recorrendo a uma combinação de movimentos corporais e passos;
  - Ganhar controlo do objeto;
  - Mover o objeto até um ponto, recorrendo a uma combinação de movimentos corporais e passos;
  - Posicionar o objeto numa posição intermédia ou final;
  - Retornar ao posto de trabalho.
2. Uso de Ferramenta – Para a análise do trabalho com ferramentas manuais ou equipamentos. Este modelo inclui atividades como o corte, tratamento de superfícies, medição e registo. Desta forma, este modelo pode seguir quatro possíveis sequências de subatividades que são:
  - Alcançar, usar e devolver ferramenta;
  - Alcançar, preparar, usar e devolver ferramenta;
  - Alcançar, posicionar e apertar fixadores à mão;
  - Desapertar e colocar de lado os fixadores à mão.

3. Manuseamento de Máquina – Para a análise de operações manuais associadas à manipulação de controlo de uma máquina. Deste modo, este modelo pode seguir quatro possíveis sequências de subatividades descritas abaixo:

- Definir controlos numa máquina ou equipamento;
- Prender o componente para maquinagem;
- Definir alimentação e/ou velocidade;
- Ativar o controlo da máquina ou equipamento.

Além destes modelos, são ainda utilizados dois suplementares (Zandin, 2021), sendo estes:

1. Guindaste Motorizado – Para a análise do movimento de um ou mais objetos com o auxílio de uma ponte rolante. Desta forma, o modelo sequencial que o descreve inclui as seguintes atividades:

- Caminhar até ao guindaste;
- Inicie e transporte o guindaste vazio até ao local onde se encontra o objeto;
- Prender o objeto ao gancho do guindaste;
- Transportar o objeto até à localização pretendida;
- Colocar o objeto com as manipulações necessárias do guindaste;
- Desengatar e transportar o guindaste para outro local;
- Retomar ao local de trabalho caminhando.

2. Camião Motorizado – Para a análise do movimento de um ou mais objetos com o auxílio de um camião. O modelo de sequência de camião motorizado descreve as seguintes atividades:

- Caminhar até o camião;
- Todas as atividades necessárias para iniciar e estacionar o camião;
- Mover o camião vazio para um local para carregá-lo;
- Carregar um ou mais objetos mecanicamente;
- Mover o camião carregado para um local para o descarregar;
- Descarregar o camião;
- Mover o camião vazio para outro local;
- Voltar caminhando.

Cada um destes modelos sequenciais utiliza um conjunto de parâmetros pré-definidos, que se encontram apresentados na Tabela 3 (Zandin, 2021).

Tabela 3 - Atividades básicas manuais do sistema MaxiMOST

Atividade	Modelo Sequencial	Parâmetro
Manuseamento de Componente	A B P	A – Distância Percorrida (Eixo Horizontal) B – Movimentação Corporal (Eixo Vertical) P – Alcançar e Posicionar Componente
Uso de Ferramenta	A B T	T – Uso de Ferramenta
Manuseamento de Máquina	A B M	M – Operar Máquina ou Equipamento
Guindaste Motorizado	A T K T P T A	T – Transporte K – Apertar e Desapertar Ponte P – Posicionar Objeto
Camião Motorizado	A S T L T L T A	S – Iniciar e Estacionar L – Carregar ou Descarregar

A definição de cada parâmetro é a seguinte (Zandin, 2021):

#### **A – Distância Percorrida (Eixo Horizontal)**

Este parâmetro abrange todos os movimentos ou ações, realizadas horizontalmente, pelos dedos, mãos ou pés, durante uma movimentação de um operador, com ou sem carga, no percurso de ir buscar o objeto e de o posicionar. Neste sentido, pode incluir apenas a passagem por um local, ou por vários, no caso de serem movimentados vários objetos no percurso realizado. O parâmetro é também utilizado em movimentações de equipamento de transporte, tais como guindastes ou camiões.

#### **B – Movimentação Corporal (Eixo Vertical)**

A movimentação corporal é o parâmetro utilizado para analisar movimentações verticais do corpo, ou ações necessárias para ultrapassar obstáculos durante a deslocação.

#### **P – Alcançar e Posicionar Componente**

O parâmetro alcançar e posicionar componente inclui o tempo gasto em ganhar controlo e posicionar um ou mais objetos, sendo que o mesmo se encontra dividido no movimento geral, quando é feito o movimento espacial de objetos e no movimento controlado, quando o movimento de objetos segue um caminho controlado.

#### **T – Uso de Ferramenta**

Este parâmetro é utilizado quando uma ferramenta é utilizada para realizar o trabalho, ou quando os dedos ou mãos são usados como ferramentas. Além disso, também atividades como ler, pensar e tempos de processo são classificados como uso de ferramenta.

#### **M – Operar Máquina ou Equipamento**

Este parâmetro tem em consideração as atividades associadas com a manipulação dos comandos de controlo da máquina, a troca das ferramentas de corte e a fixação ou remoção de um componente.

#### **T – Transporte**

Este parâmetro cobre o movimento do guindaste com ou sem carga.

### **K – Apertar e Desapertar Ponte**

Este parâmetro inclui as atividades envolvidas no engate e desengate de um objeto a um guindaste, iniciando-se quando o gancho está a ser transportado para junto da posição em que vai ser engatado no objeto, e termina quando o gancho é desengatado do objeto.

### **P – Posicionar Objeto**

Este parâmetro inclui todas as ações necessárias para baixar o objeto e posicioná-lo na posição pretendida.

### **S – Iniciar e Estacionar**

Este parâmetro inclui todas as ações para preparar o caminhão para a movimentação e o estacionamento no final do transporte.

### **L – Carregar ou Descarregar**

Este parâmetro envolve as ações de ir buscar o material à localização original e o posicionamento do material no destino final utilizando garfos ou outros acessórios de elevação.

### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é feita uma breve apresentação da empresa onde foi realizado o presente projeto de dissertação. Esta inicia-se com a evolução histórica, seguida da identificação e localização da empresa, e culmina com a apresentação do produto que será o objeto de análise desta dissertação.

#### 3.1 Grupo *Efacec*

A história da *Efacec* remonta à sua fundação, em 1905, data na qual nasce *A Moderna Sociedade de Serração Mecânica*. Em 1921, esta dá origem à *Electro - Moderna, Lda.*, empresa a qual já se dedicava à produção de motores, geradores, transformadores e acessórios elétricos. No entanto, é apenas em 1948 que nasce a marca e o projeto *Efacec* com a constituição da empresa como *EFME – Empresa Fabril de Máquinas Elétricas, SARL* (Efacec, 2021).

Em 1962, a empresa muda de nome para *EFACEC – Empresa Fabril de Máquinas Elétricas, SARL*, e é desde esse ano e até ao final da década de sessenta que a empresa inicia um período de notável crescimento, tornando-se numa das primeiras empresas cotadas na Bolsa de Valores de Lisboa. Nos 25 anos que se seguiram, a empresa inicia um forte período de crescimento nos mercados internacionais, bem como uma consolidação do desenvolvimento tecnológico em vários domínios (Efacec, 2021).

No século XXI, em resposta à crise económica e financeira, a empresa adotou um novo posicionamento, que resultou no redimensionamento da estrutura internacional e na simplificação do portfolio. Em 2014, procedeu-se à constituição da *Efacec Power Solutions, S.A.* (EPS), que se inseriu no processo de reestruturação que a *Efacec Capital, SGPS, S.A.* encetou a partir do final de 2013, com o objetivo de alinhar a estrutura societária do Grupo *Efacec* com os segmentos de mercado e as geografias-alvo (Efacec, 2021).

No final de 2014, a *Efacec Power Solutions* passou a constituir, um grupo de empresas que reúne todos os meios de produção, tecnologias e competências técnicas e humanas para o desenvolvimento de atividades nos domínios das soluções de Energia, Engenharia, Ambiente, Transportes e Mobilidade Elétrica (Efacec, 2021).

Em Portugal, a *Efacec* apresenta a sua sede, na Arroiteia, concelho de Matosinhos, na qual foi realizado o presente projeto de dissertação, Figura 7. Além disso, esta apresenta também um polo em Moreira da Maia, concelho da Maia e escritórios em Paço de Arcos, concelho de Oeiras (Efacec, 2021).



Figura 7 - Sede Efacec: Polo da Arroteia, Matosinhos (Dinheiro Vivo, 2017)

### 3.2 Áreas de negócios

Atualmente, o Grupo *Efacec* tem presença internacional em mais de 65 países, distribuídos por quatro continentes e encontra-se dividido em três áreas de negócio, tal como se visualiza na Figura 8 (Efacec, 2021).

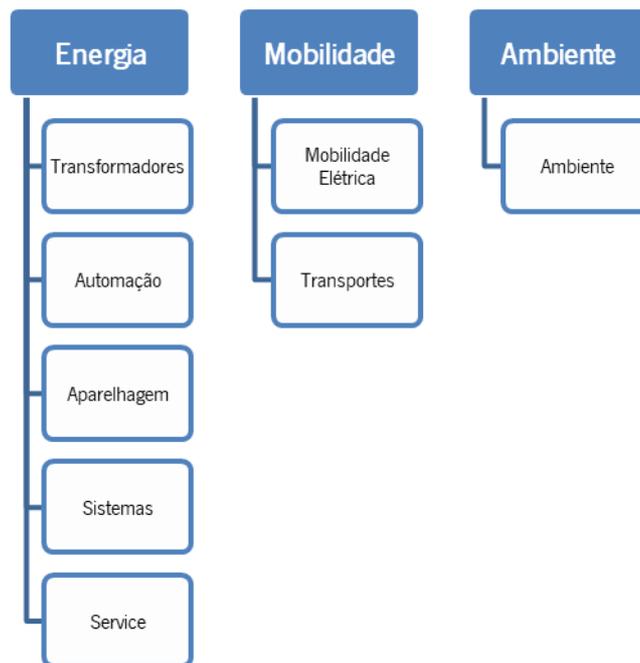


Figura 8 - Áreas de negócio Efacec

A presente dissertação insere-se na unidade de negócios dos transformadores, na qual são produzidos os seguintes produtos (Efacec, 2021):

- Transformadores de potência: Shell e Core;
- Subestações móveis: Shell e Core.
- Transformadores de distribuição: Imersos, Secos e LDT.

O estudo irá recair sobre os transformadores de potência do tipo Core e, por esse motivo, será feita uma breve apresentação deste produto nesta secção.

Um transformador é um equipamento elétrico estático que transfere energia elétrica de um circuito para outro com diferente voltagem, usando o fenómeno de indução eletromagnética. Este equipamento é fundamental para a distribuição de energia elétrica de forma eficiente, pois permite a ligação entre pontos de geração de energia até aos pontos de utilização da mesma (Harlow, 2004; Kulkarni & Khaparde, 2004).

Um transformador de potência do tipo Core (Figura 9) é constituído pela parte ativa e pelos elementos acessórios.



*Figura 9 - Transformador do tipo Core  
(Efaced, 2017)*

A parte ativa é, por sua vez, dividida no circuito elétrico e no circuito magnético, sendo o circuito elétrico tipicamente composto por três bobinas cilíndricas que são concentricamente encaixadas. Dado que os transformadores do tipo Core são trifásicos, este processo é repetido três vezes, dando origem a três bobinas com três enrolamentos, que são isoladas entre si por componentes de cartão, permitindo o arrefecimento com óleo isolante. O circuito magnético é constituído por chapas de aço laminado dispostas verticalmente que apresentam uma secção aproximadamente circular (Harlow, 2004).

Na Figura 10 é possível ver a esquematização da parte ativa de um transformador trifásico com dois enrolamentos, na qual se consegue visualizar como é feito o encaixe das bobinas que constituem o circuito elétrico, em redor do circuito magnético.

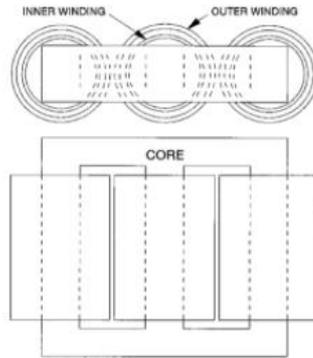


Figura 10 - Esquematização da parte ativa de um transformador trifásico com dois enrolamentos (Harlow, 2004)

No que concerne aos elementos acessórios, estes incluem a cuba que proporciona o suporte mecânico ao equipamento e é fabricada em chapa de aço, de construção soldada, de modo a assegurar a estanquidade e a resistência à corrosão do equipamento; o sistema de refrigeração que assegura que a temperatura do transformador se mantém nos valores aconselhados para o seu correto funcionamento; e o equipamento exterior que é composto pelos componentes externos de ligação à rede elétrica.

## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DO ESTADO ATUAL

Neste capítulo é apresentado o estado atual do processo produtivo analisado. Assim, é inicialmente efetuada uma caracterização detalhada do processo produtivo e de seguida é apresentado o fluxo produtivo de um transformador Core. Por fim, é definida a área que será objeto de estudo nesta dissertação. Neste capítulo também são apresentados os problemas identificados decorrentes da análise crítica.

### 4.1 Descrição do produto, do processo produtivo e do fluxo

Esta secção apresenta uma descrição detalhada do produto estudado e dos principais produtos utilizados no seu processo produtivo. De seguida, são apresentadas as etapas do processo e, por fim, é apresentado o fluxo produtivo recorrendo ao *layout* da unidade Core.

#### 4.1.1 Transformador Core e materiais

O ambiente em estudo enquadrava-se num sistema produtivo cuja resposta à procura era *Engineer-To-Order* (ETO) (secção 2.3), uma vez que os transformadores eram customizados pelos clientes, e todo o processo de *design*, engenharia e produção era feito unicamente para a encomenda em causa. Por este motivo, o sistema apresentava um baixo volume de produção, que correspondia a 96 transformadores por ano, e uma grande variedade de modelos do mesmo produto, que diferia conforme a espessura de cobre utilizada, o número de espiras, o número de gallettes, entre outras características que eram personalizadas a pedido do cliente. Desta forma, o planeamento e controlo de produção era feito consoante as encomendas rececionadas e, por sua vez, as encomendas aos fornecedores também o eram.

Este fator acarretava inúmeros desafios ao processo, entre os quais se destacava a variedade de materiais utilizados e a reduzida quantidade utilizada dos mesmos, o que tornava difícil a sua compra a fornecedores externos. Assim, a empresa criou um sistema produtivo dedicado ao fornecimento de componentes para a produção dos transformadores Core, como era o caso da construção soldada, do circuito magnético, dos isolantes e do armazém central. Ainda assim, existiam exceções de materiais que eram comprados a terceiros.

No que concerne aos materiais do fornecedor interno do circuito magnético e da construção soldada, estes eram entregues diretamente ao posto de trabalho em que eram utilizados, tentando cumprir com o que era preconizado no *just-in-time*, pois eram materiais únicos para cada transformador.

Os materiais do centro de isolantes e alguns dos materiais do armazém central, apesar de terem dimensões mais reduzidas, que podem variar entre 5 a 50 cm, eram utilizados em vários processos e era utilizada uma grande variedade de produtos, entre 1 a 200, que se dividiam em duas tipologias: materiais repetitivos, que estavam presentes em todos os transformadores, e os não repetitivos, que eram específicos para cada modelo.

Desta forma, para os materiais não repetitivos recorria-se a um abastecimento por *kitting*, ou seja, era entregue diretamente ao posto de trabalho um *kit* que contém todos os componentes desse fornecedor que era utilizado nesse processo. Por outro lado, os materiais repetitivos tinham elevada rotatividade e baixo custo, pelo que eram abastecidos através de um sistema *kanban* de duas caixas. Neste sistema, as caixas vazias deviam ser colocadas na região demarcada para o efeito para que, assim que o comboio logístico passasse naquele posto, recolhia a caixa e procedia à reposição de *stock* desse componente.

#### 4.1.2 Fases do processo produtivo

Na Figura 11 encontra-se representado o fluxograma do transformador Core, que reflete o processo produtivo do transformador Core, bem como os fornecedores já mencionados que o abasteciam.

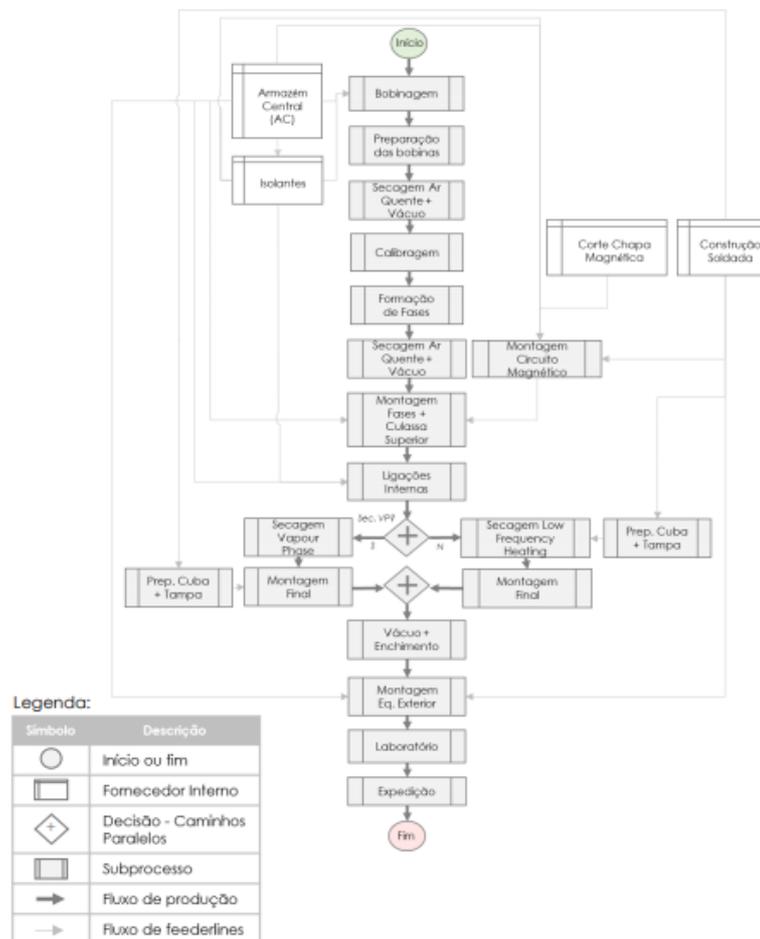


Figura 11 - Fluxograma do processo produtivo do Transformador Core

De modo a analisar com maior detalhe cada uma das etapas envolvidas no processo produtivo, estas são explicadas de seguida.

#### 4.1.2.1 Bobinagem

Nesta etapa eram construídas as bobinas do transformador, de acordo com as especificações do projeto. Dado que um transformador apresentava três fases, este possuía, por norma, três bobinas de alta tensão (AT), que eram bobinadas na vertical, três bobinas de baixa tensão (BT), que podiam ser bobinadas na horizontal ou na vertical e três regulações, que eram bobinadas na horizontal.

Para a etapa de bobinagem, foi inserido o anel de guarda inferior e, posteriormente, o tubo de cartão no mandril. Uma vez concluído este processo, era iniciada a bobinagem das *gallettes*, utilizando cabo transposto ou barra de cobre, em torno do tubo.

Para isolar o cobre e também para fornecer suporte à bobina, eram ainda incorporados outros materiais dos isolantes e do armazém central, tais como calços de enfiar, cavaleiros, tiras de enchimento, nastro, abraçadeiras, entre outros.

Na Figura 12 é possível observar uma bobina AT, na qual estão ilustrados alguns dos componentes acima mencionados.



Figura 12 - Pormenor de uma bobina AT

#### 4.1.2.2 Preparação de Bobinas

Depois de concluído o processo anterior, as bobinas eram transportadas até ao posto de Decapagem, que pode ser observado na Figura 13, onde se inicia o processo de Preparação das Bobinas. Numa etapa inicial era removido o verniz que revestia as pontas das bobinas, com o recurso a um maçarico. Este processo não era efetuado nas regulações, uma vez que estas já vinham com o verniz decapado do fornecedor por se tratar de enrolamentos com condutor em barra em vez de cabo transposto.



*Figura 13 - Posto de Decapagem*

As bobinas eram, novamente, transportadas até ao posto de Preparação e Carga, que pode ser observado na Figura 14. Neste processo, estas eram introduzidas em prensas hidráulicas, que exerciam carga sobre a bobina. Como não existiam prensas hidráulicas de todos os tamanhos, existiam algumas situações em que era necessário utilizar um sistema hidráulico de pratos, mas nestas circunstâncias o método de aperto e posicionamento dos pratos demorava, aproximadamente, o dobro do tempo.

Prensa hidráulica



Sistema hidráulico de pratos

*Figura 14 - Posto de Preparação e Carga*

De seguida, as bobinas eram inseridas no autoclave de secagem por projeção de ar quente e vácuo (AQ+V), de modo a extrair a humidade que possa ter sido absorvida pelo cartão e papel até então, visto que a presença de humidade impactava negativamente a vida útil de um transformador.

Após retiradas do autoclave de secagem, as bobinas eram encaminhadas para o posto de calibragem, visível na Figura 15, no qual era dada carga às bobinas conforme o valor especificado no projeto de engenharia e, depois disso, consultava-se, também no projeto, a altura que a bobina devia apresentar, para verificar se era necessário retirar ou acrescentar calços de compensação.



Figura 15 - Posto de Calibragem

Concluído o processo de calibragem, as bobinas eram encaminhadas para o posto de preparação das pontas, que se encontra representado na Figura 16. Neste posto fazia-se uma inspeção visual das bobinas que visava a verificação de danos no isolamento do cobre e nos anéis de guarda ou aros metalizados, bem como a verificação da marcação do eixo da bobina, do alinhamento dos calços, da presença e montagem de rodela FOA e da presença de etiqueta indicativa de enrolamento. De seguida, era feito o tratamento de pontas e tomadas, com papel crepado. Em certos casos, era ainda efetuada a montagem dos collerettes inferiores e o corte das réguas de enchimento do tubo de bobinagem.



Figura 16 - Posto de Preparação de Pontas

#### 4.1.2.3 Formação de Fases

Na fase de Formação de Fases, visível na Figura 17, as bobinas eram colocadas concêntricamente umas dentro das outras, de acordo com as especificações da engenharia. Era colocada a bobina BT, de seguida a AT e, por fim, a regulação.

No decorrer deste processo, era feita a montagem de certos materiais dos isolantes, dos quais se salientavam tubos isolantes, papel corrugado, réguas retangulares, anéis de suporte, calagens, calagens gerais, chaminés, chapéus e collerettes. Como era um processo em que se tinha de trabalhar tanto por

baixo da bobina como por cima desta, o posto estava inserido numa plataforma elevatória, que visava facilitar o trabalho dos operadores alocados a este posto.



*Figura 17 - Posto de Formação de Fases*

Depois de finalizado este processo, era dada novamente carga às bobinas e, de seguida, estas eram encaminhadas para a secagem. Concluído este processo, era feita uma nova verificação da altura.

#### *4.1.2.4 Montagem da Parte Ativa*

Esta etapa iniciava-se com a chegada do circuito magnético, que vem montado na culassa inferior e na travessa superior, para garantir a sua estabilidade no transporte, como se pode visualizar na Figura 18. Uma vez chegado ao posto de trabalho, a travessa superior era desencaixada e eram inseridas as bobinas com as fases formadas, em cada um dos núcleos do circuito magnético. Por fim, era montada a culassa superior e a travessa superior novamente.

Paralelamente à montagem da culassa e travessa superior, podiam ser iniciadas as ligações internas.



*Figura 18 - Posto de Montagem da Parte Ativa*

#### 4.1.2.5 Ligações

Neste subprocesso, visível na Figura 19, eram feitas as ligações da AT e da BT, bem como o isolamento de cabos. Enquanto isso era também feita a ligação do sistema de regulação da bobina. Além disso, eram incorporados vários componentes dos isolantes, dos quais se salientavam protetores em “U” (conjuntos de cabos que ligam ao regulador), estruturas suporte de lamiper, pernos isolantes pré-cortados, tubos de cartão espaçadores e estruturas isolantes entre fases.

De seguida, era realizado um ensaio intermédio para verificar se o transformador estava conforme os requisitos, por uma equipa externa ao processo. Caso fosse detetada alguma não conformidade, era emitida uma FNC (Ficha de não conformidade) para o departamento responsável e era definido o plano de correção.



Figura 19 - Posto de Ligações

#### 4.1.2.6 Secagem Vapour Phase

Nesta etapa, o equipamento era encaminhado para uma estufa para o processo de secagem, onde iria permanecer durante 48 horas, de modo a retirar, uma vez mais, qualquer humidade presente. Esta secagem era feita com recurso à tecnologia *Vapour Phase*, que consistia na injeção de vapor de solvente na estufa (Figura 20), sendo que quando as dimensões do transformador não o permitissem ir à estufa, o processo de secagem era feito dentro da própria cuba, através da tecnologia *Hot Oil Spray*, que consistia na aplicação simultânea de vácuo e de um spray de óleo quente, de modo a atingir uma temperatura entre 90 a 100°C (Silva, 2008).



Figura 20 - Vapour Phase

#### 4.1.2.7 Montagem Final e Encubação

O posto de Montagem Final e Encubação, era também conhecido por *pit stop* (nome utilizado na fórmula 1 para designar um local de montagem muito rápido) visto que as atividades de incorporação de acessórios efetuadas após o processo de secagem deviam ser feitas de forma rápida e cuidadosa, com o objetivo de minimizar o tempo de exposição à humidade.

Neste posto, visível na Figura 21, ocorria a incorporação de vários acessórios, tais como a cuba, a tampa e as travessias.



Figura 21 - Posto de Montagem Final e Encubação

#### 4.1.2.8 Montagem Equipamento Exterior e Preparação da Cuba

Concluída a montagem final, o transformador era transportado até ao posto de equipamento exterior e eletrificação, onde era submetido ao vácuo. De seguida, era feito o enchimento com óleo e feita a eletrificação do transformador.

Posteriormente, este seguia até ao laboratório e expedição, onde era submetido a uma série de ensaios de forma a verificar a sua conformidade. Os relatórios dos ensaios eram entregues ao cliente como forma de garantia que o produto cumpria todos os requisitos solicitados. Por último, o transformador era enviado para a expedição onde era preparado para o transporte e enviado para o cliente.

#### 4.1.3 Layout e fluxo produtivo

Com vista a compreender melhor o processo produtivo de um transformador Core, é apresentado na presente secção o *layout* e o fluxo produtivo, disponível na Figura 22.

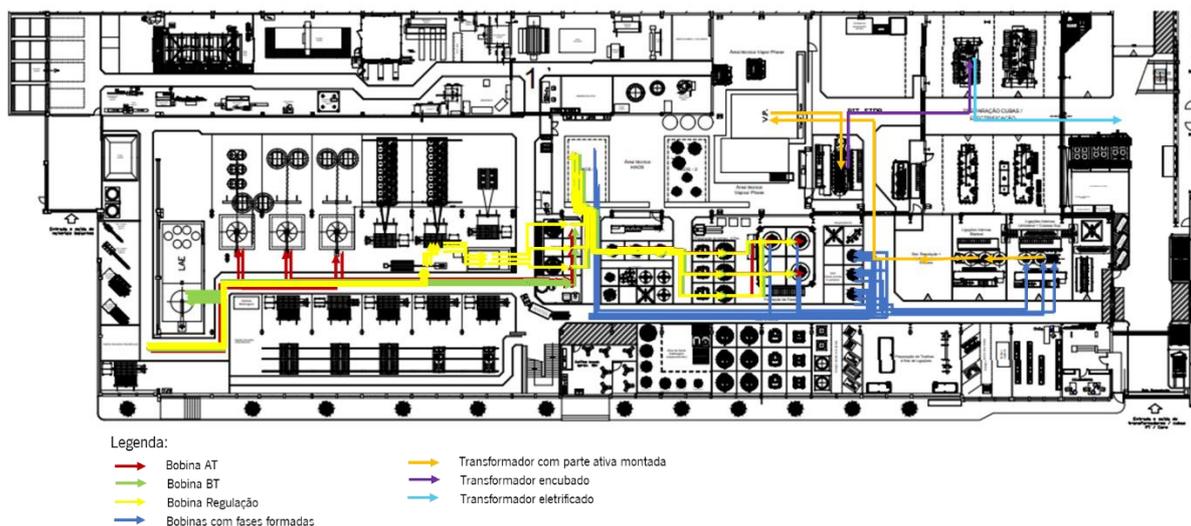


Figura 22 - Fluxo Produtivo do transformador Core

O processo iniciava-se no armazém de tubos de bobinagem, onde se encontravam os tubos de cartão onde era efetuada a bobinagem. No que concerne às bobinas AT, representadas pela seta vermelha, estas seguiam depois para as máquinas 2, 4 e 6, onde eram processadas em simultâneo. Por outro lado, as bobinas BT, representadas pela seta verde, seguiam para a máquina 1, onde eram processadas sequencialmente. Por fim, as regulações, representadas pela seta amarela, como eram bobinadas na horizontal, eram encaminhadas, em primeiro lugar, para o pescoço de cavalo, no qual o tubo era colocado no mandril e, de seguida, encaminhavam-se para a máquina 8 ou 10, onde era feita a bobinagem destas. No final do processo, estas eram colocadas no berço, que iria verticalizar a bobina.

Finalizado o processo de bobinagem, as bobinas AT e BT seguiam para a decapagem, uma vez que estas eram enroladas com cabo transposto, enquanto as regulações não efetuavam esta etapa do processo, dado que estas eram enroladas com barra, que vinha previamente decapada do fornecedor. Findada esta etapa, todas as bobinas passavam pelo processo de preparação e carga e, assim que concluído, eram colocadas na secagem. Seguidamente, as bobinas passavam pelo processo de calibragem, seguido do processo de preparação de pontas.

De seguida ocorria a formação de fases, na qual as três bobinas eram agregadas numa só fase, sendo montada primeiro a bobina BT, depois a AT e, por fim, a regulação. As bobinas, já com as fases formadas, que estão representadas pela seta azul, seguiam para o posto de fases formadas, onde era validada novamente a altura das bobinas e eram encaminhadas para a secagem. Posteriormente, eram recolocadas no posto de fases formadas, onde era verificada a altura, uma vez mais, e eram encaminhadas para o posto de montagem da parte ativa.

Feita a montagem da parte ativa, o transformador, cujo fluxo está representado pela seta laranja, seguia para o posto de ligações e, de seguida, para o *Vapour Phase*, onde era feito o último processo de secagem. Depois disso, este era retirado da estufa de secagem, colocado dentro da cuba, e seguia, já encubado (representado pela seta roxa) para o posto de montagem do equipamento exterior e eletrificação. Concluído este processo, o transformador eletrificado, representado pela seta azul-turquesa, seguia para o laboratório e era expedido para o cliente, caso todos os ensaios estivessem de acordo com as especificações.

## 4.2 Análise crítica e identificação de problemas

Esta secção apresenta a análise crítica realizada ao sistema produtivo do transformador. Atendendo que o processo tinha vários subprocessos e não seria possível analisar todos começou-se por fazer a identificação dos subprocessos a estudar. Depois dessa identificação realizou-se uma análise detalhada de cada subprocesso. Para esta análise foram usados dados da empresa como os tempos de cada subprocesso e a análise documental (e.g. instruções operacionais, ordens de fabrico e regras de ouro). Também foram usadas ferramentas como diagramas de sequência-executante, *MaxiMOST*, diagramas de *spaghetti* e auditorias 5S.

### 4.2.1 Identificação dos subprocessos a estudar

Assim, antes de iniciar a análise crítica foi necessário identificar que subprocessos iriam ser detalhadamente analisados, pelo que se procedeu à recolha dos tempos de cada subprocesso, a partir

de dados fornecidos pela empresa. Além disso, foi também determinado o *takt time* para o transformador (TRF), tendo como base o tempo disponível para produzir num ano, medido em dias, que era de cinco dias por semana durante 48 semanas, totalizando 240 dias por ano e, tendo, uma procura anual de 96 transformadores, como se pode observar na equação (1).

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ para\ produzir}{Procura} = \frac{5 * 48}{96} = 2.5\ dias/TRF \quad (1)$$

De salientar que um dia correspondia a 14 horas disponíveis para produzir, sendo sete horas por turno.

Com estes dados foi possível construir um gráfico (Figura 23) que revelava que o sistema não era capaz de responder à procura desejada, sendo os três postos com tempos mais críticos a Bobinagem AT (3.8 dias/TRF), a Preparação das Bobinas (3.37 dias/TRF) e a Formação de Fases (3.10 dias/TRF). Por este motivo, foram estes os postos que a presente dissertação analisou em maior detalhe.

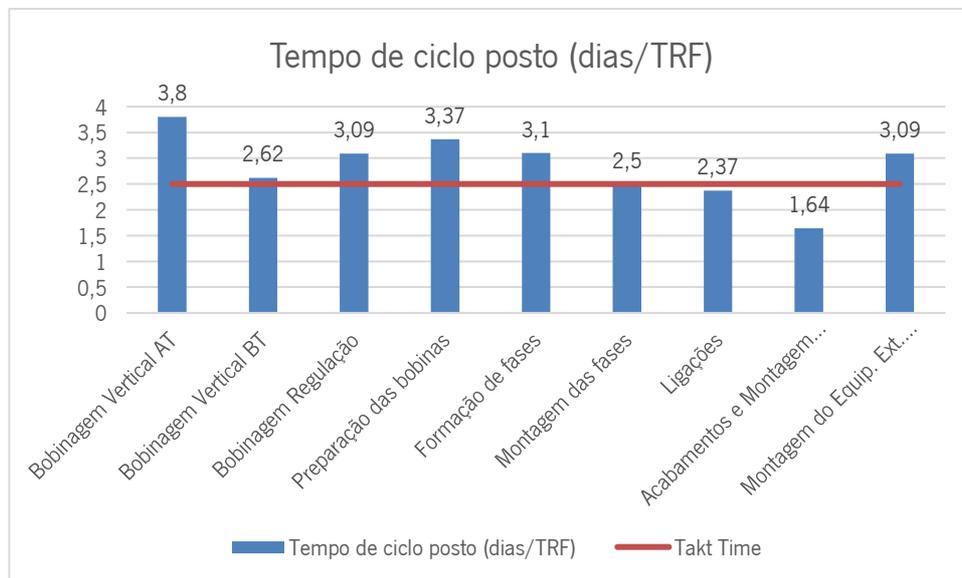


Figura 23 - Tempo de ciclo de cada subprocesso

#### 4.2.2 Subprocesso Bobinagem AT

Nesta secção é efetuada uma análise crítica ao subprocesso de Bobinagem AT com o objetivo de proceder ao levantamento de problemas. Neste sentido, foi levado a cabo um estudo de tempos e métodos que requeria o acompanhamento e filmagem da produção de uma ordem de fabrico, para a aplicação do *MaxiMOST*. Em simultâneo, foram registadas as deslocações efetuadas pelos operadores para a elaboração do diagrama de *spaghetti* e realizou-se uma auditoria inicial 5S. Assim, são de seguida apresentados detalhadamente os problemas identificados neste subprocesso.

#### 4.2.2.1 Elevada percentagem de tempo de atividades que não acrescentavam valor

De acordo com a análise MOST realizada no subprocesso, que se encontra explicada no Apêndice 1, concluiu-se que o processo demorou 1.53 dias, tendo em conta 14 horas de produção diárias, o que representava um valor bastante inferior ao valor fornecido pela empresa para o referido posto de trabalho.

De forma a perceber o que estava por trás da diferença observada, confirmou-se o valor que foi registado no *software* utilizado pela empresa para o acompanhamento da produção, e verificou-se que este era de 2.14 dias, o que se poderia explicar pelo *software* apresentar um sobredimensionamento dos tempos reais de produção. Com o objetivo de perceber porque tal acontecia, verificou-se que o *software* considerava que o processo se iniciava no início do turno e terminava no final do turno. Em certos casos, podia registar a hora correta em que iniciava ou terminava o processo, mas isso dependia de como o chefe de turno fazia a inserção dos dados no programa. Além disso, é de salientar que a ordem de fabrico acompanhada correspondia a um transformador cuja tensão das bobinas AT era de 25 MVAs, sendo que os dados fornecidos pela empresa diziam respeito a um transformador padrão, que possuía uma tensão de 57.4 MVAs.

Findada a análise MOST, foi construído um gráfico de sequência-executante do subprocesso, cujo cabeçalho pode ser visualizado na Figura 24. O gráfico completo pode ser consultado no Apêndice 2.

efacec		Análise geral Posto de Trabalho: Atividades					
Empresa:	Efacec Power Solution		Resumo				
Departamento:	Transformação Lean e Processos Industriais		Tempo Atividades (%)	Atual	Proposto	Ganhos	
Área produtiva:	Linha M	VA	53.9				
		NVA	1.9				
		NNVA	44.2				
Posto de trabalho:	Bobinagem	Nº de atividades					
		Operação	146				
Início de análise:	12/02/2021	Transporte	47				
Fim de análise:	17/02/2021	Controlo	8				
Responsável:	Inês Quelhas	Espera	4				
Código produto:	E1111324A AT CTC Contínuo - 25MVA 63KV	Armazenagem	0				
		Distância (metros)	4879				
		Tempo (minutos)	1176.09				
Processo produtivo:	Bobinagem Vertical	Custo					
Observações:		Mão-de-Obra					
		Material					
		TOTAL					
Número	Atividade	Elemento da atividade	Frequência	Tempo da atividade (min)	Tipo de atividade	Classificação atividade	

Figura 24 - Cabeçalho do gráfico de sequência-executante do subprocesso de Bobinagem AT

Neste gráfico foi registado o nome de cada atividade, a frequência com a qual esta foi realizada, o tempo que esta demorou, o tipo da atividade (operação, transporte, controlo, espera e armazenagem) e a classificação do valor da atividade, de acordo com as seguintes três classes:

- Atividade que acrescenta valor – VA (*value added*);
- Atividade que não acrescenta valor, mas é necessária – NNVA (*necessary non value added*);
- Atividade que não acrescenta valor – NVA (*non value added*).

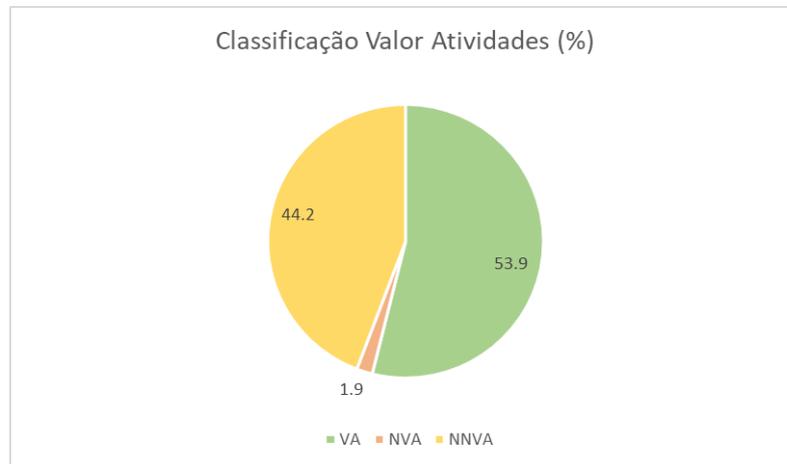


Figura 25 - Classificação do valor das atividades no subprocesso de Bobinagem AT

A análise da Figura 25 permitiu concluir que as atividades com valor acrescentado representavam 10.6 horas, as que não acrescentavam valor, mas eram necessárias 8.7 horas e as atividades que não acrescentavam valor e eram desnecessárias 0.4 horas, o que revelava o empenho da empresa na aplicação de medidas de melhoria contínua, como referido no capítulo 1.

#### 4.2.2.2 Elevado número de deslocações

Com o objetivo de representar as deslocações efetuadas pelos operadores do subprocesso de Bobinagem AT, foi construído um diagrama de *spaghetti*, uma vez que este é uma ferramenta visual que permite mapear o fluxo e representar a distância percorrida por um operador durante um processo. O diagrama encontra-se representado na Figura 26.

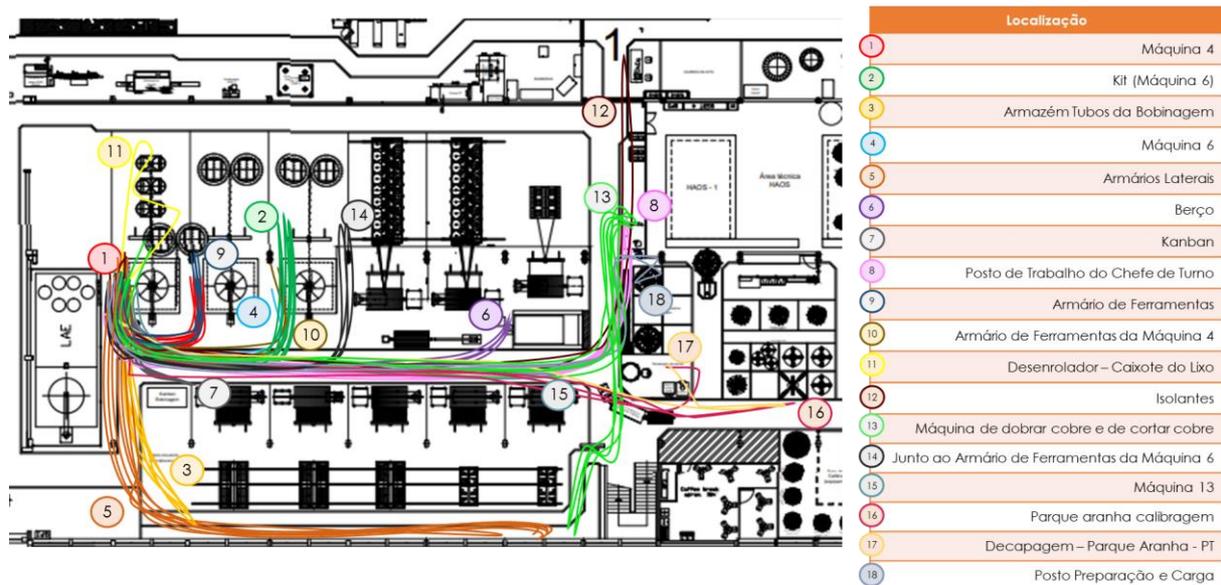


Figura 26 - Diagrama de spaghetti das deslocações do posto de Bobinagem AT

A análise do diagrama de *spaghetti* permitiu visualizar que existia um elevado número de deslocações dos operadores deste subprocesso, e também uma elevada distância percorrida durante as mesmas. A fim de quantificar as deslocações efetuadas, foram calculadas as distâncias percorridas em cada deslocação através do *software Autocad*, e concluiu-se que a distância total percorrida era de 5.0 km.

Entre as deslocações efetuadas, salientava-se a deslocação ao posto do chefe de turno, necessária para tirar dúvidas do projeto, para solicitar auxílio na afinação e reparação de máquinas e para solicitar a chave que abre os armários onde se encontram guardadas as máquinas. Além disso, eram também efetuadas várias deslocações ao carrinho onde se encontrava o *kit* dos isolantes, que continha os calços de enfiar, os cavaleiros, entre outros, para ir buscar ou entregar materiais, que aconteciam 11 vezes durante o processo. De momento, o *kit* encontrava-se junto à máquina 6, o que representava uma distância de 689 metros.

Além disso, verificavam-se dez deslocações aos armários laterais, sendo oito para ir buscar ou guardar a caixa de ferramentas, dado que cada operador tem a sua e a mesma se encontrava armazenada num cacifo, e duas para ir encher o boião de cola, percorrendo um total de 680 metros.

Relativamente aos restantes materiais necessários, como o papel crepado, o nastro ou as abraçadeiras, o operador ia buscar ao posto *kanban*, consoante a necessidade. Desta forma, foram registadas seis deslocações ao mesmo num total de 231 metros.

No que concerne aos restantes materiais dos isolantes, mas que não constavam no *kit* de bobinagem, por terem sido alvo de um processo de normalização, estes encontravam-se armazenados no armazém de tubos de bobinagem e o operador efetuava cinco deslocações ao mesmo, totalizando 371 metros.

Além disso, o operador efetuava algumas deslocações ao berço e às máquinas 4, 6 e 13 para ir buscar ferramentas, materiais ou máquinas que eram partilhados pelos postos de trabalho, tais como as chaves de roquete, as chaves sextavadas interiores, a tesoura de cobre, a máquina de dobrar ou cortar cobre e a máquina de cintar, o que resulta numa distância percorrida de 457 metros.

O trabalhador efetuava ainda duas deslocações ao posto de preparação e carga que representavam 233 metros e ocorriam para ir buscar calços de madeira, que eram necessários na Bobinagem AT, mas como não existia um local para os armazenar no posto, estes eram guardados nesse posto de trabalho. Por esse mesmo motivo, o operador realizava deslocações à máquina 6 (junto ao armário de ferramentas), para ir buscar placas auxiliares e madeiras de suporte exterior (501 metros).

#### *4.2.2.3 Desorganização do posto de trabalho*

A desorganização nos postos de trabalho era visível, tendo-se identificado que as ferramentas mais utilizadas, como o maço, a cunha, o alicate ou a tesoura, não apresentavam um local definido no posto de trabalho. Cada operador tinha a sua caixa de ferramentas, que era guardada no seu cacifo pessoal, mas ao chegar ao posto de trabalho, estas não eram imediatamente retiradas da caixa, sendo que o operador as retirava à medida que precisava destas, podendo depois voltar a colocá-las dentro da caixa, ou deixar fora, num local aleatório na prateleira, como se pode visualizar na Figura 27.



*Figura 27 - Exemplos de desorganização das bancadas de trabalho do posto de Bobinagem AT*

Isto fazia com que os trabalhadores perdessem, por vezes, algum tempo à procura de ferramentas, e acabavam também por partilhar com o operador do lado, quando não a encontravam. Além disso, fazia também com que os trabalhadores perdessem tempo a organizar a bancada de trabalho quando esta ficava com demasiadas ferramentas em cima da mesma, o que resultava num tempo de 4.37 minutos relativo à procura e arrumação de ferramentas.

Além disso, a Figura 27 revela também que a organização do posto de trabalho variava de operador para operador, e que nem todas as bancadas de trabalho continham os mesmos materiais, apesar de estarem a trabalhar num produto idêntico, o que revelava que nem todo o material necessário para o trabalho se encontrava prontamente disponível a utilizar. Como consequência, os operadores efetuavam várias paragens para se deslocarem aos locais onde os materiais estavam armazenados, que eram o *kit*, o armazém de tubos de bobinagem e o *kanban*, consoante davam pela falta de um dado material, as quais totalizavam uma distância de 811 metros e 14.8 min./bobina.

Verificava-se também que as prateleiras não tinham etiquetas ou imagens claras para identificar os materiais do posto, ou seja, não eram utilizadas ferramentas de gestão visual no posto.

No entanto, é de ressaltar que a metodologia 5S já foi implementada neste posto no passado com o objetivo de melhorar a organização e limpeza do posto de trabalho, tendo esta trazido algumas boas práticas que ainda eram praticadas, tal como a alocação de um tempo para a limpeza e arrumação do posto de trabalho no final do turno. No entanto, atualmente nem todos os trabalhadores deixavam o posto arrumado, devido à inexistência de auditorias 5S periódicas aos postos de trabalho.

Durante esse período, foram também implementados armários de ferramentas no posto, com marcações para os locais das mesmas, mas que neste momento se encontravam em desuso, estando cada operador a utilizar uma caixa de ferramentas pessoal. Esta solução não era a ideal, visto que obrigava os operadores a percorrer 470 metros para ir buscar e guardar as ferramentas. Além disso, nem todos dispunham de todas as ferramentas que necessitavam para o trabalho, pois não existiam exemplares suficientes, o que significava que os trabalhadores acabavam a partilhar ferramentas entre si.

Tendo em conta as informações recolhidas, decidiu-se proceder ao preenchimento da folha de auditoria inicial 5S para efetuar o diagnóstico do posto de trabalho em causa, estando a mesma presente no Apêndice 3, Tabela 21. Os resultados da auditoria indicaram que o desempenho global no que diz respeito ao cumprimento dos 5S era de 50%, o que indicava que existiam oportunidades de melhoria.

#### *4.2.2.4 Inexistência de pranchetas em todos os postos*

Devido à natureza do subprocesso, os operadores necessitavam de consultar alguns documentos, específicos para cada projeto, que eram fixos no posto com recurso a pranchetas, de modo a evitar que o papel se danificasse (Figura 28).



*Figura 28 - Pranchetas utilizadas no posto de Bobinagem AT*

No entanto, estas pranchetas não existiam em dois dos três postos, pelo que o papel se encontrava dobrado em torno da chapa e se rasgava com facilidade.

#### *4.2.2.5 Tempo despendido em afinações das máquinas de cruzamentos*

Observou-se que a máquina de cruzamentos exigia uma afinação a cada bobinagem, pois era sempre necessário ajustar a abertura da máquina à espessura do condutor utilizado. No entanto, verificou-se que o processo de afinação era difícil de efetuar, dado que os parafusos da máquina de cruzamentos apresentavam um nível de desgaste visível (Figura 29), o que fazia com que os operadores tivessem de aplicar uma força superior ao que seria expectável para proceder à afinação das máquinas.



*Figura 29 - Máquina de cruzamentos*

Além disso, por vezes a afinação não era corretamente efetuada e o operador do turno seguinte necessitava de voltar a realizar este processo, o que se refletia em retrabalho.

#### 4.2.2.6 Kit único para os três postos de Bobinagem AT

Durante o processo de Bobinagem AT eram consumidos uma série de componentes do centro de isolantes, pelo que o abastecimento destes materiais era feito sobre a forma de um *kit*, como se pode visualizar na Figura 30.



Figura 30 - Kit dos Isolantes utilizado no posto de Bobinagem AT

No entanto, existiam três postos de trabalho que efetuavam o processo de Bobinagem AT, pelo que os operadores que não se encontravam no posto onde foi colocado o *kit* (máquina 6) tinham de se deslocar ao mesmo, para ir buscar os materiais que necessitavam para os trabalhos. Durante o processo observado, o operador, situado na máquina 2, percorreu uma distância de 689 metros, e despendeu 14.4 minutos.

#### 4.2.2.7 Existência de itens que não constavam no kit

Embora o *kit* contenha a maior parte dos materiais dos isolantes que eram consumidos na bobinagem, existiam uns cartões de proteção de pontas, colocados junto a cada ponta da bobina, que não se encontravam no *kit*, o que obrigava cada trabalhador a deslocar-se ao centro de isolantes para ir buscar um cartão para depois cortar à medida, o que implicava uma deslocação de 140m e um tempo de 4.1 minutos, relativo à deslocação e respetivo corte dos cartões.

#### 4.2.3 Subprocesso Preparação de Bobinas

O subprocesso de Preparação de Bobinas era composto por quatro postos, sendo estes: a Decapagem, a Preparação e Carga, a Calibragem e a Preparação de Pontas. O estudo realizado neste posto foi feito de forma análoga ao do posto de Bobinagem AT. Desta forma, foi acompanhada e filmada a mesma

ordem de fabrico, foi aplicado o método MOST, foram registadas as deslocações efetuadas pelos operadores, procedeu-se ao levantamento dos materiais utilizados no posto e realizou-se uma auditoria inicial 5S. Assim, são de seguida detalhados os principais problemas identificados.

#### 4.2.3.1 Elevada percentagem de tempo de atividades que não acrescentavam valor

De acordo com a análise MOST realizada no posto de trabalho, conclui-se que o processo demorou 1.30 dias, tendo em conta 14 horas de produção diárias. Tal como se fez para o subprocesso da bobinagem, foi construído um gráfico de sequência-executante do processo, no qual se fez a classificação onde se distinguiram também as atividades nas três classes referidas acima, tendo-se obtido que as atividades com valor acrescentado totalizam 5.4 horas, as atividades que não acrescentavam valor, mas eram necessárias 12.8 horas e, por fim, as atividades que não acrescentavam valor e eram desnecessárias, 0.06 horas, conforme se pode observar na Figura 31. Alerta-se para o facto de que neste posto eram efetuadas múltiplos transportes de bobinas entre postos de trabalho, com recurso à *aranha* ou empilhador, que totalizaram 6.1 horas. Além disso, foi também necessário proceder à colocação e posterior remoção de calços para proteger o cobre das bobinas durante o processo de carga, o que demorava 3.1 horas.

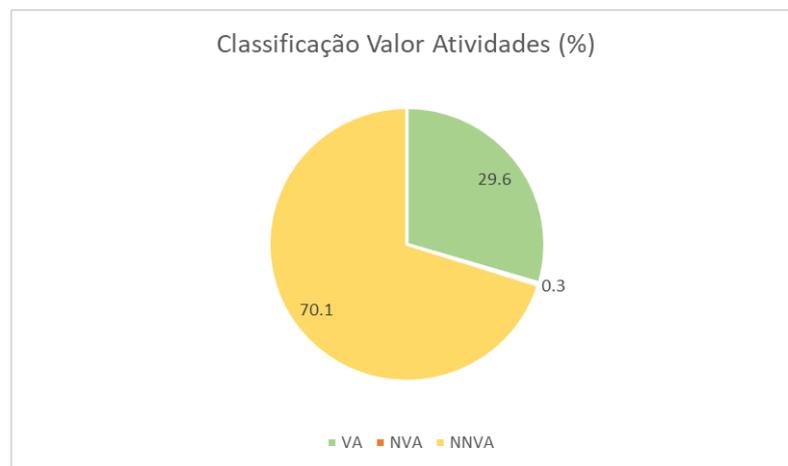


Figura 31 –Classificação do valor das atividades no subprocesso de Preparação de Bobinas

O estudo de tempos evidenciou também que existia um elevado tempo de *setup* no posto de Decapagem (15.7 minutos), e que eram percorridas elevadas distâncias durante este processo (234 metros), decorrente das movimentações que o operador necessitava de efetuar para ir buscar alguns materiais e consumíveis utilizados na preparação da operação de Decapagem, nomeadamente água, que se encontrava a uma distância de 153 metros do posto de trabalho.

#### 4.2.3.2 Elevado número de deslocações

Com o objetivo de representar as deslocações efetuadas pelos operadores do subprocesso de Preparação de Bobinas, recorreu-se, uma vez mais, ao diagrama de *spaghetti*, que se encontra representado na Figura 32.

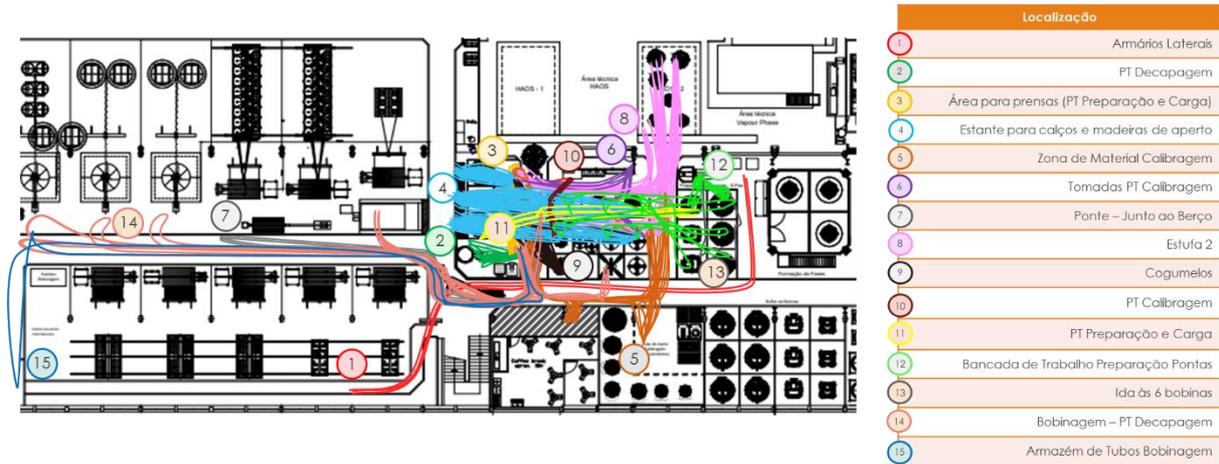


Figura 32 - Diagrama de spaghetti das deslocações do subprocesso de Preparação de Bobinas

A análise do diagrama de *spaghetti* permitiu visualizar que existia um elevado número de deslocações dos operadores deste posto, por isso, e com o recurso ao *software Autocad* foi possível contabilizar a distância total percorrida que corresponde a 6.3 km.

As principais deslocações efetuadas verificavam-se pelos múltiplos transportes de bobinas que eram efetuados neste subprocesso (2227 metros). Além disso, os operadores tinham também a necessidade de se deslocarem até à zona de material da Calibragem para irem buscar equipamentos que se encontravam lá armazenados, tais como a máquina de dar carga ou o empilhador para o transporte das bobinas (593 metros).

Além disso, verificava-se também que os operadores percorriam distâncias elevadas até à estante de calços e madeiras de aperto (1879 metros) visto que no posto de Preparação e Carga eram colocados calços e madeiras por baixo e por cima de cada bobina, para evitar que esta se danificasse no processo. Posteriormente, no processo de Calibragem, estes calços eram de novo retirados e guardados nas estantes.

#### 4.2.3.3 Desorganização do posto de trabalho

O posto de trabalho apresentava alguns sinais de desorganização, tal como a inexistência de um local definido no posto de trabalho para o armazenamento das ferramentas, e a existência de equipamentos que não eram utilizados, tal como uma bancada auxiliar na Preparação de Pontas (Figura 33).



Figura 33 - Desorganização da bancada (a) e equipamentos que não são utilizados (b)

Também não existia um local definido para certos equipamentos do posto de trabalho, que apesar de serem usados diariamente, eram arrumados de cada vez que uma bobina era transferida para o subprocesso seguinte, como era caso dos suportes de bobinas (Figura 34) o que fazia com que o operador os tenha de ir buscar sempre que inicie um novo processo de Preparação de Pontas, demorando 9.3 minutos nesta atividade.



Figura 34 - Suportes de bobinas da Preparação de Pontas

Por estas razões, foi realizada uma auditoria inicial ao posto em questão, apresentada no Apêndice 4, Tabela 22, que obteve uma pontuação de 68.2%, o que revelou que o posto tinha um desempenho satisfatório, mas que existia uma margem para melhorar.

#### 4.2.4 Subprocesso Formação de Fases

O estudo realizado no posto de Formação de Fases foi feito de forma análoga ao do posto de Bobinagem AT e de Preparação de Bobinas, pelo que foi acompanhada e filmada a mesma ordem de fabrico, e, mais uma vez, foi aplicado o método MOST para a quantificação dos tempos padrão das atividades. Além

disso, foram registadas as deslocações efetuadas pelos operadores, procedeu-se ao levantamento dos materiais utilizados no posto e realizou-se uma auditoria inicial 5S. Assim, são de seguida apresentados os principais problemas identificados no posto de trabalho.

#### 4.2.4.1 Elevada percentagem de atividades que não acrescentam valor

De acordo com a análise MOST realizada no posto de trabalho, conclui-se que o processo demorou 1.01 dias, tendo em conta 14 horas de produção diárias. Findada a análise MOST, foi construído um gráfico de sequência do processo, no qual foi efetuada a classificação das atividades em três classes, tendo-se obtido que as atividades com valor acrescentado totalizavam 5.4 horas, as atividades que não acrescentavam valor, mas eram necessárias 12.8 horas e, por fim, as atividades que não acrescentavam valor e eram desnecessárias, 0.06 horas. Na Figura 35 é possível ver a percentagem de atividades de cada tipo.

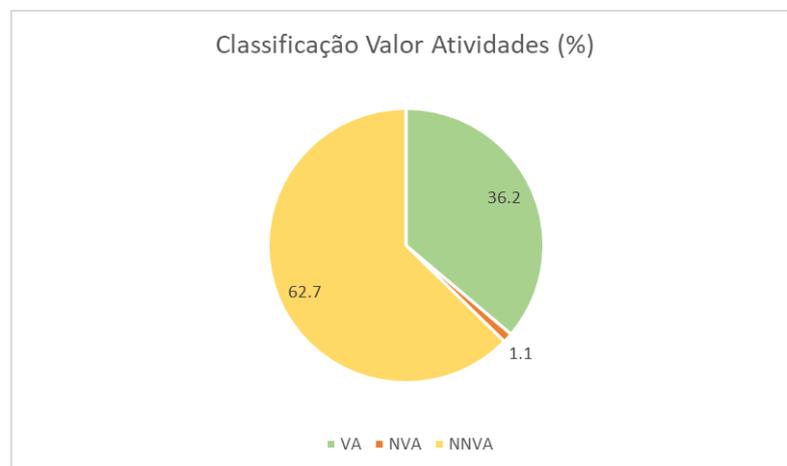


Figura 35 – Classificação do valor das atividades no subprocesso de Formação de Fases

#### 4.2.4.2 Elevado número de deslocações

Com o objetivo de representar as deslocações efetuadas pelos operadores do posto de Formação de Fases, recorreu-se, novamente, ao diagrama de *spaghetti*, que se encontra representado na Figura 36.

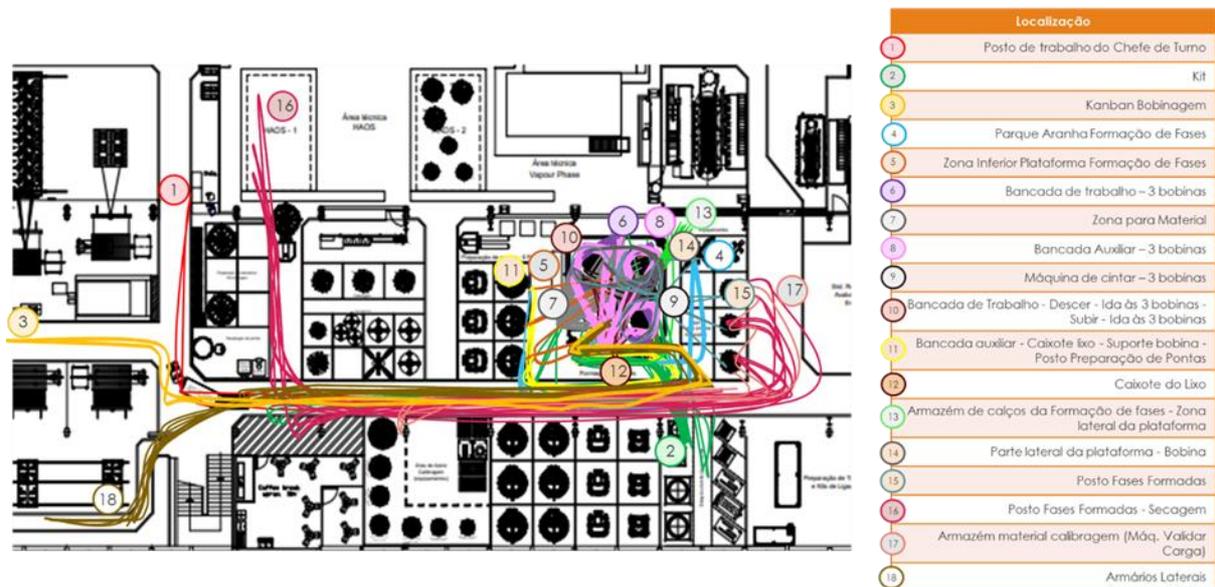


Figura 36 - Diagrama de spaghetti das deslocações do subprocesso de Formação de Fases

A análise do diagrama de *spaghetti* permitiu visualizar que existe um elevado número de deslocações dos operadores deste posto, e também uma elevada distância percorrida durante as mesmas, o que se traduzia numa distância total percorrida de 7.2 km.

Tal como acontecia no posto de trabalho da Bobinagem AT, verificava-se que os operadores do posto de Formação de Fases percorriam distâncias elevadas para ir buscar e guardar a caixa de ferramentas, que transportavam manualmente, correspondente a 600 metros. Foram também contabilizados 331 metros para ir buscar materiais do posto de *kanban*, que se situavam no posto de Bobinagem e 303 metros para o enchimento dos boiões de cola dos operadores. Neste caso, os operadores frisaram que a ordem de fabrico em causa não necessitava de muitos componentes quer destas duas localizações, pelo que existiam outros transformadores para os quais era necessário efetuar mais deslocações destes dois tipos. Verificavam-se também múltiplas deslocações ao *kit*, no entanto, como se tratava de materiais de grandes dimensões e elevado peso, era aconselhável que os operadores apenas tivessem o material necessário para as atividades que estavam a desempenhar no turno de trabalho, para não obstruir a passagem dos trabalhadores no posto ou afetar a estabilidade da plataforma onde estes trabalhavam.

#### 4.2.4.3 Desorganização do posto de trabalho

A desorganização nos postos de trabalho era visível, tendo-se identificado que as ferramentas não tinham um local definido para serem armazenadas no posto de trabalho, o que fazia com que fosse necessário armazenar as mesmas nos cacifos pessoais, junto aos armários laterais. Além disso, verificou-se que existiam sobras de materiais armazenados que não eram necessários, como se pode verificar a azul, na

Figura 37 e, por esse motivo, deveriam ser removidos do posto de trabalho, e colocados no local indicado para sobras de materiais.



*Figura 37 - Sobras de materiais existentes nos armários do posto de Formação de Fases*

Além disso, alguns materiais armazenados nas prateleiras não se encontravam devidamente identificados, tal como ilustra a Figura 38, na qual se pode observar materiais que apresentam uma denominação incorreta, a azul, materiais em falta, a amarelo e materiais que não apresentam identificação, a verde.



*Figura 38 - Materiais do posto de Formação de Fases com identificação indevida*

Tendo em conta as informações recolhidas, decidiu-se proceder ao preenchimento da folha de auditoria inicial 5S para efetuar o diagnóstico do posto de trabalho em causa, estando a mesma presente no Apêndice 5, Tabela 23. Os resultados da auditoria indicaram que o desempenho global no que dizia respeito ao cumprimento dos 5S era de 63.6%, o que revelava que o posto tinha um desempenho satisfatório, mas que existia uma margem para melhorar.

#### *4.2.4.4 Existência de objetos a obstruir o abastecimento lateral de materiais*

As calagens e os tubos em cartão são componentes que apresentam grandes dimensões, que variavam aproximadamente entre os 1.5 e os 4 m<sup>2</sup>, e elevado peso, que varia aproximadamente entre 50 a 200 kg, e eram abastecidos através de uma entrada lateral que existia na plataforma, com o auxílio de um empilhador. No entanto, a zona onde o empilhador atravessava para conseguir proceder ao

abastecimento dos materiais encontrava-se obstruída com vários suportes de bobinas, quadros de informações e um cartaz com práticas a seguir, tal como se pode visualizar na Figura 39, representado com um círculo azul.



*Figura 39 - Objetos a obstruir o abastecimento de materiais ao posto de Formação de Fases*

Para proceder ao respetivo abastecimento de materiais, o operador necessitava de mover todos os objetos que se encontravam no caminho e, uma vez concluído o processo de abastecimento, este voltava a colocar todos os objetos no local onde se encontravam inicialmente, o que acarretava um tempo de 2.5 minutos, além da possibilidade em deixar algum objeto cair sobre os pés, o que poderia resultar numa lesão.

#### *4.2.4.5 Desperdício de material utilizado na amarração de bobinas*

Durante o subprocesso de Formação de Fases eram colocadas réguas em redor das bobinas e, de seguida, era colocado um tubo em cartão. De modo a fixar as réguas na bobina eram colocadas uma a duas tiras de nastro, como se verifica na Figura 40.

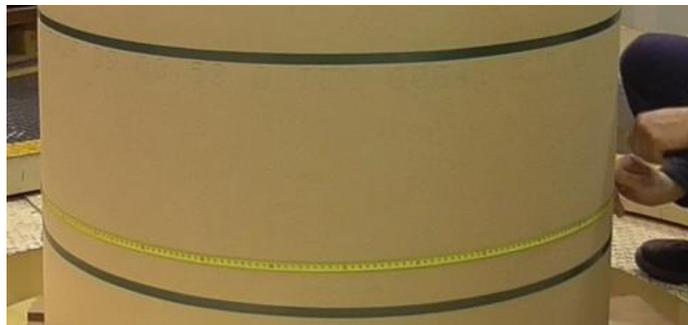


*Figura 40 - Colocação das réguas com o auxílio do nastro*

Ora, uma vez concluída a colocação de réguas, procedia-se à colocação de cintas em plástico na bobina para fornecer pressão em redor da bobina, e era deitado ao lixo o nastro que tinha sido colocado inicialmente. No entanto, não era possível colocar logo as cintas, pois como este material não tinha elasticidade, não era possível depois colocar as réguas dentro do mesmo. Estimou-se que para a produção de cada transformador fossem descartados 6 rolos de nastro, o que representava um total de 576 rolos ao ano, que se traduzia num total de 864€/ano, considerando que o custo unitário dos rolos era de 1.5€. Além disso, estimava-se que cada rolo pesasse 500g, pelo que a quantidade de resíduos gerados ascendia a 288kg.

#### *4.2.4.6 Paragens na produção por não conformidades no perímetro das bobinas*

Sendo a produção de transformadores uma produção ETO, cada transformador era alvo de um projeto de engenharia individual, pelo que existia uma maior probabilidade na ocorrência de problemas associados ao dimensionamento das bobinas. Por esse motivo, eram efetuadas várias operações de controlo que visavam medir o perímetro da bobina após a colocação de tubos de cartão (Figura 41), para verificar se este correspondia com o perímetro indicado no projeto de engenharia. Para o efeito, os operadores dispunham de uma fita métrica não maleável, o que afetava a precisão e a exatidão das medições efetuadas.



*Figura 41 - Medição do perímetro de uma bobina na Formação de Fases*

Dada a dificuldade em o perímetro real das bobinas corresponder exatamente ao valor indicado no projeto de engenharia, existia uma margem mínima segundo a qual os operadores tinham autorização para prosseguir com o trabalho. No entanto, quando essa margem era ultrapassada, o chefe de turno devia informar por email a equipa de engenharia, para que esta pudesse analisar a situação e enviar as correções necessárias. Durante esta operação, o processo produtivo parava até receber novas instruções, o que poderia demorar até um dia.

#### *4.2.4.7 Não é feita a separação de resíduos no posto de trabalho*

Embora a empresa faça a separação de resíduos, no posto de Formação de Fases verificou-se que não existia um caixote para lixo indiferenciado, o que fazia com que os operadores do posto colocassem todos

os resíduos no caixote azul que tinham no seu posto de trabalho, o que fazia com que a reciclagem do cartão fosse inviabilizada.

#### 4.2.5 Síntese dos problemas identificados

Após a identificação e descrição dos problemas dos três subprocessos analisados, foi elaborada uma síntese dos problemas como se pode observar na Tabela 4. Aqui são identificados os problemas, as suas consequências e o tipo de desperdícios associados.

*Tabela 4 - Síntese dos problemas identificados, consequências e tipos de desperdícios*

<b>Problema</b>	<b>Consequência</b>	<b>Tipo de desperdício</b>
Elevada percentagem de atividades que não acrescentam valor	Várias paragens para abastecer materiais; Necessidade de trocar equipamentos	Transporte e movimentações
Tempo de <i>setup</i> elevado no posto de Decapagem	Deslocações desnecessárias efetuadas pelo operador	Transporte, movimentações e esperas
Elevadas deslocações efetuadas pelos operadores	Materiais, ferramentas e equipamentos não se encontram perto do operador	Transporte e movimentações
Desorganização dos postos de trabalho	Perda de tempo à procura de ferramentas; Partilha de ferramentas entre operadores; Certos equipamentos não se encontram armazenados no posto de trabalho	Movimentações e esperas
Elevado tempo despendido em afinações de máquinas de cruzamentos	Necessidade de exercer força para apertar os parafusos da máquina devido ao desgaste	Esperas
Inexistência de pranchetas em todos os postos	Maior desorganização no posto de trabalho	Sobreprocessamento
Existência de um <i>kit</i> único para os 3 postos de Bobinagem AT	Várias movimentações dos operadores ao <i>kit</i> ; Tempo perdido nas deslocações	Movimentações e transportes
Existência de itens que não constam no <i>kit</i>	Movimentações desnecessárias; Tempo perdido na deslocação	Movimentações e transportes; Sobreprocessamento.
Existência de objetos a obstruir a passagem dos materiais	Necessidade do operador em mover equipamentos; Tempo perdido nesse processo	Movimentações e transportes
Desperdício de material usado na amarração de bobinas	Maior quantidade de resíduos gerada; Maior custo em materiais	Stock
Perímetro das bobinas não corresponde com o indicado no projeto	Paragens na produção; Atrasos na produção	Defeitos
Não é feita a separação de resíduos	São enviados para o lixo indiferenciado materiais passíveis de serem reciclados	Stock

## 5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Este capítulo é constituído pelas propostas de melhorias desenhadas para solucionar os problemas apresentados anteriormente. Na Tabela 5 apresenta-se o plano de ação para as propostas e as sugestões de melhoria, com o recurso à técnica 5W2H (*What, Why, Who, When, Where, How e How Much*).

Tabela 5 - Plano de ação para a implementação das propostas de melhoria

<i>What?</i>	<i>Why?</i>	<i>How?</i>	<i>Who?</i>	<i>Where?</i>	<i>When?</i>	<i>How Much?</i>
Implementação das ferramentas 5S e gestão visual	Desorganização dos postos de trabalho	Marcação de locais definidos para cada equipamento/ferramenta; Remoção de tudo o que não é necessário	Inês Quelhas; Equipa <i>Learn</i> ; Operadores	Bobinagem AT, Preparação de Bobinas e Formação de Fases	Maior a Junho 2021	9€
Reativação do armário de ferramentas	Elevadas distâncias percorridas para ir buscar a caixa de ferramentas	Levantamento das ferramentas necessárias; Abastecimento de ferramentas nos armários	Inês Quelhas; Equipa <i>Learn</i> ; Chefe de turno; Operadores	Bobinagem AT	A determinar	0€
Colocação dos materiais do <i>kit</i> no posto	Elevadas distâncias percorridas para ir buscar materiais ao <i>kit</i>	Colocação de estantes para armazenar materiais do <i>kit</i> em cada posto	Inês Quelhas;	Bobinagem AT	A determinar	-
Definição de métodos de trabalho	Não existe um método definido para ir buscar materiais e arrumar o posto	Construção de uma OPL	Inês Quelhas;	Bobinagem AT e Formação de Fases	Maior 2021	0€
Inclusão dos cartões de proteção de pontas no <i>kit</i>	Elevadas distâncias percorridas para ir buscar os cartões	Inclusão dos cartões de proteção na legenda, para que estes constem no <i>kit</i>	Inês Quelhas;	Bobinagem AT	Junho 2021	0€
Colocação de estantes de calços na Calibragem	Elevadas distâncias percorridas para guardar os calços	Remoção de duas estantes da Preparação e Carga e colocação na Calibragem	Inês Quelhas; Operadores	Calibragem	A determinar	0€
Aplicação de SMED	Tempo de <i>setup</i> elevado	Colocação dos materiais mais próximos do operador	Inês Quelhas; Operadores	Decapagem	Maior 2021	0€
Resumo da informação afixada no posto	Existe muita informação afixada; Os quadros de informação estão a obstruir o abastecimento de materiais da Formação de Fases	Construção de OPLs com a informação necessária e afixação das mesmas nos postos de trabalho	Inês Quelhas;	Preparação de Pontas	A determinar	0€
Criação de um sistema <i>kanban</i>	Elevadas distâncias percorridas para ir buscar materiais	Levantamento da quantidade necessária durante o período de reposição; Construção de cartões <i>kanban</i>	Inês Quelhas; Equipa <i>Learn</i> ; Equipa Logística	Formação de Fases	A determinar	-
Criação de um mecanismo <i>poka-yoke</i>	Existem defeitos que obrigam à paragem da produção	Inclusão de uma operação de controlo (medição dos perímetros) na Calibragem	Inês Quelhas; Equipa Qualidade	Formação de Fases e Calibragem	A determinar	0€
Utilização de uma fita métrica flexível	Existem erros de medição do perímetro associados ao uso de uma fita métrica metálica	Compra de uma fita métrica flexível	Inês Quelhas;	Formação de Fases	Junho 2021	8€

## 5.1 Implementação de propostas de melhoria no subprocesso de Bobinagem AT

Esta secção apresenta as melhorias propostas para o posto de trabalho de Bobinagem AT através da implementação de ferramentas 5S e gestão visual, da colocação dos materiais do *kit* no posto de trabalho, da definição de métodos de trabalho e da inclusão dos cartões de proteção de pontas no *kit*. De seguida será apresentada cada proposta.

### 5.1.1 Implementação de 5S e Gestão Visual

Esta secção apresenta as melhorias propostas a nível de organização do posto de trabalho da Bobinagem através das ferramentas 5S e gestão visual. De seguida será apresentado o que foi efetuado em cada etapa.

#### 5.1.1.1 Separar

Nesta etapa foram eliminados os itens desnecessários do espaço de trabalho. Desse modo, foi inicialmente construída uma tabela com a listagem de todos os materiais, equipamentos e ferramentas presentes no posto, que é visível no Apêndice 6, Figura 61.

No que concerne aos itens que nunca ou quase nunca eram utilizados, decidiu-se que eram para se manter no posto ou para saírem. Desta forma, foram removidos:

- Formão
- Tesoura de Costura
- Chave de Bocas 16/17
- Chave de Bocas 18/19
- Chave de Bocas 20/22
- Chave de Bocas 25/28

#### 5.1.1.2 Organizar

Na etapa de organização o objetivo é criar um local para cada item, para que este seja de fácil e rápido acesso. Assim, foi decidido com base na frequência da utilização de cada ferramenta, material ou equipamento, indicada no Apêndice 6, Figura 61, o local para armazenar cada item. As ferramentas menos utilizadas ficariam armazenadas exclusivamente na caixa de ferramentas e sempre que fossem necessárias seriam retiradas e arrumadas logo que não fossem mais precisas. Quanto às ferramentas que eram usadas sempre ou quase sempre, estas seriam retiradas no início do turno e colocadas no local respetivo na bancada de trabalho, e seriam arrumadas no final do turno de trabalho. Deste modo,

foram efetuadas marcações para cada item do posto, para aumentar a organização e facilitar a procura por ferramentas aos operadores, tal como se visualiza na Figura 42.

Além disso, estava prevista a colocação de duas molas em cada bancada de trabalho, para colmatar a falta de pranchetas nos postos de trabalho, o que iria melhorar a organização dos documentos afixados, que se previu que tinha um custo de 9€.



*Figura 42 - Bancada de trabalho com marcações do local de cada material*

Por outro lado, existiam equipamentos que não tinham um local no posto de trabalho, o que obrigava o operador a percorrer grandes distâncias para os ir buscar, como era o caso dos calços que se colocavam por baixo da bobina, que passaram a ser armazenados no posto de trabalho, e das placas auxiliares que eram armazenadas junto à máquina 6, que podiam ser de sete dimensões diferentes, pelo que se decidiu armazenar duas dimensões na bancada de trabalho e manter as restantes no local atual, para os operadores irem buscar quando necessitarem dessas dimensões (Figura 43).



*Figura 43 – Calços e placas auxiliares armazenados na bancada de trabalho*

Relativamente às placas auxiliares, verificou-se também que as caixas que continham as placas auxiliares se encontravam desarrumadas e que não existiam todas as dimensões necessárias, pelo que se procedeu, em primeiro lugar, à arrumação das caixas (Figura 44).



Figura 44 - Caixas das placas auxiliares antes da arrumação (a) e após (b)

Durante a arrumação, fez-se uma separação entre o que eram placas auxiliares e o que eram restos de materiais da bobinagem, que foram encaminhados para o lixo e, de seguida, procedeu-se ao levantamento das medidas e quantidade necessárias de cada dimensão, com o chefe de turno, que enviou um pedido, via email, a informar as quantidades de cada modelo que estariam em falta, para que a equipa dos isolantes procedesse à sua construção. Quando estas forem construídas, as mesmas seriam colocadas em caixas devidamente identificadas (Figura 45), o que traria uma maior organização ao posto e uma redução do tempo perdido pelos operadores à procura da dimensão mais adequada para cada projeto.

Placas Auxiliares 4 x 50 x 165 mm	Placas Auxiliares 4 x 80 x 210 mm	Placas Auxiliares 4 x 90 x 225 mm	Placas Auxiliares 4 x 110 x 250 mm
Placas Auxiliares 4 x 130 x 300 mm	Placas Auxiliares 4 x 130 x 350 mm	Placas Auxiliares 4 x 130 x 400 mm	

Figura 45 - Arrumação e identificação das caixas com placas auxiliares

### 5.1.1.3 Limpar

O 3º senso, a limpeza, é o responsável pela criação de um espaço de trabalho confortável e seguro, bem como melhor visibilidade dos itens do posto de trabalho. Nesse sentido, foram reforçadas as boas práticas de limpeza atualmente praticadas pelos trabalhadores acerca da importância da limpeza e arrumação do posto no final do turno, através de formações aos trabalhadores e da afixação dos procedimentos de limpeza no posto de trabalho.

#### 5.1.1.4 Normalizar

Após a implementação dos três primeiros sentidos, a etapa seguinte foi a normalização das melhores práticas, a qual era conseguida através da criação de uma lista de procedimentos diários a cumprir que deviam estar visíveis em cada posto de trabalho, para que todos os trabalhadores soubessem claramente quais eram as suas funções.

Para tal, foi disponibilizado aos trabalhadores uma *One-Point-Lesson* (OPL) que descrevia os procedimentos a seguir para a preparação e arrumação do posto de trabalho, que se encontra no Apêndice 7, Figura 62.

#### 5.1.1.5 Manter

O propósito do último sentido é o de criar o hábito diário do cumprimento dos quatro sentidos anteriores e, desta forma, assegurar a sustentabilidade do sistema e encorajar a implementação de melhorias adicionais. Este sentido requer autodisciplina, que é fundamental para manter padrões consistentes de qualidade, segurança e limpeza.

Assim, para garantir que os hábitos diários estavam a ser cumpridos, foram levadas a cabo um conjunto de auditorias periódicas 5S, tendo-se efetuado uma auditoria durante o período de estágio, que se encontra no Apêndice 8, Tabela 24, cujos resultados indicam um desempenho de 78.8%, o que revelou uma melhoria de 28.8% face à auditoria inicial (50%).

#### 5.1.2 Reativação do armário de ferramentas

Os armários de ferramentas que existiam em todos os postos (Figura 46) encontravam-se desativados, pelo que cada operador tinha a sua caixa de ferramentas pessoal, que transportava manualmente até ao seu posto de trabalho.



Figura 46 - Armário de ferramentas do posto de Bobinagem, desativado

Deste modo, a presente proposta consistiu na reativação dos armários de ferramentas, para a qual foi necessário proceder ao levantamento de todas as ferramentas utilizadas no posto, em conjunto com os operadores. No futuro, seria necessário proceder à recolha de exemplares das ferramentas listadas, bem como proceder à sua identificação utilizando uma fita autocolante ou uma caneta permanente, para que esteja identificado em cada ferramenta a máquina a que esta pertence e, deste modo, evitar que as ferramentas acabem por ir parar a uma máquina diferente daquela a que pertencem. Os exemplares devem, posteriormente, ser colocados em cada armário e estes devem ser trancados no final de cada turno de trabalho, sendo que as chaves seriam entregues ao chefe de turno, que as guardaria num local em que os dois chefes de turno teriam acesso.

### 5.1.3 Colocação dos materiais do *kit* no posto de trabalho

Na situação inicial, existia apenas um *kit* que era partilhado pelos três postos de bobinagem AT. A presente proposta consistiu na colocação de uma estante para colocar o material do *kit* em cada posto de trabalho, eliminando desta forma as deslocações dos operadores até ao *kit*, o que permitiria a redução de 14.4 minutos no tempo de operação e de 689 metros nas deslocações efetuadas pelo operador. O protótipo desta estante pode ser observado na Figura 47.

Desta forma, o centro de isolantes, que abastecia os *kits*, transportaria o material para os três postos num único carrinho, passaria pelos três postos de trabalho, deixando em cada um a quantidade necessária para a produção de uma bobina, e regressaria ao centro de isolantes.

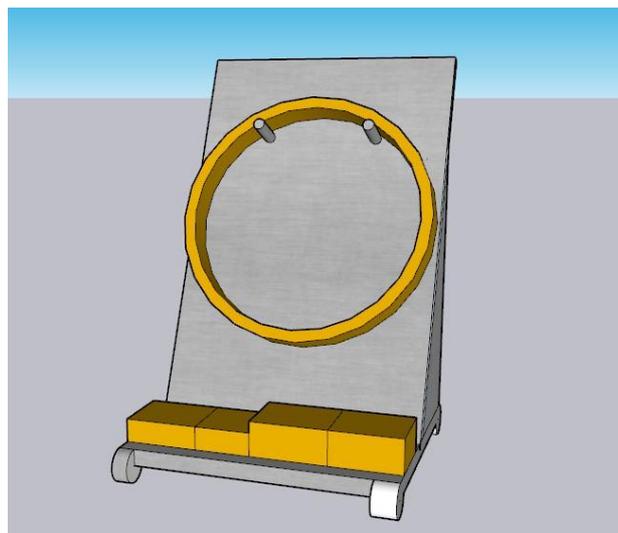


Figura 47 - Protótipo da estante a colocar no posto de Bobinagem AT

Como existia a necessidade de produzir alguns dos componentes em excesso, visto que se tratavam materiais de cartão com dimensões compreendidas entre os 5 e os 10 cm que, por vezes, caíam dentro do mandril onde era feita a bobinagem, ou se danificavam, existiam normalmente sobras de alguns

materiais, pelo que estas também eram recolhidos quando era feito o abastecimento dos postos de trabalho, para evitar que estes materiais fossem desperdiçados.

#### 5.1.4 Definição de métodos de trabalho

Tal como foi apresentado na subsecção 4.2.2.2, verificou-se que o operador efetuava múltiplas deslocações ao *kit*, ao *kanban*, ao armazém de tubos de bobinagem e aos armários laterais para ir buscar materiais durante o processo de bobinagem. Por esses motivos, decidiu-se estabelecer um método para que o operador fizesse o abastecimento de todos os materiais necessários no início do turno e no início de um novo projeto, para reduzir as deslocações efetuadas pelo operador e, conseqüentemente, o tempo despendido nessas deslocações.

Deste modo, pretendeu-se que no início do turno o operador verificasse todos os materiais em falta na bancada de trabalho e os fosse abastecer ao *kanban*. Caso se estivesse a iniciar uma nova bobinagem, seria também necessário ir buscar componentes que se encontravam junto aos tubos de bobinagem e pegar nos materiais do *kit* e colocar na bancada de trabalho, mas esse processo poderia ser feito enquanto se estaria a realizar a movimentação vertical do mandril, operação que era efetuada duas vezes e que durava, aproximadamente, um minuto de cada vez.

De forma análoga, sugeriu-se que a arrumação dos materiais que sobrassem no final da bobinagem fosse feita durante a movimentação vertical que era feita no final do subprocesso de bobinagem e demorava 2.55 minutos.

Desta forma, a proposta passou pela definição de um conjunto de tarefas que o operador devia efetuar no início e no final do turno e que seriam disponibilizadas aos trabalhadores através de uma OPL já referida na subsecção 5.1.1, que se encontra no Apêndice 7, Figura 62.

#### 5.1.5 Inclusão dos cartões de proteção de pontas no *kit*

A presente proposta consiste na colocação dos cartões de proteção de pontas no documento que era feito pela equipa de engenharia, de acordo com as especificações do transformador a produzir, de modo a assegurar que a equipa dos isolantes também produza este componente, e posteriormente entregá-lo no *kit*, juntamente com os restantes componentes.

## 5.2 Implementação de propostas de melhoria no subprocesso de Preparação de Bobinas

Esta secção apresenta as melhorias propostas para o posto de trabalho da Preparação de Bobinas através da implementação de ferramentas 5S e gestão visual, da colocação de estantes de calços na

Calibragem, da aplicação de SMED e do resumo da informação do posto de trabalho. De seguida será apresentada detalhadamente cada proposta.

### 5.2.1 Implementação de 5S e Gestão Visual

Esta secção apresenta as melhorias propostas a nível de organização do posto de trabalho da Preparação de Bobinas através das ferramentas 5S e gestão visual. De seguida é apresentado o que foi efetuado em cada etapa.

#### 5.2.1.1 Separar

Homologamente ao que foi realizado no posto de Bobinagem AT, procedeu-se à listagem de todos os materiais, equipamentos e ferramentas do posto, que é visível no Apêndice 9, Figura 63. De seguida, procedeu-se à separação dos itens, tendo-se observado que deveria ser removida a bancada auxiliar azul.

#### 5.2.1.2 Organizar

Na etapa de ordenação, foram criados e identificados os locais dos consumíveis utilizados no subprocesso de Preparação de Bobinas (Figura 48).

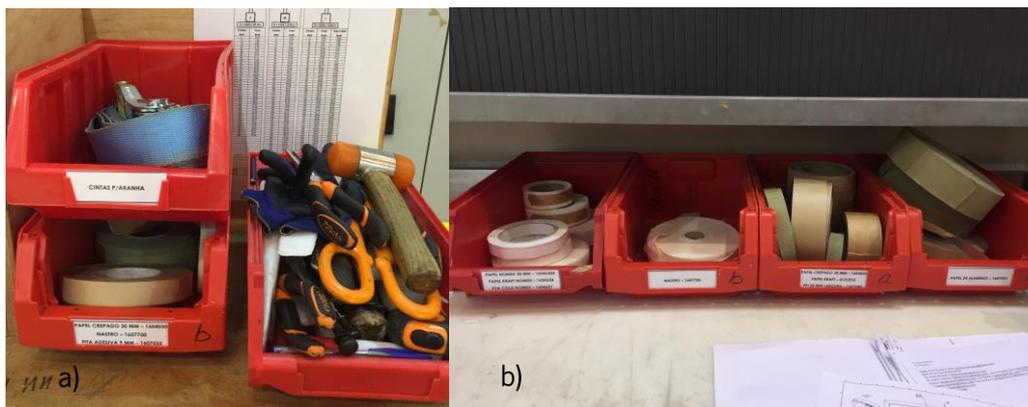


Figura 48 - Consumíveis do posto de Calibragem (a) e do posto de Preparação de Pontas (b)

Procedeu-se também à organização das estantes de calços e à sua identificação, tal como se pode observar pela Figura 49.



Figura 49 - Identificação das estantes de calços

### *5.2.1.3 Limpar*

O senso da limpeza já era praticado pelos operadores regularmente, mas foram reforçadas as boas práticas de limpeza atualmente praticadas, através de formações aos trabalhadores.

### *5.2.1.4 Normalizar*

Após a implementação dos três primeiros S's, a etapa seguinte é a padronização das melhores práticas, a qual seria conseguida através da realização de inspeções periódicas mensais ao posto de trabalho, pela equipa de *Lean*, para garantir que os trabalhadores estão a seguir os procedimentos diários a cumprir.

### *5.2.1.5 Manter*

Tal como mencionado na subsecção 5.1.1, o último senso é fundamental para criar o hábito diário da organização do posto de trabalho. Assim, para garantir que os hábitos diários estão a ser cumpridos, seriam levadas a cabo um conjunto de auditorias periódicas 5S, sendo que a primeira auditoria foi efetuada durante o período de estágio, encontrando-se apresentada no Apêndice 10, Tabela 25. Os resultados obtidos na segunda auditoria, 81.8%, revelaram uma melhoria de 13.6% face à auditoria inicial. No futuro, o plano consiste em efetuar auditorias mensais, para analisar se os resultados se mantêm a longo prazo, e tomar medidas corretivas caso tal não esteja a acontecer.

## 5.2.2 Colocação de estantes de calços na Calibragem

Tendo em consideração a distância percorrida pelos operadores para ir arrumar calços de lamiper (1312 metros), dado que o operador necessitava de efetuar várias deslocações entre o posto de Calibragem e o de Preparação e Carga, foi proposta inclusão de duas estantes de calços (vazias), a colocar no posto de Calibragem, que permitissem que o trabalhador transporte a estante (que é móvel) até uma bobina, que retire todos os calços e, que a transporte até à bobina seguinte, arrumando a estante no local onde se encontrava, no final do processo. Espera-se, deste modo, reduzir a distância percorrida e, simultaneamente, o tempo associado a esse processo.

Sempre que estas estantes fiquem cheias, as mesmas devem ser trocadas por duas estantes do posto de Preparação e Carga, que deverão estar vazias, visto que no posto de Preparação e Carga eram colocados calços nas bobinas, e removidos das estantes, e no posto de Calibragem eram removidos calços das bobinas, e, portanto, armazenados nas estantes.

No entanto, esta proposta ainda não foi implementada pois necessitava que fosse efetuada uma nova alocação para o quadro de fluxo de bobinas que se encontrava no local onde estas estantes deviam ser colocadas.

### 5.2.3 Aplicação de SMED no posto de Decapagem

O tempo de *setup* no posto de decapagem era elevado (15.7 min./TRF), como se viu na secção 4.2.3, pelo que foi aplicado a ferramenta SMED com o objetivo de reduzir o tempo de *setup* deste posto. Para tal, seguiram-se os passos da metodologia SMED apresentados anteriormente na subsecção 2.2.5.

#### 5.2.4.1 Estágio preliminar: Não existe distinção entre *setup* externo e interno

Neste estágio procedeu-se à recolha das atividades e respetivos tempos de *setup* associados através do método *MaxiMOST*, que se encontram apresentadas na Figura 50. Verificou-se que das 14 atividades, sete correspondiam a transporte e as restantes a operações.

Número	Atividade	Elemento da atividade	Tempo da atividade (min)	Tipo de atividade					Classificação atividade
				○	➡	□	D	▽	
1	Set-Up Decapagem	Buscar caixa de ferramentas	0.92		X				NNVA
2		Colocar suportes debaixo da bobina	0.84		X				NVA
3		Puxar fio da máquina de decapagem	1.83	X					NNVA
4		Encaixar fio no maçarico	0.28	X					NNVA
5		Programar máquina	1.13	X					NNVA
6		Testar maçarico	0.14	X					NNVA
7		Mover maçarico	0.28		X				NVA
8		Mover extrator portátil	0.56		X				NVA
9		Posicionar chaminé do extrator	0.42	X					NNVA
10		Buscar diluente	0.99		X				NNVA
11		Buscar água	3.94		X				NNVA
12		Colocar óculos de proteção	0.14	X					NNVA
13		Buscar tapete	1.69		X				NVA
14		Colocar tapete em redor da bobina	2.53	X					NNVA

Figura 50 - Atividades de set-up do posto de Decapagem

#### 5.2.4.2 Estágio 1: Separação entre atividades externas e internas

No estágio 1 verificou-se que o operador não realizava nenhuma operação com a máquina a funcionar. Isto acontecia porque o maçarico apenas trabalhava com o acionamento do manipulo, o que era feito com total dependência do operador. Sendo assim, 100% das atividades que realizava eram consideradas operações internas. Esta informação pode ser consultada com mais pormenor no Apêndice 11, Figura 64.

#### 5.2.4.3 Estágio 2: conversão de atividades internas em externas

Durante o estágio 2, foi feita a conversão de atividades internas em atividades externas, isto é, que podiam ser realizadas com a máquina em funcionamento. Desse modo, as atividades 2, 7 e 8 foram convertidas em atividades externas, pelo que se eliminaram três atividades de transporte do processo, como se pode consultar no Apêndice 11, Figura 64 e Figura 65. Para tal, foi necessário estabelecer um local no posto de trabalho no qual ficariam os suportes das bobinas, o que resultou na eliminação da atividade de colocação dos suportes debaixo da bobina. Além disso, foi feita uma alteração no *layout* dos equipamentos do posto de trabalho, para evitar que fosse necessário mover o extrator portátil e os

maçaricos em cada atividade de *set up*, o que causou uma redução de 11% no tempo de *set up*, tendo-se este fixado em 14 minutos. O *layout* atual pode ser observado na Figura 51.

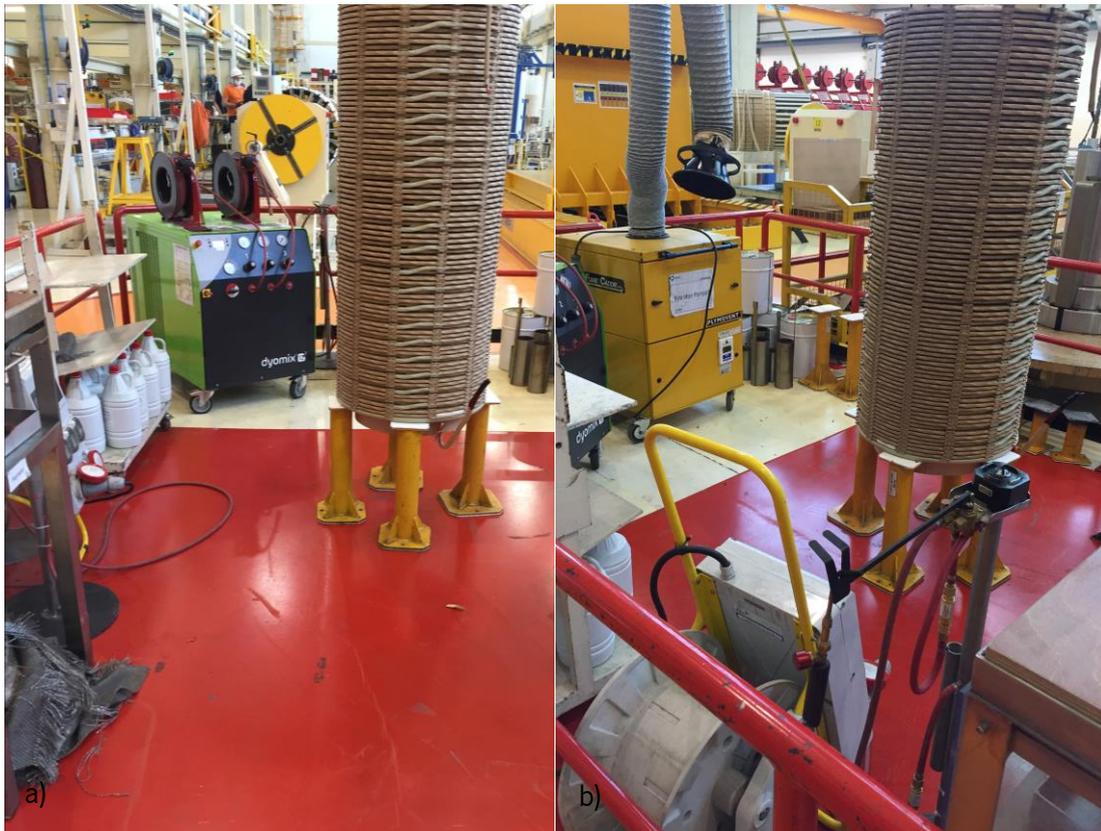


Figura 51 - Visão frontal (a) e lateral (b) do posto de Decapagem após a alteração do layout

#### 5.2.4.4 Estágio 3: racionalização das atividades internas

No estágio 3 foi feita uma racionalização das atividades internas, com o objetivo de reduzir ainda mais o tempo de *setup* do posto de trabalho. Para esse fim, foi alterada a localização do diluente, da água e do tapete, o que culminou num tempo de *setup* de 9.1 minutos.

Na Tabela 6 é possível consultar os ganhos obtidos em cada estágio da aplicação da ferramenta SMED, tendo-se obtido uma redução de 35% face ao valor do estágio preliminar.

Tabela 6 - Resumo da redução de tempo de *setup* em cada estágio

Estágio	Tempo de processo (min.)	Ganho obtido (%)
Estágio Preliminar	15.7	-
Estágio 1	15.7	0
Estágio 2	14	11
Estágio 3	9.1	35

#### 5.2.4 Eliminação da informação desnecessária ao posto de trabalho

Foi levada a cabo uma análise aos documentos que se encontravam afixados no posto de trabalho, que permitiu concluir que a informação era relativa aos postos de Preparação de Bobinas e de Formação de Fases. No que concerne à informação do primeiro posto, esta foi comparada com a informação presente

na instrução operacional (IO) e verificou-se que os documentos afixados, seis no total, eram exatamente iguais ao que estava descrito na IO, pelo que se aconselhou a remoção da informação afixada. No que diz respeito à informação relativa ao segundo posto (12 documentos), verificou-se que esta não era referida na IO, pelo que se aconselhou que a mesma fosse incluída na IO, e fosse posteriormente retirada do posto, dado que os operadores do posto de Formação de Fases não a conseguiam consultar com facilidade onde ela se encontrava. Além disso, ao incluir na IO, seria mais fácil para os operadores a consultarem pois ficaria num dossier que era possível de transportar conforme necessário, uma vez que se tratava de um processo no qual os trabalhadores trabalhavam tanto em cima, como por baixo da plataforma.

### 5.3 Implementação de propostas de melhoria no subprocesso de Formação de Fases

Esta secção apresenta as melhorias propostas para o posto de trabalho da Formação de Fases através da implementação de ferramentas 5S e gestão visual, da criação de um sistema *kanban*, da criação de um mecanismo *poka-yoke* e da utilização de uma fita métrica flexível. De seguida é apresentada detalhadamente cada proposta.

#### 5.3.1 Implementação de 5S e Gestão Visual

Esta secção apresenta as melhorias propostas a nível de organização do posto de trabalho da Formação de Fases através das ferramentas 5S e gestão visual. De seguida, é apresentado o que foi efetuado em cada etapa.

##### *5.3.1.1 Separar*

Tal como foi realizado nos outros postos, procedeu-se à listagem de todos os materiais, equipamentos e ferramentas do posto, que é visível no Apêndice 12, Figura 65. De seguida, procedeu-se à separação dos itens e verificou-se que os itens a remover eram os suportes para pegar em tubos de cartão, que nunca foram utilizados, e não eram necessários para o transporte dos tubos, visto que estes já eram transportados em estruturas metálicas nos quais era possível encaixar estropos ou o empilhador, e tal já acontecia quando os suportes foram colocados no posto.

##### *5.3.1.2 Organizar*

Nesta etapa, o objetivo foi criar e identificar os locais para os consumíveis utilizados no posto. Deste modo, foi utilizada a frequência da utilização de cada ferramenta, material ou equipamento, indicada na Figura 65, para decidir o local de armazenamento do mesmo.

As principais alterações passaram pela arrumação de todos os materiais do armário e posterior identificação dos mesmos (Figura 52).



Figura 52 - Visão geral dos armários após implementação (a) e em detalhe (b e c)

#### 5.3.1.3 Limpar

O senso da limpeza já era praticado pelos operadores regularmente, mas foram reforçadas as boas práticas de limpeza atualmente praticadas, através de formações aos trabalhadores e da afixação dos procedimentos de limpeza no posto de trabalho.

#### 5.3.1.4 Normalizar

Após a implementação dos três primeiros S's, a etapa seguinte é a padronização das melhores práticas, a qual se concretiza através da criação de uma lista de procedimentos diários a cumprir, para que os trabalhadores saibam claramente quais são as suas funções.

Para esse fim, foi disponibilizado aos trabalhadores uma OPL que descrevia os procedimentos a seguir para a preparação e arrumação do posto de trabalho, que se encontra apresentada no Apêndice 13.

#### 5.3.1.5 Manter

Tal como mencionado na subsecção 5.1.1, o último senso é fundamental para criar o hábito diário da organização do posto de trabalho. Assim, para garantir que os hábitos diários estavam a ser cumpridos, foram levadas a cabo um conjunto de auditorias periódicas 5S, tendo sido a primeira dessas auditorias realizada durante o período de estágio e pode ser consultada no Apêndice 14, Tabela 26. Os resultados

obtidos nesta auditoria, 81.8% revelaram uma melhoria de 18.2% face à autoria inicial levada a cabo neste posto.

### 5.3.2 Criação de um sistema *kanban* no subprocesso de Formação de Fases

Tendo em conta a distância percorrida de 166 metros até ao posto *kanban* que se situa na Bobinagem, situação descrita na secção 4.2.4, e o número de vezes necessário de ir a este local durante o processo, propôs-se a criação de um sistema *kanban* no subprocesso de Formação de Fases para eliminar esta deslocação. No entanto, não foi possível concluir o desenvolvimento do sistema *kanban* durante o período do estágio, pelo que aqui é apenas apresentada a ideia do mesmo.

Como no posto não existia espaço suficiente para instalar um sistema *kanban* semelhante ao que existia no posto de Bobinagem, a alternativa pensada consistia na criação de um sistema que utilizaria cartões *kanban* na qual seria definido, numa fase inicial, a quantidade mínima de segurança para cada consumível do posto, que deviam ser calculadas com base na quantidade gasta desse consumível durante o período em que era feita a reposição do mesmo pela equipa de logística.

Estes cartões *kanban* deviam identificar o material em questão, sendo para isso apresentado o nome, código e imagem do material, a quantidade a abastecer, o tempo que demorava o abastecimento do material e a localização ao qual os materiais deviam ser entregues. Pode ser consultado o exemplo desenvolvido de um cartão *kanban* na Figura 53.

Cartão Kanban – Reposição Material			
PPI 200 mm	1607682		
Quantidade	X		
Lead Time	Y dias	Localização	Formação de Fases

Figura 53 - Exemplo de um cartão *kanban* para reposição de material

Para fazer uma encomenda de um consumível, o operador devia pegar num cartão *kanban* desse consumível e colocá-lo num suporte que seria colocado no posto de trabalho, numa divisória chamada 'Solicitado', tal como se pode visualizar na Figura 54. Quando a equipa de logística abastecer esse material, basta colocar esse cartão no mesmo suporte, mas na divisória 'Entregue'.



Figura 54 - Esquema do sistema kanban a colocar no posto de Formação de Fases

### 5.3.3 Criação de um mecanismo *poka-yoke*

O problema relativo à não conformidade nos perímetros das bobinas, que obrigava a paragens na produção no posto de Formação de Fases, mencionado na subsecção 4.2.4.6 podia ocorrer no centro de isolantes, na bobinagem, ou na secagem das bobinas. Por esse motivo, sugeriu-se a criação de um sistema *poka-yoke* na Calibragem, isto é, no posto a seguir à secagem, no qual iria proceder à medição do perímetro e verificar se este estaria conforme as especificações do projeto de engenharia.

Para este fim, será necessário incluir na ficha de projeto de engenharia o valor do perímetro que a bobina deveria apresentar, e ainda incorporar esta operação de controlo da ficha de controlo de qualidade, que todos os postos apresentavam, para que os operadores possam efetuar a operação de controlo e registar os valores obtidos na ficha de qualidade.

Caso se identifique um problema com o perímetro da bobina, o chefe de turno deverá alertar a equipa de engenharia e o processo avançará até ao posto de Formação de Fases, visto que era nessa etapa que era feita a incorporação das três bobinas numa só. Deste modo, será eliminado o tempo de espera que existia em caso de problema.

### 5.3.4 Aquisição de uma fita métrica flexível

Com o objetivo de minimizar os erros de exatidão associados ao processo de medição do perímetro das bobinas, sugeriu-se a aquisição de uma fita métrica flexível de 10 metros (Figura 55). Esta iria facilitar o processo de medição porque, em primeiro lugar, deixaria de ser necessário efetuar várias medições pois a fita passaria a ter um comprimento superior ao perímetro das bobinas e, em segundo lugar, como esta é flexível, não se criariam folgas em torno de um objeto circular, como acontecia com a fita métrica utilizada no posto. Esta fita tem um custo de 8€.



*Figura 55 - Fita métrica flexível de 10 metros*

## 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo realiza-se uma análise e discussão dos resultados obtidos através da implementação das propostas descritas no capítulo 5. Os resultados encontram-se organizados por subprocesso de trabalho e pela ordem em que as propostas foram apresentadas. Desta forma, inicia-se com a análise efetuada ao subprocesso de Bobinagem, segue-se para a análise ao subprocesso de Preparação de Bobinas e conclui-se com a análise ao subprocesso de Formação de Fases.

Além disso, realizou-se um questionário aos operadores com o objetivo de aferir o seu grau de satisfação face às melhorias implementadas, que se pode encontrar no Apêndice 15, Figura 67.

### 6.1 Redução de tempos, distâncias e custos do subprocesso de Bobinagem AT

Nesta secção são apresentados os resultados obtidos através das várias propostas implementadas no subprocesso de Bobinagem, sendo estas a implementação de 5S e gestão visual, a colocação dos materiais do *kit* no posto de trabalho, a inclusão de cartões de proteção de pontas no *kit* e a definição de métodos de trabalho.

#### 6.1.1 Resultados da implementação de 5S e Gestão Visual

A implementação de 5S e técnicas de gestão visual nos postos traduziu-se numa redução da distância percorrida pelo operador para ir buscar equipamentos que não se encontravam no posto de trabalho (483 m) e no tempo de operação, relativo às movimentações efetuadas (7.7 min.) e ao tempo despendido na procura de ferramentas (4.4 min.). Na Tabela 7 é possível comparar os resultados antes e após a implementação.

*Tabela 7 - Resultados implementação 5S no posto de Bobinagem AT*

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	12.1	0	100	1857
Distância Percorrida (m)	483	0	100	

Considerando um custo de mão-de-obra de 32€/h-H, a produção de 96 transformadores durante um ano e que trabalham três operadores no subprocesso de Bobinagem AT, estima-se que o ganho monetário obtido seja de 1857 €/ano.

### 6.1.2 Resultados da reativação dos armários de ferramentas

A proposta de reativação do armário de ferramentas não foi colocada em ação durante o período do estágio, mas estimou-se que poderá trazer uma redução da distância percorrida pelo operador em 345 metros e no tempo de operação, relativo às movimentações efetuadas, em 6.6 minutos. Na Tabela 8 é possível comparar os resultados estimados antes e após a implementação.

*Tabela 8 - Resultados reativação do armário de ferramentas*

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	8.6	2	76.6	1008
Distância Percorrida (m)	471	126	73.3	

Assumindo os mesmos pressupostos que anteriormente, estimou-se que o ganho monetário obtido seja de 1008 €/ano.

### 6.1.3 Resultados da colocação dos materiais do *kit* em cada posto de trabalho

A colocação de uma estante na qual seriam armazenados os materiais do *kit* não foi implementada durante o período do estágio, mas estimou-se que poderá trazer uma redução da distância percorrida pelo operador em 689 metros e no tempo de operação, relativo às movimentações efetuadas, em 14.4 minutos. Na Tabela 9 é possível comparar os resultados estimados antes e após a implementação.

*Tabela 9 - Resultados colocação de estantes para os materiais do kit em cada posto*

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	14.4	0	100	1476
Distância Percorrida (m)	689	0	100	

Assumindo os mesmos pressupostos que anteriormente, mas considerando apenas dois tabalhadores ao invés de três, visto que um deles não efetuava esta deslocação por ter já o *kit* no seu posto de trabalho, estimou-se que o ganho monetário obtido seja de 1476 €/ano.

### 6.1.4 Resultados da definição de métodos de trabalho

Relativamente às deslocações efetuadas para a preparação e arrumação de materiais, estimou-se que a implementação desta proposta possa fazer com que exista apenas uma deslocação ao *kanban*, o que correspondia a uma deslocação de 39m, quatro deslocações ao armazém de tubos de bobinagem (297m), sendo duas para ir buscar as tiras de enchimento (pois são um material pesado e apenas se consegue trazer um conjunto de tiras de uma vez), uma para ir buscar os cartões de proteção e outra para ir arrumar as tiras e cartões caso sobrem. Além disso, estimou-se que sejam efetuadas duas

deslocações aos armários laterais para encher o boião de cola (209m), pois cada operador tem o seu próprio boião.

A deslocação até ao posto *kanban* pode ser efetuada enquanto o mandril está a ser movimentado na vertical, bem como a deslocação para encher o boião da cola e para ir buscar tiras e cartões de proteção. Além disso, despendia-se 2.2 minutos a ir buscar outro conjunto de tiras de enchimento e 1.2 minutos a encher o outro boião de cola. No final do processo, seria também necessário proceder à arrumação de materiais que sobrem do *kit*, que poderia ser feita durante a movimentação do mandril e também a arrumação das tiras de enchimento que sobrassem, que demora 2.5 minutos. Na Tabela 10 é possível comparar os resultados estimados antes e após a implementação.

*Tabela 10 - Resultados criação de um método para preparação e arrumação do posto de trabalho*

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	14.8	5.9	60.1	1366
Distância Percorrida (m)	811	545	32.8	

Assumindo os mesmos pressupostos que anteriormente, estimou-se que o ganho monetário obtido seja de 1366 €/ano.

#### 6.1.5 Resultados da inclusão de cartões de proteção de pontas no *kit* dos isolantes

A inclusão dos cartões de proteção de pontas no *kit* não foi implementada durante o período do estágio, mas estimou-se que permitiria eliminar a deslocação efetuada pelos operadores ao centro de isolantes e, conseqüentemente, o tempo associado à respetiva deslocação, bem como o tempo decorrido no corte dos cartões. Na Tabela 11 foi possível comparar os resultados estimados antes e após a implementação.

*Tabela 11 - Resultados inclusão cartões de proteção de pontas no kit dos isolantes*

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	4.1	0	100	627
Distância Percorrida (m)	140	0	100	

Assumindo os mesmos pressupostos que anteriormente, estimou-se que o ganho monetário obtido fosse de 627 €/ano.

## 6.2 Redução de tempos, distâncias e custos do subprocesso de Preparação de Bobinas

Nesta secção são apresentados os resultados das várias propostas implementadas no subprocesso de Preparação de Bobinas que culminaram na redução de tempos, distâncias e custos, sendo estas a implementação de 5S e gestão visual, a colocação de duas estantes no posto de Calibragem, a

implementação de SMED na Decapagem e o resumo da informação afixada no posto de Preparação de Pontas.

### 6.2.1 Resultados da implementação de 5S e Gestão Visual

A implementação de 5S e técnicas de gestão visual nos postos traduziu-se numa redução da distância percorrida pelo operador para ir buscar equipamentos que não se encontravam no posto de trabalho (383 m) e no tempo de operação, relativo às movimentações efetuadas (9.3 min.). Na Tabela 12 é possível comparar os resultados antes e após a implementação.

*Tabela 12 - Resultados implementação 5S no subprocesso de Preparação de Bobinas*

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	9.3	0	100	467
Distância Percorrida (m)	383	0	100	

Considerando um custo de mão-de-obra de 32€/h-H, fornecido pela empresa e a produção de 96 transformadores durante um ano, estimou-se que o ganho monetário obtido fosse de 476 €/ano. No entanto, como foi necessário adquirir as molas para colmatar a falta de pranchetas, que custavam 9€, o ganho final é 467 €/ano.

### 6.2.2 Resultados da implementação de SMED na Decapagem

A implementação de SMED na Decapagem permitiu uma redução do tempo de *setup* em 6.6 minutos e da distância percorrida em 185 metros, tal como é possível comprovar através dos dados da Tabela 13.

*Tabela 13 - Resultados da implementação de SMED na Decapagem*

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	15.7	9.1	45.1	338
Distância Percorrida (m)	234	49	79.1	

Assumindo os mesmos pressupostos que anteriormente, estimou-se que o ganho monetário obtido seja de 338 €/ano.

### 6.2.3 Resultados da colocação de estantes de calços no posto de Calibragem

Para a colocação de duas estantes no posto de Calibragem estimou-se que acarretasse uma redução da distância percorrida pelo operador em 1100 metros e no tempo de transporte em 76.6 minutos. Na Tabela 14 é possível comparar os resultados antes e após a implementação.

Tabela 14 - Resultados da colocação de estantes de calços na Calibragem

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	124.2	47.6	61.7	3922
Distância Percorrida (m)	1312	212	83.8	

Assumindo os pressupostos acima mencionados, estimou-se que o ganho monetário obtido fosse de 3922 €/ano.

#### 6.2.4 Resultados do resumo da informação afixada no posto

O resumo da informação afixada no posto pretendeu aumentar a organização do posto de trabalho, bem como facilitar a movimentação dos operadores do subprocesso de Preparação de Bobinas e de Formação de Fases.

Por outro lado, a remoção da informação e, conseqüentemente, dos quadros em que esta se encontra, aliada à remoção da bancada auxiliar azul da Preparação de Pontas, permitiriam o desimpedimento da área de abastecimento de materiais da Formação de Fases e, por sua vez, a eliminação da movimentações dos objetos que se encontram a obstruir esta área, o que se traduziria numa redução do tempo de processo do posto de Formação de Fases em 2.5 minutos, tal como se encontra apresentado na Tabela 15. É de reforçar que embora esta proposta tivesse um impacto no posto de Formação de Fases, a mesma era relativa a uma intervenção no posto de Preparação de Bobinas, motivo pelo qual está inserida neste subcapítulo.

Tabela 15 - Resultados da remoção de materiais da Preparação de Bobinas

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	2.5	0	100	126

### 6.3 Redução de tempos, distâncias e custos do subprocesso de Formação de Fases

Nesta secção são apresentados os resultados das várias propostas no subprocesso de Formação de Fases que alcançaram a redução de tempos, distâncias e custos, sendo estas a implementação de 5S e gestão visual, a criação de um método de abastecimento direto ao posto, aquisição de uma fita métrica flexível e a criação de um mecanismo *Poka-Yoke*.

#### 6.3.1 Resultados da implementação de 5S e Gestão Visual

Apesar da implementação de 5S e técnicas de gestão visual no posto de Formação de Fases não ter diretamente tido uma redução na distância e no tempo de processo, estima-se que esta melhoria tenha trazido maior organização ao posto de trabalho, bem como uma maior facilidade em encontrar materiais,

o que é comprovado através da segunda auditoria levada a cabo no presente posto, que assinalava uma melhoria de 18.2% face à autoria inicial.

### 6.3.2 Resultados da criação de um sistema *kanban*

A criação de um sistema *kanban* no posto de trabalho permitiria uma redução na distância percorrida pelo operador em 250 metros, o que representaria uma redução do tempo de processo 3.6 minutos, tal como se encontra apresentado na Tabela 15.

*Tabela 16 - Resultados criação de um sistema kanban na Formação de Fases*

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	5.1	1.5	71.4	186
Distância Percorrida (m)	331	82	75.4	

Considerando os dados mencionados anteriormente, estimou-se que esta proposta se traduza num ganho de 186 €/ano.

### 6.3.3 Resultados da criação de um mecanismo *Poka-Yoke*

A criação de um mecanismo *Poka-Yoke* permitiria a redução do tempo de processo em 168 minutos, considerando que a paragem para solucionar o problema demorava um dia de produção, ou seja, 14 horas (840 minutos) e que ocorria com uma probabilidade de 20%. Deste modo, esta proposta representava uma poupança anual de 8602€, considerando os dados acima mencionados. A informação pode ser consultada na Tabela 17.

*Tabela 17 - Resultados criação de um mecanismo poka-yoke*

Indicador	Antes da implementação	Após a implementação	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo de Processo (min.)	168	0	100	8602

### 6.3.4 Resultados da utilização de fita métrica flexível

A utilização de fita métrica flexível teria como resultado a maior facilidade na medição dos perímetros das bobinas, bem como se estimou que tivesse um impacto no tempo utilizado na operação de medição, visto que deixaria de ser necessário efetuar múltiplas medições quando o perímetro era superior a três metros, o que acontecia frequentemente. No entanto, visto que a fita métrica não foi ainda adquirida no momento da escrita da presente dissertação, não foi possível quantificar o impacto no tempo de

processo. Além disso, ressalva-se para o facto de que a presente sugestão foi proposta pelos trabalhadores, e que mencionam que lhes seria mais prático caso tivesse esta fita métrica disponível.

## 6.4 Síntese e discussão de resultados

Nesta secção é feita uma síntese e discussão dos resultados obtidos nos três subprocessos estudados, a qual se inicia com a discussão dos resultados quantitativos apresentados nas secções 6.1 a 6.3 e culmina com uma discussão dos resultados qualitativos obtidos através de um questionário efetuado aos trabalhadores com o objetivo de perceber qual o seu grau de satisfação face às melhorias implementadas.

### 6.4.1 Discussão de resultados quantitativos

Nesta secção são apresentados os resultados obtidos nos três subprocessos analisados. As propostas de melhoria concebidas para o subprocesso de Bobinagem AT contribuíram para a redução em 4% do tempo de processo, em 32% na distância percorrida pelos operadores do posto e estimou-se que a implementação destas propostas traga um ganho anual de 6323€. Os resultados da implementação destas propostas encontram-se apresentados na Tabela 18.

*Tabela 18 - Quadro resumo dos resultados obtidos no subprocesso de Bobinagem AT*

Proposta de Melhoria	Redução no tempo de processo (min.)		Redução na distância percorrida (m)		Ganho (€)
1. Implementação de 5S e gestão visual	12.1		484		1848
2. Reativação do Armário de Ferramentas	6.6		345		1008
3. Colocação dos materiais do <i>kit</i> no posto	14.4		689		1476
4. Criação de métodos de trabalho	8.7		266		1366
5. Inclusão dos cartões de proteção de pontas no <i>kit</i>	4.1		140		627
<b>Total</b>	46 min.	<b>4 %</b>	1579	<b>32 %</b>	6323

Relativamente ao subprocesso de Preparação de Bobinas, as melhorias implementadas contribuíram para a redução em 8.4% do tempo de processo, em 30.3% na distância percorrida pelos operadores do posto e estimou-se que a implementação destas propostas possa trazer um ganho anual de 4735€. Os resultados da implementação destas propostas encontram-se apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 - Quadro resumo dos resultados obtidos no subprocesso de Preparação de Bobinas

Proposta de Melhoria	Redução no tempo de processo (min.)		Redução na distância percorrida (m)		Ganho (€)
1. Implementação de 5S e gestão visual	9.3		383		476
2. Colocação de estantes de calços na Calibragem	76.6		1100		3922
3. Aplicação de SMED	6.6		185		338
<b>Total</b>	92.5 min.	<b>8.4 %</b>	1668	<b>30.3 %</b>	4735

No que concerne ao subprocesso de Formação de Fases, as melhorias implementadas contribuíram para a redução em 20.5% do tempo de processo, em 3.5% na distância percorrida pelos operadores do posto e para um ganho anual de 8906€. Os resultados da implementação destas propostas encontram-se apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Quadro resumo dos resultados obtidos no posto de Formação de Fases

Proposta de Melhoria	Redução no tempo de processo (min.)		Redução na distância percorrida (m)		Ganho (€)
1. Implementação de 5S e gestão visual	-		-		-
2. Resumo da informação afixada no posto de Preparação de Bobinas	2.5		-		126
3. Criação de um sistema <i>kanban</i>	3.6		250		186
4. Criação de um mecanismo <i>poka-yoke</i>	168		-		8602
5. Aquisição de fita métrica flexível	-		-		-8
<b>Total</b>	174 min.	<b>20.5 %</b>	250	<b>3.5 %</b>	8906

Em suma, estimou-se que as propostas acima mencionadas contribuam para uma poupança anual de 19964€ e possam ter um impacto na redução do tempo de processo e na distância percorrida pelos operadores, que foram os objetivos inicialmente traçados.

#### 6.4.2 Discussão de resultados qualitativos

Nesta secção são apresentados os resultados do questionário efetuado aos trabalhadores, presente no Apêndice 16, que contou com a participação de todos os trabalhadores do turno da manhã nos subprocessos que foram analisados ao longo desta dissertação, três da Bobinagem AT, três da Preparação de Bobinas e dois da Formação de Fases.

Os resultados indicaram que 87.5% dos inquiridos considerava que o seu posto estava mais organizado e os restantes 12.5% consideraram indiferente (Figura 69). No que concerne à facilidade em encontrar

materiais, as respostas foram idênticas, visto que 87.5% considerava que existia maior facilidade e 12.5% considerava indiferente (Figura 70).

No que diz respeito à facilidade em encontrar ferramentas, 25% alega que era mais fácil encontrar as ferramentas após as melhorias implementadas e 75% considerava que é indiferente (Figura 71). Os trabalhadores que sentiam que era mais fácil encontrar as ferramentas eram os dos postos de trabalho da Bobinagem AT, sendo que estes resultados eram consistentes com as melhorias implementadas, visto que apenas se procedeu à organização das ferramentas dos postos de trabalho da Bobinagem AT, onde foram feitas marcações para os locais das mesmas.

Por fim, à pergunta do grau de satisfação global face às melhorias implementadas (Figura 72), 75% responderam que estava satisfeitos (4), 12.5% totalmente Satisfeito (5) e 12.5% indiferente (3), pelo que se conclui que as medidas implementadas tiveram sucesso e contribuíram para a satisfação dos trabalhadores.

## 7. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as principais conclusões retiradas com a elaboração desta dissertação e são feitas referências a futuras atividades que poderão vir a ser desenvolvidas.

### 7.1 Considerações finais

A presente dissertação teve como principal objetivo a redução dos tempos de subprocessos e das distâncias percorridas pelos operadores do sistema produtivo de transformadores Core, nos três subprocessos cujo tempo de ciclo era mais elevado: a Bobinagem AT, a Preparação de Bobinas e a Formação de Fases, através da aplicação de princípios *Lean Thinking*.

Em primeiro lugar, procedeu-se ao diagnóstico do estado inicial, no qual se recorreu à observação direta do chão de fábrica, alidada à análise documental e a um estudo de tempos e métodos de trabalho. Durante este processo, utilizaram-se um conjunto de técnicas como a filmagem dos processos para a posterior aplicação do sistema *MaxiMOST*, que permitiu executar um estudo de tempos e métodos, o diagrama de *spaghetti*, para avaliar as deslocamentos efetuadas pelos operadores, o diagrama de sequência-executante que foi utilizado para visualizar todas as atividades dos processos e os respetivos tempos e as *checklists* para efetuar as auditorias 5S.

A aplicação conjunta destas técnicas permitiu identificar os principais problemas do sistema produtivo, que estavam relacionados maioritariamente com movimentações, transportes, defeitos e sobreprocessamento. Além disto, a participação ativa dos operadores foi crucial, visto que eles são as pessoas que trabalham diariamente no processo e, portanto, conseguem indicar alguns dos problemas que nele existem. Os principais problemas estavam associados à elevada percentagem de atividades que não acrescentavam valor ao produto, as elevadas distâncias percorridas pelos operadores para ir buscar materiais e ferramentas e a desorganização dos postos de trabalho.

Desse modo, as propostas de melhoria desenhadas para o subprocesso de Bobinagem AT foram a implementação de 5S e gestão visual, a reativação do armário de ferramentas, a colocação dos materiais do *kit* no posto, a criação de métodos de trabalho e a inclusão dos cartões de proteção de pontas no *kit*. Estas melhorias contribuíram para a redução em 4% do tempo de processo, em 32% na distância percorrida pelos operadores do posto e estima-se que a implementação destas propostas traga um ganho anual de 6323€.

Relativamente ao subprocesso de Preparação de Bobinas, as melhorias implementadas foram a implementação de 5S e gestão visual, a colocação de estantes de calços na Calibragem e a aplicação de SMED. Estas melhorias contribuíram para a redução em 8.4% do tempo de processo, em 30.3% na distância percorrida pelos operadores do posto e estima-se que a implementação destas propostas traga um ganho anual de 4735€.

No que concerne ao subprocesso de Formação de Fases, as melhorias implementadas foram a implementação de 5S e gestão visual, a criação de um sistema *kanban*, a criação de um sistema *poka-yoke* e a aquisição de uma fita métrica flexível. Além disso, o resumo da informação afixada no posto de Preparação de Bobinas teve também um impacto na redução do tempo de processo do posto de Formação de Fases, visto que permitiu a desobstrução do abastecimento de material ao posto de Formação de Fases, que é realizado pelos operadores com o auxílio de um empilhador. Estas melhorias contribuíram para a redução em 20.5% do tempo de processo, em 3.5% na distância percorrida pelos operadores do posto e para um ganho anual de 8906€.

Em suma, as propostas acima mencionadas podem contribuir para uma poupança anual de 19964€ e podem ter um impacto na redução do tempo de processo e na distância percorrida pelos operadores, que foram os objetivos inicialmente traçados.

No entanto, no decorrer do projeto de dissertação, foram sentidos alguns desafios, nomeadamente a dificuldade em criar um método para a análise dos postos de trabalho que permitisse efetuar o diagnóstico dos mesmos, numa fase inicial, bem como a gestão do tempo e organização das tarefas, que se verificaram ser obstáculos fundamentais para a superação pessoal e a concretização do desafio proposto.

## 7.2 Trabalho futuro

As sugestões de trabalho futuro passam pela monitorização das melhorias implementadas nos postos de trabalho, para que as melhorias não entrem em desuso e não se retomem aos hábitos antigos, que é algo que frequentemente acontece quando não é feito um acompanhamento periódico no chão de fábrica. Desse modo, recomenda-se que seja dada continuidade às auditorias de 5S levadas a cabo em cada posto, para avaliar se os 5S estão a ser corretamente cumpridos.

Além disso, recomenda-se que se proceda à implementação de todas as implementações que não puderam ser concretizadas durante o período do estágio, sendo estas a reativação dos armários de ferramentas, a colocação de estantes para armazenar os materiais do *kit* no posto, a inclusão dos cartões

de proteção de pontas no *kit*, a colocação de estantes na Calibragem, a criação de um sistema *kanban* na Formação de Fases, a criação de um mecanismo *poka-yoke* na Calibragem e a aquisição de molas para os postos de Bobinagem e de fita métrica flexível para a Formação de Fases.

Por fim, sugere-se a integração de um software capaz de medir certos indicadores de desempenho tais como o tempo de ciclo e o OEE nas máquinas de bobinagem, de modo a extrair mais dados e com um maior nível de precisão, visto que este era o processo que apresentava um tempo de ciclo mais elevado de todo o sistema produtivo, e portanto isto poderá ser útil em futuros projetos de melhoria.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrahari, R., Dangle, P., & Chandratre, K. (2015). Implementation Of 5S Methodology In The Small Scale Industry A Case Study. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 3(1), 130–137.
- Amaro, A., Alves, A., & Sousa, R. (2019). *Lean Thinking: A Transversal and Global Management Philosophy to Achieve Sustainability Benefits* (A. C. Alves, F. J. Kahlen, S. Flumerfelt, & A. B. Siriban-Manalang (eds.)). *Lean Engineering for Global Development* (pp. 1–31). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-13515-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-13515-7_1)
- Amorim, P. (2014). *Análise e Aplicação de Técnicas Lean na Produção de Transformadores do Tipo Shell* [Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho]. <http://hdl.handle.net/1822/33219>
- Bittencourt, V., Alves, A., & Leão, C. (2021). Industry 4.0 triggered by Lean Thinking: insights from a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(5), 1496–1510. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1832274>
- Bokhorst, J., & Slomp, J. (2010). Lean Production Control at a High-Variety, Low-Volume Parts Manufacturer. *Interfaces*, 40(4), 303–312. <https://doi.org/10.1287/inte.1100.0503>
- Bondhare, G., Pawar, A., & Deshpande, G. (2016). Productivity Improvement in Cable Assembly Line by MOST Technique. *50/ International Journal of Advance Industrial Engineering*, 44(162), 50–55. <http://inpressco.com/category/ijaie/>
- Carvalho, R., Alves, A., & Lopes, I. (2011). Principles and practices of lean production applied in a metal structures production system. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, WCE 2011*, 1, 744–749.
- Chaudhari, T., & Raut, N. (2017). Waste elimination by lean manufacturing. *IJSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4(5), 168–170.
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828–846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- Chiarini, A., Baccarani, C., & Mascherpa, V. (2018). Lean production, Toyota Production System and Kaizen philosophy: A conceptual analysis from the perspective of Zen Buddhism. *TQM Journal*, 30(4), 425–438. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2017-0178>
- Costa, E., Sousa, R., Bragança, S., & Alves, A. (2013). An industrial application of the SMED methodology

- and other lean production tools. *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure, I(i)*, 1–8. <https://doi.org/10.13140/2.1.2099.5525>
- Costa, L., & Arezes, P. (2003). *Introdução ao Estudo do Trabalho. Publicação Interna*.
- Dankbaar, B. (1997). Lean Production: Denial, Confirmation or Extension of Sociotechnical Systems Design? *Human Relations, 50*(5), 567–584. <https://doi.org/10.1023/A:1016991803180>
- Desai, M. S., & Rawani, A. M. (2017). Productivity improvement of shaping division of an automobile industry by using single minute exchange of die (SMED) methodology. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 12*(8), 2615–2629.
- Deshpande, V. (2007). M . O . S . T . – The Most Advanced Work Measurement Technique. *Journal of Engineering & Technology, 20*, 109–113.
- Dinheiro Vivo. (2017). *Efacec. «Não está pensado nem em curso nenhum processo de despedimento»*. <https://www.dinheirovivo.pt/empresas/efacec-nao-esta-pensado-nem-em-curso-nenhum-processo-de-despedimento-12839019.html>
- Duggan, K. (2007). *Lean Production Simplified* (2ª Edição). Productivity Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b17932>
- Efacec. (2017). *Efacec com resultados positivos em 2016*. <https://www.efacec.pt/efacec-com-resultados-positivos-em-2016/>
- Efacec. (2021). *Quem Somos*. <https://www.efacec.pt/quem-somos/>
- Framinan, J., González, P., & Ruiz-Usano, R. (2003). The CONWIP production control system: Review and research issues. *Production Planning and Control, 14*(3), 255–265. <https://doi.org/10.1080/0953728031000102595>
- Ganorkar, A., Lakhe, R., & Agrawal, K. (2019). Methodology for application of Maynard Operation Sequence Technique (MOST) for time-driven activity-based costing (TDABC). *International Journal of Productivity and Performance Management, 68*(1), 2–25. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2017-0156>
- Golpîra, H. (2013). Estimating Duration of Projects Manual Tasks Using MODAPTS plus Method. *International Journal of Research in Industrial Engineering, 2*(1), 12–19. [http://www.riejournal.com/article\\_47904\\_217952f259c1dd14bed4ff672ae38346.pdf](http://www.riejournal.com/article_47904_217952f259c1dd14bed4ff672ae38346.pdf)
- Hallam, C., Valerdi, R., & Contreras, C. (2018). Strategic lean actions for sustainable competitive advantage. *International Journal of Quality and Reliability Management, 35*(2), 481–509. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2016-0177>
- Harlow, J. (2004). *Electric Power Transformer Engineering* (3.ª ed.). CRC Press.

- Hayes, R., & Pisano, G. (1994). Beyond world-class – the new manufacturing strategy. *Harvard Business Review*, Vol. 72 No. 1, 77–86.
- Hollnagel, E. (2004). *Barriers and accident prevention*. Taylor & Francis LTD.
- Kanawaty, G. (1992). *Introduction to Work Study* (4.<sup>a</sup> ed.). International Labour Organization.
- Kanda, R., Akhai, S., & Bansal, R. (2013). Analysis of MOST technique for elimination of ideal time by synchronization of different lines. *International Journal of Research in Advent Technology*, 1(4), 151–158.
- Karim, A., Tuan, S., & Emrul Kays, H. (2016). Assembly line productivity improvement as re-engineered by MOST. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(7), 977–994. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2015-0169>
- Krafcik, J. (1988). *Triumph of the Lean Production System*. 30(1), 41–52.
- Kulkarni, S., & Khaparde, S. (2004). *Transformer Engineering Design and Practice*. Marcel Dekker, Inc.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (McGraw-Hill Education - Europe (ed.)).
- Liker, J., & Morgan, J. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Luyster, T., & Tapping, D. (2006). *Creating Your Lean Future State*. Productivity Press.
- Marques, A. (2015). *Redução do tempo de Montagem Final de Transformadores Core Através da Aplicação de Ferramentas LEAN Production* [Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho]. <http://hdl.handle.net/1822/40164>
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (1998). Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. Em *Toyota Production System* (3.<sup>a</sup> Edição). Engineering & Management Press. <https://doi.org/10.4324/9780429273018>
- Morlock, F., Kreggenfeld, N., Louw, L., Kreimeier, D., & Kuhlentötter, B. (2017). Teaching methods-time measurement (MTM) for workplace design in learning factories. *Procedia Manufacturing*, 9, 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.033>
- Navalgund, A. B., & Kulkarni, S. (2020). Implementation of Six Sigma Principles to Improve Supply Chain and Assembly Process. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(6), 1445–

- O'Brien, R. (1998). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (1.<sup>a</sup> ed.). CRC Press.
- Patil, A., Patil, S., & Chougale, G. (2017). Improvement of Productivity for an Engine Assembly Line with the help of Maynard Operating Sequence Technique ( MOST ). *International Journal of Engineering Research and Technology*, 10(1), 795–800.
- Pinto, J. (2008). Lean Thinking: Introdução ao Pensamento Magro. *Comunidade Lean Thinking*.
- Powell, D., Strandhagen, J., Tommelein, I., Ballard, G., & Rossi, M. (2014). A new set of principles for pursuing the lean ideal in engineer-To-order manufacturers. *Procedia CIRP*, 17, 571–576. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.137>
- Productivity Press Development Team. (2002). *Standard Work For The Shopfloor*. Taylor & Francis LTD.
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/app8112181>
- Romero, D., Gaiardelli, P., Powell, D., Wuest, T., & Thürer, M. (2019). Rethinking jidoka systems under automation & learning perspectives in the digital lean manufacturing world. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 899–903. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.309>
- Sanidas, E., & Shin, W. (2017). Lean Production System and Economic Development across the World Today. *International Journal of Economics & Management Sciences*, 06(06). <https://doi.org/10.4172/2162-6359.1000480>
- Saurin, T., Ribeiro, J., & Vidor, G. (2012). A framework for assessing poka-yoke devices. *Journal of Manufacturing Systems*, 31(3), 358–366. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.04.001>
- Shimbun, N. K. (1989). *Poka-Yoke Improving Product Quality by Preventing Defects*. Productivity Press.
- Shingo, S. (1983). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Silva, J. (2008). *Optimização do Processo de Secagem Hot Oil Spray em Componentes de Transformadores e Contribuição no Processo de Produção* [Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. <https://hdl.handle.net/10216/59486>
- Silva, N., & Leite, J. (2019). MOST as a tool to Support the Deployment of New Manufacturing Products. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(4), 337–350. <https://doi.org/10.22161/ijaers.6.4.40>
- Slomp, J., Bokhorst, J., & Germs, R. (2009). A lean production control system for high-variety/low-volume

- environments: A case study implementation. *Production Planning and Control*, 20(7), 586–595.  
<https://doi.org/10.1080/09537280903086164>
- Strandhagen, J., Vallandingham, L., Alfnes, E., & Strandhagen, J. (2018). Operationalizing lean principles for lead time reduction in engineer-to-order (ETO) operations: A case study. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.246>
- Susman, G., & Evered, R. D. (1978). *An Assessment of the Scientific Merits of Action Research Author (s): Gerald I. Susman and Roger D. Evered Published by: Sage Publications, Inc. on behalf of the Johnson Graduate School of Management, Cornell University Stable URL: https://www.js.* 23(4), 582–603. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2392581>
- Thakre, A., Jolhe, D., & Gawande, A. (2009). Minimization of engine assembly time by elimination of unproductive activities through «MOST». *2009 2nd International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, ICETET 2009, January*, 785–789.  
<https://doi.org/10.1109/ICETET.2009.149>
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. Macmillan Publishing Company.
- Woods, T. (2005). Lean thinking. *Engineering*, 246(5), 18–19.
- Zandin, K. B. (2021). *MOST Work Measurement Systems* (T. M. Schmidt (ed.); 4<sup>a</sup> edition). CRC Press.

## APÊNDICE 1 - ANÁLISE MOST NO POSTO DE BOBINAGEM AT

Devido à natureza da operação estudada, que se caracteriza pelos ciclos longos de trabalho e um volume de produção baixo, foi utilizado o sistema *MaxiMOST* para o estudo de tempos e métodos desenvolvido no posto de Bobinagem AT. Para isso construiu-se uma tabela cujo extrato se pode encontrar na Figura 56. Neste extrato estão representadas as primeiras quatro atividades. Cada atividade foi dividida em uma ou mais subatividades, para as quais foi feita uma descrição detalhada que permite identificar qual o modelo sequencial e o índice que deve ser aplicado à tarefa em questão.

Se analisarmos a atividade: 'Colocação do tubo no posto de trabalho', podemos verificar que esta possui 5 subatividades. A título de exemplo vamos observar a subatividade número 4: 'Transportar o tubo até ao posto de trabalho', que apresenta a seguinte indexação: A=10; B=0; P=32. O índice a aplicar a cada um dos parâmetros (A, B e P) foi retirado das tabelas MOST (Zandin, 2021). Para facilitar a compreensão dos valores apresentados, foi colocada uma das tabelas consultadas no Anexo 1 - Tabelas MOST.

De seguida foi calculado o tempo normal dessa subatividade através do somatório dos índices (10+0+32=42) e conseqüente multiplicação pela frequência (1) e por 100, por se estar a utilizar o sistema *MaxiMOST*, o que resulta num total de 4200 TMUs (42\*1\*100). Para a obtenção do tempo normal, em minutos, deve-se fazer a conversão de TMUs em minutos (1 TMU= 0.0006 minutos), o que resulta em 2.52 minutos.

efacec		Folha de registos MaxiMOST																	
Empresa:		Efacec Power Solution			Início de análise:		05/02/2021		Descrição produto:		AT CTC Contínuo - 25MVA 63KV								
Departamento:		Transformação Lean e Processos Industriais			Fim de análise:		12/02/2021		Nº de espiras:		504								
Área produtiva:		Linha M			Responsável:		Inês Quelhas		Nº de galletes:		86								
Processo Produtivo:		Bobinagem Vertical			Código do Produto:		E1111324A		Nº de pontas:		2								
Atividade	Nº	Sub-atividade	Descrição detalhada	Modelo sequencial							Freq.	TN (TMU)	TN (min.)	TP (min.)	TP sub-atividade (min.)				
Buscar caixa de ferramentas	1	Buscar caixa de ferramentas	Caminhar 53 metros até ao armário, abrir armário, pegar em caixa e regressar.	A	24	B	0	P	3						1	2700	1.62	1.97	1.97
Colocação de tubo no posto de trabalho	2	Ir buscar o carro manual para transporte do tubo de bobinagem	Andar 40 metros e pegar no carro manual.	A	10	B	0	P	1						1	1100	0.66	0.80	0.80
	3	Transportar o carro até ao armazém de tubos de bobinagem e colocar o tubo no caminho	Andar 15 passos com o carro manual vazio e situar o tubo no carro.	A	3	B	0	P	3						1	600	0.36	0.44	0.44
	4	Transportar o tubo até ao posto de trabalho	Andar 50 metros com o carro manual e com carga pesada.	A	10	B	0	P	32						1	4200	2.52	3.06	3.06
	5	Retirar plástico do tubo	Andar 4 passos, pegar na tesoura, posicioná-la 3 vezes sobre o tubo e regressar.	A	1	B	0	P	3						1	400	0.24	0.29	0.80
			Pegar no plástico com 10 ações.	A	0	B	0	P	3						1	300	0.18	0.22	
6	Devolver carro manual	Andar 4 passos para colocar no contentor com 4 ações e regressar ao posto.	A	1	B	0	P	3						1	400	0.24	0.29	0.80	
		Andar 40 metros com o caminho, deixá-lo e regressar.	A	10	B	0	P	10						1	2000	1.2	1.46		1.46
7	Buscar anel de guarda inferior	Buscar anel de guarda inferior	Andar 30 metros, pegar no anel de guarda e regressar.	A	10	B	0	P	1					1	1100	0.66	0.80	0.80	
Colocação do anel de guarda inferior	8	Desencaixar parte superior da máquina de bobinar	Andar 4 passos e clicar num botão da máquina e regressar. Tempo de processo da máquina de 10 segundos.	A	1	B	0	M	1					1	200	0.12	0.15	0.36	
	9	Ligar cabo para movimentação do mandril	Andar 5 passos, pegar no cabo, andar mais 5 passos e baixar ao nível do chão para ligar cabo.	A	3	B	3	P	1					1	700	0.42	0.51	0.51	
			Andar 2 passos e clicar no 4 vezes no ecrã da máquina. Tempo de processo da máquina de 10 segundos.	A	0	B	0	T	3					1	300	0.18	0.22	0.29	
	10	Ativar máquina para a movimentação vertical do mandril	Andar 4 passos e clicar num botão da máquina e regressar.	A	1	B	0	M	1					1	200	0.12	0.15	0.36	
			Tempo de processo da máquina de 10 segundos.	A	0	B	0	T	3					1	300	0.18	0.22		
11	Fechar o mandril	Fechar o mandril	Andar 4 passos e clicar num botão da máquina e regressar. Tempo de processo da máquina de 10 segundos.	A	0	B	0	T	3					1	300	0.18	0.22	0.22	
12	Colocar anel de guarda	Colocar anel de guarda	Andar 4 passos, esticar-se para colocar anel de guarda acima no mandril, e posteriormente baixar-se ao nível do joelho para o posicionar.	A	1	B	1	P	1					1	300	0.18	0.22	0.22	

Figura 56 - Extrato da tabela MOST para o posto de Bobinagem AT

Ressalva-se que os tempos obtidos a partir da análise MOST resultam em tempos normais, o que significa que foi ainda necessário a aplicação de um conjunto de correções para a obtenção do tempo padrão da

operação (L. Costa & Arezes, 2003). Nesse sentido, foram aplicadas as seguintes correções de repouso fixas:

- Correções de base para fadiga – 4%;
- Correções para necessidades pessoais – 5%.

Além disso, dada a natureza do trabalho, aplicaram-se as seguintes correções:

- Correções para ocorrências irregulares – 10%, as quais se aplicam para eventuais períodos de avaria ou afinação de máquinas;
- Correções especiais para atividades periódicas de limpeza – 2,4%, as quais dizem respeito aos 10 minutos no final do turno alocados à limpeza e arrumação do posto de trabalho.

Desta forma, as correções totais aplicadas foram de 21,4%.

## APÊNDICE 2 - GRÁFICO DE SEQUÊNCIA DO PROCESSO DE BOBINAGEM AT

efacec		Análise geral Posto de Trabalho: Atividades								
Empresa:		Efaced Power Solution		Resumo						
Departamento:		Transformação Lean e Processos Industriais		Tempo Atividades (%)	Atual	Proposto	Ganhos			
Área produtiva:		Linha M		VA	70.53					
				NVA	1.71					
				NNVA	27.76					
Posto de trabalho:		Bobinagem		N° de atividades						
				Operação	147					
Início de análise:		12/02/2021		Transporte	47					
Fim de análise:		17/02/2021		Controlo	8					
Responsável:		Inês Quelhas		Espera	3					
Código produto:		E1111324A AT CTC Contínuo - 25MVA 63KV		Armazenagem	0					
				Distância (metros)	4879					
				Tempo (minutos)	1174.78					
Processo produtivo:		Bobinagem Vertical		Custo						
				Mão-de-Obra						
				Materiais						
				TOTAL						
Observações:										
Número	Atividade	Elemento da atividade	Frequência	Tempo da atividade (min)	Tipo de atividade					Classificação atividade
					○	➡	□	D	▽	
1	Buscar caixa de ferramentas	Buscar caixa de ferramentas	1	1.97		X				NVA
2	Colocação de tubo no posto de trabalho	Ir buscar o carro manual para transporte do tubo de bobinagem	1	0.80		X				NNVA
3		Transportar o carro até ao armazém de tubos de bobinagem e colocar o tubo no carrinho	1	0.44		X				NNVA
4		Transportar o tubo até ao posto de trabalho	1	3.06		X				NNVA
5		Retirar plástico do tubo	1	0.80	X					NNVA
6		Devolver carro manual	1	1.46		X				NNVA
7		Buscar anel de guarda inferior	Buscar anel de guarda inferior	1	0.80		X			
8	Colocação do anel de guarda inferior	Desencaixar parte superior da máquina de bobinar	1	0.36	X					VA
9		Ligar cabo para movimentação do mandril	1	0.51	X					VA
10		Ativar máquina para a movimentação vertical do mandril	1	0.29	X					VA
11		Fechar o mandril	1	0.36	X					VA
12		Colocar anel de guarda	1	0.22	X					VA
13	Buscar máquina de cintar	Buscar máquina de cintar	2	5.83		X				NNVA
14	Colocação de tubo no mandril	Fechar a plataforma que existe ao nível do chão	1	0.36	X					NNVA
15		Baixar mandril	1	1.31				X		NVA
16		Buscar agarras e manilhas	1	0.80		X				NNVA
17		Colocar agarras no tubo	1	0.15	X					NNVA
18		Desapertar manilhas	1	0.44	X					NNVA
19		Transportar tubo até ao mandril com auxílio da ponte	1	9.69		X				NNVA
20		Subir mandril	1	4.01				X		NVA
21		Encaixar parte superior da máquina de bobinar	1	0.36	X					NNVA
22		Soltar agarras do tubo	1	0.29	X					NNVA
23		Apertar manilhas	1	0.44	X					NNVA
24		Guardar agarras e manilhas	1	0.80		X				NNVA
25		Ajustar madeiras de suporte do	1	1.17	X					VA
26		Abrir mandril	1	0.29	X					NNVA
27		Guardar cabo para movimentação do mandril	1	0.51		X				NNVA
28	Colocar cinta à volta das madeiras	1	0.44	X					VA	
29	Cintar madeira de suporte	1	0.22	X					VA	
30	Cortar nastro	1	0.29	X					VA	
31	Cortar papel que reveste cobre	1	0.95	X					NNVA	
32	Posicionamento do cobre junto à máquina de bobinar	Trazer cobre para junto do tubo	1	0.87		X				NNVA
33		Mover ecrã da máquina de bobinagem	1	0.15	X					NNVA
34		Posicionar cobre em volta do ecrã da máquina	1	0.07	X					NNVA
35	Preparação da máquina de cruzamentos	Buscar máquina de cruzamentos	1	2.62		X				NNVA
36		Engatar máquina de cruzamentos no suporte	1	0.22	X					VA
37		Ligar válvula de pressão à máquina	1	0.51	X					VA

Figura 57 - Gráfico de sequência-executante do subprocesso Bobinagem AT 1/4

38	Colocar calços de madeira por baixo do anel de guarda	Buscar calços de madeira	1	2.11		X				NNVA
39	Colocar calços de madeira por baixo do anel de guarda	Colocar calços por baixo do anel de guarda	1	1.17	X					VA
40	Colocar calços de enfiar sobre o anel/galette	Deslizar calços de enfiar ao longo das réguas do tubo	1632	118.86	X					VA
41	Afinar máquina de cruzamentos	Colocar cobre na máquina	1	0.22	X					NNVA
42		Buscar chave sextavada interior	1	0.29		X				NNVA
43		Calibração da máquina (8	1	4.22	X					VA
44		Retirar cobre da máquina	1	0.07	X					NNVA
45		Entregar chave sextavada interior	1	0.29			X			NNVA
46	Buscar cavaleiros e auxiliares de bobinagem	Buscar cavaleiros e auxiliares de bobinagem	1	1.31			X			NNVA
47	Preparar bobinagem da 1ª gallette (Inversa)	Colocar auxiliares de bobinagem sobre o anel	3	0.44	X					VA
48		Buscar placas de madeira auxiliares	1	1.89			X			NNVA
49		Colocar placas sobre o anel	6	0.44	X					VA
50		Buscar nastro	1	0.15			X			NNVA
51		Prender nastro	1	0.07	X					VA
52		Puxar cobre	1	0.29	X					VA
53	Bobinagem da 1ª Gallette (Inversa) sobre as Placas	Programar máquina para rodar no sentido inverso	1	0.15	X					VA
54		Bobinagem das espiras sobre as placas auxiliares	1	4.88	X					VA
55		Verificar folha de engenharia	1	0.15				X		NNVA
56		Inspeccionar tubo de bobinagem	1	0.44				X		NNVA
57		Bobinagem para posicionar espira para o cruzamento	1	0.44	X					VA
58		Verificar folha de engenharia	1	0.29				X		NNVA
59	Fazer cruzamento	Fazer cruzamento	86	43.84	X					VA
60		Cortar papel crepado	86	25.05	X					NNVA
61		Enrolar papel crepado no cruzamento	86	62.63	X					VA
62		Colar papel crepado	86	37.58	X					VA
63		Bobinar cruzamento	86	18.79	X					VA
64		Colocar parafina	43	9.39	X					VA
65	Bobinagem 1ª Gallette (Inversa) sobre os Auxiliares de Bobinagem	Programar máquina para rodar no sentido direito	1	0.15	X					VA
66		Bobinagem das espiras sobre os auxiliares de bobinagem	1	0.44	X					VA
67		Alinhar as espiras	1	0.44	X					VA
68		remover os auxiliares de bobinagem	3	0.44	X					VA
69		Ajustar posição das espiras	1	3.06	X					VA
70	Colocar cavaleiros nos cruzamentos interiores	Colocar cola no cavaleiro	43	12.53	X					VA
71		Colocar cavaleiro junto ao cruzamento	43	6.26	X					VA
72	Buscar cartões de proteção	Buscar cartões de proteção interiores e exteriores	1	1.24			X			NNVA
73	Colocar cartão de proteção	Cortar cartão de proteção interior	3	0.22	X					NNVA
74		Colocar cartão no cruzamento	86	6.26	X					VA
75		Martelar sobre as espiras	86	25.05	X					VA
76	Cintar em redor da ponta de cobre	Buscar máquina de cintar	1	0.66			X			NNVA
77		Fazer um círculo com cinta	1	0.22	X					VA
78		Colocar ponta do cobre à volta da cinta	1	0.07	X					VA
79		Cintar madeira de suporte	1	0.44	X					VA
80		Guardar máquina de cintar	1	0.44			X			NNVA
81	Buscar nastro e tesoura	Buscar nastro	1	0.51			X			NNVA
82		Procurar tesoura	1	0.51	X					NVA
83	Colocar nastro em torno da gallette em 4 zonas (2 vezes)	Desenrolar nastro	8	1.75	X					NNVA
84		Cortar nastro	8	1.17	X					NNVA
85		Atar nastro a abraçadeira	8	2.33	X					NNVA
86		Enrolar nastro na gallette	8	41.95	X					VA
87		Colar nastro	8	0.58	X					VA
88		Desapertar nó do nastro na abraçadeira	8	2.33	X					NNVA
89	Buscar abraçadeiras	Buscar abraçadeiras	2	0.84			X			NNVA
90	Isolar ponta do cobre	Cortar cinta	1	0.44	X					NNVA
91		Retirar plástico que reveste cobre	1	0.44	X					VA
92		Buscar tesoura de cobre	1	0.58			X			NNVA
93		Cortar cobre	1	0.29	X					VA
94		Enrolar papel do cobre	1	0.44	X					VA
95		Colar papel do cobre	1	0.22	X					VA
96		Colar papel crepado	1	1.38	X					VA
97	Prender abraçadeiras na gallette	Colocar 4 abraçadeiras (3 vezes)	12	3.50	X					NNVA
98		Fixar 4 abraçadeiras (3 vezes)	12	4.37	X					NNVA
99	Dobrar ponta do cobre	Dobrar ponta do cobre	1	0.44	X					VA
100		Martelar sobre a ponta	1	0.36	X					VA
101	Remover abraçadeiras da gallette	Procurar alicate	1	0.44	X					NVA
102		Cortar abraçadeiras	12	3.06	X					NNVA
103	Colocar calços de enfiar de 6mm	Buscar calços de enfiar de 6 mm	1	1.31			X			NNVA
104		Introduzir 16 calços nas réguas do tubo (8 vezes)	128	37.87	X					NNVA

Figura 58 - Gráfico de sequência-executante do subprocesso Bobinagem AT 2/4

105	Bobinagem	Bobinagem gallettes Direitas	43	53.24	X					VA
106	gallette Direita (43 vezes)	Colocação de tira de enchimento	43	21.92	X					VA
107		Bobinagem gallettes Direitas	43	21.92	X					VA
108		Colocar auxiliares de bobinagem sobre a bobina (são 3)	126	18.35	X					VA
109	Bobinagem gallette Inversa sobre as placas (42 vezes)	Colocar placas debaixo dos auxiliares (são 6)	252	18.35	X					VA
110		Programar máquina para rodar no sentido inverso	42	5.85	X					VA
111		Bobinagem das espiras sobre as placas auxiliares	42	73.41	X					VA
112	Arrumar ferramentas	Arrumar ferramentas	4	3.20	X					NVA
113		Buscar cartões ao kit	2	2.62		X				NNVA
114	Colocar cartão entre gallettes	Cortar cartão (2 vezes)	4	1.46	X					NNVA
115		Colocar cartão entre as gallettes	2	0.44	X					VA
116	Colocar materiais no lixo	Colocar materiais no lixo	1	0.51	X					NNVA
117	Preencher ficha de registo qualidade na bancada	Preencher ficha de registo qualidade na bancada	4	6.70			X			NNVA
118	Preencher ficha de registo qualidade	Preencher ficha de registo qualidade junto ao cabo de cobre	1	1.17			X			NNVA
119	Preencher ficha de engenharia	Preencher ficha de engenharia	8	2.33			X			NNVA
120	Guardar caixa de ferramentas	Guardar caixa de ferramentas	4	3.79		X				NVA
121	Buscar caixa de ferramentas	Buscar caixa de ferramentas	3	2.84		X				NVA
122	Cortar cartões de proteção	Cortar cartões de proteção	2	0.58	X					NNVA
123	Arrumar ferramentas	Arrumar ferramentas	1	0.22	X					NVA
124	Consultar ficha de engenharia	Verificar folha de engenharia	10	1.46			X			NNVA
125		Buscar chave de roquete	1	1.31		X				NNVA
126	Posicionar desenrolador de cobre	Utilizar chave para soltar fixador	1	0.66	X					NNVA
127		Empurrar equipamento	1	0.07	X					NNVA
128		Utilizar chave para prender fixador	1	0.66	X					NNVA
129		Guardar chave de roquete	1	1.31		X				NNVA
130	Buscar papel crepado	Buscar papel crepado	1	0.51		X				NNVA
131	Marcar local do cruzamento	Marcar local para realizar cruzamento	1	0.36	X					VA
132	Buscar tiras enchimento	Buscar tiras enchimento	2	4.37		X				NNVA
133	Anotar numa tira de enchimento local do cruzamento	Marcar tira	1	0.29	X					VA
134		Cortar excesso	1	0.07	X					VA
135		Programar máquina para rodar no sentido direito	42	6.12	X					VA
136	Bobinagem gallette Inversa sobre os Auxiliares de Bobinagem	Bobinagem das espiras sobre os auxiliares de bobinagem	42	18.35	X					VA
137		Alinhar as espiras	42	18.35	X					VA
138		remover os auxiliares de bobinagem	126	18.35	X					VA
139		Ajustar posição das espiras	42	18.35	X					VA
140		Verificar folha de engenharia	42	12.24			X			NNVA
141	Colocação de tira de enchimento	Colocar tira de enchimento	42	27.53	X					VA
142		Cortar excesso de tira	42	6.12	X					VA
143	Colocar régua auxiliares	Buscar régua auxiliares	1	0.51		X				NNVA
144		Colocar régua auxiliares no tubo de bobinagem	16	1.17	X					VA
145	Marcar local para realizar cruzamento	Marcar local para realizar cruzamento	85	30.95	X					VA
146	Ajuste vertical do mandril	Ajuste na posicao vertical da máquina de bobinar	5	1.82	X					VA
147	Buscar cola	Buscar cola	2	2.33		X				NNVA
148		Pegar em nastro	2	0.29	X					NNVA
149	Colocar nastro à volta do tubo de bobinagem	Enrolar nastro à volta do tubo	2	0.73	X					NNVA
150		Cortar nastro	2	0.29	X					NNVA
151		Prender nastro	2	0.44	X					NNVA
152	Colocar régua auxiliares dentro do nastro	Retirar régua auxiliares	32	2.33	X					NNVA
153		Colocar régua auxiliares no tubo de bobinagem (16 vezes)	32	2.33	X					NNVA
154	Colocar chic interior	Buscar chic's interiores	2	2.62		X				NNVA
155		Colocar chic interior	112	9.18	X					VA
156	Alinhar calços de enfiar	Alinhar os calços de enfiar	96	28.40	X					NNVA
157	Subir régua auxiliares	Puxar régua auxiliares para cima	80	5.83	X					NNVA
158	Colocar calços de enfiar de 2mm	Buscar calços de enfiar de 6 mm	1	1.31		X				NNVA
159		Introduzir 16 calços nas régua do tubo (16 vezes)	256	57.10	X					NNVA
160	Assinar gallettes	Fazer registo nas gallettes (3 vezes)	3	20.97	X					VA

Figura 59 - Gráfico de sequência-executante do subprocesso Bobinagem AT 3/4

161	Deitar ao lixo papel que revestia cobre	Buscar papel que revestia cobre e deitar ao lixo	1	1.53	X					NNVA
162	Colocar cavaleiros	Colar cavaleiros	43	3.79	X					VA
163	nos cruzamentos exteriores	Colocar cavaleiros nos cruzamentos exteriores	43	8.08	X					VA
164	Marcar local onde deve ser cortado o cobre	Fazer marcação	1	0.36	X					VA
165		Colocar fita cola nesse local	1	0.36	X					NNVA
166	Buscar máquina de dobrar ponta do cobre e de cortar cobre	Buscar máquina de dobrar ponta do cobre e máquina de cortar cobre	1	2.77		X				NNVA
167		Cortar cobre	1	0.44	X					VA
168		Rodar bobina no sentido inverso	1	0.36	X					VA
169		Colocar fita cola nesse local	1	0.66	X					NNVA
170		Desapertar válvula de pressão da máquina de cruzamentos	1	0.29	X					NNVA
171		Preparar máquina de dobrar pontas	1	1.17	X					NNVA
172		Dobrar ponta do cobre	1	0.58	X					VA
173		Arrumar máquina na bancada	1	0.29	X					NNVA
174		Apertar válvula de pressão da máquina de cruzamentos	1	0.29	X					NNVA
175		Retirar fita cola	1	0.44	X					NNVA
176	Isolar local onde se dobrou	Cortar papel crepado	1	0.07	X					NNVA
177		Colar papel crepado	1	1.97	X					VA
178	Arrumar régua auxiliares	Retirar régua auxiliares	16	1.17	X					VA
179		Arrumar régua auxiliares	1	0.51		X				NNVA
180	Buscar anel de guarda superior e calagem	Buscar anel de guarda superior e calagem	1	1.38		X				NNVA
181		Colocar calagem no mandril	1	0.29	X					VA
182		Recortar calagem	1	1.97	X					VA
183		Encaixar calagem na bobina	1	0.22	X					VA
184		Pegar em anel de guarda	1	0.29	X					VA
185		Colocar anel de guarda na bobina	1	0.22	X					VA
186	Medir altura da bobina	Subir mandril	1	1.75			X			NVA
187		Medir altura da bobina	1	0.15	X					NNVA
188	Buscar régua de suporte exterior	Buscar régua de suporte exterior	2	3.79		X				NNVA
189		Colocar nastro à volta do tubo de bobinagem	2	0.71	X					NNVA
190		Colocar régua de suporte exterior no tubo de bobinagem	16	3.50	X					VA
191		Colocar régua de suporte exterior no tubo de bobinagem	8	1.17	X					VA
192		Colocar cinta à volta da bobina	3	1.97	X					NNVA
193		Cintar bobina	3	0.66	X					NNVA
194		Martelar régua de suporte	16	3.50	X					VA
195		Desencaixar parte superior da máquina de bobinar	1	0.36	X					NNVA
196	Transporte da bobina até ao posto de Decapagem	Abrir a plataforma que existe ao nível do chão	1	0.36	X					NNVA
197		Transportar bobina até à decapagem com auxílio da ponte móvel com aranha	1	23.96		X				NNVA
198		Colocar suportes debaixo da bobina	4	1.89	X					NNVA
199		Guardar materiais que sobraram no kit	2	2.77		X				NNVA
200		Guardar tiras de enchimento	1	2.55		X				NNVA
201		Arrumar materiais da bancada	1	0.80	X					NNVA
202	Guardar materiais, ferramentas e equipamentos	Guardar cartões de proteção interiores e exteriores	1	1.24		X				NNVA
203		Enrolar cobre	1	1.24	X					NNVA
204		Guardar calços de madeira	1	1.97		X				NNVA
205		Guardar máquina de cruzamentos	1	2.62		X				NNVA

Figura 60 - Gráfico de sequência-executante do subprocesso Bobinagem AT 4/4

## APÊNDICE 3 - AUDITORIA INICIAL 5S BOBINAGEM AT

Tabela 21 - Auditoria Inicial 5S no posto de Bobinagem AT

	Auditoria Inicial 5S					
	Data: 28/01	Auditor: Inês Quelhas			Secção: Linha M - Bobinagem AT	
Categoria	Critério	Pontuação				Observações
		0	1	2	3	
Sort (Seiri)	Existem apenas os itens necessários à realização do trabalho?		X			Por vezes falta material que têm de ir buscar ao <i>kanban</i> (abraçadeiras, papel crepado, nastro...) e ao <i>kit</i> , ou existe material a mais no posto (cartões de proteção, tiras enchimento).
	Existem equipamentos/ferramentas sem utilização ou não conformes?		X			O armário de ferramentas e as caixas de materiais vermelhas não são utilizadas. Há máquinas que necessitam de manutenção. Algumas ferramentas como limas, alicates e tesouras apresentam desgaste.
	Existem equipamentos/ferramentas obsoletos?			X		Os equipamentos obsoletos são retirados do posto e colocados nos armários laterais.
	Existem apenas os consumíveis necessários?		X			Como vão várias vezes ao <i>kanban</i> durante o processo, não estão todos os materiais disponíveis no posto de trabalho.
	Existe apenas a informação necessária?				X	
Subtotal:		8/15				
Set in Order (Seiton)	Existem objetos espalhados na área de trabalho?			X		Existem algumas ferramentas e materiais, durante o período de trabalho, que são arrumados no final do turno.
	Existe um local devidamente identificado para os equipamentos?			X		Existe para alguns equipamentos, mas outros não possuem identificação, como as bancadas, pois estas mudam de posição quando se esta a bobinar em sentido retrógrado.
	Existe um local devidamente identificado e de fácil acesso para as ferramentas?		X			Existe no armário de ferramentas, mas na bancada onde os materiais estão não existe marcação.
	Existe um local devidamente identificado para os consumíveis?	X				
	Existem marcações (zonas proibidas, caminhos, etc) na área de trabalho?				X	
Subtotal:		8/15				
Shine (Seiso)	A área de trabalho encontra-se limpa (chão, paredes, etc)?				X	É feita uma limpeza no final de cada turno, e também é feita durante a pausa de almoço pelas funcionárias de limpeza.
	Os equipamentos encontram-se limpos?			X		Há alguns sinais de sujidade na bancada de trabalho.
	As ferramentas encontram-se limpas?			X		As ferramentas não apresentam sinais de sujidade, mas a sua limpeza poderia ser mais regular.
	Existem rotinas ou <i>checklists</i> de limpeza?		X			Existem rotinas para a limpeza do chão no final do turno, mas não para a limpeza das ferramentas e equipamentos, nem existem <i>checklists</i> de limpeza.
	Encontra-se disponível todo o material de limpeza?			X		Está disponível a vassoura, o apanhador e o caixote do lixo, mas poderia estar disponível um pano e líquido para a limpeza das ferramentas.
Subtotal:		10/15				
Standardize (Seiketsu)	Existem planos de limpeza e manutenção?		X			Não existe um plano formal de limpeza, mas os operadores têm o hábito de limpar o chão no final de cada turno. O plano de manutenção existe, mas há vários equipamentos/ferramentas a necessitar de manutenção.
	São utilizados formulários de auditoria e listas de verificação?			X		São usadas listas de verificação nos <i>kits</i> de bobinagem dos isolantes e no registo de qualidade.
	São estabelecidos visores de informações, sinais, códigos de cores e outras marcações?		X			Existem marcações do chão, mas não existem para as ferramentas ou consumíveis.
	Os procedimentos para manter os três primeiros S's encontram-se visíveis?	X				
Subtotal:		4/12				
Sustain (Shitsuke)	Existe iniciativa por parte dos trabalhadores em manter a sua área de trabalho limpa e organizada?			X		No final do turno existe a preocupação de limpeza e arrumação do posto, mas durante o turno as ferramentas e consumíveis não têm um local definido.
	A liderança reforça a importância de hábitos diários de 5S?		X			A liderança reforça a necessidade de arrumar e limpar no final do turno.
	São realizadas auditorias periódicas?	X				
Subtotal:		3/9				
<b>Total:</b>		<b>33/66</b>				<b>Aplicação dos 5S: 50%</b>

Legenda	
Código	Descrição
3	Excelente
2	Bom
1	Normal
0	Mau

## APÊNDICE 4 - AUDITORIA INICIAL 5S PREPARAÇÃO DE BOBINAS

Tabela 22 - Auditoria Inicial 5S no posto de Preparação de Bobinas

	Auditoria Inicial 5S					
	Data: 01/04	Auditor: Inês Quelhas			Secção: Linha M – Preparação de Bobinas	
Categoria	Critério	Pontuação				Observações
		0	1	2	3	
<i>Sort (Seiri)</i>	Existem apenas os itens necessários à realização do trabalho?				X	
	Existem equipamentos/ferramentas sem utilização ou não conformes?		X			Existe uma bancada na preparação de pontas que não é utilizada.
	Existem equipamentos/ferramentas obsoletos?				X	
	Existem apenas os consumíveis necessários?			X		Existem consumíveis na Preparação de Pontas em excesso, para minimizar as deslocações ao <i>kanban</i> e líquidos da decapagem.
	Existe apenas a informação necessária?		X			Existem 3 quadros com informação no posto de Preparação de Pontas.
Subtotal:		10/15				
<i>Set in Order (Seiton)</i>	Existem objetos espalhados na área de trabalho?				X	
	Existe um local devidamente identificado para os equipamentos?			X		Não existe uma marcação para os equipamentos na decapagem e preparação de pontas.
	Existe um local devidamente identificado e de fácil acesso para as ferramentas?	X				As ferramentas não têm um local para ser armazenadas, encontrando-se as mesmas armazenadas nos cacifos pessoais dos trabalhadores.
	Existe um local devidamente identificado para os consumíveis?			X		Existem caixas vermelhas para armazenar os consumíveis, mas estas não têm identificação.
	Existem marcações (zonas proibidas, caminhos, etc) na área de trabalho?				X	
Subtotal:		10/15				
<i>Shine (Seiso)</i>	A área de trabalho encontra-se limpa (chão, paredes, etc)?				X	
	Os equipamentos encontram-se limpos?				X	
	As ferramentas encontram-se limpas?			X		Não apresentam sinais de sujidade, mas não são limpas regularmente.
	Existem rotinas ou <i>checklists</i> de limpeza?				X	
	Encontra-se disponível todo o material de limpeza?				X	
Subtotal:		10/15				
<i>Standardize (Seiketsu)</i>	Existem planos de limpeza e manutenção?			X		Não existe um plano formal de limpeza, mas os trabalhadores sabem quais as tarefas de limpeza que devem efetuar.
	São utilizados formulários de auditoria e listas de verificação?			X		São utilizadas listas de verificação nas fichas de qualidade. Não são efetuadas auditorias 5S.
	São estabelecidos visores de informações, sinais, códigos de cores e outras marcações?			X		Existem alguns visores de informação afixados no posto de trabalho e marcações no chão.
	Os procedimentos para manter os três primeiros S's encontram-se visíveis?	X				
Subtotal:		6/12				
<i>Sustain (Shitsuke)</i>	Existe iniciativa por parte dos trabalhadores em manter a sua área de trabalho limpa e organizada?				X	
	A liderança reforça a importância de hábitos diários de 5S?			X		
	São realizadas auditorias periódicas?	X				Não são realizadas auditorias periódicas.
Subtotal:		5/9				
<b>Total:</b>		<b>45/66</b>			<b>Aplicação dos 5S: 68.2%</b>	

Legenda	
Código	Descrição
3	Excelente
2	Bom
1	Normal
0	Mau

## APÊNDICE 5 - AUDITORIA INICIAL 5S FORMAÇÃO DE FASES

Tabela 23 - Auditoria Inicial 5S no posto de Formação de Fases

	Auditoria Inicial 5S					
	Data: 15/03	Auditor: Inês Quelhas			Secção: Linha M – Formação de Fases	
Categoria	Critério	Pontuação				Observações
		0	1	2	3	
<i>Sort (Seiri)</i>	Existem apenas os itens necessários à realização do trabalho?			X		No início de cada trabalho são colocados apenas os materiais do <i>kit</i> para o projeto em questão. No armazém de material existem materiais para um transformador que irá para o lixo, mas que ainda não foi removido do posto.
	Existem equipamentos/ferramentas sem utilização ou não conformes?			X		Existem suportes para transportar tubos que não são necessários no armário. Existem bancos no posto de trabalho que não são utilizados.
	Existem equipamentos/ferramentas obsoletos?				X	
	Existem apenas os consumíveis necessários?		X			Existem alguns consumíveis em excesso, para minimizar as deslocações ao <i>kanban</i> . Existem sobras de halteres para casos em que estes não vêm no <i>kit</i> . Estes deveriam ser colocados juntamente com as sobras de material da FF.
	Existe apenas a informação necessária?				X	
Subtotal:		11/15				
<i>Set in Order (Seiton)</i>	Existem objetos espalhados na área de trabalho?			X		Durante o trabalho existem algumas ferramentas e componentes espalhados na bancada de trabalho.
	Existe um local devidamente identificado para os equipamentos?			X		Não existe uma marcação com o título para cada material, mas é claro para os trabalhadores qual o local para cada equipamento.
	Existe um local devidamente identificado e de fácil acesso para as ferramentas?	X				As ferramentas não têm um local para ser armazenadas, encontrando-se as mesmas armazenadas nos cacifos pessoais dos trabalhadores.
	Existe um local devidamente identificado para os consumíveis?		X			Existe uma marcação do local para cada consumível nas prateleiras da bancada de trabalho, mas falta a identificação de alguns consumíveis (fita autoadesiva, manga algodão...).
	Existem marcações (zonas proibidas, caminhos, etc) na área de trabalho?				X	
Subtotal:		8/15				
<i>Shine (Seiso)</i>	A área de trabalho encontra-se limpa (chão, paredes, etc)?			X		Existem restos de materiais no armário de ferramentas e o armário da bancada de trabalho encontra-se com sinais de sujidade.
	Os equipamentos encontram-se limpos?				X	
	As ferramentas encontram-se limpas?			X		Não apresentam sinais de sujidade, mas não são limpas regularmente.
	Existem rotinas ou <i>checklists</i> de limpeza?				X	
	Encontra-se disponível todo o material de limpeza?				X	
Subtotal:		13/15				
<i>Standardize (Seiketsu)</i>	Existem planos de limpeza e manutenção?			X		Não existe um plano formal de limpeza, mas os trabalhadores sabem claramente quais as tarefas de limpeza que devem efetuar.
	São utilizados formulários de auditoria e listas de verificação?			X		São utilizadas listas de verificação no <i>kit</i> dos isolantes e nas fichas de qualidade. Não são efetuadas auditorias 5S.
	São estabelecidos visores de informações, sinais, códigos de cores e outras marcações?			X		Existem alguns visores de informação afixados no posto de trabalho e marcações a identificar os consumíveis do posto. Falta reforçar a identificação de alguns materiais.
	Os procedimentos para manter os três primeiros S's encontram-se visíveis?	X				
Subtotal:		6/12				
<i>Sustain (Shitsuke)</i>	Existe iniciativa por parte dos trabalhadores em manter a sua área de trabalho limpa e organizada?			X		
	A liderança reforça a importância de hábitos diários de 5S?			X		
	São realizadas auditorias periódicas?	X				Não são realizadas auditorias periódicas.
Subtotal:		4/9				
<b>Total:</b>		<b>42/66</b>				<b>Aplicação dos 5S: 63.6%</b>

Legenda	
Código	Descrição
3	Excelente
2	Bom
1	Normal
0	Mau

## APÊNDICE 6 - LISTA DE MATERIAIS BOBINAGEM AT

	Nº	Item	Frequência de Utilização	Decisão	Local	
Isolantes	1	Cartões de proteção interiores	✓	A	Bancada	
	2	Cartões de proteção exteriores	✓	A	Bancada	
	3	Cavaleiros	✓	A	Bancada	
	4	Chic's interiores	!	A	Bancada	
	5	Calços de enfiar	!	A	Bancada	
	6	Auxiliares interiores de bobinagem	✓	A	Bancada	
	7	Tiras de enchimento	✓	B	Suporte tiras	
	8	Calagens	!	B	Kit	
	9	Anel de guarda inferior e superior	!	B	Kit	
	10	Cartões	!	B	Kit	
	11	Rodelas FOA	!	A	Bancada	
Kanban e Armazém Central	12	Nastro (20/30mm)	✓	A	Bancada	
	13	Papel crepado (20/30mm)	✓	A	Bancada	
	14	Abraçadeiras	✓	A	Bancada	
	15	Fita cola	!	A	Bancada	
	16	Cola	✓	A	Bancada	
	17	Parafina	!	B	Bancada	
	18	Lixa	!	A	Torno	
	19	Goma-Laca	!	B	Armário de Ferramentas	
Equipamentos	20	Torno	!	B	Junto à bancada de trabalho	
	22	Bancada auxiliar	✗	D	-	
	23	Máquina de cruzamentos	✓	A	Suporte máq. Cruzamentos	
	24	Calços de madeira	!	A	Bancada	
Ferramentas gerais	25	Placas de lamper	✓	A	Bancada	
	26	Tesoura de cartão	✓	A	Bancada	
	27	Cunha	✓	A	Bancada	
	28	Pistola de cintar	✓	A	Bancada	
	29	Chaves sextavadas interiores	!	B	Armário de Ferramentas	
	30	Fita-métrica	✓	A	Bancada	
	31	Alicate de pressão de espátula	!	B	Armário de Ferramentas	
	32	Alicate de pressão	!	B	Armário de Ferramentas	
	33	Alicate de corte	!	B	Armário de Ferramentas	
	34	Alicate de pontas	!	B	Armário de Ferramentas	
	35	Alicate universal	✓	A	Bancada	
	36	Chave de bocas 24/ 26	!	B	Armário de Ferramentas	
	37	Maço pequeno	✓	A	Bancada	
	38	Maço grande	✓	A	Bancada	
	39	Grampo em L	✗	D	-	
	40	Grampo curvo	!	B	Armário de Ferramentas	
	41	Grampo de gallette pequeno	!	B	Armário de Ferramentas	
	42	Grampo de gallette médio	✗	B	Armário de Ferramentas	
	43	Grampo de gallette grande	✗	B	Armário de Ferramentas	
	44	Faca	!	A	Bancada	
	45	Lápis	✓	A	Bancada	
	46	Andorinha	✗	B	Armário de Ferramentas	
	Ferramentas Soldas	47	Martelo	!	B	Armário de Ferramentas
		48	Escova de aço	!	B	Armário de Ferramentas
		49	Isqueiro	!	B	Armário de Ferramentas
50		Lima	!	B	Armário de Ferramentas	
Outras	51	Formão	✗	D	-	
	52	Tesoura de costura	✗	D	-	
	53	Máquina de cortar ponta do cobre	!	C	Armários Laterais	
	54	Máquina de dobrar ponta do cobre	!	C	Armários Laterais	
	55	Chave de bocas 16/ 17	✗	D	-	
	56	Chave de bocas 18/ 19	✗	D	-	
	57	Chave de bocas 20/ 22	✗	D	-	
	58	Chave de bocas 25/ 28	✗	D	-	
	59	Folha de Projeto de Engenharia	✓	A	Bancada	

Legenda		
Nível	Símbolo	Descrição
1	✗	Nunca ou raramente é utilizada
2	!	Utilizada algumas vezes
3	✓	Utilizada na maior parte do tempo ou sempre

Legenda	
Código	Descrição
A	Fica no posto de trabalho.
B	Fica no posto de trabalho, mas não é colocado na bancada de trabalho.
C	Sai do posto de trabalho. Contudo armazena-se o material num outro local para quando for necessário
D	Sai do posto de trabalho

Figura 61 - Listagem dos itens existentes no posto Bobinagem AT

## APÊNDICE 7 – ONE-POINT-LESSON BOBINAGEM AT



### OPL - One Point Lesson

<b>Processo</b>	Transformadores de Potência
<b>Subprocesso</b>	Produção de Core
<b>Actividade</b>	Bobinagem Vertical
<b>Tarefa</b>	Preparação e Arrumação do posto

**Objetivo:** Regular as actividades a realizar na preparação e arrumação do posto de trabalho.

	Bobinador
<b>Respons.</b>	Manter o posto de trabalho organizado.
<b>Timings</b>	Diariamente

<b>Tarefas</b>	<b>Início do Turno</b>
	<p>O responsável pela preparação do posto de trabalho deve efetuar as seguintes etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar as ferramentas que serão utilizadas na bancada de trabalho;</li> <li>2. Verificar existem materiais em falta e, em caso afirmativo, ir buscar todos os materiais antes de começar a trabalhar.</li> </ol> <p><b>Está a ser iniciada uma nova bobinagem?</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Em caso afirmativo, colocar os materiais do <i>kit</i> na bancada de trabalho <b>enquanto é feita a movimentação vertical do mandril.</b></li> </ol>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>✓ Organização do material na bancada de trabalho</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>⚠ Necessário reposição de papel crepado e abraçadeiras</p> </div> </div>
	<b>Fim do Turno</b>
	<p>O responsável pela arrumação do posto de trabalho deve efetuar as seguintes etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Guardar as ferramentas na caixa de ferramentas;</li> <li>2. Varrer o posto de trabalho.</li> <li>3. Remover o lixo da bancada de trabalho.</li> </ol>
	 <p>Limpeza a efetuar ao chão no final do turno</p>

Figura 62 – One-Point-Lesson do posto de trabalho da Bobinagem AT

## APÊNDICE 8 - SEGUNDA AUDITORIA 5S BOBINAGEM AT

Tabela 24 – 2ª Auditoria 5S no posto de Bobinagem AT

	Auditoria Inicial 5S					
	Data: 25/05		Auditor: Inês Quelhas		Secção: Linha M - Bobinagem AT	
Categoria	Critério	Pontuação				Observações
		0	1	2	3	
<i>Sort (Seiri)</i>	Existem apenas os itens necessários à realização do trabalho?				X	
	Existem equipamentos/ferramentas sem utilização ou não conformes?			X		Há máquinas que necessitam de manutenção. Algumas ferramentas como limas, alicates e tesouras apresentam desgaste.
	Existem equipamentos/ferramentas obsoletos?				X	
	Existem apenas os consumíveis necessários?				X	
	Existe apenas a informação necessária?				X	
	Subtotal:	14/15				
<i>Set in Order (Seiton)</i>	Existem objetos espalhados na área de trabalho?			X		Existem algumas ferramentas e materiais, durante o período de trabalho, que são arrumados no final do turno.
	Existe um local devidamente identificado para os equipamentos?			X		Existe para alguns equipamentos, mas outros não possuem identificação, como as bancadas, pois estas mudam de posição quando se esta a bobinar em sentido retrógrado.
	Existe um local devidamente identificado e de fácil acesso para as ferramentas?				X	
	Existe um local devidamente identificado para os consumíveis?				X	
	Existem marcações (zonas proibidas, caminhos, etc) na área de trabalho?				X	
	Subtotal:	13/15				
<i>Shine (Seiso)</i>	A área de trabalho encontra-se limpa (chão, paredes, etc)?				X	É feita uma limpeza no final de cada turno, e também é feita durante a pausa de almoço pelas funcionárias de limpeza.
	Os equipamentos encontram-se limpos?				X	
	As ferramentas encontram-se limpas?			X		As ferramentas não apresentam sinais de sujidade, mas a sua limpeza poderia ser mais regular.
	Existem rotinas ou <i>checklists</i> de limpeza?			X		Existem rotinas para a limpeza do chão no final do turno, mas não para a limpeza das ferramentas e equipamentos.
	Encontra-se disponível todo o material de limpeza?			X		Está disponível a vassoura, o apanhador e o caixote do lixo, mas poderia estar disponível um pano e líquido para a limpeza das ferramentas.
	Subtotal:	12/15				
<i>Standardize (Seiketsu)</i>	Existem planos de limpeza e manutenção?		X			Não existe um plano formal de limpeza, mas os operadores têm o hábito de limpar o chão no final de cada turno. O plano de manutenção existe, mas há vários equipamentos/ferramentas a necessitar de manutenção.
	São utilizados formulários de auditoria e listas de verificação?			X		
	São estabelecidos visores de informações, sinais, códigos de cores e outras marcações?				X	
	Os procedimentos para manter os três primeiros S's encontram-se visíveis?	X				
	Subtotal:	6/12				
<i>Sustain (Shitsuke)</i>	Existe iniciativa por parte dos trabalhadores em manter a sua área de trabalho limpa e organizada?			X		
	A liderança reforça a importância de hábitos diários de 5S?			X		A liderança reforça a necessidade de arrumar e limpar no final do turno.
	São realizadas auditorias periódicas?				X	
	Subtotal:	7/9				
<b>Total:</b>		<b>52/66</b>			<b>Aplicação dos 5S: 78.8%</b>	

Legenda	
Código	Descrição
3	Excelente
2	Bom
1	Normal
0	Mau

## APÊNDICE 9 - LISTA DE MATERIAIS PREPARAÇÃO DE BOBINAS

	Nº	Item	Frequência de Utilização	Decisão	Local
Isolantes	1	Calços de lamiper	✓	A	Bancada da Calibragem
	2	Papel crepado (20/30mm)	✓	A	Bancada de Preparação de Pontas
Armazém Central	3	Fita autoadesiva 25 mm	⚠	A	Bancada da Calibragem
	4	Cola	⚠	A	Bancada da Calibragem
	5	Lixa AMC Gr. 80	⚠	A	Bancada cinzenta Calibragem
	6	Diluyente	⚠	A	Bancada cinzenta Calibragem
	7	Água destilada	⚠	A	Bancada branca Decapagem
	8	Bancada cinzenta Decapagem	⚠	D	Bancada cinzenta Calibragem
	9	Bancada branca Decapagem	⚠	A	Bancada branca Decapagem
Equipamentos	10	Recipientes para colocar água e diluyente	✗	D	Manter apenas 1 na Decapagem
	11	Bancada de trabalho Calibragem	✓	A	Bancada da Calibragem
	12	Bancada de trabalho Preparação de Pontas	✓	A	Bancada de Preparação de Pontas
	13	Bancada auxiliar Preparação de Pontas	✓	A	-
	14	Plataforma elevatória	✓	B	Preparação de Pontas
	15	Escadotes	⚠	B	Calibragem
	16	Suportes para bobinas	✓	A	Decapagem, Preparação de Pontas e Armazém Material
	17	Calços de lamiper	✓	A	Preparação e Carga
	18	Madeiras de aperto	✓	A	Preparação e Carga
	19	Prensas	✓	A	Calibragem
	20	Cogumelos	✓	A	Calibragem
	21	Pratos	⚠	B	Armazém de Material da Calibragem
	22	Cilindros hidráulicos	⚠	B	Armazém de Material da Calibragem
	23	Fêmeas de Aperto	⚠	B	Armazém de Material da Calibragem
	24	Manguieras hidráulicas	⚠	B	Armazém de Material da Calibragem
	25	Máquina de dar carga	✓	B	Armazém de Material da Calibragem
	26	Máquina de movimentação de cargas	✓	B	Armazém de Material da Calibragem
	27	Quadro de fluxos de bobinas	✗	C	-
	28	Caixotes de lixo	⚠	A	Retirar um caixote de lixo indiferenciado da calibragem (existem 2)
	Ferramentas	29	Tesoura de cartão	✓	A
30		Cunhas	✓	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
31		Grampos	⚠	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
32		Fita-métrica	✓	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
33		Alicate de pressão de espátula	⚠	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
34		Alicate de pressão	⚠	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
35		Alicate de corte	⚠	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
36		Alicate de pontas	⚠	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
37		Alicate universal	✓	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
38		Maço pequeno	✓	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
39		Maço grande	✓	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
40		Grampo curvo	⚠	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
41		Faca	✓	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
42		Lápis	✓	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas
43		Formão	✓	A	Caixa de ferramentas - Preparação de Pontas

Legenda		
Nível	Símbolo	Descrição
1	✗	Nunca ou raramente é utilizada
2	⚠	Utilizada algumas vezes
3	✓	Utilizada na maior parte do tempo ou sempre

Legenda	
Código	Descrição
A	Fica no posto de trabalho.
B	Fica no posto de trabalho, mas é armazenado para quando for necessário.
C	Sai do posto de trabalho. Contudo armazena-se o material num outro local para quando for necessário
D	Sai do posto de trabalho

Figura 63 - Listagem dos itens existentes no posto de Preparação de Bobinas

## APÊNDICE 10 - SEGUNDA AUDITORIA 5S PREPARAÇÃO DE BOBINAS

Tabela 25 – 2ª Auditoria 5S no posto de Preparação de Bobinas

	Auditoria Inicial 5S					
	Data: 25/05		Auditor: Inês Quelhas		Secção: Linha M – Preparação de Bobinas	
Categoria	Critério	Pontuação				Observações
		0	1	2	3	
<i>Sort (Seiri)</i>	Existem apenas os itens necessários à realização do trabalho?				X	
	Existem equipamentos/ferramentas sem utilização ou não conformes?				X	
	Existem equipamentos/ferramentas obsoletos?				X	
	Existem apenas os consumíveis necessários?			X		Existem consumíveis na Preparação de Pontas em excesso, para minimizar as deslocações ao <i>kanban</i> e líquidos da decapagem.
	Existe apenas a informação necessária?		X			Existem 3 quadros com informação no posto de Preparação de Pontas.
	Subtotal:	12/15				
<i>Set in Order (Seiton)</i>	Existem objetos espalhados na área de trabalho?				X	
	Existe um local devidamente identificado para os equipamentos?				X	
	Existe um local devidamente identificado e de fácil acesso para as ferramentas?	X				As ferramentas não têm um local para ser armazenadas, encontrando-se as mesmas armazenadas nos cacifos pessoais dos trabalhadores.
	Existe um local devidamente identificado para os consumíveis?				X	
	Existem marcações (zonas proibidas, caminhos, etc) na área de trabalho?				X	
	Subtotal:	12/15				
<i>Shine (Seiso)</i>	A área de trabalho encontra-se limpa (chão, paredes, etc)?				X	
	Os equipamentos encontram-se limpos?				X	
	As ferramentas encontram-se limpas?			X		Não apresentam sinais de sujidade, mas não são limpas regularmente.
	Existem rotinas ou <i>checklists</i> de limpeza?				X	
	Encontra-se disponível todo o material de limpeza?				X	
	Subtotal:	10/15				
<i>Standardize (Seiketsu)</i>	Existem planos de limpeza e manutenção?			X		Não existe um plano formal de limpeza, mas os trabalhadores sabem quais as tarefas de limpeza que devem efetuar.
	São utilizados formulários de auditoria e listas de verificação?			X		São utilizadas listas de verificação nas fichas de qualidade. Não são efetuadas auditorias 5S.
	São estabelecidos visores de informações, sinais, códigos de cores e outras marcações?				X	Existem alguns visores de informação afixados no posto de trabalho e marcações no chão.
	Os procedimentos para manter os três primeiros S's encontram-se visíveis?				X	
	Subtotal:	10/12				
<i>Sustain (Shitsuke)</i>	Existe iniciativa por parte dos trabalhadores em manter a sua área de trabalho limpa e organizada?				X	
	A liderança reforça a importância de hábitos diários de 5S?			X		
	São realizadas auditorias periódicas?				X	Não são realizadas auditorias periódicas.
	Subtotal:	8/9				
<b>Total:</b>		<b>54/66</b>			<b>Aplicação dos 5S: 81.8%</b>	

Legenda	
Código	Descrição
3	Excelente
2	Bom
1	Normal
0	Mau

## APÊNDICE 11 - APLICAÇÃO DE SMED NO POSTO DE DECAPAGEM

eFACEC		Folha SMED							
<b>Empresa:</b>		Efacec Power Solution		<b>Resumo</b>					
<b>Departamento:</b>		Transformação Lean e Processos Industriais		<b>Tempo Atividades (min.)</b>	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3		
<b>Área produtiva:</b>		Linha M			15,69	14,00	9,07		
<b>Posto de trabalho:</b>		Preparação de Bobinas		<b>Nº de atividades</b>					
<b>Início de análise:</b>		12/04/2021		Operação	7	10	10		
<b>Fim de análise:</b>		14/04/2021		Transporte	7	4	4		
<b>Responsável:</b>		Inês Quelhas		Controlo	0	0	0		
<b>Código produto:</b>		E1111324A - 25MVA 63KV		Espera	0	0	0		
				Armazenagem	0	0	0		
Número	Atividade	Elemento da atividade	Estágio preliminar		Estágio 1		Estágio 2		Estágio 3
			Tempo da atividade (min)		Interna	Externa	Interna	Externa	Tempo racionalizado (min)
1	Set-Up Decapagem	Buscar caixa de ferramentas	0,92	X		X			0,92
2		Colocar suportes debaixo da bobina	0,84	X			X		0,00
3		Puxar fio da máquina de decapagem	1,83	X			X		1,83
4		Encaixar fio no maçarico	0,28	X			X		0,28
5		Programar máquina	1,13	X			X		1,13
6		Testar maçarico	0,14	X			X		0,14
7		Mover maçarico	0,28	X				X	0,00
8		Mover extrator portátil	0,56	X				X	0,00
9		Posicionar chaminé do extrator	0,42	X			X		0,42
10		Buscar diluente	0,99	X			X		0,70
11		Buscar água	3,94	X			X		0,56
12		Colocar óculos de proteção	0,14	X			X		0,14
13		Buscar tapete	1,69	X			X		0,42
14		Colocar tapete em redor da bobina	2,53	X			X		2,53
<b>Total (min.)</b>					15,69		14,00	9,07	
							- 11%	- 35%	

Figura 64 - Aplicação da ferramenta SMED no posto de Decapagem

## APÊNDICE 12 - LISTA DE MATERIAIS FORMAÇÃO DE FASES

	Nº	Item	Frequência de Utilização	Decisão	Local
Isolantes	1	Aneis de Lamiper	✓	B	Kit
	2	Calagens	✓	B	Kit
	3	Tubos de Cartão	✓	B	Kit
	4	Réguas retangulares	✓	B	Kit
	5	Coleretes	✓	B	Kit
	6	Chaminés	!	B	Kit
	7	Chapéus	!	B	Kit
	8	Calços de lamiper	✓	B	Kit
	9	Rodelas FOA	!	A	Bancada de Trabalho
	10	Chics exteriores	!	A	Bancada de Trabalho
	11	Halteres	✓	B	Kit
	12	Roscas	✓	B	Kit
	13	Sobras de materiais dos isolantes (halteres, roscas)	✗	C	No armário de sobras da FF
	15	Tiras de cartão (para facilitar colocação de bobinas)	!	A	Armário de Ferramentas
	Armazém Central	16	Nastro 30mm	✓	A
17		Papel crepado 30mm	!	A	Armários Bancada de Trabalho
18		Papel Nomex 30mm	!	A	Armários Bancada de Trabalho
19		Fita Cola Nomex	!	A	Armários Bancada de Trabalho
20		Fita autoadesiva 25 mm	!	A	Armários Bancada de Trabalho
21		Fita autoadesiva 50 mm	!	A	Armários Bancada de Trabalho
22		Fita autoadesiva 200 mm	✓	A	Armários Bancada de Trabalho
23		Papel kraft	!	A	Armários Bancada de Trabalho
24		Papel kraft nomex	!	A	Armários Bancada de Trabalho
25		Manga algodão para amarração	✓	A	Armários Bancada de Trabalho
26		Isolante de Arestas	✗	A	Armários Bancada de Trabalho
27		Parafina	✓	A	Armários Bancada de Trabalho
28		Cola	✓	A	Bancada de Trabalho
29		Cintas	✓	A	Suporte de cintas
30		Lixa AMC Gr. 80	!	A	Armários bancada de trabalho
31		Abraçadeiras	✗	A	Armários bancada de trabalho
Equipamentos	32	Bancada de trabalho	✓	A	-
	33	Bancada auxiliar	✓	A	-
	34	Máquina de cintar	✓	A	-
	35	Bancos (2)	!	C	Bancada Auxiliar de Trabalho
Ferramentas	36	Tesoura de cartão	✓	A	Caixa de ferramentas
	37	Cunhas	✓	A	Armários Bancada de Trabalho
	38	Grampos	✓	A	Armários Bancada de Trabalho
	39	Cintas	✓	A	Armários Bancada de Trabalho
	40	Fita-métrica	✓	A	Caixa de ferramentas
	41	Alicate de pressão de espátula	!	A	Caixa de ferramentas
	42	Alicate de pressão	!	A	Caixa de ferramentas
	43	Alicate de corte	!	A	Caixa de ferramentas
	44	Alicate de pontas	!	A	Caixa de ferramentas
	45	Alicate universal	✓	A	Caixa de ferramentas
	46	Pistola de Cintar	!	A	Caixa de ferramentas
	47	Maço pequeno	✓	A	Caixa de ferramentas
	48	Maço grande	✓	A	Caixa de ferramentas
	49	Grampo curvo	!	A	Caixa de ferramentas
	50	Faca	✓	A	Caixa de ferramentas
	51	Lápis	✓	A	Caixa de ferramentas
	52	Formão	✓	A	Caixa de ferramentas
	Outros	53	Pegas para aranha	✗	A
54		Acessórios para aranha	✗	A	Armários Bancada de Trabalho
55		Suportes para pegar em tubos de cartão	✗	D	Remover do posto.
56		Calços de madeira	!	A	Armários Bancada de Trabalho
57		Mangueira de ar	✗	A	Armários Bancada de Trabalho
58		Folha de Projeto de Engenharia	✓	B	Caixa de ferramentas

Legenda		
Nível	Símbolo	Descrição
1		Nunca ou raramente é utilizada
2		Utilizada algumas vezes
3		Utilizada na maior parte do tempo ou sempre

Legenda	
Código	Descrição
A	Fica no posto de trabalho.
B	Fica no kit.
C	Sai do posto de trabalho. Contudo armazena-se o material num outro local para quando for necessário
D	Sai do posto de trabalho

*Figura 65 - Listagem dos itens existentes no posto de Formação de Fases*

## APÊNDICE 13 – ONE-POINT-LESSON FORMAÇÃO DE FASES



### OPL - One Point Lesson

<b>Processo</b>	Transformadores de Potência
<b>Subprocesso</b>	Produção de Core
<b>Actividade</b>	Formação de Fases
<b>Tarefa</b>	Preparação e Arrumação do posto de trabalho

**Objetivo:** A presente OPL pretende padronizar o método de preparação do trabalho e a arrumação do posto no final do turno.

#### Respons.

Preparação do trabalho e arrumação do posto.

#### Tarefas

Os responsáveis pela preparação do trabalho e arrumação do posto, devem efetuar os seguintes pontos:

#### Início de turno

##### 1. Buscar materiais ao kanban

- Verificar se todas as caixas vermelhas contém material, e em caso negativo, abastecer as caixas vazias.



É necessário reposição



Não é necessário reposição

##### 2. Buscar materiais ao kit

- Buscar materiais ao kit e colocar na bancada auxiliar, caso esta se encontre vazia.

#### Fim de turno

##### 1. Efetuar a limpeza do posto de trabalho

- Efetuar a limpeza do chão e das iris com recurso ao aspirador;

- Efetuar a limpeza da bancada;

- Proceder à arrumação dos armários sempre que algum material não esteja armazenado dentro da caixa correspondente;



É necessário arrumação

- Proceder à limpeza das ferramentas pessoais e dos armários **mensalmente**, para evitar a acumulação de lixo.

### Atenção

- A organização e limpeza do posto de trabalho torna mais fácil a procura por ferramentas e materiais, e reduz o risco de acidentes no posto de trabalho.

Figura 66 – One-Point-Lesson do posto de trabalho da Formação de Fases

## APÊNDICE 14 - SEGUNDA AUDITORIA 5S FORMAÇÃO DE FASES

Tabela 26 – 2ª Auditoria 5S no posto de Formação de Fases

	Auditoria Inicial 5S					
	Data: 25/05		Auditor: Inês Quelhas		Secção: Linha M – Formação de Fases	
Categoria	Critério	Pontuação				Observações
		0	1	2	3	
<i>Sort (Seiri)</i>	Existem apenas os itens necessários à realização do trabalho?				X	
	Existem equipamentos/ferramentas sem utilização ou não conformes?				X	
	Existem equipamentos/ferramentas obsoletos?				X	
	Existem apenas os consumíveis necessários?			X		
	Existe apenas a informação necessária?				X	
	Subtotal:	14/15				
<i>Set in Order (Seiton)</i>	Existem objetos espalhados na área de trabalho?			X		Durante o trabalho existem algumas ferramentas e componentes espalhados na bancada de trabalho.
	Existe um local devidamente identificado para os equipamentos?			X		Não existe uma marcação com o título para cada material, mas é claro para os trabalhadores qual o local para cada equipamento.
	Existe um local devidamente identificado e de fácil acesso para as ferramentas?	X				As ferramentas não têm um local para ser armazenadas, encontrando-se as mesmas armazenadas nos cacifos pessoais dos trabalhadores.
	Existe um local devidamente identificado para os consumíveis?				X	
	Existem marcações (zonas proibidas, caminhos, etc) na área de trabalho?				X	
	Subtotal:	10/15				
<i>Shine (Seiso)</i>	A área de trabalho encontra-se limpa (chão, paredes, etc)?			X		
	Os equipamentos encontram-se limpos?				X	
	As ferramentas encontram-se limpas?			X		Não apresentam sinais de sujidade, mas não são limpas regularmente.
	Existem rotinas ou <i>checklists</i> de limpeza?				X	
	Encontra-se disponível todo o material de limpeza?				X	
Subtotal:	13/15					
<i>Standardize (Seiketsu)</i>	Existem planos de limpeza e manutenção?			X		Não existe um plano formal de limpeza, mas os trabalhadores sabem claramente quais as tarefas de limpeza que devem efetuar.
	São utilizados formulários de auditoria e listas de verificação?			X		São utilizadas listas de verificação no <i>kit</i> dos isolantes e nas fichas de qualidade. Não são efetuadas auditorias 5S.
	São estabelecidos visores de informações, sinais, códigos de cores e outras marcações?				X	
	Os procedimentos para manter os três primeiros S's encontram-se visíveis?				X	
Subtotal:	10/12					
<i>Sustain (Shitsuke)</i>	Existe iniciativa por parte dos trabalhadores em manter a sua área de trabalho limpa e organizada?			X		
	A liderança reforça a importância de hábitos diários de 5S?			X		
	São realizadas auditorias periódicas?				X	
Subtotal:	7/9					
<b>Total:</b>		<b>54/66</b>			<b>Aplicação dos 5S: 81.8%</b>	

Legenda	
Código	Descrição
3	Excelente
2	Bom
1	Normal
0	Mau

## APÊNDICE 15 - QUESTIONÁRIO EFETUADO AOS OPERADORES SOBRE MELHORIAS IMPLEMENTADAS

### Opinião dos trabalhadores acerca das melhorias implementadas

O presente questionário pretende avaliar a satisfação dos trabalhadores com as melhorias que foram efetuadas nos seus postos de trabalho.

**\*Obrigatório**

Qual o subprocesso em que trabalha? \*

Bobinagem Vertical

Preparação de Bobinas

Formação de Fases

1. Sente que o seu posto de trabalho está mais organizado? \*

Sim

Não

Indiferente

2. Sente que tem maior facilidade em encontrar/aceder a materiais? \*

Sim

Não

Indiferente

3. Sente que tem maior facilidade em encontrar/aceder a ferramentas? \*

Sim

Não

Indiferente

4. Em traços gerais, qual o seu grau de satisfação com as melhorias implementadas no posto? \*

1      2      3      4      5

Nada satisfeito                        Totalmente satisfeito

**Submeter**

Figura 67 - Questionário para aferir o grau de satisfação com as melhorias implementadas

## APÊNDICE 16 - RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO SOBRE MELHORIAS IMPLEMENTADAS

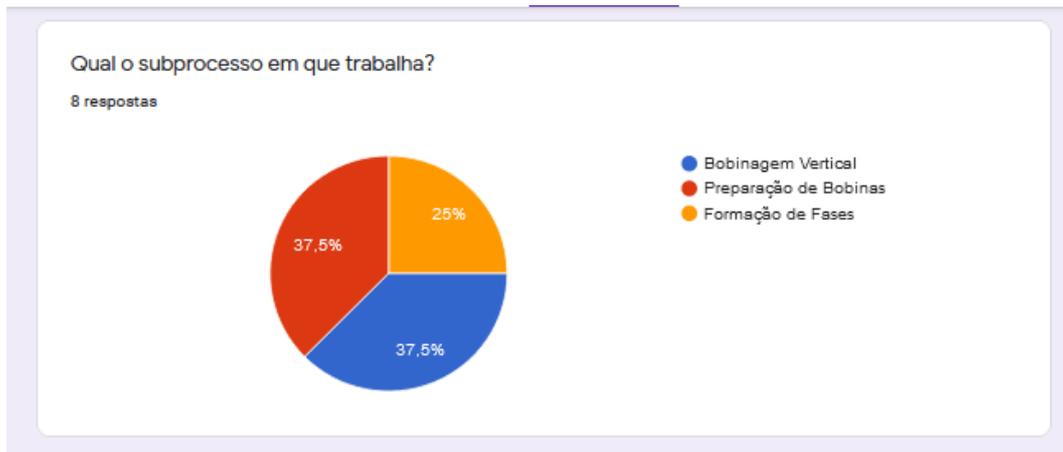


Figura 68 - Respostas à questão: Qual o subprocesso em que trabalha?



Figura 69 - Respostas à questão 1

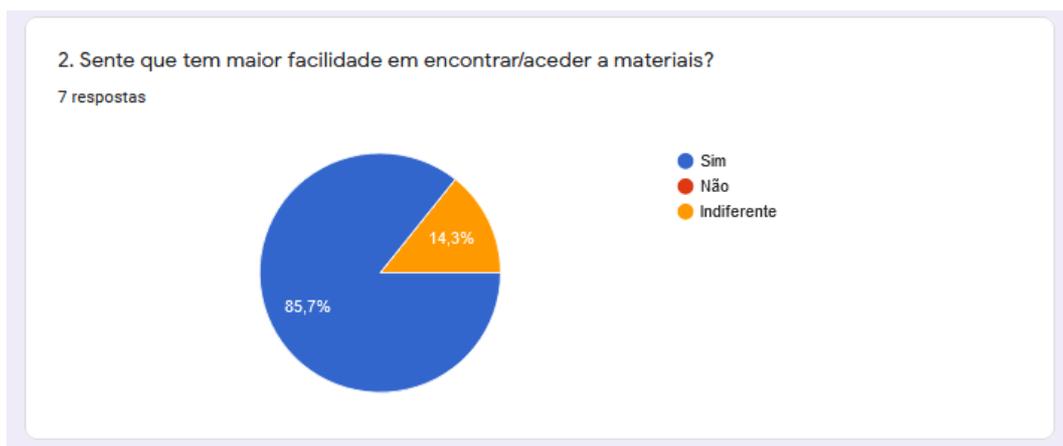


Figura 70 - Respostas à questão 2

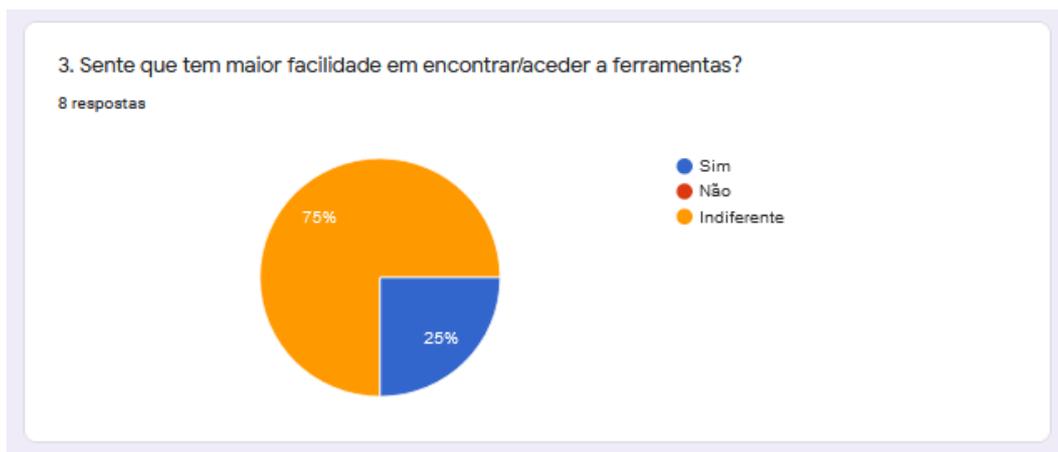


Figura 71 - Respostas à questão 3

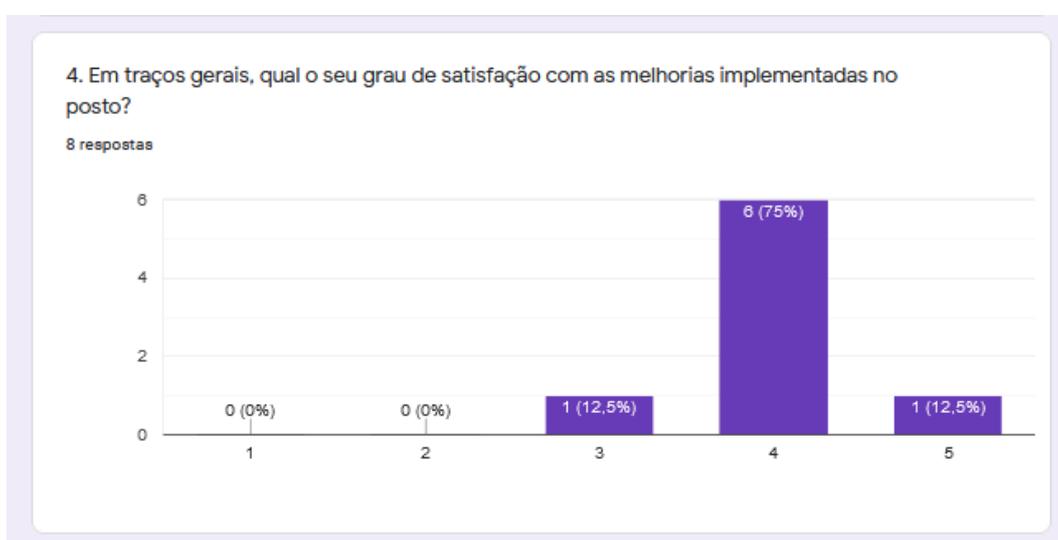


Figura 72 - Respostas à questão 4

## ANEXO 1 - TABELAS MOST

Na Figura 73 encontra-se apresentada uma das tabelas utilizadas para a aplicação do método MOST, que é utilizada para a determinação do parâmetro A quando este corresponde a movimentações em linha reta, sem constrangimentos. O índice a atribuir corresponde ao valor total caminhado durante a subatividade. Caso o operador caminhe 25 metros para ir buscar um objeto e regresso, o valor a contabilizar é 50 metros, o que representa um índice de 10.

<b>Action Distance</b>		
<b>Index Value</b>	<b>Feet</b>	<b>Meters</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	24	7
<b>A<sub>3</sub></b>	60	18
<b>A<sub>6</sub></b>	120	36
<b>A<sub>10</sub></b>	190	60
<b>A<sub>16</sub></b>	300	90
<b>A<sub>24</sub></b>	420	130
<b>A<sub>32</sub></b>	550	170
<b>A<sub>42</sub></b>	720	220
<b>A<sub>54</sub></b>	920	280
<b>A<sub>67</sub></b>	1120	340
<b>A<sub>81</sub></b>	1350	410
<b>A<sub>96</sub></b>	1590	490
<b>A<sub>113</sub></b>	1860	570
<b>A<sub>131</sub></b>	2160	670
<b>A<sub>152</sub></b>	2480	770
<b>A<sub>173</sub></b>	2820	870
<b>A<sub>196</sub></b>	3170	980

Figura 73 - Tabela MaxiMOST com a indexação a aplicar para a deslocação horizontal  
Fonte: Zandin (2021)