

Universidades Lusíada

Teixeira, João Paulo Couto

Aplicação de ferramentas de melhoria contínua na organização de laboratório de desenvolvimento de condensadores de filme metalizados

<http://hdl.handle.net/11067/8468>

Metadados

Data de Publicação

2025

Resumo

A crescente competitividade no setor industrial exige das organizações a necessidade de maximizar a eficiência operacional e eliminação de desperdícios, de modo a garantir a sua sustentabilidade e competitividade. O presente projeto de dissertação incidiu na aplicação de ferramentas de melhoria contínua para a reorganização do laboratório elétrico de investigação e desenvolvimento de condensadores de filme metalizados da Vishay Eletrónica Portugal. O principal objetivo foi melhorar a organização...

The increasing competitiveness in the industrial sector requires organizations to maximize operational efficiency and eliminate waste in order to ensure their sustainability and competitiveness. This dissertation project focused on the application of continuous improvement tools to reorganize the electrical research and development laboratory for metallized film capacitors at Vishay Eletrónica Portugal. The main objective was to improve organization and safety. Using the action-research methodol...

Palavras Chave

Melhoria Contínua, Lean manufacturing

Tipo

masterThesis

Revisão de Pares

no

Coleções

[ULF-FET] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2026-11-01T04:51:46Z com informação proveniente do Repositório



UNIVERSIDADE LUSÍADA
VILA NOVA DE FAMALICÃO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA NA
ORGANIZAÇÃO DE LABORATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO
DE CONDENSADORES DE FILME METALIZADOS**

João Paulo Couto Teixeira

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão
Industrial**

Vila Nova de Famalicão – julho 2025



UNIVERSIDADE LUSÍADA
VILA NOVA DE FAMALICÃO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA NA
ORGANIZAÇÃO DE LABORATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO
DE CONDENSADORES DE FILME METALIZADOS**

João Paulo Couto Teixeira

Orientador: Professora Doutora Ana Cristina Ferreira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão
Industrial

AVISO LEGAL

O conteúdo desta tese reflete as perspectivas, o trabalho e as interpretações do autor no momento da sua entrega. Esta tese pode conter incorreções, tanto conceptuais como metodológicas, que podem ter sido identificadas em momento posterior ao da sua entrega. Por conseguinte, qualquer utilização dos seus conteúdos deve ser exercida com cautela. Ao entregar esta tese, o autor declara que a mesma é resultante do seu próprio trabalho, contém contributos originais e são reconhecidas todas as fontes utilizadas, encontrando-se tais fontes devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção referências. O autor, declara, ainda, que não divulga na presente tese quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor ou de propriedade industrial.

Declaração sob compromisso de honra

(Artigo 6.º, n.º 2 das normas e orientações para a submissão de trabalhos académicos na plataforma Urkund para deteção de similaridade e plágio)

Eu, abaixo assinado, tenho consciência de que a prática de plágio consiste numa forma de violação da integridade académica, constituindo um crime punível por lei com relevância nos regimes disciplinar, civil e criminal.

Nesse sentido, declaro por minha honra que a dissertação apresentada é original e que todas as fontes, incluindo as da minha autoria, estão devidamente identificadas e referenciadas.

Vila Nova de Famalicão, 30 de julho de 2025

O Estudante

João Paulo Couto Teixeira

Agradecimentos

A realização desta dissertação só foi possível, graças à contribuição e apoio de várias pessoas, às quais expresso o meu mais sincero agradecimento.

Em primeiro lugar, gostaria de dirigir um agradecimento especial à Professora Doutora Ana Cristina Ferreira, pela orientação, pela disponibilidade, pelo conhecimento e pelo apoio incansável ao longo de todo o projeto. A sua orientação foi determinante para os resultados alcançados.

Agradeço também ao Eng.º João Costa, orientador externo, a orientação, apoio e a colaboração prestada ao longo deste projeto.

Agradecer à *Vishay* Eletrónica Portugal pela disponibilização dos recursos necessários para a realização deste projeto e pela oportunidade concedida para o seu desenvolvimento em contexto empresarial.

A todos os colaboradores do departamento de Investigação e Desenvolvimento, os meus agradecimentos pela cooperação, disponibilidade e partilha de conhecimento, aspetos essenciais para o sucesso deste projeto.

Gostaria também de agradecer aos meus colegas que realizaram o estágio nas mesmas instalações, pelo conhecimento partilhado e pelo apoio ao longo destes meses.

Aos meus colegas do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, o meu agradecimento pelo apoio, disponibilidade e partilha de conhecimento ao longo destes dois anos.

Por fim, gostaria de agradecer de forma especial aos meus pais e à minha namorada, pela compreensão, apoio, paciência e incentivo que sempre me deram. Este trabalho é o reflexo do esforço, dedicação e suporte que sempre me proporcionaram.

Resumo

A crescente competitividade no setor industrial exige das organizações a necessidade de maximizar a eficiência operacional e eliminação de desperdícios, de modo a garantir a sua sustentabilidade e competitividade. O presente projeto de dissertação incidiu na aplicação de ferramentas de melhoria contínua para a reorganização do laboratório elétrico de investigação e desenvolvimento de condensadores de filme metalizados da Vishay Eletrónica Portugal. O principal objetivo foi melhorar a organização e a segurança.

Através da adoção da metodologia de investigação-ação, foi realizado um diagnóstico inicial para a identificação de problemas como a desorganização de equipamentos, ferramentas e consumíveis, a ausência de procedimentos normalizados e a ineficiência dos fluxos de trabalho. Estes problemas foram analisados com o recurso a diagramas de sequência e *spaghetti*, sobretudo aplicados às duas atividades de maior valor acrescentado: testes de caracterização de condensadores e testes de power *dissipation*. Com base nos resultados do diagnóstico, foi proposto e implementado um plano de melhoria focado na metodologia 6S, na Gestão Visual e na alteração do *layout* do laboratório. As intervenções efetuadas visavam um ambiente seguro e adaptado às necessidades dos colaboradores.

A avaliação dos resultados da implementação revelou melhorias, comprovadas pela análise da auditoria 6S realizada antes e depois das implementações. A auditoria antes da implementação resultou numa classificação de 61 pontos (51% da classificação total), enquanto que a auditoria após a implementação resultou numa avaliação de 113 pontos (94% da classificação total), demonstrando o impacto positivo do plano de melhoria. Simultaneamente, observou-se uma redução das distâncias percorridas durante as atividades laboratoriais: uma redução de 26,32% na realização do teste de caracterização de condensadores, de 22,73% na realização do teste de power *dissipation* e de 75,76% na atividade de impressão 3D. Conjuntamente, as propostas de melhorias também resultaram na redução de cerca de 31 minutos na realização dos dois testes, o que representa uma redução de 9,03% dos tempos de teste. Esta melhoria corresponde à redução de atividades sem valor acrescentado. Em suma, os resultados obtidos demonstram que a aplicação dos princípios Lean em ambientes laboratoriais é uma abordagem eficaz para a otimização de processos.

Palavras-chave: Melhoria Contínua; Metodologia 6S; Gestão Visual; 5W2H; Diagramas de Sequência; Diagrama de *Spaghetti*; Redução de Desperdícios.

Abstract

The increasing competitiveness in the industrial sector requires organizations to maximize operational efficiency and eliminate waste in order to ensure their sustainability and competitiveness. This dissertation project focused on the application of continuous improvement tools to reorganize the electrical research and development laboratory for metallized film capacitors at Vishay Eletrónica Portugal. The main objective was to improve organization and safety.

Using the action-research methodology, an initial diagnosis was carried out to identify problems such as disorganization of equipment, tools, and consumables, lack of standardized procedures, and inefficient workflows. These issues were analysed using sequence and spaghetti diagrams, particularly applied to the two highest value-added activities: capacitor characterization tests and power dissipation tests. Based on the diagnostic results, an improvement plan was proposed and implemented, focusing on the 6S methodology, Visual Management, and changes to the laboratory layout. The interventions aimed to create a functional, safe environment adapted to the needs of the staff.

The results evaluation of the implementation opens up several improvements, confirmed by the analysis of the 6S audit conducted before and after the continuous improvement plan. The audit conducted prior to the implementation resulted in a score of 61 points (51% of the total score), while the audit after the implementation resulted in a score of 113 points (94% of the total score), demonstrating the positive impact of the proposals. At the same time, a reduction in distances travelled during laboratory activities was observed: a 26.32% reduction in the capacitor characterization test, a 22.73% reduction in the power dissipation test, and a 75.76% reduction regarding the 3D printing activity. Also, the proposed improvements also resulted in a time reduction of approximately 31 minutes when performing both tests. It represented a 9.03% decrease in testing time. This improvement corresponds to a reduction in non-value-added activities. In sum, the results demonstrate that applying Lean principles in laboratory environments is an effective approach to process optimization.

Keywords: Continuous Improvement; 6S Methodology; Visual Management; 5W2H; Sequence Diagrams; *Spaghetti* Diagram; Waste Reduction.

Índice geral

Agradecimentos.....	v
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiv
Lista de Abreviaturas.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e Motivação.....	1
1.2. Objetivos Propostos	2
1.3. Metodologia de Investigação	3
1.4. Estrutura da Dissertação.....	4
2. Fundamentação Teórica.....	6
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	6
2.1.1. Conceitos e princípios <i>Lean</i>	6
2.1.2. Desperdícios <i>Lean</i>	8
2.2. Ferramentas <i>Lean Manufacturing</i>	13
2.2.1. <i>Standard Work</i>	13
2.2.2. Metodologia 6S	14
2.2.3. Gestão Visual	19
2.2.4. Diagrama de <i>Spaghetti</i>	21
2.2.5. Ferramenta 5W2H	22
2.3. Importância da Organização nas Empresas.....	23
2.3.1. Necessidade de Implementação de Sistemas de Arrumação.....	23
2.3.2. Implicações de Higiene e Segurança no Trabalho	25
3. Caracterização da Empresa.....	28
3.1. História da Empresa	28
3.2. Missão e Política	29
3.3. Organização da Empresa.....	30
3.4. Principais Produtos e Mercados	31
3.5. Caracterização dos Macroprocessos Produtivos	32
3.5.1. Bobinagem.....	32
3.5.2. Pré-montagem	33
3.5.3. Montagem.....	34

3.5.4. Ensaio	36
4. Descrição e Análise da Situação Inicial	37
4.1. Descrição das Atividades do Laboratório Elétrico de R&D	37
4.1.1. Testes de Caracterização do Condensador	38
4.1.2. Testes de <i>Power Dissipation</i>	40
4.2. Disposição Inicial do <i>Layout</i> do Laboratório.....	45
4.3. Inventário de Equipamentos, Ferramentas e Consumíveis	46
4.3.1. Identificação dos Equipamentos.....	46
4.3.2. Identificação de Ferramentas e Materiais.....	47
4.3.3. Identificação de Consumíveis	47
4.4. Identificação e Análise dos Problemas	48
4.4.1. Falta de Organização, Arrumação, Limpeza e Normalização.....	48
4.4.2. Movimentações Desnecessárias e <i>Layout</i> Ineficiente	54
5. Definição e Implementação de Propostas de Melhoria	60
5.1. Criação de Sistemas de Organização e Arrumação.....	62
5.1.1. Proposta de Organização da Bancada de Soldadura e <i>Keysight</i> /MFIA.....	62
5.1.2. Proposta de Organização de Cabos e Bobinas	63
5.1.3. Proposta de Organização de <i>Jigs</i> e Rolos de Filamento Impressora 3D ...	65
5.1.4. Proposta de Estrutura de Armazenamento para Condensadores	66
5.1.5. Proposta de Implementação de Sinalética de Segurança e Limpeza.....	67
5.1.6. Proposta de Painel de Ferramentas e EPI.....	70
5.2. Proposta de Codificação e Identificação de Equipamentos	71
5.3. Proposta de Alteração do <i>Layout</i> do Laboratório	74
5.4. Adoção de Procedimentos Normalizados	76
6. Análise dos Resultados do Plano de Melhoria Contínua.....	77
6.1. Melhoria da Organização e Gestão Visual.....	77
6.2. Redução das Movimentações e Tempos Improdutivos.....	79
6.3. Avaliação dos Custos de Implementação do Plano de Melhoria	82
6.4. Apreciação Global do Plano de Melhoria	84
7. Principais Conclusões.....	88
7.1. Considerações Finais.....	88
7.2. Limitações.....	90
7.3. Propostas de Trabalho Futuro	90
Referências Bibliográficas.....	91

Apêndice A – Inventário dos Equipamentos	95
Apêndice B – Inventário de Ferramentas e Materiais	97
Apêndice C – Inventário de Consumíveis e Outros	99
Apêndice D – Diagrama de Sequência: Caracterização de Condensadores	100
Apêndice E – Diagrama de Sequência: <i>Power Dissipation</i>	101
Apêndice F – Base de dados da codificação dos equipamentos do laboratório	102
Apêndice G – Instrução de trabalho do MFIA Impedance Analyzer	104
Apêndice H – Implementação da Auditoria 6S – Antes do Plano de Melhoria	113
Apêndice I – Implementação da Auditoria 6S – Antes do Plano de Melhoria.....	114
Apêndice J – Inquérito de Satisfação e Recolha de Opinião	115

Índice de Figuras

Figura 1 – Princípios do <i>Lean Thinking</i> , adaptado de Citeve (2012).	7
Figura 2 – A metodologia dos 6S na eliminação dos desperdícios (Pinto, 2014).	19
Figura 3 – Exemplo de representação de diagrama de <i>spaghetti</i> (Pyzdek, 2021).	22
Figura 4 – Painel de ferramentas. Adaptado de Roriz et al. (2017).	24
Figura 5 – Quadro de sobras adaptado de Taylor & Francis (2016).	24
Figura 6 – Suporte de equipamentos de limpeza adaptado de Taylor & Francis (2016). ..	25
Figura 7 – Unidade fabril da VEP. Retirado de VEP (2025).	29
Figura 8 – Estrutura organizacional da VEP.	30
Figura 9 – Condensadores produzidos pela VEP. Adaptado de VEP (2025).	31
Figura 10 – Mercados principais e aplicação. Adaptado de VEP (2025).	31
Figura 11 – Máquina de bobinagem de fita.	33
Figura 12 – Envolvimento das bobinas na pré-montagem.	33
Figura 13 – Setores de montagem por tipo de condensador.	34
Figura 14 – Soldadura de uma bobina com quatro terminais.	35
Figura 15 – Enchimento final de um condensador.	35
Figura 16 – Embalamento dos condensadores em conformidade.	36
Figura 17 – Fluxograma do teste de caracterização do condensador no MFIA <i>Impedance Analyzer</i>	38
Figura 18 – Fluxograma do teste de caracterização do condensador na ponte de medida de precisão.	39
Figura 19 – Identificação dos itens para os quais é realizado o teste de <i>power dissipation</i> : a) condensador de filme metalizado; b) bobina metalizada.	40
Figura 20 – Fluxograma do teste de <i>power dissipation</i> do condensador e bobina metalizada.	41
Figura 21 – Identificação do condensador de módulo de filme metalizado ao qual é realizado o teste de <i>power dissipation</i>	42
Figura 22 – Fluxograma do teste de <i>power dissipation</i> do módulo de filme metalizado. ..	43
Figura 23 – Fluxograma de <i>power dissipation</i> com a câmara termográfica: a) teste do condensador e bobina metalizada; b) teste do condensador de módulo de filme metalizado.	44
Figura 24 – <i>Layout</i> inicial do laboratório elétrico.	45
Figura 25 – Equipamentos existentes no laboratório por tipologia/função.	46
Figura 26 – Ferramentas e materiais existentes no laboratório por tipologia/função.	47

Figura 27 – Ilustração da bancada 1 e 2 do laboratório elétrico de R&D.	49
Figura 28 – Gaveta da localização 1.....	50
Figura 29 – Armário da localização 1.	50
Figura 30 – Gaveta da localização 2.....	50
Figura 31 – Armário da localização 2.	50
Figura 32 – Ilustração das posições 3, 4 e 5 do laboratório elétrico de R&D.	51
Figura 33 – Ilustração das posições 6, 7 e B do laboratório elétrico de R&D.	52
Figura 34 – Ilustração da área 8, 9, 10 e 11 do laboratório elétrico de R&D.....	53
Figura 35 – Ilustração da área 11 do laboratório elétrico de R&D.....	53
Figura 36 – Ilustração da localização 12 e do quadro elétrico do laboratório.....	54
Figura 37 – Diagrama de spaghetti de um teste de caracterização do condensador.	56
Figura 38 – Diagrama de spaghetti de um teste de power dissipation.	58
Figura 39 – Diagrama de spaghetti de uma impressão 3D.....	59
Figura 40 – Gaveta da bancada de soldadura.	63
Figura 41 – Gaveta da bancada <i>Keysight</i> /MFIA.	63
Figura 42 – Identificação de gavetas e portas de bancadas.	63
Figura 43 – Delimitações de área de posição dos equipamentos.	63
Figura 44 – Torno mecânico fixado à bancada.....	63
Figura 45 – Tubo rígido de exaustão.	63
Figura 46 – Implementação da proposta de melhoria dos cabos elétricos.	64
Figura 47 – Proposta de implementação de suporte para bobinas.....	64
Figura 48 – Proposta de implementação gavetas de arrumação dos <i>jigs</i>	65
Figura 49 – Prateleira para colocação das caixas de rolos de filamento da impressora 3D.	65
Figura 50 – Estrutura para armazenamento de condensadores em fase de teste.	66
Figura 51 – Sinalética de EPI implementada na bancada de soldadura.	69
Figura 52 – Localização de material de limpeza no laboratório.....	70
Figura 53 – Ilustração da proposta de localização do painel de ferramentas e EPI.	70
Figura 54 – Implementação de painel de parede para organização de ferramentas e EPI.	71
Figura 55 – Sistema e norma de codificação criada para os equipamentos.	72
Figura 56 – Exemplo de codificação de um equipamento da família medida, descrito como amperímetro.....	73
Figura 57 – Etiqueta propostas de identificação dos equipamentos.....	73
Figura 58 – Colocação das etiquetas para a identificação dos equipamentos.	73

Figura 59 – Checklist de registo do levantamento dos equipamentos.....	74
Figura 60 – Alteração da configuração do layout do laboratório elétrico proposta.	75
Figura 61 – Classificação da auditoria por sensores antes e depois da implementação das melhorias.	78
Figura 62 – Comparação da pontuação total das auditorias realizadas (antes e após as melhorias).....	79
Figura 63 – Diagrama de spaghetti antes e depois da implementação da alteração de layout.	80
Figura 64 – Avaliação da organização de equipamentos, ferramentas e consumíveis.....	85
Figura 65 – Avaliação da clareza da gestão visual.....	85
Figura 66 – Avaliação a melhoria da eficiência dos processos.	86
Figura 67 – Avaliação da sustentação e disciplina do 6S (<i>Seiketsu</i> e <i>Shitsuke</i>).	86
Figura 68 – Avaliação da satisfação global.	87

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Descrição dos sentidos da metodologia 5S (Pinto, 2014).	14
Tabela 2 – Material utilizado nos componentes dos condensadores de filme.....	32
Tabela 3 – Caracterização de testes realizados no laboratório elétrico de R&D.	37
Tabela 4 – Inventário dos consumíveis existentes no laboratório.	48
Tabela 5 – Síntese do diagrama de sequência das atividades realizadas no teste de caracterização dos condensadores.	55
Tabela 6 – Síntese do diagrama de sequência das atividades realizadas no teste de power dissipation.....	57
Tabela 7 – Plano de ações de melhoria segundo a técnica 5W2H.	61
Tabela 8 – Sinais de perigo propostos para colocação no laboratório elétrico.....	67
Tabela 9 – EPI propostos para colocação no laboratório elétrico.	68
Tabela 10 – Análise da redução de movimentações com a implementação do plano de melhoria.	81
Tabela 11 – Análise da redução dos tempos improdutivos com a implementação do plano de melhoria.	82
Tabela 12 – Custos da implementação das propostas de melhoria contínua.....	83
Tabela 13 – Cálculo do <i>payback</i> do investimento do plano de melhoria.	84

Lista de Abreviaturas

CE	Classe de Equipamentos
CLT	Comunidade <i>Lean Thinking</i>
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
HST	Higiene e Segurança no Trabalho
IT	Instrução de Trabalho
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
JIT	<i>Just in Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
NA	Não Acessível
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
PI	Produção Interna
R&D	<i>Research and Development</i>
SW	<i>Standard work</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VEP	Vishay Eletrónica Portugal, LDA
WIP	<i>Work in Process</i>

1. Introdução

No âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharias e Tecnologias da Universidade Lusíada, *campus* de Vila Nova de Famalicão, o presente projeto de dissertação tem como foco aplicar ferramentas de melhoria contínua no laboratório elétrico de uma empresa de fabrico de componentes eletrónicos. Este capítulo apresenta o enquadramento e a motivação que levou à proposta do tema, os objetivos pretendidos e a metodologia de investigação utilizada. Por fim, apresenta-se a estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento e Motivação

Atualmente, a competitividade das empresas é cada vez maior e, portanto, as organizações procuram constantemente evoluir os seus produtos, melhorar os seus processos e aumentar a sua eficiência. Para que tal aconteça, qualquer operação que consome os recursos das organizações e que não acrescenta valor, é considerada como um desperdício *Lean*, designado em japonês por *Muda* (Pinto et al., 2018).

Os desperdícios podem apresentar-se em várias vertentes como excesso de produção, excesso de stock, defeitos, esperas, excesso de processamento, transporte ineficiente, movimentações desnecessárias e, por fim, o desperdício de talento das pessoas. Estes desperdícios são definidos pelas organizações que avaliam o valor do produto na perspetiva do cliente. Como referido pela Comunidade *Lean Thinking* (CLT), tudo aquilo que não é valorizado pelo cliente, é considerado um desperdício (CLT Services, 2018).

No mercado de componentes eletrónicos, a *Vishay Eletrónica Portugal, Lda.* (VEP) procura inovar os seus produtos e manter-se na linha da frente da inovação e desenvolvimento. Atualmente, os clientes exigem maior rapidez na entrega das suas encomendas, boa qualidade e a baixo custo, principalmente o mercado automóvel, que é cada vez mais exigente com os componentes que equipam os seus produtos (Czifra et al., 2019; Santos et al., 2015).

Assim como em todas as organizações, também na VEP há uma necessidade crescente de implementar práticas que visem a eliminação de qualquer tipo de desperdício. Dada a necessidade de tornar os processos mais eficientes e reduzir os tempos improdutivos e os custos operacionais, todas as atividades que consomem recursos no laboratório elétrico do *Research and Development* (R&D) elétrico da VEP, mas que não agregam valor ao produto ou serviço, devem ser analisadas.

Para isso, é fundamental adotar uma cultura organizacional voltada à melhoria contínua, rever fluxos de trabalho e utilizar ferramentas como a metodologia 6S, a Gestão Visual, os quadros *Kanban*, entre outros. A metodologia 6S, por exemplo, promove a organização e padronização do ambiente de trabalho, facilitando a identificação de problemas e reduzindo desperdícios de tempo e movimento (Jiménez et al., 2021; Sukdeo, 2017). Por sua vez, a Gestão Visual complementa essa abordagem ao tornar o estado dos processos visível e compreensível a todos, facilitando a rápida tomada de decisão e a detecção de anomalias. Esta pode ser complementada com sistemas *Kanban* para melhorar a percepção de informações rápidas e práticas (Powell, 2018). Já a normalização dos processos garante que as boas práticas sejam replicadas de forma consistente, promovendo estabilidade e previsibilidade operacional (Mor et al., 2018). Além disso, os diagramas de circulação são ferramentas importantes para analisar e melhorar os fluxos físicos entre os postos de trabalho, reduzindo deslocamentos desnecessários e contribuindo para a melhoria das condições ergonômicas (Hys & Domagała, 2018).

1.2. Objetivos Propostos

No laboratório elétrico de R&D da VEP, a eficiência, organização e qualidade dos testes são essenciais para atingir resultados consistentes. Este laboratório é composto por uma grande diversidade de equipamentos, ferramentas, materiais e consumíveis, que carecem de organização e implementação de práticas de melhoria contínua.

Assim, para este projeto de dissertação foi definido a seguinte pergunta de investigação: *Que ferramentas de melhoria contínua e Gestão Visual podem ser implementadas para melhorar a organização do laboratório elétrico?*

Esta pergunta de investigação explora soluções para atingir um ambiente de trabalho organizado, produtivo e seguro, o que conduz a uma melhor definição dos objetivos propostos. Assim, este projeto tem como objetivo principal melhorar a organização e gestão visual das atividades e processos existentes no laboratório elétrico do R&D elétrico da VEP, com o auxílio da implementação de ferramentas *Lean*. Pretende-se com isto, identificar e eliminar desperdícios e aumentar a eficiência dos processos laboratoriais. Para que este objetivo seja atingido, definiram-se objetivos específicos, tais como:

- Mapear fluxos de atividades e processos laboratoriais com foco na análise dos testes de caracterização de condensadores e testes de *power dissipation*;

- Identificar e inventariar todos os equipamentos, ferramentas materiais e consumíveis usados no laboratório elétrico do R&D;
- Reconhecer e eliminar desperdícios em trabalho laboratorial, aplicar ferramentas e sistemas de melhoria contínua com base nos princípios *Lean* na organização de equipamentos, ferramentas, materiais e consumíveis;
- Propor alterações à organização do *layout* do laboratório, fomentando a gestão visual de ferramentas e acessórios existentes, e com vista a minimização de movimentações desnecessárias;
- Criação de procedimentos normalizados para a melhoria da eficiência dos testes laboratoriais.

1.3. Metodologia de Investigação

A investigação-ação é a metodologia utilizada neste projeto de dissertação. Esta metodologia permite desenvolver soluções práticas para desafios organizacionais, através de um processo colaborativo que envolve todos os participantes, com o auxílio de conhecimento teórico e prático. Esta metodologia permite adquirir conhecimento, tanto aos participantes como às organizações, permite identificar e encontrar soluções para os problemas (Saunders et al., 2019). A investigação-ação é um processo cíclico que está dividido em cinco principais fases:

- Inicialmente, é necessário identificar o problema e recolher dados para realizar um diagnóstico da situação em que se encontra o local onde vai ser efetuado o projeto;
- De seguida, no planeamento, define-se um plano de ações que visa a resolução de problemas;
- Na fase de implementação, como o próprio nome indica, é implementado o plano elaborado na fase anterior;
- Na quarta fase, é recolhido os resultados da intervenção da implementação do plano elaborado e analisado os dados, comparando com os dados recolhidos inicialmente;
- Por fim, na especificação dos resultados de aprendizagem, identificam-se as conclusões da investigação e analisa-se como estas podem ser úteis para a elaboração de trabalhos futuros.

Desta forma, a investigação-ação é uma metodologia de investigação participativa que envolve um ciclo contínuo de planeamento, ação, observação e reflexão, com o objetivo de resolver problemas práticos e gerar conhecimento em tempo real (Coutinho et al., 2009). Os participantes do processo têm um papel ativo, contribuindo com as suas experiências e perspetivas, o que aumenta o compromisso com as mudanças e soluções propostas, uma vez que estes passam a fazer parte do processo de transformação.

Esta metodologia é flexível e pode ser adaptada a diferentes contextos, desde o contexto industrial (sistemas produtivos) como pelo contexto *office*, garantindo que as soluções são específicas ao ambiente e às necessidades. Com os resultados obtidos, promove-se uma cultura de melhoria contínua ao longo do processo (Bjurling-Sjöberg et al., 2021; Eden & Ackermann, 2018).

Considerando a aplicação da investigação-ação no contexto da VEP, em primeiro lugar, através do método de observação do trabalho, foram mapeados e caracterizados todos os tipos de testes elétricos que eram efetuados no laboratório elétrico do R&D. Neste processo, elaboraram-se diagramas de sequência para diagnosticar os principais problemas de organização deste local. Durante a realização dos testes elétricos, verificaram-se diversos tempos improdutivos e movimentações excessivas por falta de conhecimento da localização da diversas ferramentas e acessórios indispensáveis à sua realização. Foi assim realizado um inventário de equipamentos, ferramentas e acessórios, identificando a sua localização no *layout* do laboratório.

Com base nos problemas identificados, foi definido um plano de ações assentes nos princípios da melhoria contínua e na aplicação de ferramentas *Lean* de forma a organizar as ferramentas e acessórios, a sua localização e identificação. Foram reorganizados alguns dos espaços e equipamentos para melhorar os fluxos de materiais e informação dentro do laboratório. As melhorias foram implementadas e por fim, para garantir que estas melhorias são mantidas foi aplicada uma auditoria 6S. Os utilizadores do laboratório foram também inquiridos sobre a sua satisfação com a implementação do plano de melhoria contínua.

1.4. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está organizada em 7 capítulos. Após a descrição do enquadramento, objetivos e metodologia de investigação aplicada no primeiro capítulo, a definição dos principais conceitos teóricos e ferramentas de suporte ao desenvolvimento da dissertação é apresentada no segundo capítulo.

No terceiro capítulo é efetuada a caracterização da empresa acolhedora do projeto de dissertação. No quarto capítulo apresenta-se a descrição das atividades desempenhadas no laboratório elétrico de R&D e é efetuada uma análise crítica da situação inicial do laboratório. Segue-se o quinto capítulo onde são definidas as propostas de melhoria, assim como a sua implementação e discussão. No sexto capítulo apresenta-se a análise dos principais resultados obtidos com a implementação do plano de melhoria contínua. Por último, apresenta-se o sétimo capítulo com as principais conclusões, limitações e propostas de trabalho futuro.

2. Fundamentação Teórica

Neste capítulo é apresentada a base da fundamentação teórica para suportar o desenvolvimento do plano de trabalhos propostos, assente sobretudo em princípios e ferramentas do *Lean*.

2.1. *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* está associado ao *Toyota Production System* (TPS), que foi desenvolvido no Japão com o objetivo de colmatar a diferença entre a indústria automóvel ocidental e a japonesa. Assim, *Lean* é um modelo de gestão que está a ser adotado pelas empresas que pretendem aumentar a produtividade e a qualidade, enquanto procuram reduzir custos. Eliminar os defeitos dos produtos desde o início, pode resultar numa melhor produtividade. O *Lean Manufacturing* foca na eliminação de desperdícios de todas as etapas de produção, onde abrange diferentes áreas como relações com clientes, *design* de produto, redes de fornecedores e gestão de fábrica (Bhamu & Sangwan, 2014).

O *Lean Manufacturing* visa melhorar a gestão e uso dos recursos, diminuir o esforço humano, reduzir o inventário e os tempos de desenvolvimento do produto. Ou seja, o *Lean Manufacturing* fomenta a produção num menor *lead time*, usando os recursos de forma mais eficaz e permitindo assim uma resposta às necessidades do cliente mais rápida, eficiente e económica. No atual contexto das organizações o *Lean Manufacturing* passa por uma evolução constante e contínua. A maioria das empresas que apostam numa estratégia para a redução de custos e eliminação de desperdícios tendem a tornar-se mais sustentáveis (Chauhan & Singh, 2012).

2.1.1. Conceitos e princípios *Lean*

Inicialmente foram identificados cinco princípios fundamentais da filosofia *Lean Thinking*: criar valor, definir a cadeia de valor, otimizar o fluxo, implementar o sistema *pull* e a procura pela perfeição. Apesar desta sequência servir como um *roadmap* para implementar a filosofia *Lean*, foram identificadas algumas lacunas, tendo em conta que numa organização existem várias cadeias de valor e que incluem diferentes *stakeholders* além do cliente. Outra lacuna identificada é o facto de as organizações se focarem demasiado na redução dos desperdícios, deixando de lado o investimento na inovação dos seus processos, produtos e serviços (Pinto, 2014).

Segundo Pinto (2014), para evitar estes erros, foram sugeridos dois princípios novos: “Conhecer o *stakeholder*” e “Inovar sempre”. Estes, procuram que as organizações se foquem na excelência e em melhorar o seu desempenho.

Com um total de cinco princípios *Lean*, surge então uma nova sequência, representada na Figura 1, à qual se somam o conhecimento dos *stakeholders* numa fase inicial e a necessidade de inovação em cada ciclo de implementação. Uma organização que considera irrelevante as necessidades e os interesses dos seus colaboradores e apenas se foca na satisfação do seu cliente, deve repensar a sua estratégia (Pinto, 2014).



Figura 1 – Princípios do *Lean Thinking*, adaptado de Citeve (2012).

Assim, os princípios fundamentais do *Lean Thinking* são:

- **Conhecer os *stakeholders*** – não obstante o foco da análise das necessidades dos clientes, as empresas devem conhecer todos os *stakeholders* da sua cadeia de abastecimento, assim como os seus colaboradores internos (Pinto, 2014);
- **Valor** – o principal valor de uma organização é definido pelo consumidor final e esta definição podem ser distintas para os diferentes clientes. Para isso é importante perceber o que é valorizado pelos clientes e satisfazer ao máximo as suas necessidades (Melton, 2005);
- **Cadeia de valor** – envolve visualizar toda a cadeia de trabalho, compreender o estado em que se encontra e identificar as etapas e esforços de melhoria para atingir um estado melhorado, eliminando desperdícios, tarefas inadequadas e reduzir os tempos de processo (Roy et al., 2018);

- **Otimizar fluxos** – após conhecer quem tem de ser servido, de definir o valor e a cadeia de valor, é importante identificar o fluxo de materiais, pessoas, capital e de informação de forma integrada e eficiente (Pinto, 2014);
- **Sistema *pull*** - este princípio baseia-se na produção de um produto ou serviço apenas quando há uma solicitação direta do cliente. O sistema *pull* evita excessos de produção, ou seja, a produção é efetuada quando necessário e nas quantidades exatas. Neste contexto, a produção *pull* significa que o processo anterior só é desencadeado quando o processo da etapa seguinte o solicita. Este sistema também ajuda a reduzir o inventário e custos do mesmo (Womack & Jones, 1997);
- **Procura pela perfeição** – assim que os princípios anteriores são compreendidos, é essencial estabelecer uma visão clara do processo ideal e definir metas e projetos concretos para alcançar. Para isso, todos os colaboradores devem ser envolvidos de forma transparente sobre objetivos e prioridades. Também se deve ter atenção que a melhoria contínua na procura pela perfeição é um objetivo dinâmico e progressivo (Womack & Jones, 1997);
- **Inovar sempre** – por último, este princípio permite que uma organização crie valor através de novos produtos e serviços. Esta inovação deve também ser aplicada aos processos (Pinto, 2014);

2.1.2. Desperdícios *Lean*

Segundo Pinto (2014) é considerado desperdício tudo o que é realizado e não acrescenta valor ao produto ou serviço e o torna mais dispendioso do que realmente deveria de ser, que na terminologia japonesa é designada de *Muda*.

Os desperdícios podem causar sempre os mesmos problemas: tempo desperdiçado, retrabalho e custo desnecessários. Cada vez mais as organizações empenham-se em diminuir tais problemas, para isso, é necessário classificar os diferentes desperdícios em dois grupos:

- **O puro desperdício** – Atividades totalmente desnecessárias, como reuniões prolongadas sem decisões concretas, avarias, deslocamentos desnecessários e outras interrupções, são alguns exemplos de desperdício que as organizações têm o dever de eliminar. De acordo com Pinto (2014), este tipo de desperdícios chega a representar 65% do *Muda* das organizações;

- **O desperdício necessário** – como o próprio nome indica, embora não acrescentem valor diretamente, estas atividades são necessárias, como inspecionar a matéria-prima ao ser comprada e os *setup*. As organizações devem focar-se em reduzir o tempo de *Muda* nestas tarefas. Com fornecedores mais confiáveis e materiais de maior qualidade é possível reduzir a necessidade de inspeções.

Pode-se também classificar o *Muda* como visível e invisível. Os desperdícios classificados como invisíveis são os mais complicados de eliminar e também são os mais abundantes nas organizações. Independentemente disso, o primeiro passo é identificar o tipo de desperdício e quantificar em que tipo de *Muda* se aplicam.

Segundo CLT Services (2018), o Engenheiro *Taiichi Ohno* (1912-1990), que é uma das referências do *Lean Management*, identificou sete principais desperdícios. Esses desperdícios são identificados como os sete *Muda* de *Ohno*, sendo eles: o excesso de produção, stocks, defeitos, esperas, excesso de processamento, transportes e as movimentações.

Excesso de Produção

Este desperdício existe quando se fabricam produtos ou prestam serviços para além do pedido pelo cliente final. Este pode ocorrer, quando por exemplo, se antecipa a emissão de documentos sem uma necessidade concreta ou quando existe uma produção maior do que o necessário, por existir falta de tarefas.

Este desperdício pode levar a diferentes problemas, tais como a acumulação de stock, a imobilização de capital em materiais e mão-de-obra, maior espaço ocupado por stock, distorção na perceção da produtividade da equipa e aumento do risco de falhas, erros ou danos nos produtos. Para mitigar o excesso de produção, existem algumas soluções, tais como, puxar a produção (*pull*) e adequar a produção ao *takt time*, ou seja, ao tempo que é necessário para atender ao pedido do cliente (CLT Services, 2018).

Stocks

Este desperdício ocorre quando existe excesso de matéria-prima, quando a produção é antecipada com base nas previsões, quando existe uma acumulação excessiva de stock nos processos de produtivos, quando se produz lotes de grandes quantidades e quando há necessidade de retrabalho em itens armazenados (CLT Services, 2018).

Este desperdício acaba por esconder diversos problemas existentes, como o desequilíbrio de produção, atrasos de entrega dos fornecedores, defeitos dos produtos, manutenção de equipamentos e tempos de *setup* longos (CLT Services, 2018). Para eliminar este desperdício, podem ser adotadas diferentes estratégias, como a produção unitária ou em lotes de pequenas quantidades, reduzir os tempos de *setup* de forma a reduzir/eliminar a necessidade de stocks de segurança e garantir a produção de todos os itens num intervalo de tempo definido. Ainda, pode ser ajustada a política de gestão de stocks para definir quais os produtos a fabricar, quando e a respetiva quantidade. É importante rever os modelos que determinam os lotes de fabrico (CLT Services, 2018).

Defeitos

Este desperdício pode ser explicado por diversas situações que se podem materializar na produção de materiais ou partes com defeito, retrabalho em etapas do processo produtivo; inspeção desnecessária; retrabalho no local de operação devido a problemas originados na produção; informação incorreta (CLT Services, 2018).

A falta de qualidade do produto, leva a uma necessidade de retrabalho que é causada por processos de fabrico inadequados, danos causados durante o seu transporte ou manuseamento, ausência de procedimentos padronizados, equipamentos e máquinas inadequados, necessidade de formação e de treino (Pinto, 2014).

Para eliminar este desperdício, podem ser adotadas diferentes estratégias, como investir na formação dos colaboradores e envolvê-los e responsabilizá-los nos processos. A implementação da Gestão Visual é essencial para identificar e sinalizar os problemas de forma imediata, evitando que se propaguem e que se repitam. A utilização de ferramentas de causa-raiz tem o objetivo de identificar não só a causa dos problemas, mas também as respetivas soluções, como por exemplo, a adoção de sistemas à prova de erros, como *Poka-yoke* e *Jidoka*. Por fim, implementar a padronização no trabalho é fundamental para criar consistência nos processos (CLT Services, 2018).

Esperas

Este desperdício manifesta-se através de períodos inativos causadas por avarias, atrasos e erros, pela espera de autorização, materiais ou ferramentas, pela dependência da conclusão da etapa anterior ou início da etapa seguinte, pelos atrasos do fornecimento, pela falta de trabalho, devido a um planeamento inadequado, pela falta de informação ou pela espera da aprovação de documentos (CLT Services, 2018).

Este desperdício normalmente causa ineficiência produtiva, pode provocar a criação de lotes de grandes quantidades, que por vezes é baseada em estratégias para reduzir custos fixos e que resulta em tempos de espera prolongados. A utilização de equipamentos pouco fiáveis ou sem uma manutenção adequada, dá origem a avarias frequentes e a uma necessidade de manutenção não programada. A falta de equilíbrio entre as etapas produtivas, contribui para a criação de gargalos e quando sujeitos a processos fora do controlo, estes podem refletir a falta de qualidade dos produtos (Pinto, 2014).

Para mitigar o desperdício que é associado às esperas, podem ser adotadas diferentes soluções, como a implementação de um fluxo contínuo, de modo a minimizar a necessidade de produção em lotes, o balanceamento das operações para garantir tempos equivalentes entre etapas, a sincronização da produção com a procura por parte do mercado e a utilização de sistemas de identificação visual que permitem uma rápida sinalização de problemas (CLT Services, 2018).

Excesso de Processamento

Este desperdício ocorre na sequência da repetição de processos sem necessidade devido à falta de ferramentas adequadas, à produção com qualidade superior à exigida, à execução de atividades de processamento adicionais. Este desperdício também pode ocorrer mediante a utilização de processos manuais em vez de processos informáticos, a gestão de informação para além da necessária, a elaboração de relatórios que não acrescentam valor e a requisição desnecessária de assinaturas.

Para eliminar este desperdício, podem ser adotadas diferentes soluções, como a análise das necessidades reais dos clientes, de modo a eliminar etapas que não agregam valor, bem como a promoção da digitalização da documentação e da desmaterialização dos processos, aproveitando os benefícios das tecnologias de apoio (CLT Services, 2018).

Transportes

Este desperdício manifesta-se de diversas formas durante os processos produtivos, através de longas distâncias percorridas para ter acesso ao material necessário, transporte de materiais entre as etapas de produção, deslocamento do produto acabado entre diferentes setores produtivos, nomeadamente, a área de stock e setor de expedição, bem como o transporte e a deslocação para aprovação de documentos (CLT Services, 2018).

Os clientes não pagam diretamente pelas movimentações do produto, quer sejam internas ou externas. No entanto, o transporte de material utiliza sempre recursos como equipamentos, energia e mão-de-obra, além de ter um impacto negativo no *lead time* produtivo, resultando ainda em custos desnecessários. Assim, o transporte deve ser reduzido ao mínimo necessário (CLT Services, 2018). As principais causas deste tipo de desperdício estão associadas a um *layout* inadequado, à utilização de equipamentos sobredimensionados, à produção de lotes de grandes quantidades, à falta de equipamentos adequados para o transporte e às deficiências do planeamento da produção (Pinto, 2014).

Para eliminar este desperdício, algumas soluções passam pela criação de um fluxo contínuo, de forma a reduzir as distâncias de transporte, a redução da quantidade por lote para reduzir o fluxo de movimentações e a melhoria do *layout*, com o objetivo de minimizar as deslocações entre os processos (CLT Services, 2018).

Movimentações

Este desperdício refere-se a movimentos desnecessários na área de trabalho, à procura por equipamentos, ferramentas e consumíveis e deslocamentos dos componentes entre as fases do processo produtivo (CLT Services, 2018). No contexto de um posto de trabalho, cada movimento não produtivo do colaborador indica que esse mesmo colaborador não está a acrescentar valor. Assim, fatores como a alocação inadequada de materiais, ausência de um fluxo operacional sistemático, postos de trabalho mal planeados e equipamentos inadequados contribuem para a realização de movimentações desnecessárias, o que impacta na eficiência dos processos. Para eliminar este desperdício, é fundamental adotar estratégias como a reavaliação do *layout* dos postos de trabalho, assegurar a disponibilidade de materiais e ferramentas na quantidade e no momento adequado, a implementação de uma logística interna integrada para reduzir movimentações improdutivas e a verificação contínua relativamente à ergonomia nos postos de trabalho (CLT Services, 2018).

À lista original das sete mudas de *Ohno*, com o passar do tempo foi adicionado um oitavo desperdício, o não aproveitamento do talento humano que, apesar de ter sido o último desperdício a ser considerado, este pode ser muito relevante, sendo classificado como um *Muda* invisível (Pinto, 2014).

Este desperdício manifesta-se quando não existe envolvimento dos colaboradores, quando estes não são ouvidos e não se sentem comprometidos com os processos.

Este desperdício também ocorre, quando as ideias, sugestões e as propostas dos colaboradores não são valorizadas, pressupondo que as funções se limitam à execução das tarefas. Pode também incluir-se a falta de formação e treino adequado para os colaboradores realizarem as suas funções (CLT Services, 2018).

Para eliminar este desperdício, podem ser adotadas diferentes estratégias, como a valorização dos colaboradores enquanto pessoas capazes de contribuir ativamente para a organização, o incentivo dos colaboradores para o desenvolvimento pessoal e profissional, a realização de visitas regulares aos postos de trabalho, o envolvimento em projetos de melhoria contínua e o investimento em formações, de forma a melhorar as suas competências (CLT Services, 2018).

2.2. Ferramentas *Lean Manufacturing*

Este subcapítulo apresenta e analisa algumas ferramentas *Lean* com o intuito de fundamentar e apoiar o desenvolvimento do projeto desta dissertação. Assim, é abordado o *Standard Work* (SW), a metodologia 6S, a Gestão Visual, os diagramas de *Spaghetti* e a matriz 5W2H. Importa salientar que nesta dissertação é referida a metodologia 6S (e não metodologia 5S), uma vez que a empresa acolhedora deste projeto implementa na sua cultura organizacional os seis sentidos.

2.2.1. *Standard Work*

Nos dias de hoje, a indústria procura constantemente estratégias para aumentar a produtividade de forma a manter a competitividade no mercado. O SW é uma das ferramentas *Lean Manufacturing* que auxilia os colaboradores nas tarefas que desempenham de forma organizada (Mor et al., 2018). O SW é essencial para a implementação de melhorias nas organizações que é sustentada por uma manutenção e atualização de padrões com o auxílio do *Plan* (planeamento), *Do* (execução), *Check* (verificação) e *Act* (atuação) (PDCA). O apoio dos supervisores e a prática regular é fundamental neste processo de mudança cultural (Mor et al., 2018). Para uma aplicação correta desta ferramenta é importante seguir algumas regras (Bragança & Costa, 2015):

- Analisar as tarefas tendo em conta a sequência de trabalho, o tempo de produção, o modo de realização e os resultados obtidos;
- Garantir que as solicitações e necessidades entre os clientes e fornecedores seja objetiva e direta;

- Realizar um transporte direto dos produtos no local de trabalho;
- Implementar melhorias com base em métodos científicos, com a supervisão de profissionais qualificados.

O SW permite uma produção eficiente com uma redução de desperdício ao ser utilizado com métodos e regras definidas. Com uma descrição clara das operações a executar, os colaboradores podem tornar-se polivalentes, tendo acesso a toda a informação e aprendendo a realizar novas tarefas. Isso garante um sistema de produção mais flexível (Bragança & Costa, 2015). O conceito de SW é constituído por três elementos:

- **Tempo de ciclo** – corresponde ao tempo necessário para a conclusão de cada etapa de produção, ou seja, é o tempo entre cada duas peças conformes;
- **Sequência de produção** – representa a ordem ideal das operações para uma execução eficiente de cada tarefa;
- **Work in Process (WIP)** – refere a quantidade máxima de stock que é introduzida nas diversas etapas de produtivas, quando decorre um fluxo estável e sem variações.

2.2.2. Metodologia 6S

A metodologia 6S é uma evolução da metodologia 5S, onde é adicionado o senso da segurança, tornando-a mais completa para ser implementada pelas organizações. Esta tem ainda como vantagem a possibilidade e flexibilidade de ser aplicada em qualquer setor empresarial (Sukdeo, 2017). A metodologia 5S foi originalmente desenvolvida no Japão, sendo este um dos pilares fundamentais do TPS (Tabela 1). Com o passar do tempo, cada uma destas áreas era descrita com uma palavra que começavam pela letra “S”, que deu origem ao nome da ferramenta 5S (Vorne Industries, 2024b).

Tabela 1 – Descrição dos sentidos da metodologia 5S (Pinto, 2014).

	Senso	Conceito	Descrição
1	<i>Seiri</i>	Organização	Separar e eliminar o que não é necessário.
2	<i>Seiton</i>	Arrumação	Definir a localização de cada item.
3	<i>Seisou</i>	Limpeza	Limpar e inspecionar a área de trabalho.
4	<i>Seiketsu</i>	Normalização	Criar procedimentos para o desenvolvimento de hábitos mais eficientes.
5	<i>Shitsuke</i>	Disciplina	Garantir que os anteriores sentidos são mantidos.

Organização

Este primeiro senso consiste em separar o que é necessário do desnecessário e eliminar o que não agrega valor. Os itens desnecessários devem ser colocados numa área definida para posteriormente serem realocados. A implementação deste senso contribui para um ambiente de trabalho mais produtivo, removendo tudo o que seja desnecessário. Além disso, é um passo essencial para libertar espaço e tornar os processos mais eficientes. O processo de organização pode ser feito em quatro ações (Vorne Industries, 2024b):

- **Itens necessários na área de trabalho** – Devem permanecer no local, pois são usados regularmente;
- **Itens necessários noutro posto de trabalho** – Devem ser encaminhados para o setor/posto de trabalho correspondente;
- **Itens possivelmente necessários** – Devem ser identificados através de uma etiqueta vermelha. Esta deve conter a informação de quem etiquetou, o motivo da incerteza, uma data para rever e aprovada para descartar o item;
- **Itens desnecessários** – Devem ser eliminados, reciclados, doados ou vendidos, caso estejam em boas condições.

Postos de trabalho organizados contribuem para diminuir o risco de acidentes de trabalho, devido a corredores e espaços mais abertos; melhorar o fluxo de trabalho, eliminando movimentações desnecessárias; e promover uma maior concentração nos colaboradores.

Arrumação

Para atingir o senso da arrumação, é necessário definir a localização de cada item previamente selecionado de forma organizada, tendo em consideração processos sistemáticos. Isso garante que cada item tenha um local bem definido, o que facilita o seu acesso e reduz o desperdício de tempo e movimentos desnecessários. A implementação deste senso pode ser efetuada tendo em consideração os seguintes princípios (Vorne Industries, 2024b):

- **Acessibilidade** – Os itens com uma utilização mais frequente, devem ter fácil acesso para minimizar movimentos desnecessários;
- **Agrupamento** – Organizar os itens por categorias e função, de forma a facilitar a localização de cada um;

- **Ferramentas visuais** – Utilizar etiquetas, marcadores e quadros e/ou murais para arrumação das ferramentas de para indicar locais definidos;
- **Definição de espaços** – Utilizar áreas de prateleiras, murais de ferramenta e divisões para facilitar o armazenamento;
- **Ergonomia** – Posicionar os itens de forma a reduzir esforços, relativamente a altura, distância e acessibilidade de forma a garantir o máximo conforto aos colaboradores;
- **Revisão contínua** – Após a implementação, avaliar com frequência a área de trabalho de forma a identificar possíveis melhorias.

Postos de trabalho arrumados contribuem para reduzir a fadiga e esforço físico dos colaboradores; minimizar o tempo de procura por materiais e ferramentas; organizar e padronizar o espaço de trabalho; aumentar a segurança, ao evitar riscos causados por itens mal armazenados; e aumentar a eficiência e produtividade da equipa.

Limpeza

A limpeza regular dos equipamentos, ferramentas e espaços de trabalho deve ser implementada para manter os padrões definidos. Este senso também inclui a necessidade de manutenção regular dos equipamentos para garantir que estes se mantenham em boas condições de uso. Quando bem aplicado, este senso possibilita identificar problemas emergentes, como o derrame de fluídos, desgaste de ferramentas e equipamentos. O processo de limpeza deve seguir os seguintes princípios (Vorne Industries, 2024b):

- **Rotina de limpeza** – Definir um cronograma de limpeza e criar uma lista de verificação de limpeza e inspeção;
- **Produtos de limpeza** – Estabelecer um local apropriado para colocar os produtos de limpeza, como panos, vassoura e produtos necessário para garantir a limpeza da área de trabalho;
- **Identificar e eliminar fontes de sujidade** – Detetar e evitar derrame ou acumulação de resíduos;
- **Inspeção** – Verificar frequentemente os equipamentos e as ferramentas para prevenir problemas inesperados;
- **Responsabilidade** – Incentivar os colaboradores a partilhar as suas opiniões da área de trabalho e a identificar áreas de possível melhoria.

Postos de trabalho limpos contribuem para prevenir as avarias dos equipamentos e deterioração das ferramentas por acumulação de resíduos ou sujidade; melhorar a gestão da área de trabalho através de um ambiente mais limpo e higienizado.

Normalização

A normalização é a ponte entre os três primeiros sentidos e o último sentido (autodisciplina). O objetivo principal é garantir uma padronização de toda a metodologia e implementar procedimentos de forma a transformá-lo num processo contínuo para a melhoria das suas práticas e que possa ser reproduzido para outras áreas de trabalho. Para a implementação deste sentido é recomendado (Vorne Industries, 2024b):

- **Documentos** – Registrar todos os procedimentos implementados e garantir que sejam compreendidos por todos os colaboradores;
- **Lista de verificação** – Criar listas de verificação simples e objetivas para que estas práticas sejam seguidas regularmente;
- **Organizar para simplificar** – Classificar as atividades por função, turno e frequência (diária, semanal ou mensal). Isto facilita a concordância por parte dos colaboradores em mudarem as suas práticas de acordo com as novas práticas de organização sugeridas;
- **Revisão e consolidação** – Monitorizar e atualizar os procedimentos de forma gradual para que sirvam de procedimento organizado e sistemático. Deve conter etapas claras e detalhadas para ajudar na realização das tarefas;
- **Responsabilidade** – Identificar um membro da equipa para supervisionar o cumprimento dos procedimentos previamente definidos e atualizar a documentação conforme seja necessário.

Postos de trabalho normalizados contribuem para melhorar a consistência e a organização dos diversos espaços de trabalho, através da imputação do sentido de responsabilidade nos colaboradores, fomentando a conformidade de práticas e uma maior atenção dos colaboradores aos detalhes no local de trabalho (Mor et al., 2018).

Disciplina

A disciplina é responsável por garantir que os colaboradores mantêm as práticas implementadas em todos os sentidos.

Este visa em consolidar comportamentos e rotinas padronizadas, de forma sistemática e contínua. Para a implementação deste senso é recomendado o seguinte (Vorne Industries, 2024b):

- **Criar rotinas** – Integrar práticas dos sensores nos planos de trabalho, para encorajar a equipa a seguir as metas estabelecidas;
- **Key Performance Indicators (KPI)** – Determinar os KPI que permitem avaliar a implementação dos sensores, como redução de defeitos e tempos de ciclo;
- **Formação** – Designar colaboradores com mais experiência para o papel de formador, para demonstrar e orientar os colegas na implementação dos sensores;
- **Supervisão** – Enquanto os colaboradores com menos experiência aplicam os sensores, os formadores acompanham e intervêm se necessário;
- **Auditorias** – Realizar auditorias regularmente através de inspeções e reuniões de melhoria contínua;
- **Adaptação** – Incentivar os colaboradores a participarem regularmente na melhoria contínua e a dar o seu *feedback* para melhorar a eficiência dos processos.

A autodisciplina bem implementada cria uma cultura de aprendizagem, colaboração e melhoria contínua; ajuda a desenvolver as competências de produtividade, eficiência, comunicação e contribui para aumentar a produtividade (Pinto, 2014).

Segurança

Tendo em conta que a maioria das empresas já opta pelos 6S, uma vez que a segurança é essencial em todas as atividades realizadas, esta também deve ser integrada nesta ferramenta (Pinto, 2014). Neste caso, o sexto senso, a segurança, é essencial para garantir o bem-estar dos colaboradores. A segurança no ambiente de trabalho é indispensável para a sustentabilidade operacional, uma vez que ajuda na prevenção de acidentes, que por sua vez reduz os custos de indemnização e aumenta o compromisso da organização com a segurança no trabalho.

Uma implementação eficaz de todos os cinco primeiros sensores, vai contribuir para um ambiente de trabalho mais seguro ao promover a organização, arrumação, limpeza, normalização e a autodisciplina (Figura 2). O envolvimento de toda a organização e a implementação de inspeções regulares, permite que a segurança seja sustentada a longo prazo (Vorne Industries, 2024a).

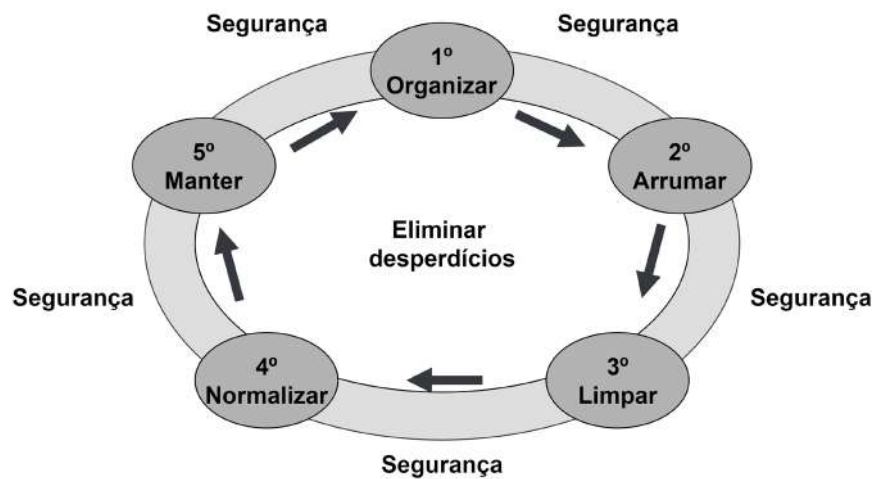


Figura 2 – A metodologia dos 6S na eliminação dos desperdícios (Pinto, 2014).

Quando aplicada corretamente, a metodologia 6S corresponde ao conjunto de atividades que ajudam a manter a disciplina necessária para uma melhoria contínua, tornando as áreas de trabalho mais eficientes e eficazes (Pinto, 2014).

A implementação desta ferramenta traz diferentes e importantes benefícios para uma organização. Destes, é importante destacar uma melhor gestão de espaço, aumento da produtividade, redução do tempo de procura, prevenção de perda de materiais, redução de desperdício, maior eficiência e limpeza. Esta ferramenta, também promove o espírito de trabalho, uma vez que há um maior compromisso dos colaboradores em manter os sentidos implementados.

2.2.3. Gestão Visual

A Gestão Visual é uma ferramenta que utiliza elementos visuais para comunicar informações de forma clara e concisa, facilitando as tomadas de decisão. O objetivo principal desta ferramenta é visualizar informações e requisitos para definir direções e gerir o desempenho dos processos e áreas (Eaidgah et al., 2016).

Quando as informações estão visíveis, é mais intuitivo para os colaboradores fixarem essas informações. Assim, a implementação da Gestão Visual facilita a informação e a comunicação no apoio à tomada de decisão. A Gestão Visual pode ser aplicada em diferentes locais desde escritórios, chão-de-fabrica, laboratórios e armazéns.

Esta ferramenta implementa-se por vários meios, tais como, quadros *Kanban*, sistemas *Poka-yoke*, sinalizações ou marcações e sistemas *Andon*.

Kanbans são sinais físicos ou digitais que acompanham o fluxo de materiais ou tarefas, acionando automaticamente a reposição *Just in Time* (JIT). Podem ser indicadas quantidades, ponto de reabastecimento e responsável, garantindo visibilidade imediata das necessidades de produção, evitando excessos de stock e interrupções inesperadas (Powell, 2018; Rahman et al., 2013). Esta ferramenta proporciona uma série de vantagens competitivas, uma vez que contribui para a redução da produção em excesso, dando ordem de produção para as quantidades necessárias e no momento certo. Assim, reduz desperdícios e contribui para a redução de custos, evitando assim que haja produção desnecessária (Gao & Low, 2014).

Os sistemas *Poka-yoke* referem-se a dispositivos que impedem a ocorrência de erros ou tornam-nos evidentes antes de avançar no processo (sistemas anti erro). O exemplo mais comum destes sistemas é a existência de conectores que só encaixam numa posição única e guias mecânicos que alinham peças automaticamente, assegurando qualidade e reduzindo retrabalho (Trojanowska et al., 2023).

Cores e sinalética são muitas vezes aplicados no piso e noutras estruturas para auxiliarem a definição de trajetos, áreas de trabalho, zonas de perigo ou de armazenagem. Ao padronizar a sinalização – por exemplo, amarelo para alerta e verde para segurança – facilita-se a circulação, previnem-se acidentes de trabalho e identificam-se as localizações de materiais e equipamentos. A etiquetagem organiza e identifica itens, locais e documentos com informações claras como códigos, datas, lotes ou outras informações relevantes. Com itens codificados por cores e dados legíveis, promove-se a rastreabilidade, simplifica-se o controlo de inventário e apoia-se a auditoria interna, tornando cada elemento rapidamente identificável (Eaidgah et al., 2016).

Os sistemas *Andon* utilizam sinais visuais e sonoros – luzes de três cores, *displays* digitais ou alarmes para avisar sobre desvios, falhas ou necessidade de apoio. Ao permitir que qualquer colaborador pare a linha e solicite intervenção, acelera-se a resolução de problemas e fomenta-se a melhoria contínua através do registo e análise das ocorrências. Todos estes elementos desempenham um papel fundamental para a aplicação do controlo visual (Pinto, 2014).

2.2.4. Diagrama de *Spaghetti*

O diagrama de *spaghetti* é uma ferramenta valiosa para as organizações, onde é possível visualizar e analisar os padrões de movimentações de colaboradores. Estes diagramas ajudam a compreender as distâncias percorridas e a frequência dos deslocamentos que os colaboradores fazem para a realização das suas tarefas. Com base na informação é possível reorganizar um *layout* de forma mais eficiente, de forma a reduzir o desperdício associados a atividades que não agregam valor. Como resultado, contribui para minimizar as distâncias percorridas e a frequência de deslocações, alcançando um fluxo de trabalho mais eficiente (Chawathe et al., 2023). Desta forma, para elaborar um diagrama de *spaghetti* podem ser seguidos alguns passos de implementação (Pyzdek, 2021):

1. Inicia-se a construção do diagrama de *spaghetti* identificando os pontos de início e fim do fluxo de valor;
2. Depois de escolher o fluxo de valor, define-se o *layout* gráfico ou ilustrativo de todo o fluxo. Isso pode ser um mapa que mostra uma área total ou parte de um edifício;
3. Analisam-se as movimentações e deslocações que ocorrem no *gemba*, podendo-se tomar nota dos tempos ou das tipologias de tarefas que são efetuadas entre deslocações, nos postos de trabalho que são visitados pelos colaboradores;
4. Desenharam-se as linhas no diagrama para mostrar por onde cada colaborador passou. Para representar diferentes deslocações ou colaboradores, podem ser usadas cores diferentes. Não devem ser desenhadas linhas através de paredes, equipamentos ou outras barreiras.

A Figura 3 é uma ilustração de um diagrama de *spaghetti* antes da aplicação de um projeto de melhoria *Lean*. Este diagrama de *spaghetti* analisa o movimento de seis colaboradores num pequeno laboratório (Pyzdek, 2021).

Cada um dos colaboradores é representado por uma linha de cor diferente. Há algumas idas até a sala à esquerda, e uma ida até ao posto de trabalho com computador à direita. Isso sugere que a pequena sala no topo central seria uma boa candidata para começar a redução de movimentos desperdiçados.

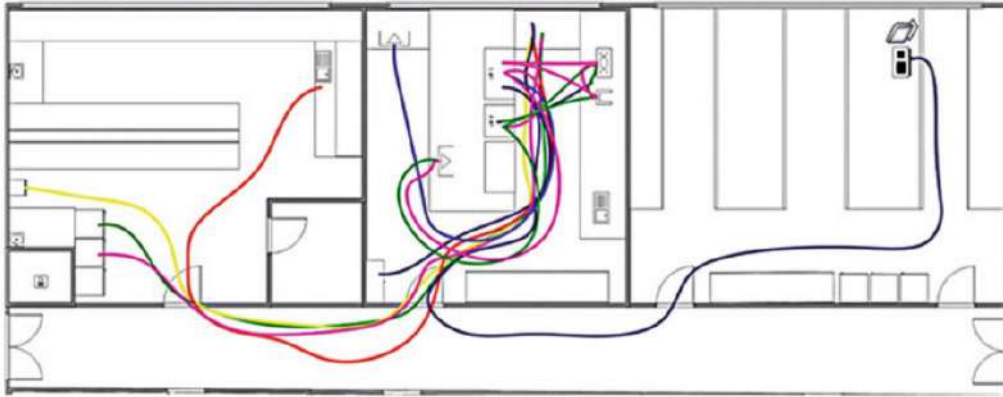


Figura 3 – Exemplo de representação de diagrama de *spaghetti* (Pyzdek, 2021).

2.2.5. Ferramenta 5W2H

A ferramenta 5W2H, cuja abreviatura corresponde a sete elementos interrogativos – *What, Why, Who, Where, When, How, How much* – foi concebida para sistematizar a resolução de problemas em ambiente industrial, através de uma abordagem baseada em perguntas-chave. De acordo com Lucinda (2016), a ferramenta 5W2H é caracterizada como um instrumento de verificação (*checklist*) composto por atividades claramente definidas, concebidas para orientar a execução de planos de melhoria e definição de soluções para problemas específicos.

A sua aplicação permite a sistematização das ações operacionais, contribuindo para o planejamento estratégico de funções e para o estabelecimento de prazos viáveis de execução. Assim, a ferramenta 5W2H configura-se como um plano de ação versátil, aplicável a diferentes níveis decisórios no contexto empresarial, como na aquisição de novos ativos ou na operacionalização de atividades específicas.

Araújo (2017) enfatiza que esta ferramenta fornece suporte estruturado à tomada de decisão ao organizar o pensamento de forma lógica, criteriosa e alinhada com os objetivos organizacionais. O modelo operacional da ferramenta é fundamentado na resposta a sete perguntas, cujo objetivo é eliminar incertezas e promover clareza sobre a ação a ser empreendida. Os elementos que compõem o 5W2H são os seguintes (Pinto, 2014):

- *What* – Identificação da ação a ser realizada ou do problema a ser resolvido;
- *Why* – Fundamentação e justificação lógica dos motivos e objetivos que justificam a ação proposta;
- *Who* – Definição dos responsáveis pela execução da tarefa ou atividade;

- *Where* – Determinação do local de implementação da ação;
- *When* – Estabelecimento do cronograma ou período de execução;
- *How* – Descrição detalhada dos procedimentos operacionais para alcançar os resultados esperados;
- *How much* – Estimativa dos custos envolvidos na execução da ação.

Assim, a ferramenta 5W2H é um instrumento de apoio à gestão, que promove a clareza, o foco e a eficiência na execução de ações organizacionais, através de um plano operacional mensurável e orientado para resultados (Pinto, 2014).

2.3. Importância da Organização nas Empresas

A gestão e organização de espaços nas empresas contribui para a eficiência operacional, bem-estar dos colaboradores e maximização do uso de recursos. Nesta secção são identificados alguns elementos que, do ponto de vista prático, contribuem para uma melhor gestão e organização dos espaços, assim como as implicações do ponto de vista da Higiene e Segurança no Trabalho (HST).

2.3.1. Necessidade de Implementação de Sistemas de Arrumação

A organização do ambiente de trabalho contribui para melhores condições dos colaboradores e, consequentemente, resulta num aumento da produtividade e melhoria da gestão dos recursos disponíveis. Para isso, é fundamental realizar uma análise completa da área de trabalho, de modo a identificar os sistemas de arrumação mais adequados a cada tipo de material.

Relativamente às ferramentas, para evitar que estas se encontrem desorganizadas por não existir um local específico e funcional para o seu armazenamento, a colocação de painéis de ferramentas (Figura 4) permite a implementação de um sistema de arrumação eficaz que permite que as ferramentas estejam visualmente acessíveis, permitindo a identificação e um acesso rápido às mesmas (Roriz et al., 2017).



Figura 4 – Painel de ferramentas. Adaptado de Roriz et al. (2017).

Outros sistemas de arrumação que podem ser utilizados para armazenar ferramentas e outros itens, são os quadros com sombreamento de formas, conforme ilustrado pela Figura 5. Estes quadros permitem identificar facilmente o local destinado a cada item, uma vez que este sistema tem a particularidade de incluir um sombreamento/pintura que corresponde à posição de cada item. Esta representação visual, permite ao colaborador perceber rapidamente a posição correta de cada item e ao mesmo tempo, identificar a ausência de algum elemento (Taylor & Francis, 2016).

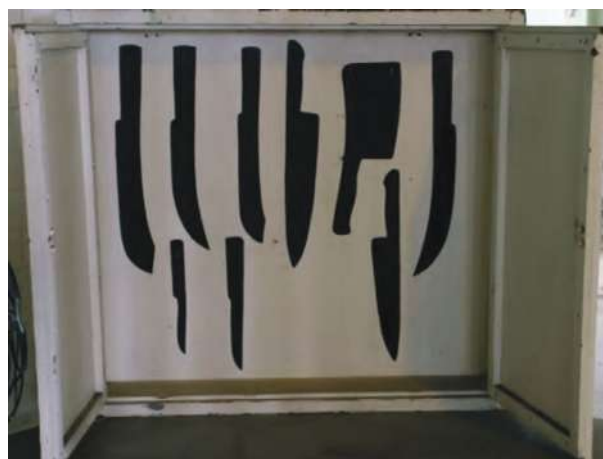


Figura 5 – Quadro de sobras adaptado de Taylor & Francis (2016).

O sistema de arrumação da Figura 6 contribui para a organização e eficiência do local de trabalho. Este sistema evita perdas de tempo na procura de materiais de limpeza, uma vez que se encontram no local indicado e com a identificação de cada um deles, evitando assim a obstrução dos espaços. Além disso, este sistema permite uma identificação visual, caso falte algum material, uma vez que o suporte está identificado com etiquetas correspondentes. Também facilita a organização rápida dos materiais e permite uma organização previamente definida (Taylor & Francis, 2016).



Figura 6 – Suporte de equipamentos de limpeza adaptado de Taylor & Francis (2016).

2.3.2. Implicações de Higiene e Segurança no Trabalho

A HST implica um conjunto de práticas organizacionais, medidas e intervenções, que têm como objetivo reduzir os riscos, melhorar o bem-estar e garantir que as normas são cumpridas relativamente à saúde e à segurança dos colaboradores. A implementação destas regras, traz vantagens, uma vez que as empresas passam a usar uma estratégia pró-ativa para o desenvolvimento de uma cultura de bem-estar e segurança. Quando bem implementadas estas regras nas organizações, verifica-se uma redução da exposição à ocorrência de lesões musculoesqueléticas (Nayak & Raghatate, 2024).

Proteção individual

Os colaboradores que necessitam de utilizar Equipamentos de Proteção Individual (EPI), podem sentir desconforto, dificuldade em respirar ou um esforço adicional ao desempenharem as suas funções. Por estes motivos, os EPI devem ser utilizados quando não existe uma medida ou solução de prevenção de perigos coletiva (Miguel, 2010a).

Para a utilização de qualquer EPI é necessário ter em atenção a exposição ao risco do colaborador; o contexto do local de trabalho; a parte do corpo que precisa de proteção; e as características musculoesqueléticas dos colaboradores. Os EPI devem seguir alguns requisitos para serem utilizados. Estes devem ser confortáveis, resistentes, leves e ajustáveis a cada colaborador.

Todos os fabricantes deste tipo de equipamentos têm de ser certificados, sendo obrigatório que estes equipamentos satisfaçam as normas de segurança. Existem diferentes tipos de EPI que protegem cada parte do corpo, sendo os principais (Miguel, 2010b):

- **Cabeça** – protegem os colaboradores contra o impacto de quedas de objetos, projeção de partículas, entre outros riscos. Capacetes, capuzes, viseiras são os equipamentos mais comuns;
- **Olhos e rosto** – Protegem os colaboradores de projeção de partículas, aparas e poeiras; exposição a radiação infravermelha e ultravioleta; contacto com produtos corrosivos e contra temperaturas elevadas. Os EPI mais comuns são os óculos e viseiras, tendo em conta que são diferentes para cada função;
- **Vias respiratórias** – Protegem os colaboradores de poeiras, vapores, gases e fibras. Para cada risco a que o colaborador é sujeito existem diferentes tipos de máscaras, com diferentes tipos de filtros;
- **Audição** – Protegem os colaboradores que estão submetidos a ruídos. Existem diferentes tipos de proteção desde tampões auditivos, auriculares e auriculares que são incorporados nos capacetes;
- **Tronco** – Protegem os colaboradores contra a projeção de produtos químicos, temperaturas elevadas e radiações. A proteção do tronco é essencialmente conferida pelo uso de um fato apropriado, avental e colete de segurança;
- **Pés e membros inferiores** – protegem os colaboradores de quedas de materiais, furos da sola do calçado, choques elétricos entre outros perigos. Para prevenção podem ser utilizados botas e botins de borracha;
- **Mãos e membros superiores** – protegem os colaboradores de produtos químicos, cortes, queimaduras e choques elétricos. A proteção das mãos e dos membros superiores é feita recorrendo ao uso de luvas, sendo que, para cada risco associado, o material de composição das mesmas varia.

Medidas de Segurança

As medidas de segurança devem ser implementadas antes da ocorrência dos acidentes, sendo avaliados os riscos associados ao local de trabalho. Para isso acontecer, a organização deve ter uma gestão de HST que consiga antecipar estes acidentes. A entidade empregadora tem como obrigação garantir a segurança e a saúde dos colaboradores enquanto estes desempenham as suas funções.

Assim, deve ser promovida a adequação do trabalho ao colaborador, principalmente na área do posto de trabalho, na escolha dos EPI e na produção e nos métodos de trabalho para reduzir o trabalho repetitivo. Os materiais ou processos potencialmente perigosos devem ser analisados e, se possível, substituídos por alternativas que sejam menos perigosas (Nayak & Raghatate, 2024).

A proteção de grupo não deve ser descurada e devem ser elaborados planos para a prevenção de forma integrada, combinando a tecnologia com a organização de tarefas, condições laborais, relações entre colegas e a influência ambiental. Devem ser fornecidas instruções claras aos colaboradores (Rodrigues et al., 2020).

Sinalética

A sinalização desempenha um papel fundamental no auxílio aos colaboradores. Um local bem sinalizado, como é o caso de um laboratório, permite aos seus utilizadores identificarem as suas necessidades e cuidados no manuseamento dos equipamentos (Rodrigues et al., 2020). Para ser de fácil perceção cada grupo de sinais têm características diferentes tais como (Miguel, 2010c):

- **Sinais de proibição** – Sinal circular com fundo branco, símbolo preto, uma faixa na diagonal e o contorno de cor vermelha;
- **Sinais de aviso** – Sinal triangular com o fundo a amarelo, contorno e símbolo a preto;
- **Sinais de obrigação** – Sinal circular com fundo a azul e o símbolo branco;
- **Sinais de saúde ou salvamento** – Sinal retangular de fundo verde e o símbolo branco;
- **Sinais de material de combate a incêndio** – Sinal quadrangular de fundo vermelho e símbolo branco;
- **Sinais de obstáculos e locais perigosos** – Sinal retangular com faixas na diagonal amarelas e pretas ou brancas e vermelhas.

3. Caracterização da Empresa

Este capítulo tem o objetivo de apresentar a VEP, empresa onde foi realizado o projeto. São abordados tópicos como o percurso histórico do grupo *Vishay Intertechnology, Inc.* e da empresa onde a dissertação foi desenvolvida. É apresentada a missão e política da empresa, a sua organização, os principais produtos e, por fim, uma caracterização dos macroprocessos produtivos.

3.1. História da Empresa

Em 1962, o Dr. *Felix Zandman* fundou a sua empresa com a designação de *Vishay Intertechnology, Inc.*, nome relativo à sua localidade, em memória dos seus familiares que faleceram no Holocausto. Depois de ter crescido a partir de uma *start-up* e tornar-se líder mundial no fabrico de resistências de folha e medidores de deformação, em 1984, a *Vishay Intertechnology, Inc.* passou a ser uma empresa cotada em bolsa.

Em 1985, torna-se num fabricante de ampla linha de componentes eletrónicos, tendo adotado uma estratégia contínua de aquisições para se tornar num dos maiores fabricantes do mundo de semicondutores ativos e componentes eletrónicos passivos (Andrade, 2021).

Em 1993, a *Vishay Intertechnology, Inc.* adquiriu o grupo *Roederstein*, que possuía mais de sete fábricas no mundo. Como parte dessa aquisição, a fábrica da *Roederstein* em Portugal deu origem à VEP, sendo esta a única empresa do grupo em Portugal.

Líder em tecnologia há cinco décadas, a VEP está bem posicionada para fornecer componentes a mercados de crescimento macroeconómicos, como na conectividade, na mobilidade e na sustentabilidade. Atualmente a empresa foca-se em reforçar os recursos de investigação e desenvolvimento, engenharia de processos, marketing do produto e vendas técnicas, para garantir um fluxo contínuo de componentes inovadores para apoiar o desenvolvimento das próximas gerações dos produtos (Sá, 2020).

Relativamente à distribuição e vendas ao cliente final, a VEP utiliza canais próprios, contudo a produção destina-se exclusivamente à exportação. Considerando a atual estratégia empresarial, a VEP aposta forte nos produtos designados *commodities*, uma vez que o volume das vendas não é influenciado pela quantidade de condensadores comercializados, mas pelos condensadores de maior valor acrescentado (Sá, 2020). Na Figura 7 são apresentadas as instalações da VEP, localizada em Vila Nova de Famalicão, instalações onde se desenvolveu a presente dissertação.



Figura 7 – Unidade fabril da VEP. Retirado de VEP (2025).

3.2. Missão e Política

A Missão da VEP passa por impulsionar as inovações do futuro, oferecendo ao mercado uma elevada capacidade de projetar soluções, utilizando um vasto portfólio de componentes eletrónicos de alta qualidade, alta confiabilidade e eficiência energética. Assim, a VEP tem definido como os seus principais valores:

- **Compromisso com os clientes:** Fornecer uma única fonte de fabricação (*one-stop-shopping*) para semicondutores discretos e componentes passivos, oferecendo produtos de última geração e alta qualidade, e assim, garantir um serviço superior ao cliente em todo o mundo;
- **Compromisso com os fornecedores:** Estabelecer relações de confiança e de longo prazo;
- **Compromisso com os acionistas:** Estabelecer o compromisso com a valorização dos acionistas, mantendo ao mesmo tempo uma estrutura de capital prudente;
- **Compromisso com os colaboradores:** Promover uma liderança responsável e ética, criar um ambiente de trabalho criativo e contribuir para o bem-estar da comunidade;
- **Compromisso com a saúde, segurança e meio ambiente:** Promover princípios e práticas sólidas de melhoria da saúde, segurança e impacto no meio ambiente, incentivando a comunicação aberta com os órgãos governamentais, fornecedores, contratantes, clientes e grupos industriais (VEP, 2025).

3.3. Organização da Empresa

A VEP está dividida em duas grandes áreas, sendo estas a área administrativa e a área operacional, como representado na Figura 8. A área administrativa é composta por departamentos de controlo, projeto, logística, contabilidade, recursos humanos e as tecnologias de informação.

Por sua vez, a área operacional é composta por departamentos de qualidade, operações, R&D, marketing e compras. No departamento das operações está inserida a produção, o planeamento, manutenção, processos e *Lean Manufacturing*. Os últimos dados indicam que a fábrica de Famalicão da empresa cerca de 220 colaboradores.

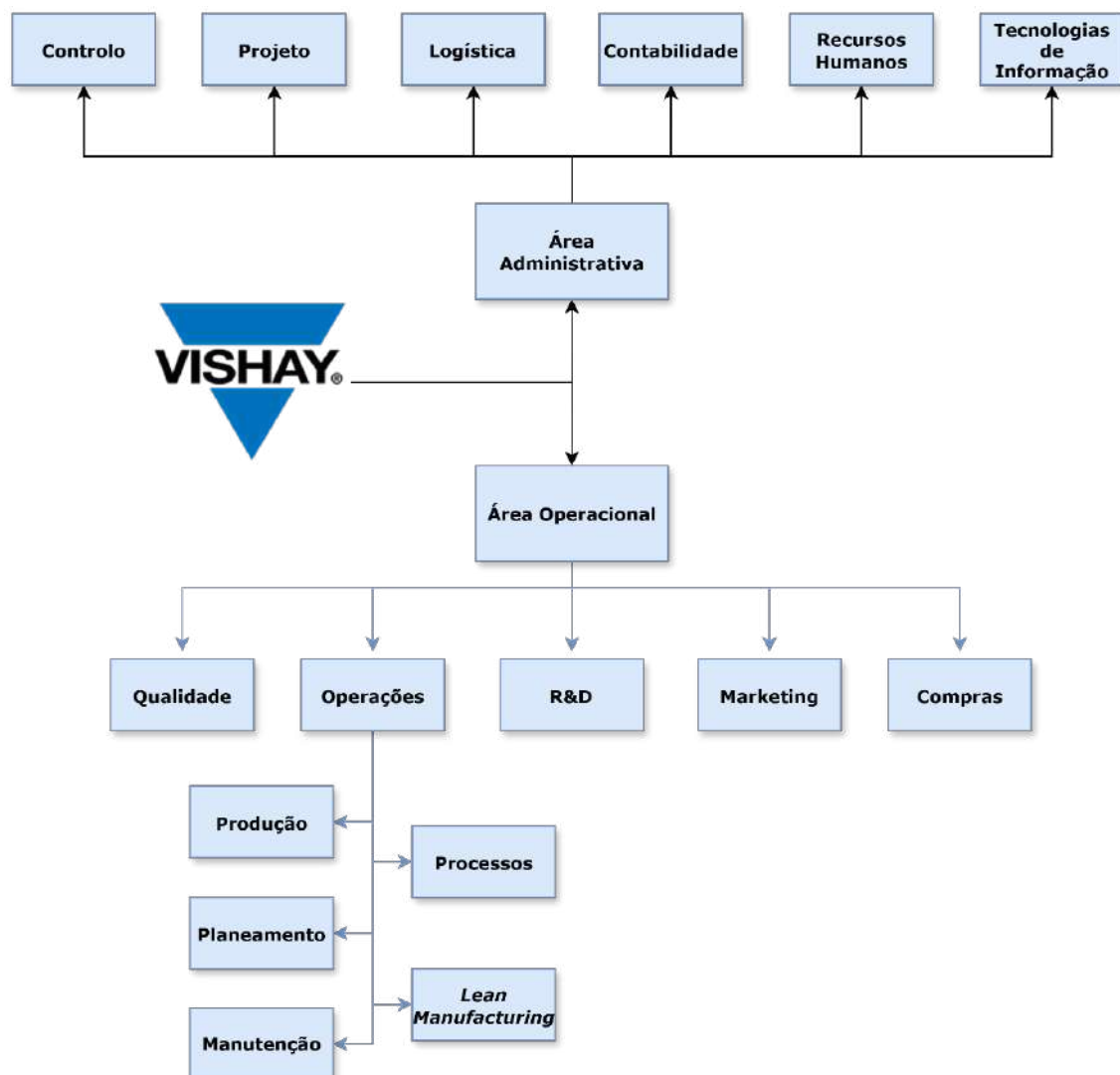


Figura 8 – Estrutura organizacional da VEP.

3.4. Principais Produtos e Mercados

Os produtos da VEP estão divididos em duas grandes categorias: a categoria correspondente aos semicondutores ativos e a categoria dos componentes passivos. Estes produtos geraram, em 2024, vendas no valor de 2 938 milhões de dólares.

Os semicondutores ativos têm como principal característica o alto nível tecnológico e o curto ciclo de vida. Os componentes passivos são produtos de uma área de negócio mais estável, pois o ciclo de vida destes produtos é de média a longa duração (Andrade, 2021). O mercado eletrónico exige elevados padrões de qualidade, de performance e de fiabilidade do produto, fatores estes fundamentais para a atividade da VEP. A Figura 9 apresenta alguns dos produtos desenvolvidos e fabricados pela empresa: condensadores radiais, especiais, axiais e *snubbers*.

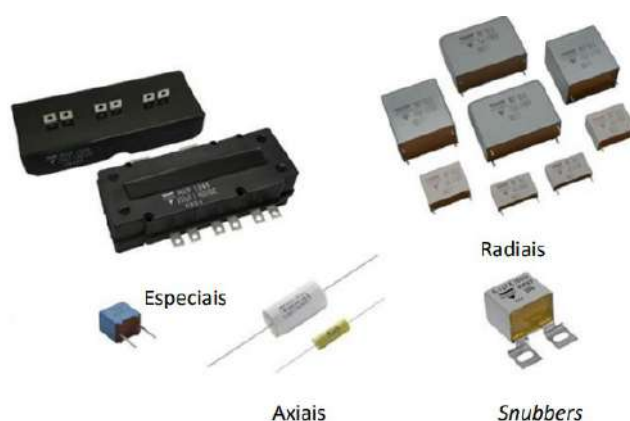


Figura 9 – Condensadores produzidos pela VEP. Adaptado de VEP (2025).

A VEP tem o foco no mercado automóvel e no mercado de energia, como apresenta a Figura 10. Estes componentes são desenvolvidos para atender às necessidades da indústria eletrónica com aplicações em soluções de mobilidade e sustentabilidade.

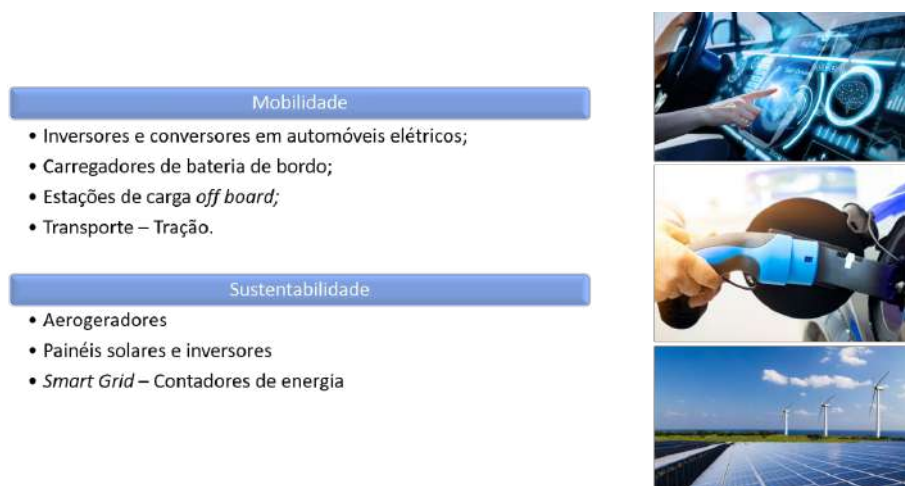


Figura 10 – Mercados principais e aplicação. Adaptado de VEP (2025).

3.5. Caracterização dos Macroprocessos Produtivos

Como referido, a VEP produz componentes eletrónicos, nomeadamente, condensadores de filme metalizados. O processo produtivo para o desenvolvimento deste produto está dividido em quatro macroprocessos, a bobinagem, a pré-montagem, a montagem e o ensaio (Sá, 2020).

A função dos condensadores é armazenar temporariamente a energia elétrica e regular a distribuição da energia. A sua principal função é acumular e libertar cargas elétricas de acordo com a necessidade do circuito. Os condensadores desempenham um papel essencial na estabilização de tensões e no correto funcionamento de sistemas eletrónicos nas mais diversas aplicações (Kemet, 2013).

O condensador de filme é constituído por cinco componentes: o copo de plástico, a resina, a camada de metalização, o filme metalizado e os terminais. A Tabela 2 apresenta alguns dos materiais usados nos componentes para produzir um condensador de filme.

Tabela 2 – Material utilizado nos componentes dos condensadores de filme.

Componente	Material
Copo de Plástico	- Sulfeto de Polifenileno - Polibutileno Tereftalato
Resina	- Epóxi
Camada de metalização	- Zinco (Zn) - Zinco Alumínio (ZnAl) - Ligas de Alumínio (Al)
Filme metalizado	- Filme de poliéster metalizado - Filme de polipropileno metalizado
Terminais	- Cobre (Cu) estanhado

3.5.1. Bobinagem

A bobinagem é o processo inicial da fabricação de um condensador, sendo este responsável pela produção das bobinas (Figura 11).

A bobina é composta por duas matérias-primas, a etiqueta e a fita. A quantidade de bobinas por condensador varia em função da sua tipologia; e as dimensões são determinadas pelo número de espiras ativas (voltas da fita) e pelos requisitos específicos do produto pretendido (Sá, 2020). Concluído este processo, as bobinas são encaminhadas para a etapa subsequente, denominada de pré-montagem.

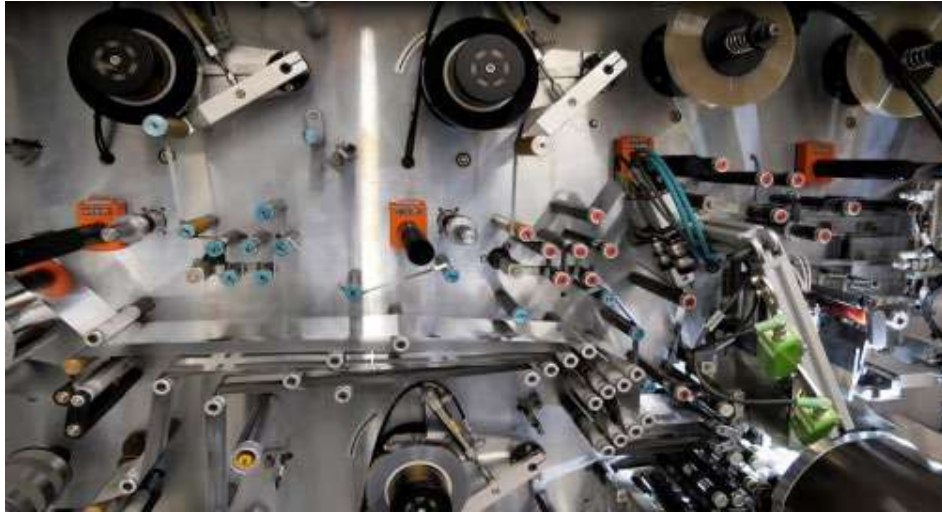


Figura 11 – Máquina de bobinagem de fita.

3.5.2. Pré-montagem

Este processo é constituído por diferentes etapas: a prensagem, o envolvimento, a metalização, a descintagem e o tratamento de tensão das bobinas. A prensagem das bobinas requer a aplicação controlada de uma força, com ou sem temperatura aplicada, num dado intervalo de tempo, sendo a sua intensidade definida para cada tipologia de condensador. Neste processo recorre-se ao uso de uma prensa. Este processo tem como objetivo eliminar o ar presente no interior das bobinas e a criar a forma pretendida.

Na etapa designada de envolvimento (Figura 12), as bobinas são enroladas numa camada de papel isolante e são colocadas num suporte específico, essencial para a metalização. O papel isolante envolvido nas bobinas, tem a função de proteger a estrutura da bobina e garantir que apenas as superfícies superiores e inferiores sejam metalizadas. Isto evita que as partículas metálicas se depositem na zona exterior da bobina.



Figura 12 – Envolvimento das bobinas na pré-montagem.

Na metalização das bobinas, é aplicada uma camada metálica (Tabela 2) nas superfícies superior e inferior da bobina. Este processo tem como objetivo garantir uma adequada conexão elétrica entre a bobina e os terminais. Após a finalização do processo da metalização, as bobinas seguem para o processo de têmpera que é responsável pela estabilização do dielétrico do polímero. De seguida, é realizado o processo de descintagem e limpeza. Este processo consiste na remoção do papel envolvido e na eliminação de possíveis rebarbas/resíduos resultantes do processo de metalização. A limpeza da superfície das bobinas é realizada com um pano adequado e/ou com um aspirador. Este processo previne falhas elétricas, principalmente após a etapa de pós-estabilização.

Após a limpeza, as bobinas passam por um processo de tratamento de tensão das bobinas, que consiste na avaliação da resistência elétrica, sendo-lhes aplicadas cargas elétricas elevadas. Este procedimento tem o objetivo de identificar defeitos nas bobinas. Apenas as bobinas que se encontrem em conformidade com os padrões técnicos e de qualidade avançam no processo produtivo. Este processo garante assim uma maior qualidade e fiabilidade dos produtos.

3.5.3. Montagem

O processo de montagem está subdividido em diferentes setores devido à variedade dos modelos de condensador produzidos pela VEP. Estes estão divididos de acordo com os diferentes tipos de condensadores, como demonstra a Figura 13.

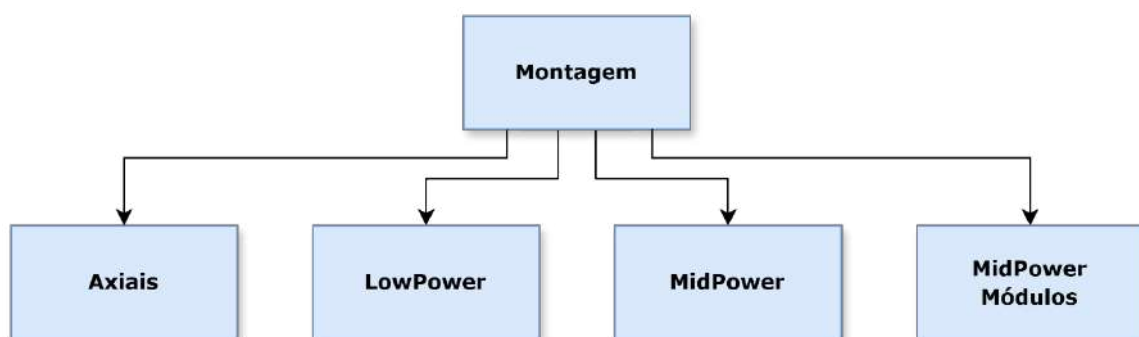


Figura 13 – Setores de montagem por tipo de condensador.

O processo de montagem do condensador é constituído por diversas etapas que ocorrem simultaneamente, o primeiro enchimento com resina epóxi, soldadura dos terminais à bobina e o enchimento final.

Na primeira etapa, a resina epóxi (resina isolante), é depositada no fundo do copo para garantir que, ao inserir a bobina já soldada, esta permaneça presa à base do copo. Este procedimento permite que a bobina permaneça imóvel durante as etapas subsequentes.

A soldadura dos terminais, consiste na fixação dos condutores elétricos aos topos metalizados da bobina, conforme ilustrado na Figura 14. Distinguem-se dois tipos de condensadores, os condensadores com dois terminais (um em cada topo) e os condensadores com quatro terminais (dois em cada topo). Este é um processo bastante preciso, uma vez que qualquer desvio dos limites definidos para o processo de soldadura do terminal no condensador é considerado como não-conforme e por isso é rejeitado.



Figura 14 – Soldadura de uma bobina com quatro terminais.

Após a soldadura, a bobina é inserida no copo e o condensador é submetido a altas temperaturas dentro de uma estufa para realizar uma pré-cura. Isto permite segurar a bobina dentro do copo para que esta não se mova durante o restante processo. Assim que o processo de aquecimento é concluído, o condensador segue para a etapa de enchimento final, onde a resina epóxi é introduzida dentro do copo até atingir o seu topo (Figura 15).



Figura 15 – Enchimento final de um condensador.

Quando concluído o enchimento do copo com a resina, este volta a ser colocado dentro da estufa para que a resina seja curada por completo. O processo de montagem deve ser realizado no menor tempo possível, para minimizar a exposição da bobina à humidade e à penetração de poluentes.

No entanto, a necessidade de melhorar o uso dos equipamentos, nem sempre possibilita a redução de tempo entre a metalização e a montagem. Para mitigar a exposição à humidade, estas são colocadas em recipientes fechados que contêm agentes compostos por sílica e gel para promoverem uma rápida secagem. Estes recipientes são colocados dentro de uma “sala seca”, que controla os níveis de temperatura e humidade ambiente.

3.5.4. Ensaio

O processo onde os condensadores são submetidos a uma verificação de conformidade elétrica é denominado de ensaio. Todos os condensadores são testados numa máquina que sujeita os condensadores a uma tensão elétrica. No mesmo equipamento, estes são medidos de forma a garantir a conformidade de cada componente.

Os condensadores que se encontram conformes são marcados e embalados, conforme apresentado na Figura 16. Por outro lado, os condensadores que não se encontram conformes, são considerados *scrap*.



Figura 16 – Embalamento dos condensadores em conformidade.

Após a conclusão de todo o processo de produção, a encomenda é submetida a um controlo final onde, através da amostragem, as especificações técnicas e os registos de qualidade dos condensadores são verificados. Uma vez aprovada, a encomenda é armazenada para que seja enviada para o cliente.

A presente dissertação foca-se no laboratório elétrico de R&D, onde se desenvolvem testes de caracterização de condensadores de filme metálicos e testes de *power dissipation*. As atividades de R&D desenvolvidas neste laboratório permitem acelerar os processos de inovação, validar novas tecnologias com precisão e assegurar que os futuros produtos alcancem níveis superiores de desempenho e fiabilidade no mercado.

4. Descrição e Análise da Situação Inicial

Como já foi referido, a VEP produz condensadores de filme metalizado para diferentes aplicações, sendo necessária a realização de testes elétricos no desenvolvimento de novas soluções tecnológicas e na sua validação. Foi proposto pela empresa a elaboração de um plano de melhoria contínua no laboratório elétrico de R&D, local onde foi realizado o desenvolvimento prático desta dissertação. Neste capítulo é apresentada uma análise das principais atividades realizadas neste laboratório e são identificados os problemas que os colaboradores enfrentam durante os procedimentos de teste realizados no laboratório.

4.1. Descrição das Atividades do Laboratório Elétrico de R&D

No laboratório elétrico de R&D, são realizados principalmente dois tipos de testes, cuja caracterização é apresentada na Tabela 3:

- Testes de caracterização do condensador;
- Testes de *power dissipation*.

Para cada uma das categorias dos testes, são identificados os equipamentos, os materiais e consumíveis utilizados, além de destacar o respetivo objetivo. Apesar de serem independentes, estes testes podem ser realizados individualmente ou em conjunto, dependendo dos dados que sejam necessários analisar de um determinado condensador. Importa salientar que, à data de desenvolvimento da dissertação, este laboratório era acessível a um reduzido número de colaboradores (5 colaboradores no total), dadas as características das atividades de R&D desenvolvidas.

Tabela 3 – Caracterização de testes realizados no laboratório elétrico de R&D.

Tipo de Teste	Caraterização do Condensador	<i>Power dissipation</i>
Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ponte de medida de precisão; ▪ MFIA <i>Impedance Analyzer</i>; ▪ <i>Test Fixture</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estufa ventilada; ▪ <i>Data Logger</i>; ▪ Osciloscópio digital; ▪ <i>Ripple Current Generator</i>.
Materiais e consumíveis	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chave de bocas; ▪ Parafusos; ▪ Terminais de cobre; ▪ Termopares.
Objetivo do teste	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impedância; ▪ Resistência equivalente em série; ▪ Indutância equivalente em série; ▪ Fator de dissipação e fase; ▪ Capacidade em série. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variação de temperatura com determinada corrente; ▪ Resistência equivalente em série.

4.1.1. Testes de Caracterização do Condensador

Em relação aos testes de caracterização do condensador, estes podem ser realizados: a) no *Impedance Analyzer*; b) na ponte de medida de precisão. A Figura 17 apresenta o fluxograma do teste de caracterização do condensador realizado no *Impedance Analyzer*, detalhando as etapas fundamentais para a sua execução. Inicialmente, prepara-se o *Impedance Analyzer*, que envolve ligar o equipamento e montar o *jig*¹ (*test fixture*), onde são colocados os terminais do condensador, e calibra-se o sistema para evitar erros de medição. O laboratório elétrico tem um *jig* que testa a maior parte dos condensadores, mas quando a posição dos terminais tem uma forma diferente do habitual, é necessário trazer um *jig* do laboratório do departamento da qualidade.

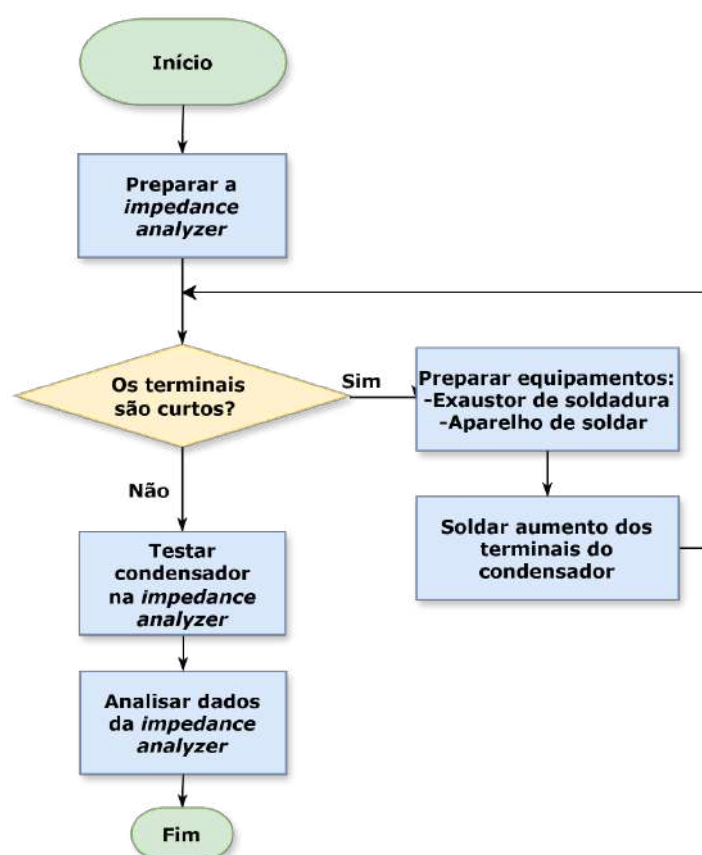


Figura 17 – Fluxograma do teste de caracterização do condensador no *Impedance Analyzer*.

Concluída a preparação, verifica-se o comprimento dos terminais do condensador para a realização do teste.

¹ *Jig* – estrutura auxiliar de montagem (*fixture*) das bobines.

Se os terminais forem curtos, é necessário utilizar os equipamentos de soldadura, nomeadamente o aparelho de portátil de soldar, para aumentar o comprimento dos terminais. Caso o comprimento seja suficiente, procede-se o teste no *Impedance Analyzer*.

A Figura 18 apresenta o fluxograma do teste de caracterização do condensar, neste caso, o teste realizado na ponte de medida de precisão. Este teste começa com a preparação da ponte de medida de precisão, o que implica ligar o equipamento, montar o *jig* (*test fixture*) para conectar os terminais do condensador e calibrar o sistema, garantindo maior precisão das medições. De igual forma ao que acontece no teste realizado no *Impedance Analyzer*, quando a disposição dos terminais do condensador é diferente do habitual, é necessário recorrer a um *jig* específico do laboratório do departamento da qualidade. Após a preparação inicial, verifica-se o comprimento dos terminais do condensador e a necessidade de soldadura para que seja realizado o aumento dos terminais. Caso o comprimento dos terminais seja o adequado, é realizado diretamente o teste na ponte de medida de precisão.

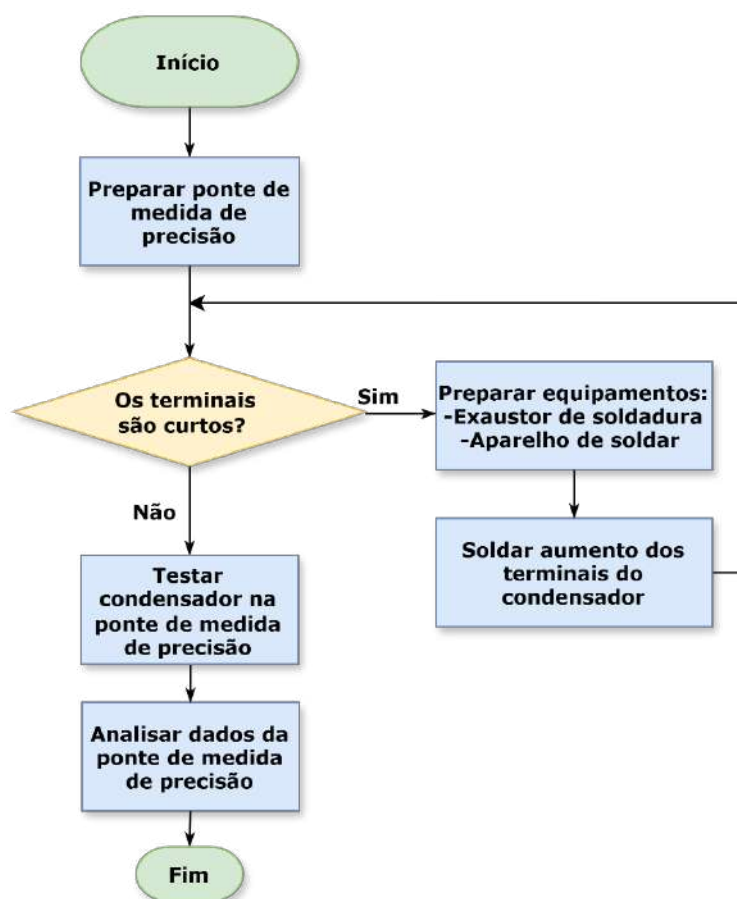


Figura 18 – Fluxograma do teste de caraterização do condensador na ponte de medida de precisão.

Em ambos os testes de caracterização dos condensadores, durante o ensaio, todas as medições são recolhidas e registadas numa folha de cálculo em *Microsoft Excel*, com o suporte do computador do colaborador que efetua o teste. Por fim, efetua-se a análise dos dados recolhidos para avaliar as propriedades do condensador e verifica-se a conformidade com os padrões exigidos.

4.1.2. Testes de *Power Dissipation*

Os testes de *power dissipation* são realizados a três tipos de componentes, dos quais dois deles seguem o mesmo procedimento: um condensador de filme metalizado (Figura 19.a); a bobina metalizada (Figura 19.b), o que neste caso corresponde a um componente. A sequência de ações do teste de *power dissipation* para estes dois componentes segue o mesmo procedimento.



Figura 19 – Identificação dos itens para os quais é realizado o teste de *power dissipation*: a) condensador de filme metalizado; b) bobina metalizada.

A Figura 20 representa o fluxograma do teste de *power dissipation* para estes dois itens. Este teste corresponde à análise da dissipação de energia no condensador durante a sua utilização (processo pelo qual um dispositivo eletrónico produz calor a partir de energia elétrica). O teste é iniciado com o processo de soldadura dos terminais para que este possa ser montado na estufa. De seguida, são ligados os termopares para medir a temperatura nos diferentes pontos que são pretendidos analisar. No caso do condensador, é necessário soldar terminais para que seja apertado na estufa. A estufa é fechada e ligada até atingir a temperatura pretendida. Durante o aquecimento no interior da estufa, é necessário verificar se os termopares permanecem colados ao condensador, pois, com o aumento da temperatura, por vezes a fita descola do condensador.

Esta descolagem da fita impede a medição da variação da temperatura na zona do condensador onde está ligado o termopar. Se tal acontecer é necessário desligar a estufa, colar novamente os termopares e repetir o processo.

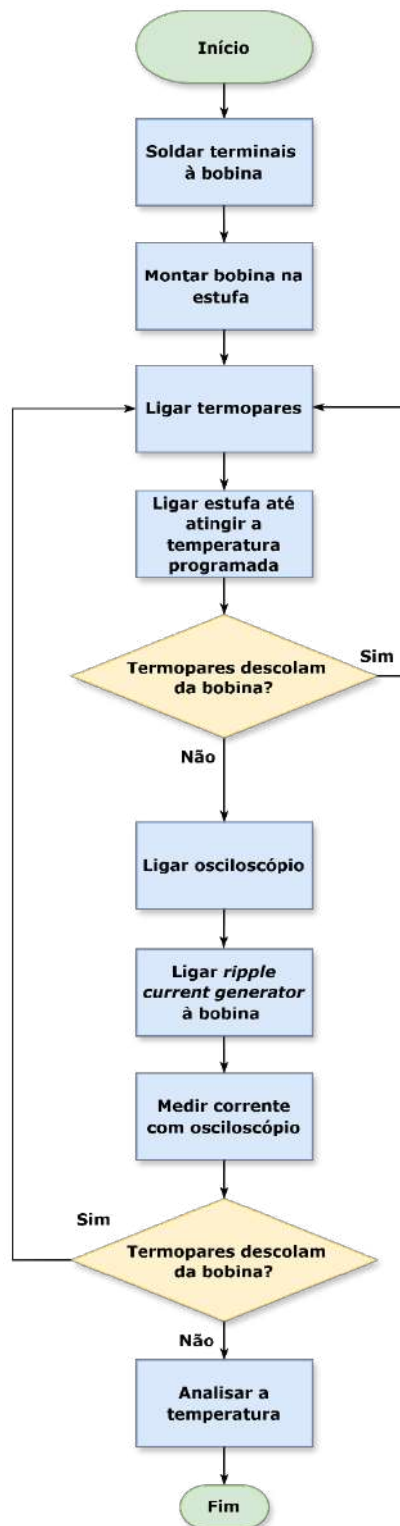


Figura 20 – Fluxograma do teste de *power dissipation* do condensador e bobina metalizada.

Quando a temperatura pretendida é atingida, e após a sua estabilização, liga-se o osciloscópio e conecta-se a corrente do *ripple current generator* ao condensador para que seja medida a intensidade da corrente. Com a passagem de corrente, a temperatura do condensador aumenta, o que leva à necessidade de verificar novamente os termopares. Se estes descolarem, é necessário repetir o processo. Caso contrário, se a temperatura estiver estabilizada, desligam-se todos os aparelhos e procede-se à análise da temperatura.

O terceiro item ao qual se efetua o teste de *power dissipation* é denominado por condensador de módulo de filme metalizado. Este é composto por várias bobinas, o que corresponde a um componente com um número de terminais superior a quatro (Figura 21).



Figura 21 – Identificação do condensador de módulo de filme metalizado ao qual é realizado o teste de *power dissipation*.

O fluxograma do teste de *power dissipation* deste componente é apresentado na Figura 22. O processo deste teste é similar ao representado na Figura 20, no entanto, uma vez que é um condensador de módulo, os termopares são colocados durante o respetivo processo de produção. Uma vez que estes são presos com a resina epóxi, o problema de se descolarem não ocorre. Como o número de terminais é superior a quatro é necessário montar um *jig*, caso não seja montado diretamente na estufa. Os termopares são ligados para medir a temperatura nos diferentes pontos que são pretendidos analisar.

Este teste de *power dissipation*, utiliza a estufa para testar o condensador/módulo a uma determinada temperatura ambiente. A estufa substitui a temperatura do ambiente em que este normalmente está inserido, ou seja, a temperatura que é gerada pelos componentes que o rodeiam.

Importa ainda salientar que os testes de *power dissipation* para estes três itens podem ainda ser realizados com recurso a uma câmara termográfica conforme Figura 23, sendo que as únicas diferenças relativamente aos fluxogramas da Figura 20 e da Figura 22, são a análise do vídeo obtida com a respetiva câmara.

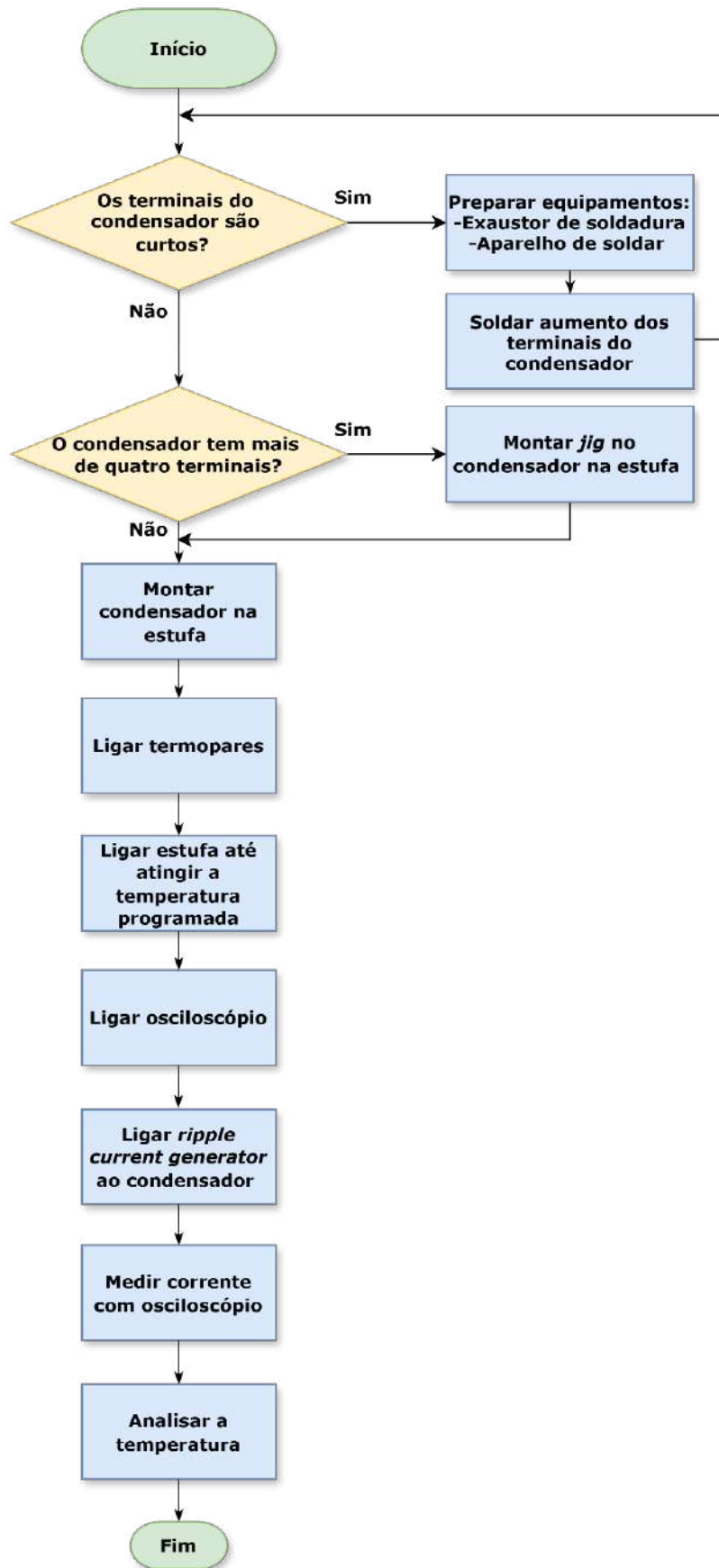


Figura 22 – Fluxograma do teste de *power dissipation* do módulo de filme metalizado.

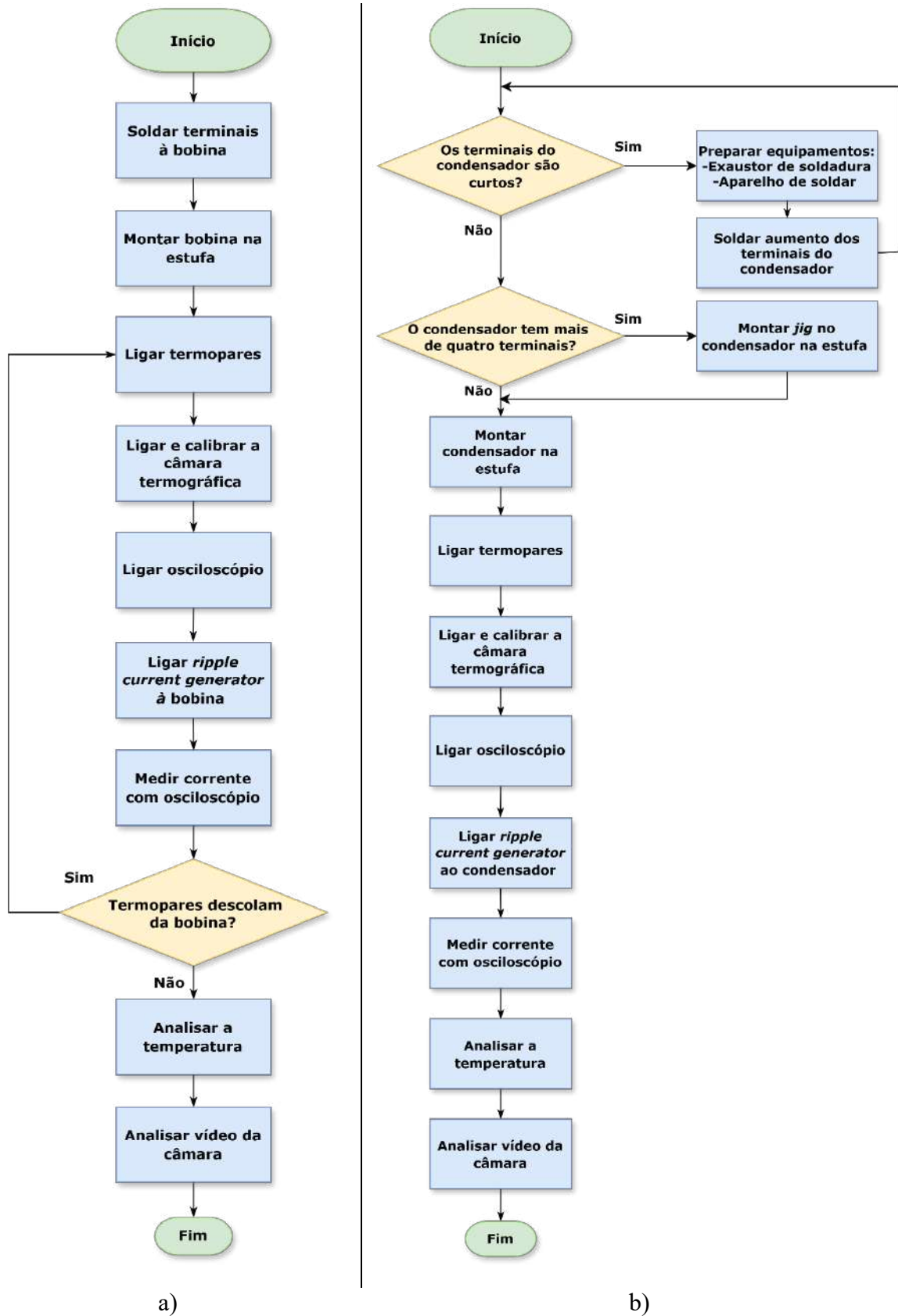
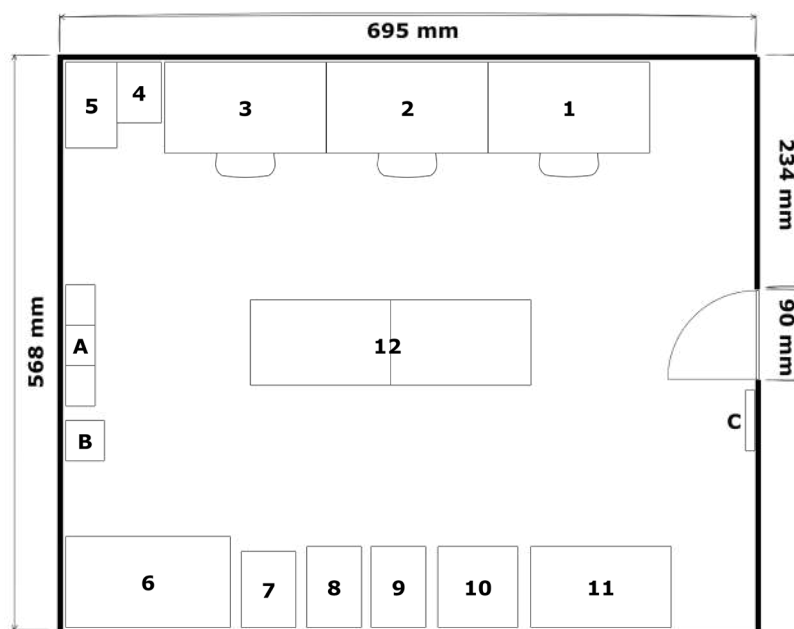


Figura 23 – Fluxograma de *power dissipation* com a câmara termográfica: a) teste do condensador e bobina metalizada; b) teste do condensador de módulo de filme metalizado.

4.2. Disposição Inicial do *Layout* do Laboratório

Como referido, no laboratório elétrico de R&D são realizados os testes de caracterização de condensadores e de *power dissipation*, sobretudo para investigar e desenvolver novos condensadores de filme metalizados. A Figura 24 representa o *layout* inicial do laboratório, indicando as dimensões e a localização de cada equipamento e materiais existentes.



Legenda:

- | | | | |
|---|--------------------------|----|----------------------|
| 1 | Bancada de Ferramentas | 9 | Fonte <i>Isotech</i> |
| 2 | Bancada Keysight/MFIA | 10 | Estufa |
| 3 | Bancada de Soldadura | 11 | Bancada de EPI |
| 4 | Bloco Gavetas | 12 | Bancadas de Apoio |
| 5 | Carro Apoio | | |
| 6 | Bancada da Impressora 3D | A | Zona Reciclagem |
| 7 | <i>Peltier</i> | B | Manta Ignífuga |
| 8 | <i>Bridgepoint</i> | C | Quadro Elétrico |

Figura 24 – *Layout* inicial do laboratório elétrico.

A organização inicial do laboratório estava dividida em 12 locais, onde se encontravam três bancadas, cada uma com prateleiras na parte superior e um pequeno armário na parte inferior. Estes armários armazenavam ferramentas, materiais e consumíveis, enquanto nas prateleiras estavam colocados alguns equipamentos de menor dimensão, consumíveis e condensadores que se encontravam numa fase de testes.

Os equipamentos de maiores dimensões são a impressora 3D, a estufa, a *Bridgepoint*, a fonte *Isotech* e o *Peltier*. Existia ainda uma bancada onde estavam colocados equipamentos de menor dimensão e os EPI. No centro do laboratório, localizavam-se duas secretárias que serviam de apoio quando necessário.

4.3. Inventário de Equipamentos, Ferramentas e Consumíveis

À data de início da presente dissertação não existia qualquer listagem ou registo dos equipamentos, ferramentas e consumíveis existentes no laboratório, pelo que, foi realizado um inventário exaustivo, diferenciando os equipamentos, ferramentas e materiais.

4.3.1. Identificação dos Equipamentos

Como apresentado no Apêndice A, foi realizado um inventário detalhado dos equipamentos do laboratório elétrico. Este levantamento incluiu o registo de diferentes informações, como a marca, o modelo, o número de inventário atribuído pela empresa, o número de série e a localização de cada um, de acordo com o *layout* mencionado da Figura 24. Além disso, foram calculadas as áreas e o volume ocupados de cada equipamento.

Este levantamento permitiu identificar os recursos disponíveis do laboratório elétrico de R&D, onde se destaca os equipamentos de alta precisão, os osciloscópios, estufa e fontes de tensão. Esses equipamentos são essenciais para a realização de testes e medições necessárias para o desenvolvimento de novos condensadores de filme metalizado. A Figura 25 identifica os equipamentos existentes no laboratório em função da tipologia/função.

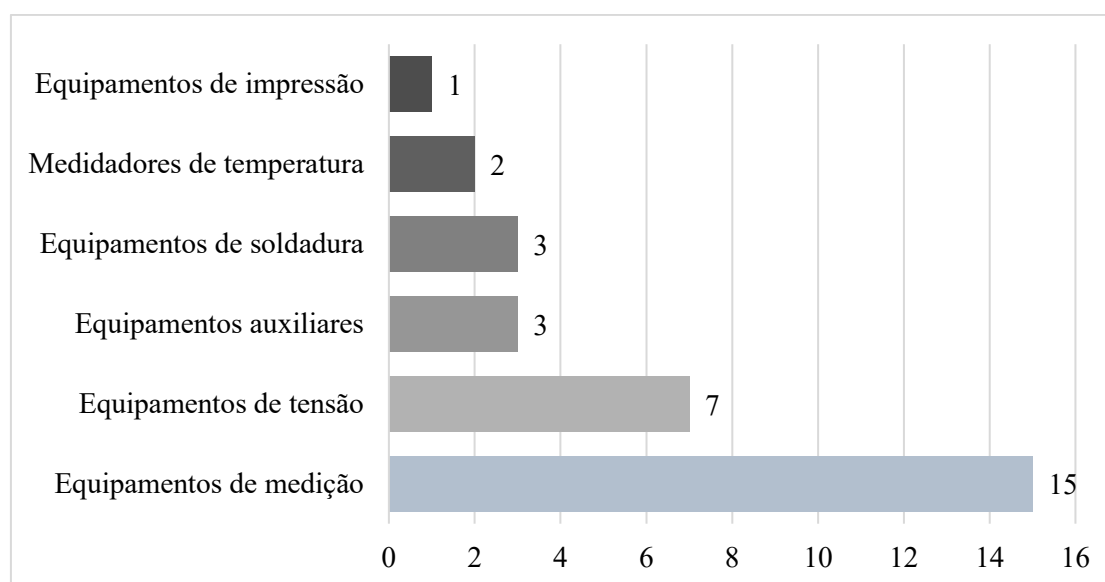


Figura 25 – Equipamentos existentes no laboratório por tipologia/função.

As informações relativas às áreas e volumes dos equipamentos têm como objetivo fornecer uma base sólida para a organização do *layout* do laboratório, de forma a proporcionar um melhor aproveitamento do espaço disponível.

4.3.2. Identificação de Ferramentas e Materiais

O Apêndice B apresenta o inventário detalhado das ferramentas e materiais do laboratório elétrico de R&D. Este inventário apresenta a descrição de cada item, a marca, a quantidade disponível e a localização de cada um, conforme a numeração do *layout* mencionado na Figura 24. A Figura 26 identifica os equipamentos existentes no laboratório em função da tipologia/função. As ferramentas existentes no laboratório em maior quantidade são as ferramentas de aperto e corte, usadas na preparação dos testes elétricos.

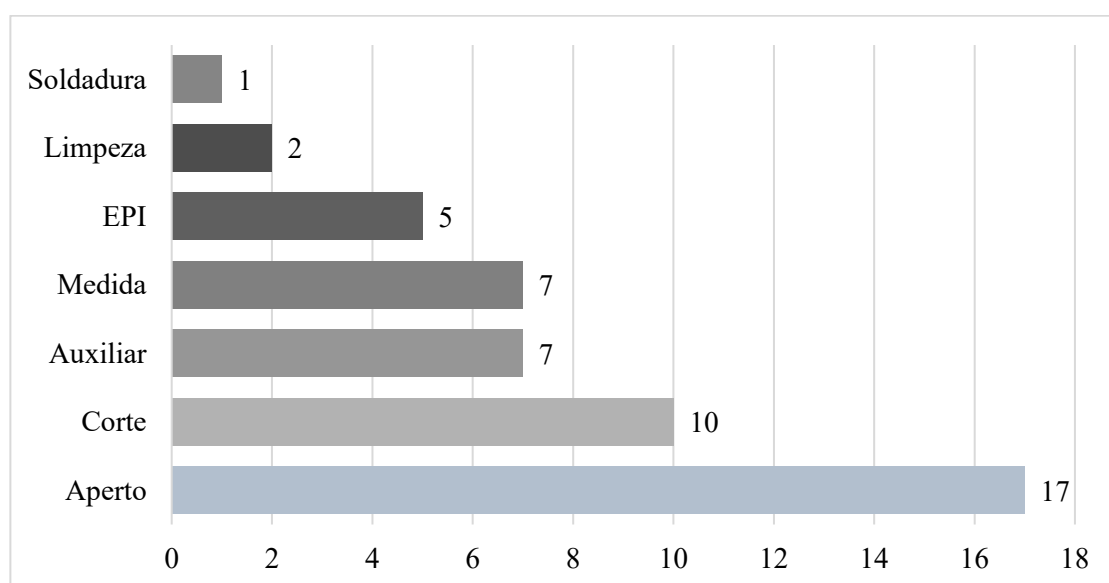


Figura 26 – Ferramentas e materiais existentes no laboratório por tipologia/função.

Durante a realização do inventário verificou-se que as ferramentas e materiais se encontravam armazenadas no interior dos armários das bancadas e não estavam devidamente identificados, o que dificultava a eficiente localização dos itens. Além disso, os itens não estavam organizados por tipologia de uso.

4.3.3. Identificação de Consumíveis

A Tabela 4 exibe o inventário dos consumíveis disponíveis no laboratório elétrico. Neste levantamento, foi descrito cada um dos consumíveis e identificada a quantidade disponível e a sua localização, de acordo com a numeração do *layout* da Figura 24.

A realização deste inventário, para além da identificação dos consumíveis utilizados na elaboração dos testes, também permitiu categorizar os consumíveis por tipologia/função: fitas adesivas, bobinas de fio/cobre e filamento da impressora 3D.

Tabela 4 – Inventário dos consumíveis existentes no laboratório.

Descrição	Quantidade	Localização	Tipologia
Bobina de alumínio estreito	1	2	Bobina
Adesivo instantâneo	1	1	Cola
Termopares	7	3	Medida
Latas de <i>spray</i>	6	2	<i>Spray</i>
Latas de <i>spray</i>	2	8	<i>Spray</i>
Bobina de alumínio largo	1	2	Bobina
Fita adesivas	9	1	Cola
Bobina de cabo elétrico	2	2	Bobina
Formador de juntas	1	3	Cola
Bobina de cobre	2	2	Bobina
<i>Heat sink</i>	1	1	Cola
Filamento da Impressora 3D	24	8	Bobina
Fios de estanho	26	13	Bobina
Rolo de papel	1	7	Bobina

Durante a realização deste inventário, verificou-se que muitas das caixas contento os consumíveis são abertas antes de acabarem as unidades das caixas em utilização, levando a desperdício e acumulação de produtos desnecessária. Foram ainda identificados outros materiais de limpeza e documentação, conforme listado no Apêndice C.

4.4. Identificação e Análise dos Problemas

Este subcapítulo apresenta a análise do estado inicial do laboratório. Esta análise teve como objetivo identificar os problemas relacionados com a organização do laboratório.

4.4.1. Falta de Organização, Arrumação, Limpeza e Normalização

A Figura 27 ilustra a bancada de ferramentas (localização 1) e a bancada Keysight/MFLA (localização 2). Cada bancada de trabalho é estruturada em dois níveis, sendo que na parte superior eram colocados equipamentos de medida, dois deles raramente utilizados.

Nestas bancadas também eram colocadas pequenas caixas de armazenamento com consumíveis e condensadores em fase de testes. Todavia, o conteúdo dessas caixas não correspondia às identificações nelas existentes, o que representava um problema de organização.

Na parte inferior das bancadas, estavam localizados diferentes equipamentos de medida, os quais são utilizados com maior frequência na elaboração dos testes. Contudo, o local não possuía qualquer tipo de marcação que indicasse a sua localização e/ou posição específica. Como resultado, quando estes eram retirados para proceder com a calibração, no retorno à bancada, não eram colocados no mesmo local.

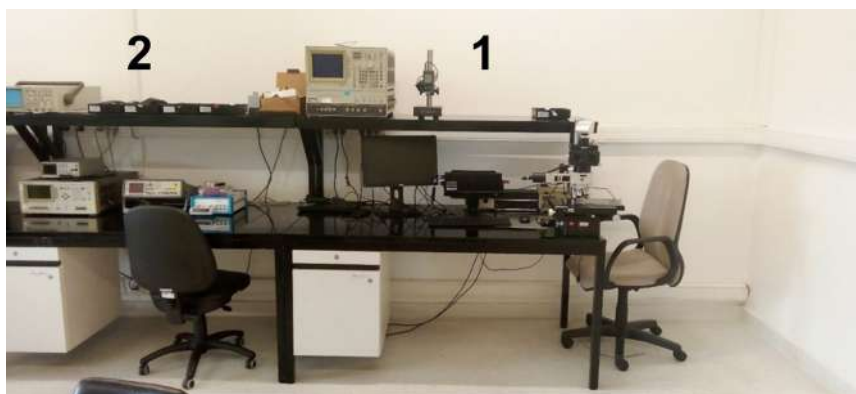


Figura 27 – Ilustração da bancada 1 e 2 do laboratório elétrico de R&D.

Como já referido, cada bancada tinha um pequeno armário composto por uma gaveta e uma porta. Em relação à bancada 1, a gaveta era destinada ao armazenamento das ferramentas. No entanto, não existia um sistema definido para a sua organização, o que fazia com que estas fossem armazenadas de forma avulsa, como se verifica na Figura 28.

No armário do compartimento inferior, (Figura 29), encontravam-se armazenadas máquinas elétricas e fitas adesivas. Contudo, estes itens também se encontravam armazenados de forma desorganizada, sem qualquer tipo de sistema de arrumação, o que dificultava a localização e comprometia a eficiência da sua utilização durante a realização dos testes (tempos improdutivos no processo de *picking* desses itens).

Para além dos problemas mencionados, verificava-se um problema relacionado com a etiquetagem. Embora existissem etiquetas de identificação, estas eram demasiado pequenas, de difícil leitura e interpretação e estavam colocadas em locais de difícil visualização, limitando a identificação dos itens por parte dos colaboradores.



Figura 28 – Gaveta da localização 1.



Figura 29 – Armário da localização 1.

Na bancada 2, foi observada a desorganização dos materiais no interior da gaveta de arrumação (Figura 30), contendo uma mistura de itens, tais como, parafusos, fios, caixas de paquímetros vazias, algumas sacas com pontas de prova e outras sacas vazias.

Já no interior do armário (Figura 31), existiam diversos itens, tais como, bobinas, tanto na prateleira superior como também na inferior, panos, parafusos e latas de *spray*. A falta de organização destes itens dificultava o acesso e a utilização destes materiais, comprometendo a eficiência das atividades de trabalho no laboratório.



Figura 30 – Gaveta da localização 2.



Figura 31 – Armário da localização 2.

A Figura 32 mostra a bancada de soldadura (localização 3 do *layout*), bloco de gavetas de arrumação (localização 4 do *layout*) e um carro de transporte manual de apoio às atividades no laboratório (localização 5 do *layout*). Na parte superior da bancada existia um tubo de exaustão para ser usado durante a soldadura, condensadores em fase de testes, ferros de soldar e fios de cobre, todos estes itens colocados de forma aleatória. Um dos problemas considerado como relevante foi o facto do tubo de exaustão necessário à soldadura não estar adequadamente instalado, pois não tinha posição fixa para capturar os gases e fumos de soldadura.

Na parte inferior da bancada existiam dois aparelhos de soldar, um exaustor e um equipamento de medição, todos estes sem qualquer marca da sua localização. Verificou-se também a existência de ferros de soldar avariados e lixo acumulado.

O bloco de gavetas, composto por três compartimentos, tinha um torno de bancada colocado na sua superfície sem qualquer tipo de fixação. Este aspeto acarretava algumas questões de segurança, uma vez que deveria estar fixado na bancada de soldadura (localização 3 do *layout*). Foi observado que, quando era necessária a utilização do torno em múltiplas atividades de trabalho, os colaboradores enfrentavam dificuldades na sua utilização pela falta de espaço e pela instabilidade causada pela falta de fixação, o que podia causar um acidente de trabalho.

O carro de apoio era usado para colocação de caixas com condensadores em fase de teste na parte superior, uma serra e um transformador na prateleira intermediária, estando vazia a prateleira inferior. Sendo um carro de apoio, este não deveria ser utilizado como um local de armazenamento, devendo permanecer disponível exclusivamente para suportar as atividades elaboradas no laboratório.

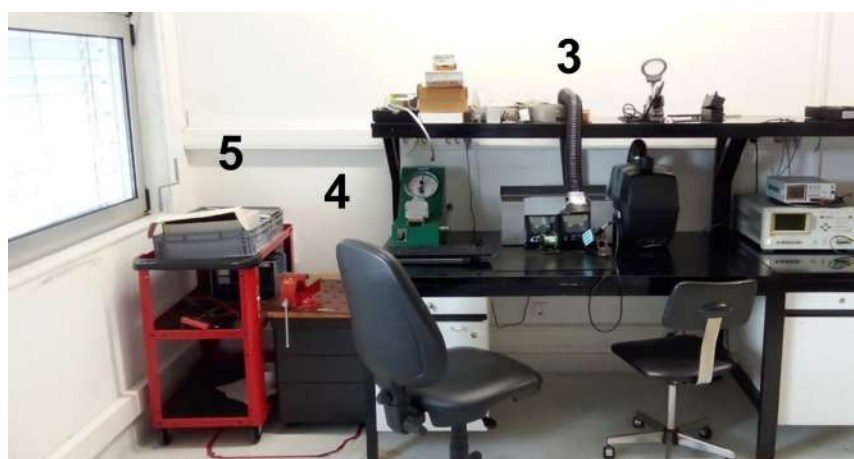


Figura 32 – Ilustração das posições 3, 4 e 5 do laboratório elétrico de R&D.

A Figura 33 ilustra a localização inicial da manta ignífuga, fixada na parede (localização B do *layout*), cujo acesso se encontrava obstruído com a colocação de outros materiais. Esta disposição resultava num problema de segurança, uma vez que, qualquer obstáculo colocado no acesso deste tipo de dispositivos de segurança concebidos para extinguir pequenos focos de incêndio, poderia comprometer tempos de resposta e agravar as consequências em situações de emergência.

Na localização 6 do *layout*, encontrava-se a bancada da impressora 3D (equipamento), duas latas de *spray* (consumível), um recipiente com água e algumas ferramentas. Esta dispersão de diferentes itens pelas diferentes localizações, promovia o desperdício de tempo e deslocamentos excessivos à procura de materiais.

Na parte inferior da bancada estavam armazenados os rolos de filamentos para alimentar a impressora 3D. No entanto, por estarem posicionadas na parte inferior, a visibilidade e acessibilidade ficavam comprometidas. Além disto, o armazenamento inicial é ineficaz, uma vez que não existe qualquer identificação ou etiqueta visual da cor do filamento nas caixas (caixas opacas). Esta situação agravava-se pelo fato de serem colocadas caixas de cartão com produto para testes em frente ao filamento, o que dificultava ainda mais o acesso, pois não existia um local apropriado para o armazenamento.

A estrutura de suporte do *Peltier* (localização 7 do *layout*), além da estufa e da fonte de tensão colocada na parte superior tinha um armário para arrumação de acessórios. No entanto, no seu interior, existiam diversas caixas pertencentes a pequenos equipamentos, sendo que a maioria estava vazia. Além disso, no mesmo armário, estavam armazenados manuais de instruções de alguns dispositivos que nunca eram usados. Esta disposição destacava a necessidade de organização para melhorar o aproveitamento do espaço, assim como a limpeza e eliminação de itens sem qualquer relevância ou uso.



Figura 33 – Ilustração das posições 6, 7 e B do laboratório elétrico de R&D.

A Figura 34 ilustra a *Bridgepoint* (localização 8 do *layout*), o equipamento com um monitor. Durante a realização dos testes, este equipamento é ligado diretamente à estufa (localização 10 do *layout*) através de um barramento de cobre que se estende até ao interior, permitindo aplicar tensão ao condensador aí fixado. No entanto, à data de realização desta dissertação, este ainda se encontrava em fase de instalação, o que implicava a utilização de um equipamento antigo, a fonte “*Isotech*” da localização 9 do *layout*.



Figura 34 – Ilustração da área 8, 9, 10 e 11 do laboratório elétrico de R&D.

A Figura 35 ilustra uma bancada (localização 11 do *layout*) que apresentava diversos problemas de organização. A parte inferior da bancada encontrava-se desorganizada, com caixas vazias, outras com equipamentos, EPI e materiais, numa disposição aleatória. Para além disso, estes itens não se encontravam identificados, o que dificultava uma rápida localização do pretendido. Esta situação também comprometia o aproveitamento do espaço.

Em relação à bancada, os cabos dos equipamentos não estavam organizados tendo em conta as suas características, o que dificultava a identificação e o acesso. Na parte superior da bancada, encontravam-se diferentes equipamentos, mas quando eram utilizados necessitavam de ser transportados, uma vez que a sua localização não era funcional nem prática.



Figura 35 – Ilustração da área 11 do laboratório elétrico de R&D.

A Figura 36 ilustra as duas bancadas de apoio (localização 12 do *layout*) no centro do laboratório. Este espaço era destinado aos estagiários do laboratório R&D quando os seus projetos estão focados na parte elétrica, ou para auxiliar os colaboradores com um espaço livre de equipamentos, seja este para analisar os dados dos condensadores. É também ilustrada a localização do quadro elétrico (localização C do *layout*).

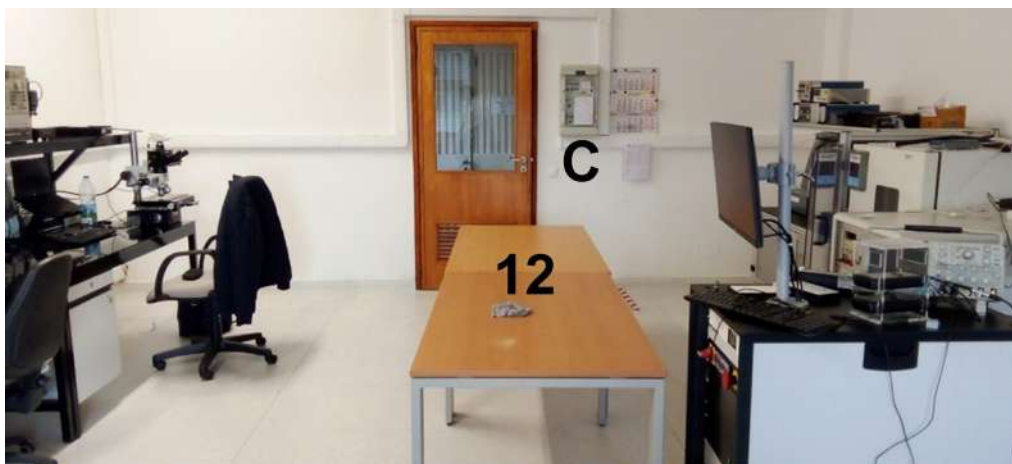


Figura 36 – Ilustração da localização 12 e do quadro elétrico do laboratório.

Com base nesta análise, foram identificados diversos problemas de organização, falta de aplicação de ferramentas de Gestão Visual e da metodologia 6S. A ausência de identificação dos equipamentos ou identificação incorreta, dificultava a localização dos itens, resultando em diversos desperdícios de tempo e movimentações.

Importa salientar que esta desorganização tem implicações diretas nas atividades dos colaboradores, não só dos colaboradores que usam diariamente o laboratório, mas também daqueles que o utilizam com pouca frequência, dado o desconhecimento de localizações e falta de uniformização de procedimentos, o que resulta em tempos improdutivos.

4.4.2. Movimentações Desnecessárias e *Layout* Ineficiente

No sentido de analisar de forma mais objetiva as atividades que são realizadas no laboratório elétrico de R&D, foram efetuados registos dos testes de caracterização de condensadores e os testes de *power dissipation* através da aplicação de diagramas de sequência de executante. O objetivo deste registo era analisar o conjunto de operações, transportes/movimentações, controlos, esperas e armazenamentos efetuados. Esta ferramenta representa, de forma estruturada, as atividades que foram realizadas durante os processos de trabalho no laboratório elétrico.

A Tabela 5 resume a análise das atividades no teste de caracterização elétrica de condensadores, permitindo uma avaliação crítica da eficiência operacional no laboratório. O diagrama completo pode ser consultado no Apêndice D.

No total, foram registadas 14 operações, 5 transportes/movimentações, 4 esperas e não se registaram ocorrências de atividades de controlo e armazenamento. O tempo total usado para a realização deste teste foi de 1 871 segundos (31 minutos e 11 segundos), com uma distância total percorrida superior a 38 metros, o que evidencia deslocamentos excessivos dentro do laboratório para realizar um teste.

As atividades descritas incluem ações como a ligação da ponte de medida de precisão, deslocamentos entre postos de trabalho, preparação e utilização do equipamento de soldadura, aumento dos terminais dos condensadores por meio de soldadura e a caracterização propriamente dita dos condensadores. A sequência foi minuciosamente registada, como as distâncias percorridas, os tempos de cada atividade e as observações de dificuldades ou necessidades identificadas ao longo do processo.

As observações registadas mostram oportunidades de melhoria no ambiente de trabalho. Por exemplo, a necessidade de fluxo de soldadura para limpar os terminais do condensador, assim como o mau estado do ferro de soldar, que teve um impacto negativo na eficiência do processo. Por fim, importa salientar as perdas de tempo causadas pela procura de chaves de fenda e do BON-102 para auxiliar a operação de soldadura, o que reflete a má organização e gestão de materiais. Estas interrupções, embora reduzidas em duração individual, acumulam impactos relevantes na eficiência global do processo.

Tabela 5 – Síntese do diagrama de sequência das atividades realizadas no teste de caracterização dos condensadores.

Gráfico de Sequência: Executante					
Data: 18/10/2024		Hora: 10:00		Resumo	
Gráfico n.º 1			Atividade		Atual
Posto de trabalho: Laboratório elétrico de R&D			Operação		14
Operador: R&D			Transporte		5
Método	Atual	☒	Controlo		0
	Proposto	☐	Espera		4
Elaborado por: João Teixeira			Armazenamento		0
			Tempo Total (segundos)		1 871
			Distância Total (metros)		> 38

A Figura 37 corresponde ao diagrama de *spaghetti* referente ao teste de caracterização dos condensadores. O diagrama foi elaborado com base nas observações efetuadas durante os registos recolhidos para o diagrama de sequência previamente analisado. O diagrama de *spaghetti* ilustra os percursos e fluxos do colaborador dentro do laboratório, analisando os movimentos realizados entre os diferentes postos de trabalho durante a execução das atividades.

A análise das movimentações, revelou que existe excesso de movimentações entre as localizações 1, 2, 3 e 11, bem como deslocamentos até à entrada do laboratório. Esta distribuição evidencia que o colaborador tinha a necessidade de repetir deslocações à procura de ferramentas e consumíveis. Esta análise corrobora a falta de organização do *layout* do laboratório, o que resultava em desperdício de tempo.

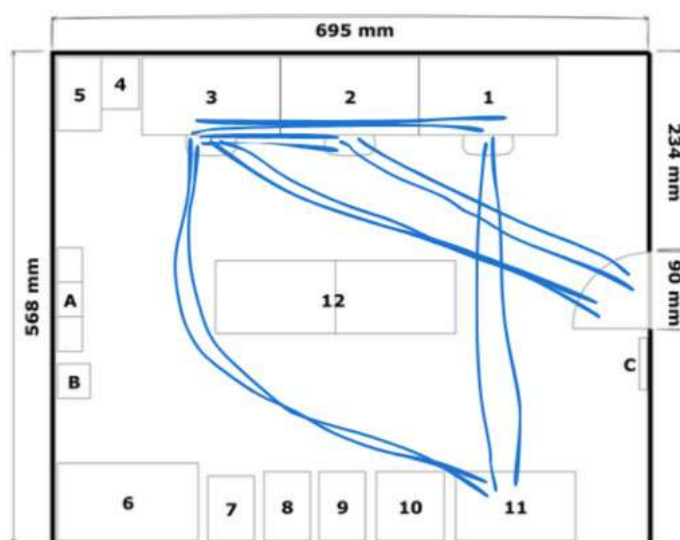


Figura 37 – Diagrama de *spaghetti* de um teste de caracterização do condensador.

Como referido, o mesmo procedimento foi realizado para o teste de *power dissipation*. O Apêndice E apresenta integralmente o diagrama de sequência para o teste de *power dissipation* e a Tabela 6 apresenta a síntese da informação.

Foi registado o total de ocorrências para cada tipo de atividade: 11 operações, 8 transportes/movimentações, 1 controlo, 2 esperas e 1 armazenamento. O tempo total de execução do teste de *power dissipation* foi de 18 848 segundos (5 horas 14 minutos e 8 segundos) e uma distância total percorrida de 44 metros.

Durante a observação da realização do teste de *power dissipation*, o colaborador gastou tempo na procura de ferramentas, parafusos, chaves de fenda e do *jig*. Foram também registados tempos gastos na montagem de componentes, nomeadamente, a ligação da fonte de corrente. As esperas corresponderam sobretudo aos tempos necessários à estabilização térmica do condensador de módulo e respetivo arrefecimento após os equipamentos serem desligados.

Para cada ação foi registada a distância percorrida em metros (quando aplicável) e o tempo gasto em segundos. Algumas observações revelaram falhas na organização do espaço de trabalho, como as caixas de parafusos espalhadas pelo laboratório e a dificuldade em localizar ferramentas, o que contribuía para aumentos de tempo não produtivos.

Destacam-se também atividades que consomem tempo elevado, como a estabilização térmica do condensador de módulo, que por si só exigiu 14 039 segundos (3 horas 53 minutos e 59 segundos), representando uma fração de 74,5% do tempo total de realização deste tipo de teste. Embora esta operação demore bastante tempo, verificou-se que o colaborador efetuou outras tarefas enquanto aguardava pela estabilização.

Em suma, a existência de diversos transportes e a procura de ferramentas, materiais e consumíveis evidencia oportunidades de melhoria no *layout* do laboratório e na gestão de materiais, o que pode potenciar ganhos de eficiência.

Tabela 6 – Síntese do diagrama de sequência das atividades realizadas no teste de *power dissipation*.

Gráfico de Sequência: Executante					
Data: 05/02/20245		Hora: 10:0		Resumo	
Gráfico n.º 1		Atividade			Atual
Posto de trabalho: Laboratório elétrico de R&D		Operação		11	
Operador: R&D		Transporte		8	
Método	Atual	☒	Controlo		1
	Proposto	☐	Espera		2
Elaborado por: João Teixeira		Armazenamento		1	
		Tempo Total (segundos)			18 848
		Distância Total (metros)			44

A Figura 38 apresenta o diagrama de *spaghetti* representativo da realização do teste de *power dissipation*. Este representa os percursos e fluxos efetuados no laboratório, o qual revelou múltiplas movimentações e cruzamentos frequentes entre os postos de trabalho.

A análise do traçado indica que o colaborador realizava deslocações constantes entre as localizações 3, 11 e 1 e 3, efetuando trajetos repetitivos. A aplicação desta ferramenta revela uma desorganização do espaço e da localização de ferramentas, o que gerava a necessidade de repetir as movimentações efetuadas, contribuindo para o aumento do tempo total do teste.

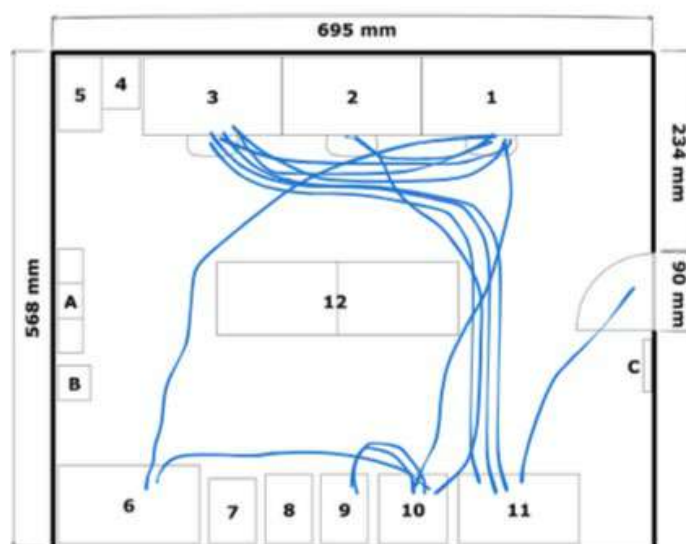


Figura 38 – Diagrama de *spaghetti* de um teste de *power dissipation*.

Durante a realização do estágio, uma das atividades que também passou a ser efetuada no laboratório elétrico foram as impressões 3D. A Figura 39 corresponde ao diagrama de *spaghetti* referente à realização de uma impressão 3D, tendo sido possível verificar que o colaborador efetuou deslocações entre as localizações 1, 6 e 11 à procura da ferramenta de que necessitava, percorrendo distâncias desnecessárias. Como se pode verificar pelo diagrama de *spaghetti*, estas localizações encontram-se em áreas quase que diametralmente opostas no *layout*, o que resulta em desperdícios associados às movimentações do colaborador.

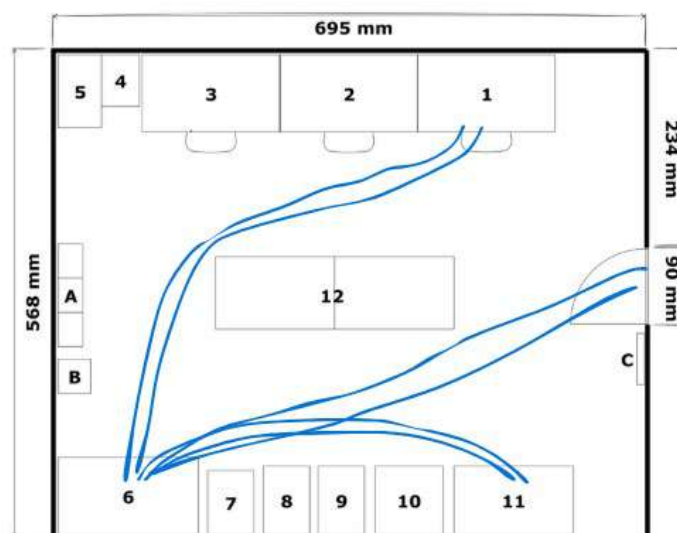


Figura 39 – Diagrama de *spaghetti* de uma impressão 3D.

A desorganização do espaço e a falta de sistematização da localização das ferramentas, faz com que as movimentações tenham de ser repetidas, contribuindo para o aumento do tempo total da realização das atividades operacionais.

5. Definição e Implementação de Propostas de Melhoria

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria que foram delineadas para melhorar a organização do laboratório elétrico de R&D. De forma a sintetizar as propostas, foi elaborada uma matriz 5W2H, conforme apresentado na Tabela 7.

Tendo-se verificado que as ferramentas e EPI se encontram dispersas pelo laboratório, sem identificação nem local fixo, propõe-se a instalação de um painel de gestão visual, com suportes para cada item, promovendo a rápida identificação e reposição no local adequado. A bancada de soldadura e a área dos instrumentos *Keysight*/MFIA estão sobrecarregadas com objetos desnecessários e lixo. Propõe-se aplicar a metodologia 6S para eliminar desperdícios, fixar o torno mecânico e instalar um tubo rígido de extração de fumos. Os cabos espalhados e bobines sem suporte adequado criam possibilidades de acidentes de trabalho. Propõe-se a instalação de tomadas junto dos equipamentos e o projeto de um suporte capaz de acomodar até seis bobines, facilitando a retirada, o armazenamento e a identificação de cada rolo.

Em relação aos *jigs* e rolos de filamento para a impressora 3D, propõe-se a criação de estruturas de organização: três gavetas de arrumação instaladas sob a bancada e uma prateleira fixada de baixo da impressora 3D.

Visto que os condensadores aguardam a realização dos testes junto à zona de reciclagem, sem qualquer área de armazenamento dedicada, propõe-se a montagem de uma estrutura com prateleiras, como sistemas de arrumação durante o período de avaliação e teste dos respetivos condensadores.

A ausência de sinalética de segurança dificulta a perceção dos riscos. Desta forma, propõe-se a colocação de sinalização afixadas junto de máquinas e bancadas, indicando obrigatoriedade uso de EPI.

Em relação aos equipamentos, e com base no inventário efetuado, propõe-se a sua codificação, etiquetagem e implantação de uma *checklist* para registo de retiradas e devoluções, garantindo que tudo seja guardado no seu devido lugar após o uso.

Movimentações desnecessárias aumentam o tempo total de realização dos testes de caracterização e *power dissipation*. A análise do fluxo de trabalho é a base para reposicionar bancadas e equipamentos, de modo a minimizar deslocamentos e agilizar as operações diárias. Por fim, propõe-se a criação de procedimentos padronizados para cada tipo de teste realizado no laboratório, de forma a sistematizar processos, uniformizar práticas e facilitar a formação de novos colaboradores.

Tabela 7 – Plano de ações de melhoria segundo a técnica 5W2H.

<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>	<i>How much</i>
Organizar ferramentas e EPI.	Necessidade de organizar ferramentas e os EPI, estão espalhados, sem identificação ou localização fixa.	Na parede à entrada do laboratório.	Jan. 2025	JT; Equipa de manutenção; Departamento de compras	-Implementar gestão visual; -Implementar painel de parede, mural de ferramentas; -Implementação de painel de EPI.	91,63 €
Organizar bancada de soldadura e <i>Keysight</i> / MFIA	Necessidade de eliminação dos itens que não são necessários para libertar espaço útil e eliminação do lixo acumulado e melhorar a segurança das operações de torno e soldadura.	Bancada de soldadura e <i>Keysight</i> /MFI A.	Jan. 2025	JT; Equipa de manutenção	- Implementação da metodologia 6S; -Fixar torno mecânico; -Instalar tubo rígido de exaustão.	PI
Organizar cabos e bobines	Necessidade de organizar cabos, de forma a evitar quedas e mitigar de riscos associados à sobrecarga elétrica e necessidade de melhorar o manuseio e a identificação das bobines.	Junto aos equipamentos.	Fev. 2025	JT; Equipa de manutenção	-Instalar tomadas de parede próximas aos equipamentos; -Projeto e conceção de suporte com capacidade para 6 bobina.	12,00 €
Organizar <i>jigs</i> e rolos de filamento da impressora 3D	Necessidade de organizar todos os <i>jigs</i> espalhados sem identificação e localização fixa. Necessidade de colocar os rolos de filamento num local mais alto.	Bancada de EPI Impressora 3D	Mai. 2025	JT; Equipa de manutenção	-Instalar três gavetas de arrumação; -Instalar uma prateleira a uma altura superior.	NA
Armazenar adequadamente os condensadores	Necessidade de organizar os condensadores em fase de testes, os quais não têm um local específico para serem colocados.	Junto à Zona Reciclagem	Junh. 2025	JT; Departamento de compras	-Instalar uma estrutura composta por diferentes prateleiras com organização.	465,0 €
Implementar sinalética de segurança	Necessidade de implementar sinalização visível relativamente a perigos decorrentes das atividades laboratoriais, evidenciando a necessidade de utilização de EPI.	Nos equipamentos.	Mai. 2025	JT	-Colar sinalética de segurança nos equipamentos necessários.	46,50 €
Organizar os equipamentos existentes no laboratório	Necessidade de definir a localização dos equipamentos. Necessidade de codificar todos os equipamentos e identifica-los.	Na localização definida para cada equipamento.	Mar. 2025	JT; Departamento de compras	-Marcar a localização dos equipamentos; -Criar etiquetas de identificação; -Criar uma <i>checklist</i> para registar o levantamento dos equipamentos.	15,00 €
Reorganizar o <i>layout</i> do laboratório	Com base nos registos dos testes de caracterização dos condensadores e de <i>power dissipation</i> , verificou-se que os colaboradores efetuam diversas movimentações desnecessárias.	Abrange todo o laboratório	Junh. 2025	JT	- Efetuar a reorganização da disposição espacial dos equipamentos, elementos de organização e bancadas de trabalho.	PI
Adotar procedimentos padronizados	Necessidade de sistematizar a generalidade das mudanças propostas, e promover instruções de trabalho <i>standard</i> para a realização dos testes.	Abrange todo o laboratório	Junh. 2025	JT	-Criar instruções de trabalho para reduzir desperdícios e erros de execução dos testes que são realizados.	-

JT – João Teixeira; PI – Produção Interna; NA – Valor não disponível.

5.1. Criação de Sistemas de Organização e Arrumação

Nesta secção apresentam-se as principais propostas relacionadas com a criação de sistemas de organização e arrumação dos equipamentos, ferramentas e materiais, assim como dos principais consumíveis necessários às atividades realizadas no laboratório.

5.1.1. Proposta de Organização da Bancada de Soldadura e *Keysight/MFIA*

Em relação à bancada onde são efetuadas operações de soldadura e a bancada onde são efetuadas medições dos componentes, foi proposta a aplicação dos sentidos de Organização, Arrumação e Limpeza da metodologia 6S:

- Separação e eliminação dos itens que não são necessários para libertar espaço útil na parte superior da bancada e eliminação do lixo acumulado. Os itens necessários foram alocados em gavetas, as quais foram organizadas com o aproveitamento de um separador já existente (ver Figura 40) e com uso de placas de espuma disponíveis na área de produção. Estas placas são usadas como divisórias específicas para cada utensílio (ver Figura 41). Desta forma, estas foram reutilizadas para organizar as gavetas, promovendo a reutilização dos materiais;
- Colocação de etiquetas identificativas no exterior de cada gaveta, identificando todos os materiais que foram nelas colocados, fomentando a Gestão Visual das ferramentas (ver Figura 42);
- Marcação e delimitação das áreas e posições dos equipamentos com fita isoladora de cor branca, para que sejam mantidos e organizados na devida localização (ver Figura 43). Saliente-se que também foram colocadas etiquetas identificadoras dos respetivos equipamentos;
- Fixação do torno mecânico sobre a bancada, permitindo que a sua utilização seja mais eficiente e segura, especialmente durante o uso de ferramentas de corte e uso do martelo (ver Figura 44);
- Substituição do tubo de exaustão, por um tubo rígido que permite aos colaboradores o seu manuseio para a posição mais adequada à realização do processo de soldadura. Esta melhoria também contribui para a eficiência do sistema de extração de fumos (ver Figura 45).



Figura 40 – Gaveta da bancada de soldadura.



Figura 41 – Gaveta da bancada *Keysight/MFIA*.



Figura 42 – Identificação de gavetas e portas de bancadas.



Figura 43 – Delimitações de área de posição dos equipamentos.



Figura 44 – Torno mecânico fixado à bancada.



Figura 45 – Tubo rígido de exaustão.

5.1.2. Proposta de Organização de Cabos e Bobinas

De forma a organizar os cabos dos diversos equipamentos espalhados pelo laboratório, propôs-se instalação de tomadas de parede, no local mais apropriado para evitar o uso de extensões e promover a sua organização de forma eficiente (ver Figura 46).

Esta solução contribui ainda para a mitigação de riscos associados à sobrecarga elétrica, uma vez que, anteriormente, vários equipamentos de elevada potência estavam ligados a uma única extensão, comprometendo a segurança do circuito.



Figura 46 – Implementação da proposta de melhoria dos cabos elétricos.

Em relação às bobinas, para ultrapassar a dificuldade de identificação e manuseio, propôs-se a criação de um suporte mecânico para a sua colocação. Com a implementação de um suporte de bobinas, estas podem ser retiradas do armário da bancada, melhorando a Gestão Visual. Esta solução permite a identificação imediata do tipo de material pretendido para uma determinada atividade.

O suporte projetado tem uma capacidade para 6 bobinas (desenho técnico proposto e respetiva implementação, conforme a Figura 47), evitando que os colaboradores tenham de suportar o seu peso para o seu transporte. Além disso, este suporte possibilita desenrolar o material com maior facilidade, reduzindo o esforço físico aplicado e o tempo associado.



Figura 47 – Proposta de implementação de suporte para bobinas.

5.1.3. Proposta de Organização de *Jigs* e Rolos de Filamento da Impressora 3D

Para melhorar a organização dos *jigs*, foi proposta a criação de três gavetas de arrumação adicional (Figura 48), possibilitando a centralização de todos os *jigs* do laboratório, uma vez que estes estavam colocados em diferentes locais. Além da melhor organização e acesso facilitado aos *jigs*, o sistema de gavetas melhora a Gestão Visual, pois estas podem ser puxadas para fora da estrutura da bancada, facilitando a escolha do *jig* necessário, independentemente da profundidade da bancada. A construção destas gavetas ficou a cargo da responsabilidade da equipa de manutenção. Não obstante a utilidade desta proposta, e uma vez que seria necessária a colaboração da equipa do departamento de manutenção, não foi possível implementá-la em tempo útil, dada a elevada requisição de serviços deste departamento.



Figura 48 – Proposta de implementação de gavetas de arrumação dos *jigs*.

Todavia, foi possível implementar a instalação de uma prateleira mais elevada na localização 6 da bancada (Figura 49), permitindo um acesso facilitado a todas as caixas de rolo de filamento da impressora 3D. Ainda, cada caixa foi identificada com um pequeno autocolante correspondente à cor do filamento para uma Gestão Visual eficiente do material que alimenta a impressora 3D, evitando que o colaborador abra todas as caixas até encontrar o filamento de que necessita.



Figura 49 – Prateleira para colocação das caixas de rolos de filamento da impressora 3D.

5.1.4. Proposta de Estrutura de Armazenamento para Condensadores

Para evitar a desorganização dos condensadores que se encontram em fase de teste, propôs-se a colocação de uma estrutura para o seu armazenamento. Esta estrutura foi projetada e construída com 2100 mm de altura, 640 mm de largura e 500 mm de profundidade, sendo dividida em duas secções. A parte superior é composta por cinco prateleiras para armazenamento de produtos em fase de teste. Cada prateleira é subdividida ao meio, criando assim dois compartimentos de 290 mm de largura.

Para além disso, estas prateleiras são removíveis para facilitar o transporte do produto em teste. Para garantir a segurança dos colaboradores, este armário é revestido por material isolante, reduzindo o risco de acidentes de trabalho. Este revestimento é fundamental, caso existam condensadores que possam manter carga elétrica, protegendo os colaboradores de eventuais choques elétricos.

A secção inferior pode ser usada para o armazenamento de caixas de diferentes dimensões. Esta secção tem prateleiras com 600 mm de largura, possibilitando armazenar caixas de pequenas e grandes dimensões. A Figura 50 mostra o armário adquirido para colocar e armazenar os condensadores em processo de testagem. A centralização dos condensadores em teste, evita que os produtos estejam dispersos em diferentes localizações. Esta proposta de melhoria contribui para a organização do espaço no laboratório.



Figura 50 – Estrutura para armazenamento de condensadores em fase de teste.

5.1.5. Proposta de Implementação de Sinalética de Segurança e Limpeza

Tendo em conta os riscos identificados durante a análise do ambiente de trabalho do laboratório elétrico de R&D, e considerando a ausência de sinalização adequada, foi proposta a implementação de sinalética de segurança específica para cada tipo de perigo associado aos equipamentos.

A Tabela 8 apresenta os sinais de perigo, acompanhados da respetiva descrição e dos riscos que justificam a sua aplicação. Esta medida visa reforçar a segurança dos utilizadores e garantir a adoção de práticas preventivas eficazes no local de trabalho.

Tabela 8 – Sinais de perigo propostos para colocação no laboratório elétrico.

Perigos	Descrição
	<ul style="list-style-type: none"> Existe um risco de choque elétrico devido à presença de condensadores carregados com alta tensão. Mesmo após o circuito ser desligado, os condensadores podem continuar a armazenar carga elétrica; O risco associado a este sinal de perigo é de eletrocussão.
	<ul style="list-style-type: none"> O equipamento ou a superfície podem atingir temperaturas elevadas durante a operação; O contacto pode causar queimaduras de pele; Estes riscos estão sobretudo associados ao uso das estufas (estufa ventilada OHM e estufa ventilada UT).
	<ul style="list-style-type: none"> O equipamento ou a superfície podem atingir temperaturas extremamente baixas durante a operação; O contacto com o equipamento ou a superfície pode causar congelamento, o que pode resultar em queimaduras na pele; Estes riscos estão sobretudo associados ao uso da estufa ventilada UT.

Tendo em conta a sinalização de perigo, e de forma a garantir a segurança dos colaboradores durante a realização de atividades no laboratório elétrico, foram definidos os EPI cujo uso é obrigatório em cada situação de risco identificada. A utilização correta destes equipamentos visa prevenir acidentes de trabalho causados por fatores mecânicos, elétricos, térmicos e sonoros. A Tabela 9 apresenta os EPI considerados essenciais,

acompanhados da respetiva descrição e justificação técnica para a sua aplicação no contexto das operações laboratoriais.

No laboratório, os EPI de uso mais relevante são os óculos e luvas na realização dos testes de *power dissipation*. Os protetores auriculares devem ser usados no manuseio de equipamentos de corte.

Tabela 9 – EPI propostos para colocação no laboratório elétrico.

EPI	Descrição
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O uso de óculos de proteção é obrigatório para evitar danos oculares causados por partículas metálicas, estilhaços de componentes, salpicos de solda e poeiras finas; ▪ Deve ser usado em testes de <i>power dissipation</i> e soldadura.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O uso de luvas isolantes é obrigatório durante a manipulação de condensadores carregados para prevenir o risco de choque elétrico. Este EPI deve ser utilizado sempre que haja possibilidade de contacto direto ou indireto com terminais com carga elétrica, nomeadamente durante operações de teste, descarga ou transporte; ▪ Deve ser usado em testes de <i>power dissipation</i>. ▪ O uso de luvas de proteção é obrigatório sempre que haja riscos de cortes ou contacto com superfícies aquecidas. Estas luvas devem ser utilizadas na execução de tarefas como a soldadura, engenharia reversa de condensadores, o manuseamento de ferramentas manuais e durante qualquer atividade que envolva objetos cortantes ou superfícies irregulares; ▪ Deve ser usado na soldadura e na utilização de ferramentas como o martelo e ferramentas de corte.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O uso de protetores auriculares é obrigatório sempre que haja risco de exposição a níveis elevados de ruído, a fim de prevenir danos auditivos. A sua utilização é essencial durante operações que envolvam equipamentos ou ferramentas com emissão sonora excessiva. ▪ Deve ser usado na utilização de equipamentos de corte.

Recomenda-se também o uso de óculos e luvas na realização dos processos de soldadura (Figura 51) e de luvas na utilização de ferramentas como o martelo e ferramentas de corte.



Figura 51 – Sinalética de EPI implementada na bancada de soldadura.

Foi também proposta a colocação de uma caixa de primeiros socorros no corredor, localizada a média distância entre o laboratório elétrico e o laboratório químico, de modo a servir ambos os espaços. Deve ser colocada sinalização visível no interior de cada um dos laboratórios, permitindo a sua rápida localização em caso de emergência.

A limpeza do laboratório é realizada semanalmente por colaboradores designados a essa função. No entanto, estes não têm autorização para intervir nas bancadas que contêm equipamentos, uma vez que a utilização de produtos poderia danificar os dispositivos. Ainda foi observado que após a execução das atividades laboratoriais, os colaboradores do laboratório não tinham o hábito de limpar a área de trabalho usada. Isto acontecia, uma vez que não existia material indicado para a sua limpeza.

Para colmatar essa lacuna, foi definido um local específico para colocação de material de limpeza de uso diário (Figura 52). Foi colocado um aspirador portátil, cuja utilização facilita a remoção de resíduos nas bancadas de forma rápida e segura, um rolo de papel e um produto de limpeza adequado à higienização das superfícies de trabalho. O produto de limpeza foi colocado numa prateleira contruída com o recurso a materiais reutilizados. Para a limpeza do pavimento, foram disponibilizados uma vassoura e um apanhador, de modo a permitir a eliminação de sujidade resultante das tarefas laboratoriais. Com o intuito de reforçar a importância da organização e garantir que estes eram colocados no devido lugar após a sua utilização, foi efetuado a marcação da localização com o auxílio de fita adesiva da localização do conjunto da vassoura e apanhador e também do rolo de papel. No caso do aspirador portátil, este tem um suporte de parede que foi devidamente instalado para facilitar o acesso e manuseio. Estas ações, embora simples, melhoraram as condições de higiene e reforçaram o compromisso dos colaboradores com as boas práticas de limpeza, organização e segurança no ambiente de trabalho laboratorial.



Figura 52 – Localização de material de limpeza no laboratório.

5.1.6. Proposta de Painel de Ferramentas e EPI

Considerando os problemas de falta de organização das ferramentas, da sua mistura e falta de uma localização específica, foi proposta a colocação de novos painéis de ferramentas e de EPI em locais de fácil acesso, conforme esquematizado na Figura 53.



Figura 53 – Ilustração da proposta de localização do painel de ferramentas e EPI.

A colocação de painéis de ferramentas de parede como o representado na Figura 54, facilita o acesso, a gestão visual e a organização de diversos itens necessários na realização dos testes. A centralização das ferramentas, parafusos e fitas adesivas neste painel de parede, permite uma identificação rápida dos recursos necessários para a execução de cada teste ou atividade. Este também contribui para uma arrumação eficiente de todos os itens após a utilização, definindo um local fixo para cada uma das ferramentas. A implementação de um painel específico para os EPI, permite a sua fácil visualização e acesso. Quando estes estão expostos, permite uma maior utilização por parte dos colaboradores, promovendo a segurança nas diferentes tarefas.



Figura 54 – Implementação de painel de parede para organização de ferramentas e EPI.

5.2. Proposta de Codificação e Identificação de Equipamentos

Como referido no processo de realização do inventário, verificou-se que alguns dos equipamentos do laboratório não estavam a ser utilizados, estando apenas a ocupar espaços úteis em diversos postos de trabalho. A lista destes equipamentos incluía um microscópio, uma câmara digital, um comparador digital e um aparelho de variações. A não utilização devia-se à sua não funcionalidade ou ao facto de terem sido substituídos por equipamentos mais recentes. Pondo em prática o primeiro princípio da metodologia 6S, a organização (*Seiri*), propôs-se que estes equipamentos fossem removidos do laboratório.

Para os restantes equipamentos que devem permanecer no laboratório, para manterem sempre a mesma localização, além de marcadas as respetivas áreas com o auxílio de fita adesiva, foi desenvolvida uma norma de codificação dos equipamentos para assegurar que as localizações não eram trocadas, sendo gerada uma referência inequívoca para cada um.

A norma de codificação criada foi dividida em três níveis (Figura 55), com o objetivo de garantir uma identificação clara e sistemática:

- Primeiro nível corresponde à categoria geral dos itens e neste caso, como se trata apenas de equipamentos, foi utilizada a designação Classe Equipamentos (CE).
- Segundo nível corresponde a uma subdivisão por famílias de equipamentos para facilitar a identificação da sua função. Foram definidas seis famílias para permitir uma distinção clara entre os diferentes tipos de equipamentos existentes no

laboratório: Impressão (01); Medida (02); Soldadura (03); Temperatura (04); Tensão (05); e Visual (06).

- Terceiro nível de codificação refere-se à identificação específica dos equipamentos dentro de cada família. Estes foram organizados por ordem alfabética, sendo atribuídos números sequenciais.

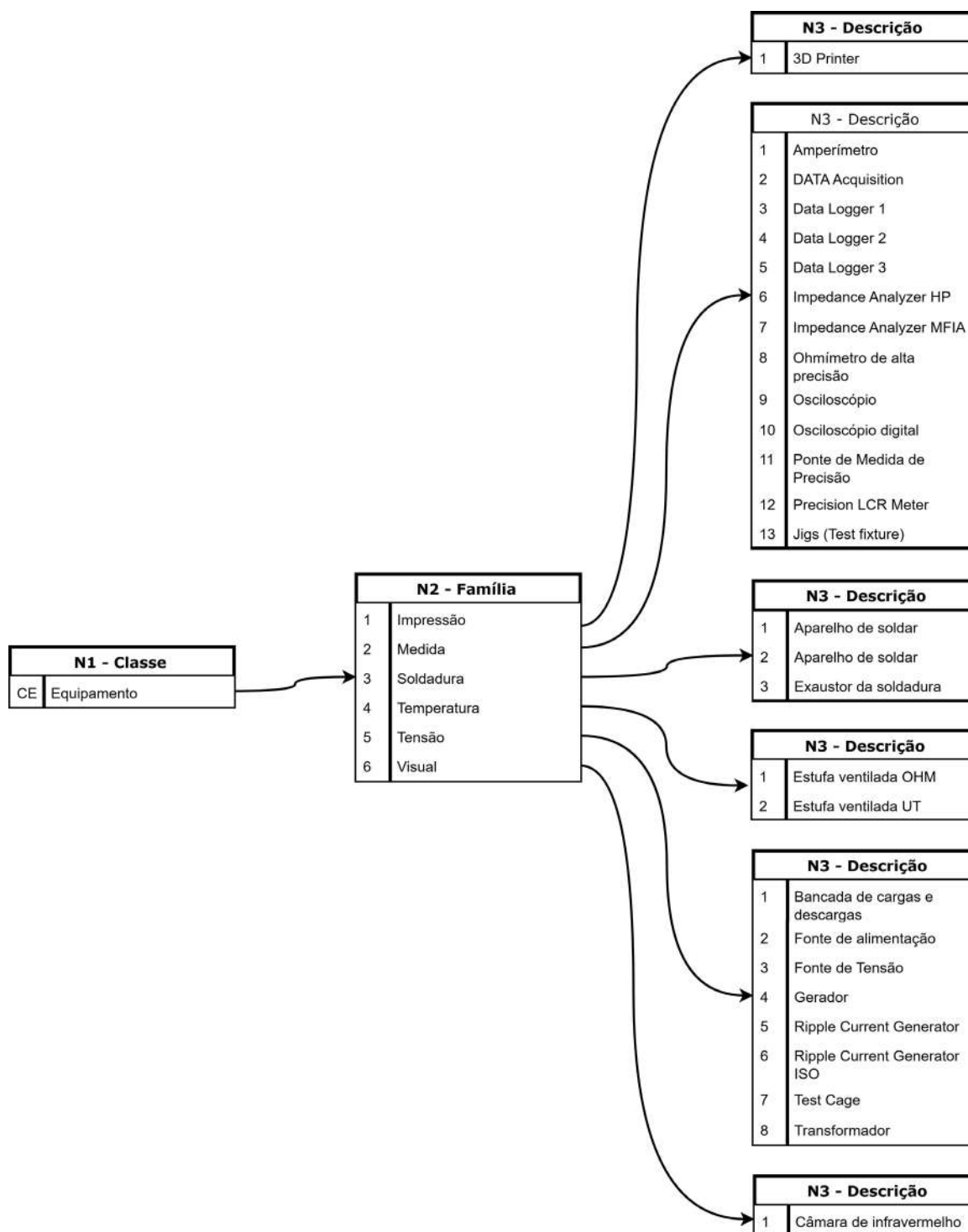


Figura 55 – Sistema e norma de codificação criada para os equipamentos.

A Figura 56, mostra um exemplo de código aplicado a um equipamento presente no laboratório identificado por “CE”. O número “02” identifica a família, neste caso de medida e o número “01” refere-se à descrição “amperímetro”.

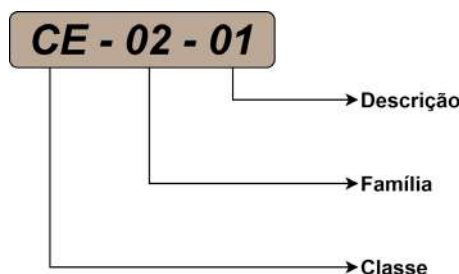


Figura 56 – Exemplo de codificação de um equipamento da família medida, descrito como amperímetro.

Também foram propostas novas etiquetas (Figura 57) e a sua colocação à frente e cada um dos equipamentos que se encontram nas bancadas (Figura 58). Para aqueles equipamentos de maiores dimensões que se encontram instalados no chão, estas etiquetas foram coladas na parede. Esta identificação inclui a referência, a classe e a família de cada um deles, tendo em conta o inventário realizado.

Etiqueta de Identificação:

Referência: _____

Classe: _____

Família: _____

Descrição: _____

Figura 57 – Etiqueta propostas de identificação dos equipamentos.



Figura 58 – Colocação das etiquetas para a identificação dos equipamentos.

Foi criada uma *checklist* para registar o levantamento dos equipamentos (Figura 59). Este documento contém o número do colaborador, a referência que contém na etiqueta, a data de levantamento, a data de entrega, a rubrica do colaborador e, por fim, o motivo do levantamento. Esta ferramenta permite identificar o motivo da saída dos diferentes itens do laboratório, bem como a sua localização e rastreabilidade. No Apêndice F pode ser consultada a tabela da base de dados da codificação dos equipamentos do laboratório que foi criada para consulta.

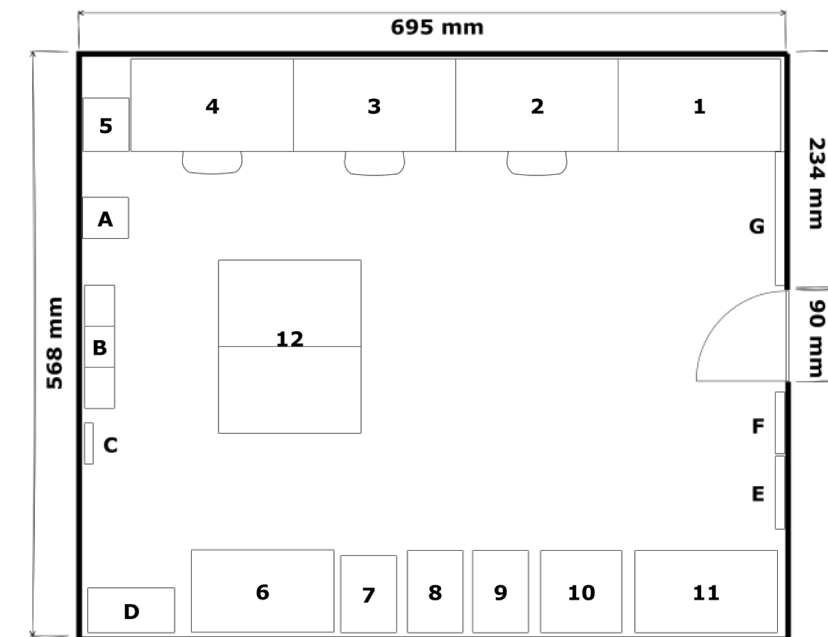


Figura 59 – *Checklist* de registro do levantamento dos equipamentos.

A proposta de alteração do *layout* do laboratório elétrico de R&D, baseia-se na necessidade de melhorar a gestão de espaço, definir a alocação e distribuição dos equipamentos de forma a reduzir os desperdícios de movimentação dos colaboradores. Para esse efeito, foi proposta uma reorganização de algumas posições, de modo a melhorar a fluidez da circulação interna. Nesse sentido, foram eliminadas algumas posições que não acrescentavam valor e ocupavam um espaço importante para a eficiência do laboratório, nomeadamente, os blocos de gavetas e o carro de apoio.

A bancada da impressora 3D foi realojada na posição 1, permitindo um acesso direto às ferramentas e reduzindo as distâncias efetuadas pelos colaboradores para reunirem todo o material que necessitavam para a realização da impressão. As bancadas (localização 12) foram reposicionadas lado a lado, de modo a libertar espaço no centro do laboratório, e facilitar as deslocações.

Foram ainda introduzidos novos elementos funcionais para apoiar as atividades do laboratório, como um suporte de bobina na posição 5, um cargas e descargas (posição 6) que é um equipamento que se encontra em fase de instalação, a estrutura de armazenamento de condensadores em fase de teste (posição A), um local para o material de limpeza (posição D), um painel de EPI (posição E) e um painel de ferramentas (posição G). Estas posições adicionais tornam o laboratório mais eficiente, apoiando os colaboradores na execução das atividades, conforme apresentado na Figura 60.



Legenda:

1	Bancada 3D	11	Bancada sem porta
2	Bancada Ferramentas	12	Bandadas de apoio
3	Mesa <i>Keysight</i> /MFIA	A	Armário de armazenamento
4	Bancada Soldadura	B	Zona Reciclagem
5	Suporte de bobinas	C	Manta Ignífuga
6	Cargas e descargas	D	Limpeza
7	<i>Peltier</i>	E	Painel de EPI
8	<i>Bridgepoint</i>	F	Quadro Elétrico
		G	

Figura 60 – Alteração da configuração do *layout* do laboratório elétrico proposta.

5.4. Adoção de Procedimentos Normalizados

A heterogeneidade de competências entre os colaboradores, nomeadamente na execução de testes de caracterização de condensadores e nos testes de *power dissipation*, revelou a necessidade de implementar procedimentos normalizados, seja por falta de formação específica, seja pelo facto de alguns realizarem essas atividades esporadicamente. A normalização é uma estratégia essencial para assegurar a consistência, a eficiência e a qualidade das operações realizadas.

Os procedimentos normalizados no laboratório permitem minimizar a variabilidade na execução das tarefas, reduzir desperdícios, erros de execução dos testes e garante o cumprimento dos requisitos técnicos, regulamentares e de segurança. Ao documentar cada etapa dos testes de forma clara e objetiva, é disponibilizado aos colaboradores um documento estruturado de atuação que não só uniformiza as práticas de trabalho, como também facilita a integração de novos elementos na equipa.

Para isso foram elaboradas três Instruções de Trabalho (IT), duas de caracterização dos condensadores (uma IT para a realização do teste com o MFIA *Impedance Analyzer* e outra IT para a realização do teste com a ponte de medida de precisão) e uma IT para o teste de *power dissipation*. Como exemplo, apresenta-se a IT do Apêndice G relativa à definição do procedimento de realização do teste de caracterização dos condensadores com o MFIA *Impedance Analyzer*. As IT têm a seguinte estrutura:

- Introdução e descrição do equipamento;
- Especificações básicas e parâmetros de medição;
- Recomendações de segurança associados à utilização do equipamento;
- Lista de materiais e acessórios necessários para a realização das operações;
- Procedimento detalhado de utilização do equipamento, apresentando sequencialmente todos os passos necessários para a correta execução das instruções.

A adoção de instruções de trabalho garante que os equipamentos laboratoriais são utilizados corretamente e eficiente, evitando avarias, desgaste desnecessários ou leituras imprecisas causadas por um uso incorreto. Esta abordagem reforça a fiabilidade dos resultados obtidos e contribui para o desenvolvimento de uma cultura organizacional baseada na melhoria contínua, na aprendizagem e na partilha de boas práticas.

6. Análise dos Resultados do Plano de Melhoria Contínua

Neste capítulo efetua-se uma análise crítica da implementação do plano de melhoria contínua implementado no laboratório elétrico de R&D, tendo, sempre que possível apresentando a quantificação dos benefícios.

6.1. Melhoria da Organização e Gestão Visual

Considerando a grande parte das propostas de melhorias implementadas – organizar ferramentas e EPI, organizar bancada de soldadura; organizar cabos e bobines, organizar *jigs* e rolos de filamento da impressora 3D, armazenar adequadamente os condensadores, implementar sinalética de segurança e codificar e arrumar os equipamentos – as quais seguiram os princípios da metodologia 6S, é essencial definir uma estratégia para avaliar os seus impactos.

Verificou-se assim que o laboratório elétrico não tinha nenhum meio de monitorizar a aplicação para avaliar a metodologia dos 6S, o que conduziu ao desenvolvimento de uma auditoria ajustada às necessidades do ambiente em questão. Foi realizada uma avaliação antes (Apêndice H) e uma após (Apêndice I) a implementação do plano de melhoria.

A estruturação da auditoria abrange a análise de todos os itens que foram alvo de alteração, dividida pelos 6 sentidos, tendo sido elaborado um conjunto de quatro perguntas de avaliação. Cada questão foi pontuada numa escala de 1 a 5, permitindo uma pontuação máxima de 20 pontos por sentido e um total cumulativo de 120 pontos. Os sentidos de utilização, organização, disciplina e segurança foram classificados com uma escala de: “Nenhum (1), Poucos (2), Alguns (3), Muitos (4) e Todos (5)”. Os sentidos da limpeza e da uniformização foram classificados com uma escala de: “Muito Má (1), Má (2), Média (3), Boa (4) e Excelente (5)”. A utilização de uma escala de cinco níveis permitiu ao auditor indicar um posicionamento de neutralidade relativamente às questões colocadas, além de favorecer uma análise mais detalhada das condições em análise.

A Figura 61 apresenta os resultados das auditorias de cada sentido aplicado no laboratório elétrico antes e depois da implementação das melhorias. A análise baseia-se na comparação da percentagem da pontuação obtida em cada sentido relativamente à pontuação máxima passível de ser obtida. De forma geral, a classificação em todos os sentidos da auditoria obteve uma classificação superior após a implementação das propostas do plano de melhoria contínua.

A classificação do senso de utilização passou de 11 pontos (55% da classificação) para 18 pontos (90% da classificação), o que evidencia o sucesso da triagem de materiais efetuada, onde uma grande parte dos itens desnecessários foram eliminados. O senso de organização passou de 10 pontos (50% da classificação) para 20 pontos (100% da classificação), o que indica que todos os itens passaram a ter um local definido e foram devidamente organizados. O senso de limpeza passou de 12 pontos (60% da classificação) para 19 pontos (95% da classificação), o que revela um maior empenho dos colaboradores manutenção da limpeza das áreas de trabalho. O senso da padronização aumentou de 9 pontos (45% da classificação) para 20 pontos (100% da classificação), demonstrando a implementação de práticas padronizadas no local de trabalho. Embora o senso da disciplina tenha registado uma valorização inferior após as melhorias, apresentou um incremento de classificação considerável de 40% para 85% da classificação, apontando para a existência de oportunidade de melhoria neste domínio. Por fim, o senso da segurança passou de uma classificação de 11 para 19 pontos (ou seja, de 55% para 95% da classificação), o que reforça a existência de um ambiente mais seguro e saudável.

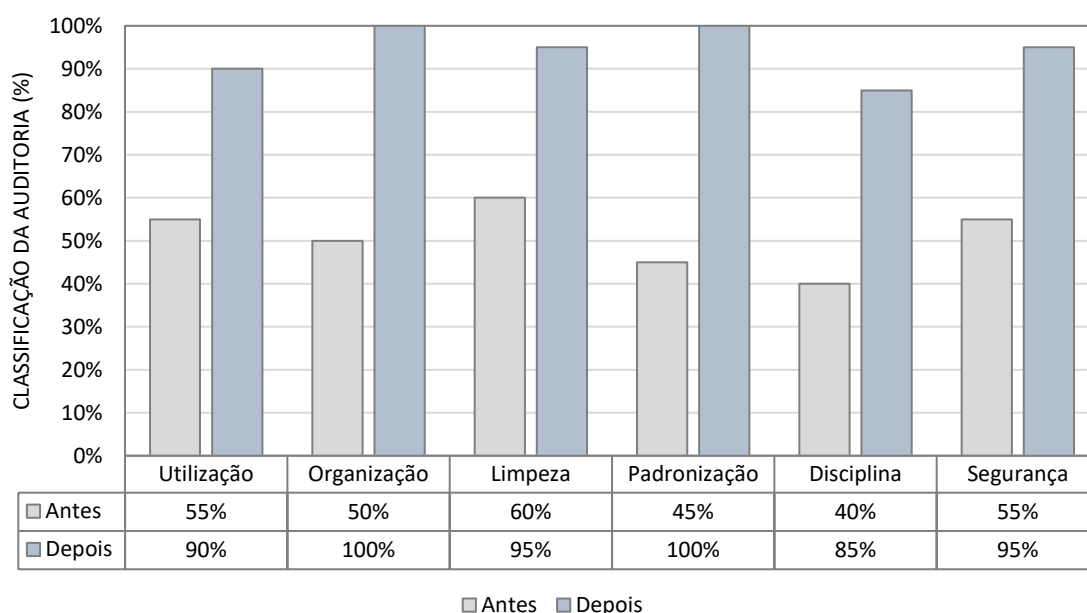


Figura 61 – Classificação da auditoria por senso antes e depois da implementação das melhorias.

Apesar da melhoria observada em todos os sensores, existem ainda algumas oportunidades que podem ser exploradas. Em relação ao senso de utilização, sugere-se uma nova iteração de triagem para identificar equipamentos e/ou ferramentas que possam ser definidos em locais de maior necessidade de uso. Outro aspeto a melhorar é o conhecimento das práticas 6S e das normas estabelecidas no laboratório por parte dos colaboradores.

Este aspeto pode ser melhorado com a implementação de ações de formação a esses colaboradores. Essas ações de formação podem também incluir ações de alerta para a necessidade de uso dos EPI.

Desta forma, efetuando uma análise comparativa da auditoria 6S antes e após a implementação das propostas de melhoria, pode-se verificar que a pontuação teve um aumento de 61 pontos (51% da classificação total) para 113 pontos (94% da classificação total). A Figura 62 ilustra através de um gráfico de velocímetro esta comparação da classificação total.



Figura 62 – Comparação da pontuação total das auditorias realizadas (antes e após as melhorias).

Após esta análise dos dados, foi observado que as implementações das melhorias tiveram um impacto positivo. A evolução observada em todos os sensores evidencia uma transformação ampla e consistente que refletiu alterações na cultura organizacional e nos comportamentos operacionais do laboratório. Além disso, a diferença entre os resultados antes e depois das intervenções, segundo a auditoria implementada, demonstra que o sistema de avaliação adotado foi eficaz, tanto para diagnosticar as fragilidades iniciais, como para acompanhar de forma objetiva os progressos alcançados.

6.2. Redução das Movimentações e Tempos Improdutivos

Após a implementação da alteração do *layout* no laboratório elétrico, foi elaborado um novo diagrama de *spaghetti* com o objetivo de avaliar o impacto das melhorias efetuadas nos fluxos de trabalho e na organização do espaço. A Figura 63 mostra as deslocamentos efetuados pelos colaboradores durante a execução das três atividades distintas no laboratório elétrico, o teste de caracterização do condensador, o teste de *power dissipation* e a realização de uma impressão 3D. A análise do traçado das linhas representativas dos fluxos de movimentação permite comparar, de forma objetiva, a eficiência e a organização do espaço antes e depois das melhorias.

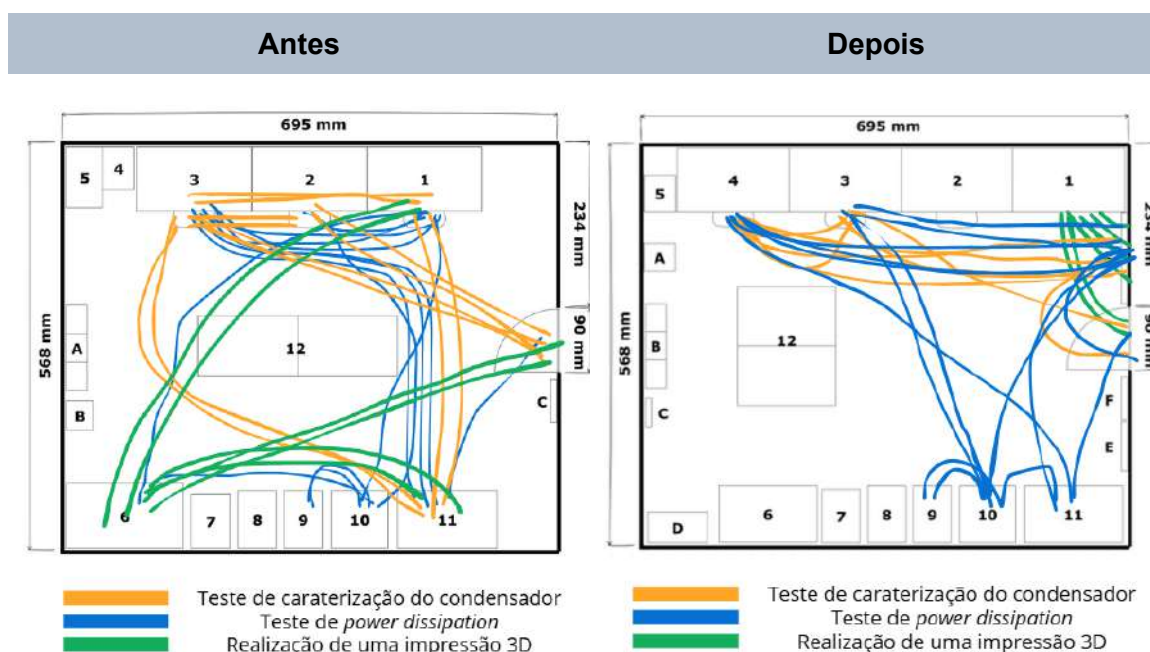


Figura 63 – Diagrama de *spaghetti* antes e depois da implementação da alteração de *layout*.

No teste de caracterização do condensador, representado pela cor laranja, verificou-se uma redução das deslocações efetuadas e uma maior concentração dos movimentos entre as localizações G, 3 e 4, o que indica uma melhoria na disposição das ferramentas utilizadas durante o teste e contribuiu para a redução do tempo de execução e minimização de perdas associadas aos tempos de procura.

Relativamente ao teste de *power dissipation*, representado pela cor azul, no *layout* anterior existia um elevado número de fluxos de movimentação entre as localizações 3, 11 e 1 e 3. A nova disposição revela maior linearidade e organização dos fluxos de movimento. As deslocações continuam a envolver várias localizações (G, 3, 4, 9, 10 e 11), mas atendendo às propostas de organização e gestão visual, verificam-se deslocações mais orientadas, o que evidencia uma reorganização eficaz dos materiais e ferramentas usados.

Assim, quer na realização dos testes de caracterização de condensadores como nos testes de *power dissipation* registam-se melhorias que se traduzem numa execução mais fluida e eficiente, com menor desperdício de tempo e de deslocações.

No caso da impressão 3D, que foi registada com a cor verde, verificou-se uma redução da distância de movimentação, com trajetos curtos e bem delimitados entre as localizações G e 1, ao contrário do que acontecia no *layout* anterior, em que os movimentos eram mais dispersos.

O novo diagrama mostra que todos os recursos necessários à atividade estão reagrupados de forma lógica e acessível, o que facilita a operação e elimina a necessidade de deslocamentos para zonas distantes. Esta alteração melhorou a eficiência ao limitar as deslocamentos desnecessárias no espaço de trabalho.

A Tabela 10 apresenta uma comparação das distâncias percorridas pelos colaboradores antes e depois das alterações do *layout* do laboratório elétrico, com vista a avaliar a redução das deslocamentos durante a realização das principais atividades – testes de caracterização dos condensadores, testes de *power dissipation* e impressão 3D.

Inicialmente, no teste de caracterização do condensador, o colaborador percorria mais de 38 metros para concluir. Após as alterações do *layout*, a distância foi reduzida para 28 metros, o que corresponde a uma redução de movimentações de cerca de 26,32%. No caso do teste de *power dissipation*, a distância percorrida passou de 44 para 34 metros, o que corresponde a uma diminuição de 22,73% nas movimentações realizadas para a sua execução. Por fim, na atividade de impressão 3D, observou-se a maior redução de movimentações. A distância, que inicialmente era de 33 metros, foi reduzida para 8 metros, o que representa uma melhoria de 75,76%. Estes resultados demonstram a eficácia das alterações no laboratório, evidenciando melhorias substanciais na eficiência operacional. No conjunto das 3 atividades houve uma poupança de 45 metros percorridos, resultando numa redução de movimentos de 39,13%.

Tabela 10 – Análise da redução de movimentações com a implementação do plano de melhoria.

	Distância percorrida antes (metros)	Distância percorrida depois (metros)	Redução de movimentações
Teste de caracterização do condensador	>38*	28	26,32%
Teste de <i>power dissipation</i>	44	34	22,73%
Impressão 3D	33	8	75,76%
Total	115	70	39,13%

*Observou-se uma saída do laboratório, sendo que as distâncias percorridas fora do laboratório não foram quantificadas.

Com base na análise dos diagramas de sequência foram também analisados os tempos de realização dos testes de caracterização dos condensadores e de *power dissipation*. Considerando o benefício subjacentes à organização dos equipamentos, ferramentas e consumíveis, foi considerada a eliminação dos tempos que os colaboradores gastavam nos

processos de procura dos diferentes itens necessários em cada teste, conforme apresentado na Tabela 11. No teste de caracterização de condensadores registou-se uma redução de 583 segundos (cerca de 9 minutos), o que corresponde a uma poupança de 31,16% do tempo de realização deste teste. No caso do teste de *power dissipation*, verificou-se uma redução de 1 288 segundos (cerca de 21 minutos), o que corresponde a uma poupança de 6,83% do tempo de realização do teste. Considerando os dois testes, estimou-se uma redução de tempos improdutivos de 1871 segundos (cerca de 31 minutos). Saliente-se que só foi possível efetuar esta análise para o teste de caracterização de condensadores e de *power dissipation*, pois não foram recolhidos tempos antes e depois da implementação do plano de melhoria relativos à atividade de impressão 3D. Por não se tratar da realização de um teste, esta atividade não teve tempos registados.

Tabela 11 – Análise da redução dos tempos improdutivos com a implementação do plano de melhoria.

	Tempo antes (segundos)	Tempo depois (segundos)	Poupança de tempo
Teste de caracterização do condensador	1 872	1 288	31,16%
Teste de <i>power dissipation</i>	18 848	17 560	6,83%
Total	20 719	18 848	9,03%

6.3. Avaliação dos Custos de Implementação do Plano de Melhoria

A implementação de propostas no âmbito do plano de melhoria contínua teve custos associados, sendo, por isso, essencial proceder à sua análise. A Tabela 12 apresenta os custos, sem imputação de Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA), correspondentes a cada uma das propostas de melhoria implementadas no laboratório elétrico.

O custo total das propostas foi de 630,13 Euros, valor que reflete o investimento realizado, em intervenções específicas. É importante salientar que algumas propostas foram executadas sem custos diretos, tendo sido utilizados recursos já disponíveis na empresa. A proposta de organização da bancada de soldadura e Keysight/MFIA e a alteração do *layout* do laboratório, foram classificadas como PI, uma vez que foram realizadas com o aproveitamento de materiais existentes na empresa.

No caso da proposta de organização dos *jigs* e dos rolos de filamento da impressora 3D, não foi possível identificar os custos associados, visto que a aquisição dos materiais foi responsabilidade do departamento de manutenção.

Tabela 12 – Custos da implementação das propostas de melhoria contínua.

Proposta	Custos
Proposta de Painel de Ferramentas e EPI	91,63 €
Proposta de Organização da Bancada de Soldadura e <i>Keysight</i> /MFIA	PI
Proposta de Organização de Cabos e Bobinas	12,00 €
Proposta de Organização de <i>Jigs</i> e Rolos de Filamento da Impressora 3D	NA
Proposta de Estrutura de Armazenamento para Condensadores	465,00 €
Proposta de Implementação de Sinalética de Segurança e Limpeza	46,50 €
Proposta de Codificação e Identificação de Equipamentos	15,00 €
Proposta de Alteração do <i>Layout</i> do Laboratório	PI
Total	630,13 €

Entre as propostas com custos associados, destaca-se a implementação do painel de ferramentas e de EPI, que representou um investimento total de 91,63 Euros. Esta proposta teve como objetivo melhorar a arrumação, facilitar o acesso e melhorar a identificação visual das ferramentas e EPI. A proposta de organização de cabos e bobinas implicou um custo de 12 Euros, destinados à aquisição de suportes que evitassem cabos desorganizados e pendurados, contribuindo assim para um ambiente de trabalho mais seguro e funcional.

A proposta que exigiu o maior investimento foi a estrutura de armazenamento dos condensadores, com um custo de 465 Euros, dada a necessidade de esta estrutura ser personalizada de acordo com o espaço disponível e as características específicas necessárias. Adicionalmente, foram despendidos 46,50 Euros para a implementação de sinalética de segurança e limpeza, montante que incluiu a aquisição de material de limpeza. Por fim, a proposta de codificação e identificação dos equipamentos implicou um custo de 15 Euros, correspondente à encomenda de impressão das novas etiquetas destinadas à uniformização e rastreabilidade dos equipamentos utilizados no laboratório.

Considerando a redução de tempos improdutivos que foi possível estimar na realização de um teste de caracterização de condensadores e de *power dissipation* com a implementação do plano de melhoria, e sem quantificar outros potenciais ganhos, pode-se estimar o *payback* (rácio entre o investimento e a poupança gerada).

Para efeitos de cálculo, optou-se por assumir como valor de referência o salário médio nacional em 2025 de 1 525 €, o que corresponde a um custo por hora de 9,53 €. Assim, a redução de tempos improdutivos de 1871 segundos (cerca de 31 minutos) permite uma poupança de mão-de-obra no valor de 4,95 €/colaborador (1,54 €/colaborador no caso do teste de caracterização de um condensador e 3,41 €/colaborador no caso da realização de um teste de *power dissipation*).

De acordo com a informação disponibilizada pela empresa, são realizados, em média, 50 testes de caracterização de condensadores 20 testes de *power dissipation* no laboratório ao longo de um ano. Com base nestes cálculos, o investimento é recuperado em 4,3 anos. A Tabela 13 apresenta o resumo desta análise. Apesar da simplicidade desta análise, este é um bom indicador, pois indica o tempo necessário para recuperar o investimento com base no montante direto resultante de melhoria. Todavia, desconsidera os benefícios indiretos e não avalia a rentabilidade total do projeto.

Tabela 13 – Cálculo do *payback* do investimento do plano de melhoria.

Proposta	Valor
Custo homem-hora de referência	9,53 €/hora
Valor monetário da poupança em mão-de-obra obtido com a redução de tempos improdutivos	4,95 €/colaborador
<i>Payback</i> considerando a realização de 50 testes de caracterização e 20 de <i>power dissipation</i> por ano	≈ 4,3 anos

6.4. Apreciação Global do Plano de Melhoria

Para avaliar o impacto das melhorias no laboratório elétrico junto dos cinco colaboradores que o utilizam regularmente na realização de testes de condensadores, foi realizado um breve inquérito de satisfação (Apêndice J), composto por cinco perguntas de respostas fechadas, baseadas na aplicação de escala de *Liker* e uma questão de resposta aberta.

A Figura 64 mostra os resultados da primeira questão relacionada com a organização de equipamentos, ferramentas e consumíveis. A esta questão foi obtida um resultado unânime, todos os colaboradores concordaram totalmente com as melhorias efetuadas, evidenciando uma maior organização do laboratório.

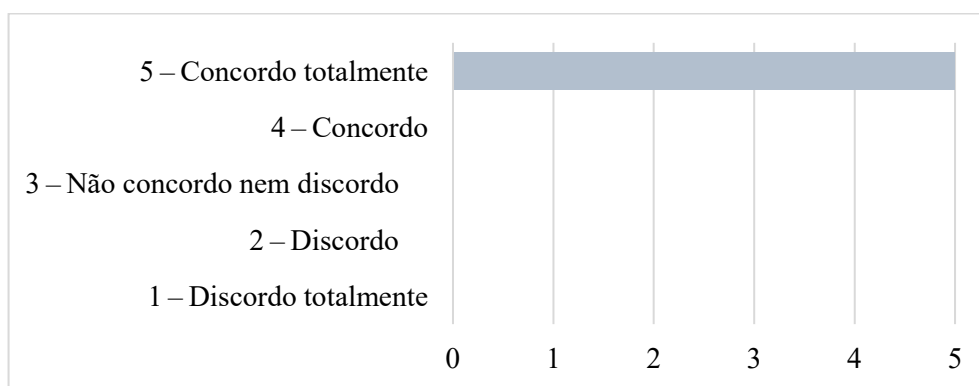


Figura 64 – Avaliação da organização de equipamentos, ferramentas e consumíveis.

A Figura 65 mostra os resultados na segunda questão, referente à clareza da gestão visual: “Com a implementação do plano de melhoria contínua no laboratório, as sinalizações, demarcações e quadros visuais implantados tornaram mais fácil identificar fluxos de trabalho, zonas de risco e locais de armazenamento?”. Três colaboradores concordaram totalmente e dois deles concordaram, o que indica uma melhoria na identificação dos fluxos de trabalho, zonas de risco e os locais de armazenamento.

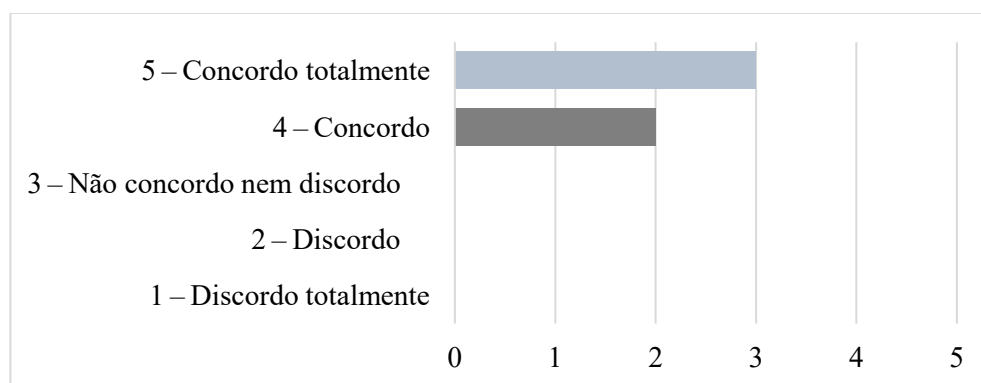


Figura 65 – Avaliação da clareza da gestão visual.

A Figura 66 apresenta os resultados da terceira questão, sobre a melhoria da eficiência dos processos: “Com as práticas 6S e gestão visual, perceciono a redução no tempo de setup (redução dos tempos de recolha (picking) das ferramentas, materiais e consumíveis) necessários à preparação e realização dos testes no laboratório?”. Quatro colaboradores concordaram totalmente e um concordou, proporcionando uma melhoria clara na preparação e execução dos testes.

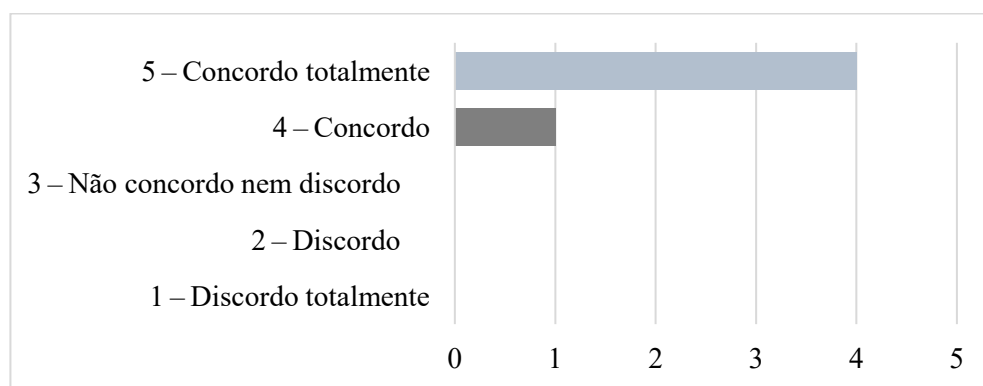


Figura 66 – Avaliação a melhoria da eficiência dos processos.

A Figura 67 mostra os resultados da questão da sustentação e disciplina dos sentidos *Seiketsu* e *Shitsuke*: “Os colaboradores do laboratório mantêm de forma consistente os padrões estabelecidos pela metodologia 6S, sem “voltar aos hábitos antigos”, garantindo a melhoria contínua?”. Três dos colaboradores responderam que concordaram totalmente e dois responderam que concordaram que os dois sentidos são mantidos de forma consistente, garantindo os padrões estabelecida pela metodologia.

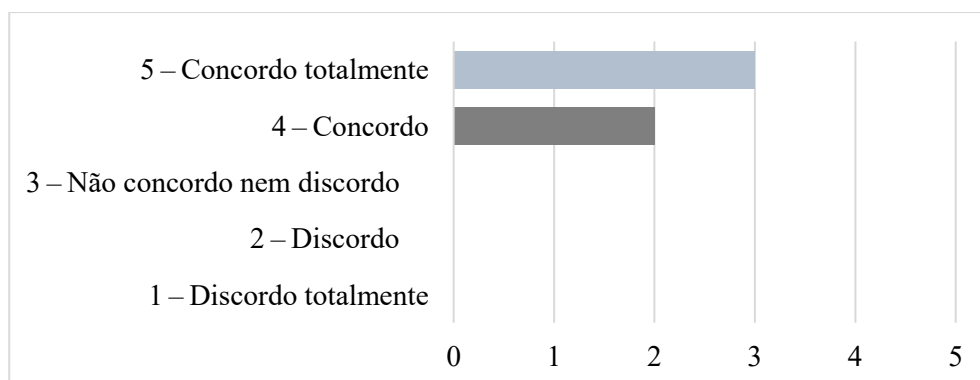


Figura 67 – Avaliação da sustentação e disciplina do 6S (*Seiketsu* e *Shitsuke*).

A Figura 68 mostra os resultados da questão relacionada com a satisfação global das melhorias efetuadas: “Qual é o seu nível de satisfação geral com o plano de melhoria contínua (6S + gestão visual) implementado nesta área de testes de condensadores?”, quatro responderam que estavam muito satisfeitos e apenas um ficou satisfeito com as alterações efetuadas no laboratório.

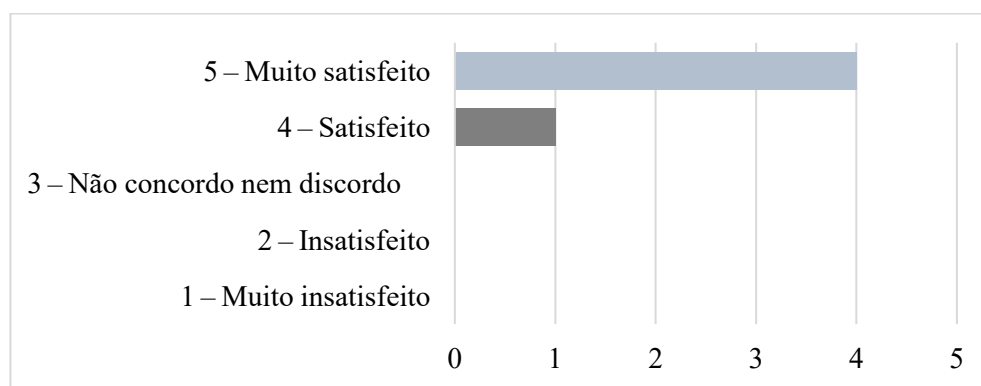


Figura 68 – Avaliação da satisfação global.

Por fim, a questão de resposta aberta, teve o objetivo de permitir que cada colaborador pudesse dar algumas sugestões para melhorar o fluxo de trabalho no laboratório.

Dois dos colaboradores indicaram que não tinham sugestões a acrescentar. Um terceiro colaborador referiu a necessidade de organizar os *jigs*, tendo sido proposto anteriormente, mas por depender do departamento da manutenção, não foi possível a aplicação uma vez que se encontravam com elevada carga de trabalho.

Outro colaborador apontou a necessidade de melhorar o *setup* dos equipamentos de *power dissipation*, mas também referiu que devido às ligações entre eles e o *design* da estufa, seria difícil de alcançar uma melhoria superior à que tinha sido alcançada com o presente plano de melhoria implementado.

Por fim, um quinto colaborador destacou a necessidade de implementar IT específicas para cada tipo de condensador e metodologias associadas a cada tipo de teste. No entanto, esta sugestão apresenta limitações práticas, uma vez que se tratam de testes em condensadores em fase de investigação e desenvolvimento, ou seja, estão sujeitos a alterações frequentes. Em contrapartida foram realizadas IT gerais para a realização de cada tipo de teste, o que também representou um passo importante para a normalização dos procedimentos de trabalho.

7. Principais Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões sobre o trabalho realizado, as limitações sentidas no decorrer do desenvolvimento do projeto e, por último, as propostas de trabalho futuro.

7.1. Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo principal aplicar ferramentas de melhoria contínua, com base nos princípios do *Lean Manufacturing*, ao laboratório elétrico de R&D da empresa VEP, uma empresa focada na produção de componentes eletrônicos, nomeadamente, condensadores de filme metalizados. Nesse sentido, procurou-se responder à pergunta de investigação: *Que ferramentas de melhoria contínua e Gestão Visual podem ser implementadas para melhorar a organização do laboratório elétrico?*

A resposta a esta questão foi obtida através da aplicação prática da metodologia 6S, a Gestão Visual e da ferramenta 5W2H, complementadas pelos diagramas de sequência e *spaghetti*. Estas ferramentas permitiram identificar oportunidades de melhoria e implementar um conjunto de ações, como a criação de sistemas de arrumação e organização de equipamentos, ferramentas e consumíveis, alteração do *layout* do laboratório, a definição de procedimentos normalizados e a introdução de sinalização de segurança.

A implementação destas ferramentas resultou numa melhoria da organização do espaço, na diminuição de movimentos desnecessários e no reforço da eficácia da gestão visual, contribuindo claramente para uma maior eficiência na realização das atividades laboratoriais, nomeadamente, os testes de caracterização de condensadores e os testes de *power dissipation*. Estes ganhos traduziram-se em benefícios operacionais mensuráveis e numa maior satisfação dos colaboradores.

A utilização integrada das ferramentas permitiu alcançar melhorias substanciais em termos de eficiência operacional e segurança e redução de desperdícios como as movimentações e tempos improdutivos. A implementação das propostas de melhoria resultou numa diminuição das movimentações associadas às atividades laboratoriais, nomeadamente uma redução de 26,32% na distância percorrida por cada colaborador na realização do teste de caracterização de condensadores, de 22,73% na distância percorrida por cada colaborador na realização do teste de *power dissipation* e de 75,76% na atividade de impressão 3D, que representou a maior redução observada.

Quanto à diminuição dos tempos improdutivos, foram igualmente verificadas melhorias. Considerando a eliminação dos tempos que os colaboradores gastavam na procura dos equipamentos, ferramentas e materiais, foi possível reduzir 583 segundos (cerca de 9,72 minutos) na realização do de caracterização de condensador, uma poupança de 31,16%. Relativamente ao teste de *power dissipation*, estimou-se uma redução de 1288 segundos (cerca de 21,47 minutos) do tempo de realização de cada teste, ou seja, menos 6,83% do tempo improdutivo por teste.

De forma a avaliar o impacto do plano de melhoria contínua, foi proposta uma auditoria 6S, ajustada às características do laboratório. As auditorias 6S, realizadas antes e após a implementação das ações de melhoria, evidenciaram progressos consideráveis nos diferentes domínios avaliados pela metodologia. Em 120 pontos possíveis, a auditoria antes da implementação do plano de melhoria contínua resultou numa classificação de 61 pontos (51%), enquanto que a auditoria após a implementação resultou numa avaliação de 113 pontos (94% da classificação total). A disciplina é o senso mais difícil de manter as boas práticas, existindo espaço para implementação de mais melhorias.

A implementação de auditorias fomenta a disciplina e a sustentabilidade da metodologia 6S, promovendo um ciclo de melhoria contínua. Além de melhorar a organização e segurança, contribui diretamente para a eficiência, qualidade e cultura organizacionais.

A implementação deste plano de melhoria contínua resultou no apuramento de um custo estimado de 630,13€. Apesar de difícil quantificação, este investimento é representativo de um conjunto de melhorias, quer a nível de organização como de Gestão Visual, melhorias essas que têm um importante impacto na eficiência operacional das atividades do laboratório. Não obstante, se for considerada a redução de tempos improdutivos de 1871 segundos (cerca de 31 minutos), estima-se uma poupança de mão-de-obra no valor de 4,95 €/colaborador. Assim, na realização de 50 testes de caracterização de condensadores 20 testes de *power dissipation* por ano, é estimado um *payback* de 4,3 anos.

Este projeto demonstrou a importância da aplicação das ferramentas de melhoria contínua em contextos não produtivos, nomeadamente em ambientes laboratoriais, onde foi possível verificar a sua utilidade e eficácia. Os resultados obtidos reforçam o valor da melhoria contínua enquanto prática sistemática e sustentada, com impactos positivos na qualidade do trabalho realizado e na motivação das equipas envolvidas.

7.2. Limitações

Apesar dos resultados alcançados com a implementação do plano de melhoria, é fundamental reconhecer as limitações que surgiram ao longo do desenvolvimento do projeto. Uma das principais restrições foi o facto de a intervenção ter ocorrido exclusivamente num laboratório com uma área física limitada, o que dificultou a aplicação de ferramentas de análise mais robustas, frequentemente utilizadas para a reorganização de *layouts* produtivos.

Além disso, durante a fase inicial do projeto, verificou-se uma reduzida frequência de atividades laboratoriais, o que comprometeu a análise temporal dos testes realizados. Esta baixa frequência deveu-se, sobretudo, ao facto do departamento de R&D estar concentrado noutras prioridades e necessidades operacionais da organização.

7.3. Propostas de Trabalho Futuro

Para trabalhos futuros, é fundamental dar seguimento à implementação das propostas que ficaram por concretizar. A proposta de implementação das gavetas de arrumação dos *jigs*, permite melhorar a Gestão Visual, pois estas podem ser puxadas para fora da estrutura da bancada, o que facilita na escolha do *jig*, independentemente da profundidade da bancada. Esta melhoria contribui para a organização e para a redução do tempo de procura (*picking*).

A implementação da proposta da colocação de uma caixa de primeiros socorros no corredor, uma vez que não existe nenhuma nas proximidades e, num eventual acidente ou emergência, condiciona o tempo de resposta no socorro.

Adicionalmente, seria pertinente estender este projeto ao laboratório químico e à linha do R&D. A aplicação dos princípios da metodologia 6S e a Gestão Visual nesses espaços seria fundamental para melhorar os fluxos do trabalho, da organização do espaço e da eficiência operacional.

Referências Bibliográficas

- Andrade, S. M. (2021). *Redução de stocks numa linha de produção* [Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Operações]. Universidade Lusíada – Norte, Campus de Vila Nova de Famalicão.
- Araújo, A. L. S. de. (2017). Implantação das ferramentas 5S e 5W2H como plano de ação no setor de oficina em uma empresa de automóveis na cidade de João Pessoa [Projeto final de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica, Universidade Federal da Paraíba]. (Issue 1). <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13421>
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 34, Issue 7, pp. 876–940). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bjurling-Sjöberg, P., Pöder, U., Jansson, I., Wadensten, B., & Nordgren, L. (2021). Action research improved general prerequisites for evidence-based practice. *Heliyon*, 7(4), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06814>
- Bragança, S., & Costa, E. (2015). An Application of the Lean Production Tool Standard Work. *Jurnal Teknologi*, 76(1). <https://doi.org/10.11113/jt.v76.3659>
- Chauhan, G., & Singh, T. P. (2012). Measuring parameters of lean manufacturing realization. *Measuring Business Excellence*, 16(3), 57–71. <https://doi.org/10.1108/13683041211257411>
- Chawathe, T., Devkar, G., & Yesudasan, L. (2023). Investigating the application of lean tools in the design of healthcare facilities. *Architectural Engineering and Design Management*, 20(4), 1–23. <https://doi.org/10.1080/17452007.2023.2270659>
- Citeve. (2012). *Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV*.
- CLT Services. (2018). *OS OITO DESPERDÍCIOS-CLT VALUEBASED SERVICES*. CLT Valuebased Publishing. www.cltservices.net
- Coutinho, C., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, J., & Vieira, S. (2009). Investigação-Ação: Metodologia preferencial nas Práticas Educativas. *nº2, XIII*, 355–380.
- Czifra, G., Szabó, P., Míkva, M., & Vaňová, J. (2019). Lean Principles Application in the Automotive Industry. *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(5), 43–62. <https://doi.org/10.12700/APH.16.5.2019.5.3>

- Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 187–210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028>
- Eden, C., & Ackermann, F. (2018). Theory into practice, practice to theory: Action research in method development. *European Journal of Operational Research*, 271(3), 1145–1155. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.061>
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). The Toyota Way. In *Lean Construction Management* (pp. 49–100). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-287-014-8_4
- Hys, K., & Domagała, A. (2018). Application of spaghetti chart for production process streamlining. Case study. *Archives of Materials Science and Engineering*, 2(89), 64–71. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.7173>
- Jiménez, M., Espinosa, M. D. M., Domínguez, M., Romero, M., & Awad, T. (2021). Adaptation of the Lean 6S Methodology in an Industrial Environment under Sustainability and Industry 4.0 Criteria. *Sustainability*, 13(22), 12449. <https://doi.org/10.3390/su132212449>
- Kemet. (2013). *Introduction to Capacitor Technologies. What is a Capacitor?* https://www.mouser.com/pdfDocs/eb1001_what_is_a_capacitor.pdf
- Lucinda, M. A. (2016). Análise e Melhoria de Processos - Uma Abordagem Prática para Micro e Pequenas Empresas. *Simplíssimo Livros Ltda*, 66, 106.
- 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>
- Miguel, A. (2010a). Aspectos Organizacionais da Função Higiene e Segurança. In Porto Editora (Ed.), *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (11th ed., pp. 61–68). Porto Editora.
- Miguel, A. (2010b). Equipamentos de Proteção Individual. In Porto Editora (Ed.), *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (11th ed., pp. 69–97). Porto Editora.
- Miguel, A. (2010c). Sinalização de Segurança. In Porto Editora (Ed.), *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (11th ed., pp. 425–429). Porto Editora.
- Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A. (2018). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(6), 899–919. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>

- Nayak, A., & Raghatate, K. S. (2024). Exploring the Impact of Organizational Initiatives on Work Environment Safety and Health for Public Health. *South Eastern European Journal of Public Health*, 240–245. <https://doi.org/10.70135/seejph.vi.924>
- Pinto, J. (2014). *Pensamento Lean: A Filosofia das Organizações Vencedoras* (6th ed.). Lidel.
- Pinto, J., Matias, J., Pimentel, C., Azevedo, S., & Govindan, K. (2018). *Just in Time Factory Implementation Through Lean Manufacturing Tools Management for Professionals*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77016-1>
- Powell, D. J. (2018). Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.248>
- Pyzdek, T. (2021). Spaghetti Diagrams. In T. Pyzdek (Ed.), *The Lean Healthcare Handbook: A Complete Guide to Creating Healthcare Workplaces* (pp. 25–28). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-69901-7_3#DOI
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Rodrigues, R., Coelho, R., & Tavares, J. M. R. S. (2020). Users' Perceptions of Signage Systems at Three Portuguese Hospitals. *Health Environments Research and Design Journal*, 13(3), 1–45. <https://doi.org/10.1177/1937586720924761>
- Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017). Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing*, 11, 1069–1076. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.218>
- Roy, A., Colpitts, J., Becker, K., Brewer, J., & Lutterveld, R. van. (2018). Improving efficiency in neuroimaging research through application of Lean principles. *PLoS ONE*, 13(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205232>
- Sá, M. S. de P. A. de. (2020). *Análise e otimização de uma linha de produção usando ferramentas de melhoria contínua* [Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial]. Universidade Lusíada – Norte, Campus de Vila Nova de Famalicão.
- Santos, Z. G. dos, Vieira, L., & Balbinotti, G. (2015). Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 5947–5954. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.687>

- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research Methods For Business Students* (8th ed.). Pearson Education.
- Sukdeo, N. (2017). The application of 6S methodology as a lean improvement tool in an ink manufacturing company. *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2017-Decem, 1666–1671. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290176>
- Taylor & Francis, G. (2016). *Process Implementation Through 5S* (Taylor & Francis Group & CRC Press, Eds.; Vol. 17).
- Trojanowska, J., Husár, J., Hrehova, S., & Knapčíková, L. (2023). Poka Yoke in Smart Production Systems with Pick-to-Light Implementation to Increase Efficiency. *Applied Sciences*, 13(21), 11715. <https://doi.org/10.3390/app132111715>
- VEP. (2025). *Vishay Intertechnology webpage*. <https://vishayweb.eu.vishayint.com/Pages/Europe.aspx>
- Vorne Industries. (2024a). *Safety: The bonus “S” of 5S*. <https://www.leanproduction.com/5s/safety-bonus-s-of-5s/>
- Vorne Industries. (2024b). *The ultimate guide to 5S: Meaning, Methodology and Implementation*. <https://www.leanproduction.com/5s/>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>

Apêndice A – Inventário dos Equipamentos

Descrição	Marca	Modelo	Nº Inv.	Nº série	Localização	Área (m²)	Volume (m³)
Microscópio	Leitz		2203178	1860	1	2495	130988
Câmara Digital	Leica	EC3	2203555	421200	1		
Comparador digital	Mitutoyo	543-561D	2203738	42120030	1		
<i>Impedance Analyzer</i>	HP	4194A	14524	2617J00673	1	2623	97051
<i>Impedance Analyzer</i>	Zurich Instruments	MFIA 5 Mhz	2204267	12494040	2	667	7337
Ponte de Medida de Precisão	Agilent	E4980A	2203428	MY46205311	2	1558	32718
<i>Precision LCR Meter</i>	HP	4284A	9054	2940J06200	2	2279	43301
Ohmímetro de Alta Precisão	GW-Instek	GOM-804	2203919		2	616	6160
Osciloscópio	Philips	Pn3382		DM585006	2		
<i>Jig (Test Fixture)</i>	Keysight	16047A	2203741	MY44203052	2	84	252
Aparelho de soldar	Weller	MX3			3	1850	37000
Aparelho de soldar	Weller	MX3			3	1850	37000
Exaustor da soldadura	Metcal	BVX-201			3	1250	42500
Aparelho de variações	mav	H2P/S 10	11051		3	1275	40800
Transformador	Grundig	RT 5A	14393		5	540	11340
Impressora 3D	Bolt	Leapfrog	2303020		6	5904	466416
Estufa ventilada	Hersaeus	UT 6060			7		0
<i>Data Logger 1</i>	PICO	USB TC-08	2204379		7	220	660
Osciloscópio digital	Tektronix	DPO 2024	2203574	C014159	8	532	12236

Descrição	Marca	Modelo	Nº Inv.	Nº série	Localização	Área (m ²)	Volume (m ³)
<i>Ripple Current Generator</i>	Bridgepoint		2204486		8	4480	456960
<i>Ripple Current Generator</i>	ISO-TECH	IPS 303DD			9	4730	520300
Estufa ventilada	Thermo	OHM180	2203571		10	4464	602640
<i>Data Logger 2</i>	PICO	USB TC-08	2204379		10	220	660
<i>Data Logger 3</i>	PICO	USB TC-08	2204379		10	220	660
<i>Data Acquisition System</i>	Keysight	DAQ970A	2204482		11	1014	11154
Câmara de infravermelho	Flir	SC 300	2203452		11	126	1008
Gerador	Fug	HCP 700-6500			11	1755	26325
Fonte de Tensão	Fug	HCN 35-6500	2203387		11	851	12765
Fonte de Tensão	ISO-TECH	GFG2007			11	783	7830
Amperímetro	Fluke	353			11		0
<i>Test Cage</i>	ETL	Sicherheits	2203974	1226911118641 7	11	2250	117000

Apêndice B – Inventário de Ferramentas e Materiais

Descrição	Marca	Quantidade	Localização
Alicate corte		1	1
Alicate corte		1	8
Alicate descarnar		1	1
Alicate pontas		1	8
Alicate universal		1	8
Parafusadora elétrica	Einhell	1	1
Caixa de Parafusos		5	2
Caixa de Parafusos		5	13
Chave cruz	owim	1	1
Chave de bocas	weller	3	1
Chave de bocas	Hazet	8	8
Chave de fenda	USAG	3	1
Chave de fenda Cromada	owim	2	1
Chave Sextavado (JOGO)		9	1
Chave Sextavado interior	IRIMO	5	1
Chave Sextavado interior (com pega)	IRIMO	2	8
Chave T	owim	1	1
Chave T	owim	1	8
Jigs diversos – tipo 1		6	4
Jigs diversos – tipo 2		7	13
Acessórios do moedor elétrico	Einhell	6	1
CWT	PEM	2	11
Martelo	Irimo	1	1
Pesos		2	2
Pincel		1	1
Seringa		1	1
Torno de bancada		1	3
Lima	Oberg	1	1
Máquina de furar elétrica	Einhell	1	1
Máquina de furar portátil	Einhell	1	1
Moedor elétrico	Einhell	1	1
Punch round	Athlet	1	1

Descrição	Marca	Quantidade	Localização
Serra corte de ferro	Águia	2	5
X-ato		1	1
Abafadores	BB	1	13
Luvas de segurança	Glova	11	13
Luvas isolantes elétricas	Elsec	2	13
Máscara	3M	1	13
Óculos	Vunivet	4	13
Panos		4	1
Panos		3	2
Cabos conectores		7	13
Medidor de ângulos		1	1
Micrômetro	Mitutoyo	1	1
Multímetro	Tektronix	1	2
Paquímetro	Mitutoyo	2	3
Ponta de Prova		5	2
Ponta de prova	Tektronix	1	13
Ferros de Soldar Estanho	Weller	4	3

Apêndice C – Inventário de Consumíveis e Outros

Consumíveis		
Descrição	Quantidade	Localização
Bobina de alumínio estreito	1	2
Adesivo instantâneo	1	1
Termopares	7	3
Latas de Spray	6	2
Latas de Spray	2	8
Bobina de alumínio largo	1	2
Fita adesivas	9	1
Bobina de cabo elétrico	2	2
Formador de Juntas	1	3
Bobina de Cobre	2	2
<i>Heat sink</i>	1	1
Filamento da 3D	24	8
Fios de estanho	26	13
Rolo de Papel	1	7
Outros		
Descrição	Quantidade	Localização
Caixa de Equipamentos vazia		13
Caixa de Equipamentos vazias	6	9
Lixo Metálico	1	5
Manuais		3
Pensos		13
Recipiente de Lixo	3	6

Apêndice D – Diagrama de Sequência: Caracterização de Condensadores

Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Observações
								
Ligar Ponte de Medida de Precisão		5	x					
Deslocar do 2 para o 3	2	3		x				
Ligar equipamento de soldar		15	x					
Aquecimento do ferro de soldar (480°C)		68				x		
Soldar aumento dos terminais		355	x					Necessidade de Fluxo no laboratório para aumentar a aderência da solda
Procura de chave de fenda (3-1-13-3)	14	105		x				
Soldar aumento dos terminais		102	x					Ferros de soldar não estão nas melhores condições
Procura de um x-ato (3-1-13-3)	14	80		x				
Procura BON-102	>10	398		x				Teve de procurar fora do Laboratório
Soldar aumento dos terminais		155	x					
Deslocar do 3 para o 2	2	3		x				
Setup da Ponte de Medida de Precisão		158	X					
Conectar a Ponte de Medida de Precisão ao PC		111	X					
Ligar terminais ao <i>Test Fixture</i>		19	x					
Caracterizar condensador na Ponte de Medida de Precisão		45				x		
Organizar dados da Ponte de Medida de Precisão no PC		23	x					
Ligar terminais ao <i>Test Fixture</i>		17	x					
Caracterizar condensador na Ponte de Medida de Precisão		53				x		
Organizar dados da Ponte de Medida de Precisão no PC		20	x					
Ligar terminais ao <i>Test Fixture</i>		18	x					
Caracterizar condensador na Ponte de Medida de Precisão		50				x		
Organizar dados da Ponte de Medida de Precisão no PC		25	x					
Desconectar e desligar a Ponte de Medida de Precisão e o PC		43	x					

Apêndice E – Diagrama de Sequência: *Power Dissipation*

Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolo					Observações
								
11- Procura de Jigs de ligação		300	X					
Deslocar do 11 para o 3	5	6		X				
3- Soldar		135	X					
Deslocar do 3 para o 11 e para o 3	10	21		X				Caixas de parafusos
3- Procurar 6 parafusos		940	X					Desorganização
Desloca do 3 para o 1 e para o 3 à procura de uma chave de fenda	8	55		X				Procura de chave de fendas
3- Montar <i>jig</i> .		110	X					
Arrumar ferramenta do 3 para o 1	4	28					X	
Deslocamento do 1 para o 10	3	4		X				
10- Ligar os termopares ao PICO		132	X					
Deslocar do 10 para o 2	4	5		X				
2- Montar um termopar		381	X					
Procura de uma chave de bocas 2-1-8-10	8	48		X				
10- Montagem do módulo na estufa		709	X					Procura de parafusos
10- Verificar características do módulo para aplicar a corrente		145			X			
10- Ligar o osciloscópio	1	36	X	X				
10-9- Aplicar corrente do <i>ripple current generator</i> ao módulo	1	295	X	X				
10- Estabilização da temperatura do módulo com a corrente aplicada		14039				X		
Desligar <i>ripple current generator</i>		7	X					
Arrefecimento do módulo		1250				X		
10- Desmontagem do módulo		202	X					

Apêndice F – Base de dados da codificação dos equipamentos do laboratório

Descrição	Marca	Modelo	Nº Inv.	Classe	Família	Nº sequencial	Codificação
Impressora 3D	Bolt	Leapfrog	2303020	Equipamento	Impressão	1	CE-01-01
Amperímetro	Fluke	353		Equipamento	Medida	1	CE-02-01
<i>Data Acquisition</i>	Keysight	DAQ970A	2204482	Equipamento	Medida	2	CE-02-02
<i>Data Logger 1</i>	PICO	USB TC-08	2204379	Equipamento	Medida	3	CE-02-03
<i>Data Logger 2</i>	PICO	USB TC-08	2204379	Equipamento	Medida	4	CE-02-04
<i>Data Logger 3</i>	PICO	USB TC-08	2204379	Equipamento	Medida	5	CE-02-05
<i>Impedance Analyzer HP</i>	HP	4194A	14524	Equipamento	Medida	6	CE-02-06
<i>Impedance Analyzer MFIA</i>	Zurich Instruments	MFIA 5 Mhz	2204267	Equipamento	Medida	7	CE-02-07
Ohmímetro de Alta Precisão	GW-Instek	GOM-804	2203919	Equipamento	Medida	8	CE-02-08
Osciloscópio	Philips	PM 3382		Equipamento	Medida	9	CE-02-09
Osciloscópio digital	Tektronix	DPO 2024	2203574	Equipamento	Medida	10	CE-02-10
Ponte de Medida de Precisão	Agilent	E4980A	2203428	Equipamento	Medida	11	CE-02-11
<i>Precision LCR Meter</i>	HP	4284A	9054	Equipamento	Medida	12	CE-02-12
<i>Jig (Test Fixture)</i>	Keysight	16047A	2203741	Equipamento	Medida	13	CE-02-13
Aparelho de soldar	Weller	MX3		Equipamento	Soldadura	1	CE-03-01
Aparelho de soldar	Weller	MX3		Equipamento	Soldadura	2	CE-03-02
Exaustor da soldadura	Metcal	BVX-201		Equipamento	Soldadura	3	CE-03-03

Descrição	Marca	Modelo	Nº Inv.	Classe	Família	Nº sequencial	Codificação
Estufa ventilada OHM	Thermo	OHM180	2203571	Equipamento	Temperatura	1	CE-04-01
Estufa ventilada UT	Hersaeus	UT 6060		Equipamento	Temperatura	2	CE-04-02
Bancada de cargas e descargas				Equipamento	Tensão	1	CE-05-01
Fonte de alimentação	Wild	MTR28		Equipamento	Tensão	2	CE-05-02
Fonte de Tensão	ISO-TECH	GFG2007		Equipamento	Tensão	3	CE-05-03
Gerador	Fug	HCP 700-6500		Equipamento	Tensão	4	CE-05-04
<i>Ripple Current Generator</i>	Bridgepoint		2204486	Equipamento	Tensão	5	CE-05-05
<i>Ripple Current Generator ISO</i>	ISO-TECH	IPS 303DD		Equipamento	Tensão	6	CE-05-06
<i>Test Cage</i>	ETL	Sicherheits	2203974	Equipamento	Tensão	7	CE-05-07
Transformador	Grundig	RT 5A	14393	Equipamento	Tensão	8	CE-05-08
Câmara de infravermelho	Flir	SC 300	2203452	Equipamento	Visual	1	CE-06-01

Apêndice G – Instrução de trabalho do MFIA Impedance Analyzer

1. Introdução

O *Zurich Instruments MFIA* é um analisador de impedância digital e um medidor LCR de precisão que estabelece um novo padrão para medições de impedância numa faixa de frequência que vai de 1 mHz a 500 kHz (estendida a 5 MHz com atualização). O MFIA tem uma precisão básica de 0,05% e opera numa faixa de medição que varia entre 1 m Ω e 1 T Ω . Caracteriza-se também pela sua elevada repetibilidade de medição e pequena derivação com temperatura. Cada MFIA é fornecido com a interface do utilizador *LabOne* e com o *MFITF Impedance Test Fixture*.



Figura IT.1 – Zurich Instruments MFIA.

1.1. Especificação do equipamento Zurich Instruments MFIA

Especificações Básicas

Faixa de frequência	1 mHz a 5 MHz
Resolução de frequência	1 μ Hz
Precisão básica	0.05%
Estabilidade térmica básica	200 ppm/K
Nível do sinal de teste	0 V a 2.1 Vrms; incl. monitorização
Largura de banda do demodulador	276 μ Hz a 206 kHz
Nível de polarização DC	2T: ± 10 V, 4T: ± 3 V
Compensação	SO, SOL, LLL, SL, L, OL

Parâmetros de Medição, Faixa e Precisão Típica

Impedância Z	1 mΩ a 1 TΩ, 0.05%
Admitância Y	1 pS a 1 kS, 0.05%
Tensão V	0 V a 3 V, 1%
Corrente I	0 mA a 10 mA, 2%
Fases θ_Z , θ_Y , θ_V , θ_I	± 180 graus, resolução de 10 μ deg
Resistência RS, RP1	1 mΩ a 1 TΩ, max(10 μ Ohm, 0.05%)
Capacitância CS, CP1	10 fF a 1 F, max(10 fF, 0.05%)
Indutância LS, LP1	100 a 1 H, max(10 nH, 0.05%)

1.2. Segurança

Ao utilizar o *Zurich Instruments MFIA Impedance Analyzer*, é crucial seguir as diretrizes de segurança para proteger o equipamento e o utilizador. Certifique-se de que o equipamento está ligado a uma fonte de alimentação adequada. Evite tocar nos terminais de medição enquanto o equipamento estiver ligado, especialmente se estiver a lidar com tensões elevadas. Utilize sempre os cabos e os acessórios fornecidos ou recomendados pelo fabricante. Em caso de anomalia ou mau funcionamento, desligue imediatamente o equipamento e consulte o manual de instruções ou contacte o serviço de assistência técnica. Nunca tente reparar o equipamento sem qualificações adequadas.

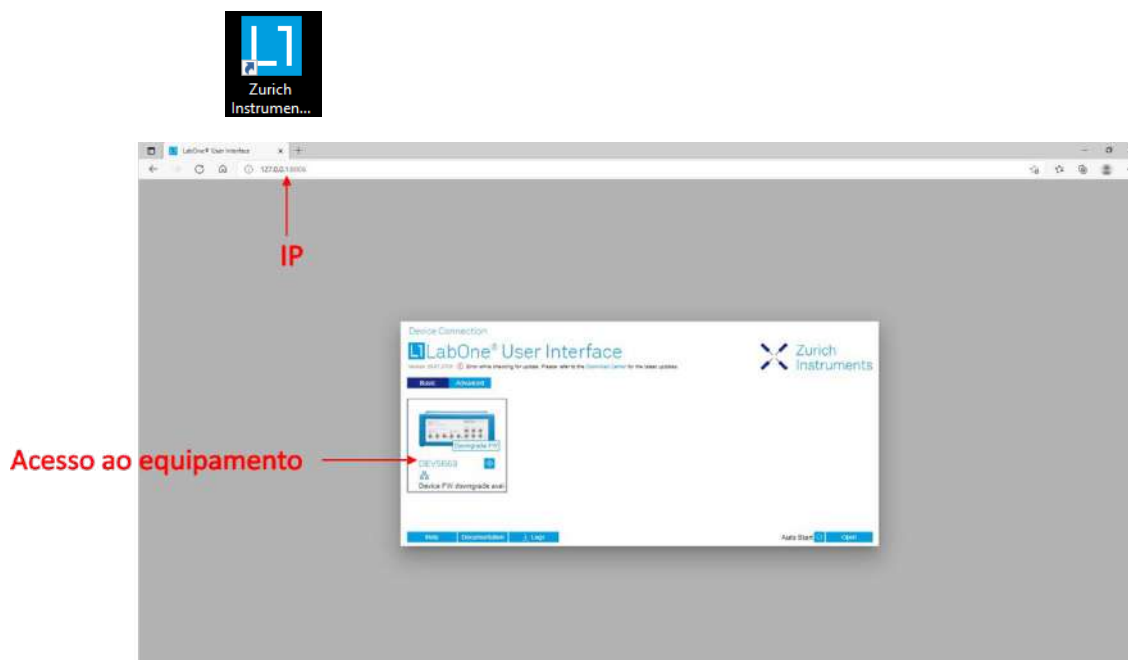
1.3. Equipamentos necessários

Para realizar medições com o *Zurich Instruments MFIA Impedance Analyzer*, é necessário o seguinte equipamento:

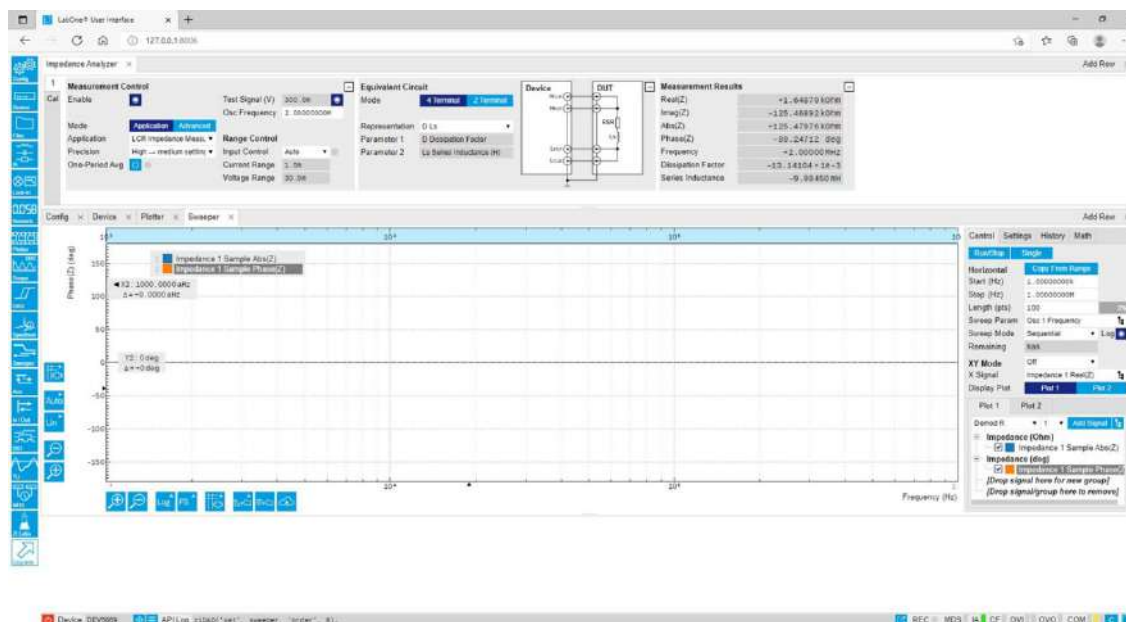
- *Zurich Instruments MFIA Impedance Analyzer*;
- *Test Fixture*: dispositivo de teste para a ligação de componentes eletrónicos;
- Cabos de Conexão: cabos BNC para ligar o MFIA ao MFITF e aos componentes, se necessário;
- Computador com o software *LabOne* instalado para controlo do equipamento e análise de dados;
- Componentes Eletrónicos a teste.

2. Utilização do equipamento

O acesso ao equipamento é efetuado através do *browser* colocando o IP na barra de endereço, ou então, clicando sobre o ícone no ambiente de trabalho:

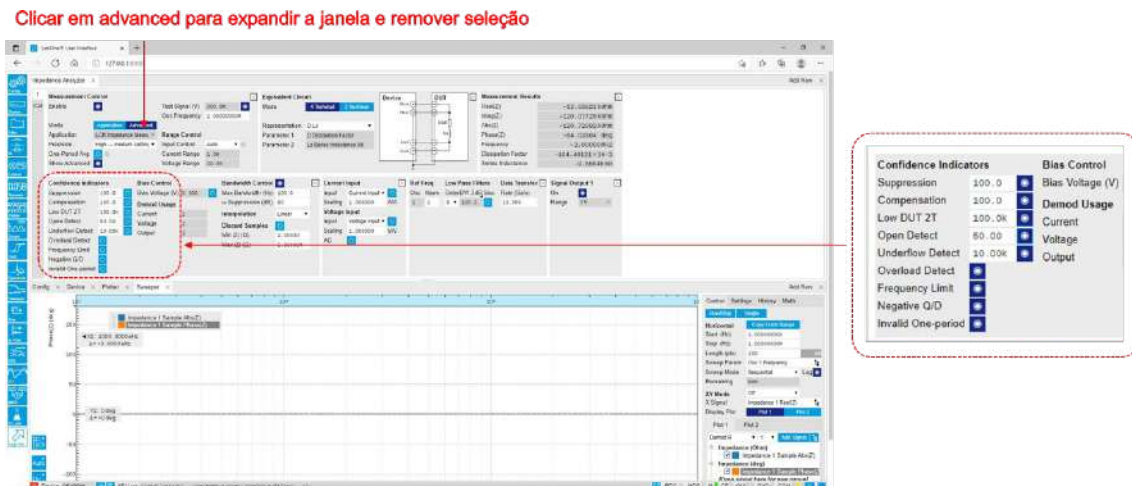


Após o acesso ao equipamento, a interface com o utilizador é o seguinte:

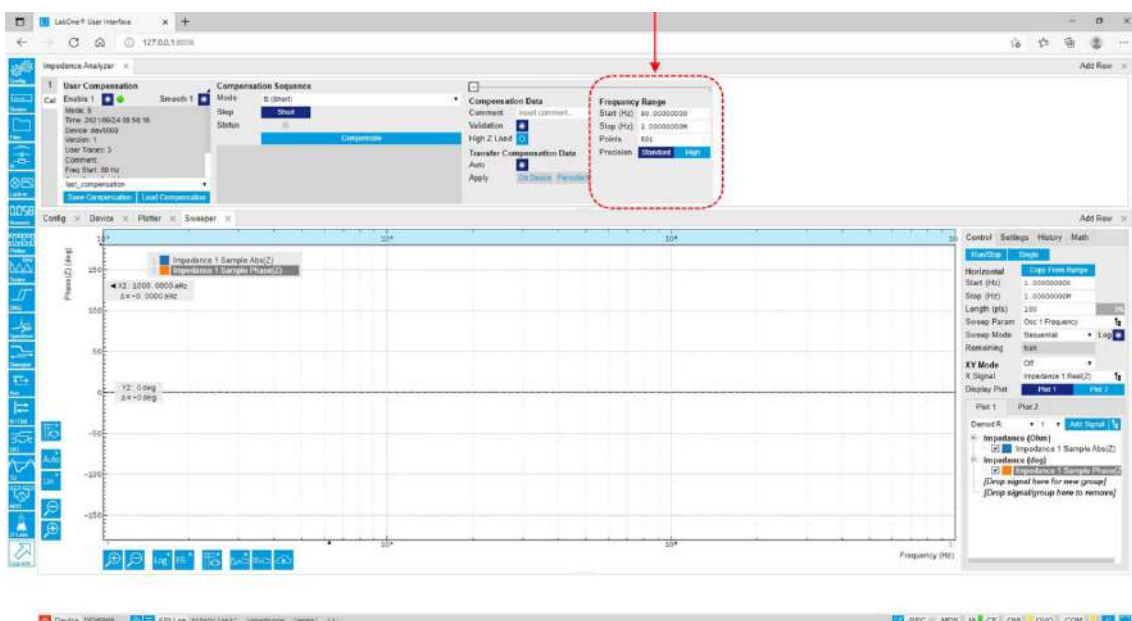


Após o acesso ao equipamento, os seguintes passos devem ser efetuados de forma a ser possível a medição das grandezas elétricas do condensador.

- 1) Desativar alertas dos indicadores de confiança (sugerido pelo *Tim Ashworth da Zurich Instruments*).



- 2) Definir os valores de frequências entre as quais se pretende fazer a análise da grandeza elétrica, assim como definir o número de pontos a incluir no intervalo definido.



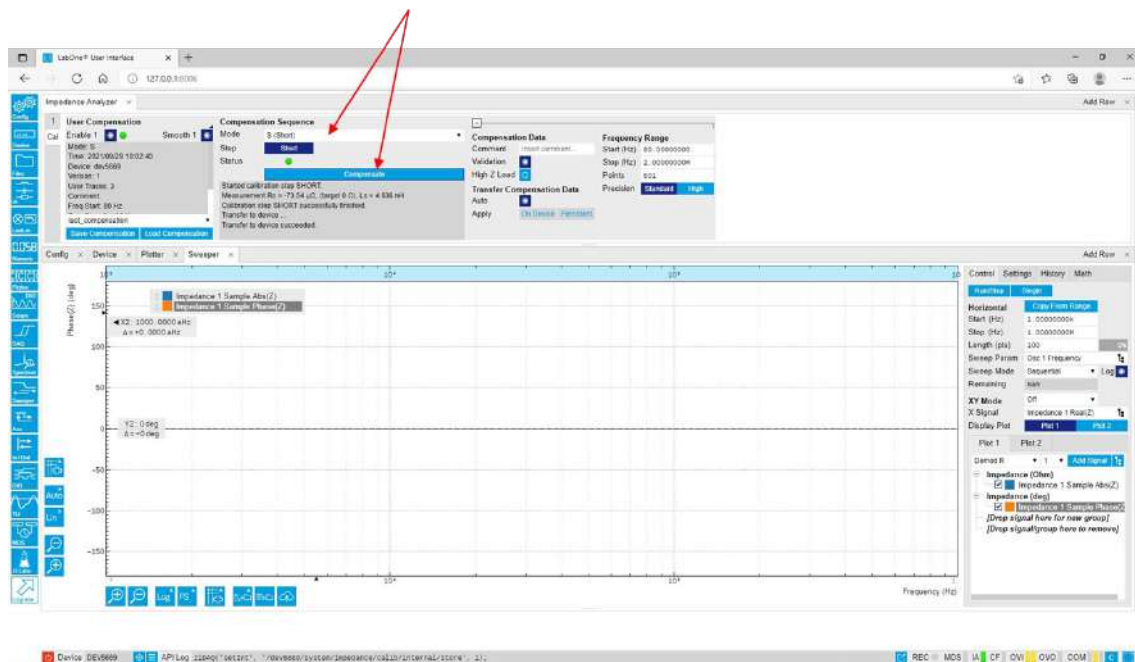
3) Fazer a compensação de medida do equipamento S (*Short*) apenas

3.1 Introduzir *shunt* no *Jig* de medição

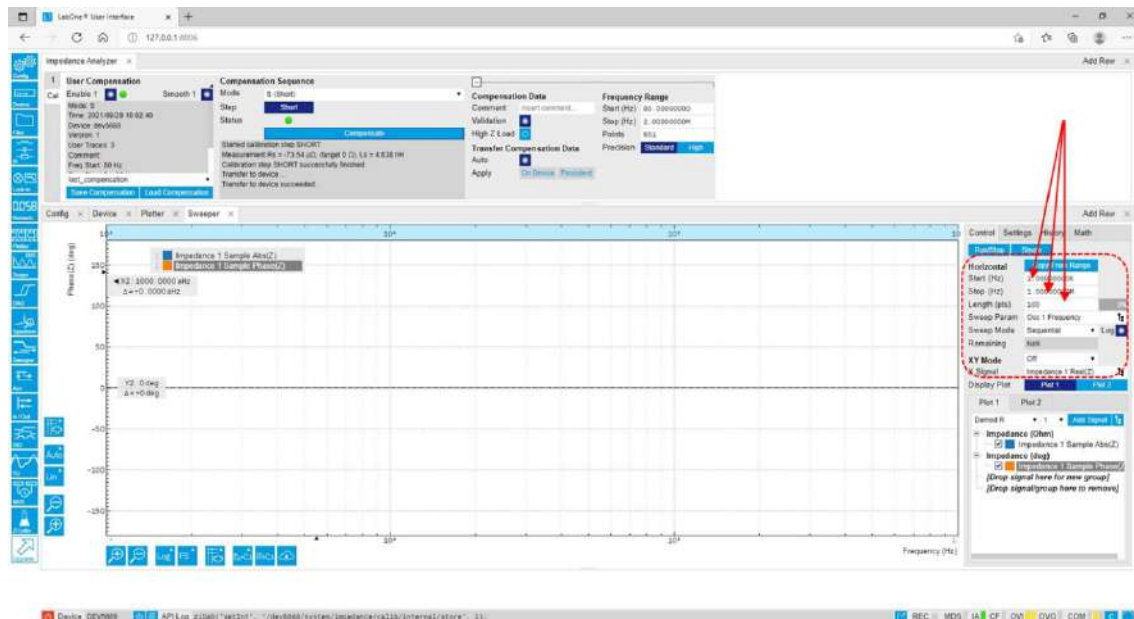


3.1 Selecionar *Mode S (Short)*

3.2 Clicar em *Compensate*

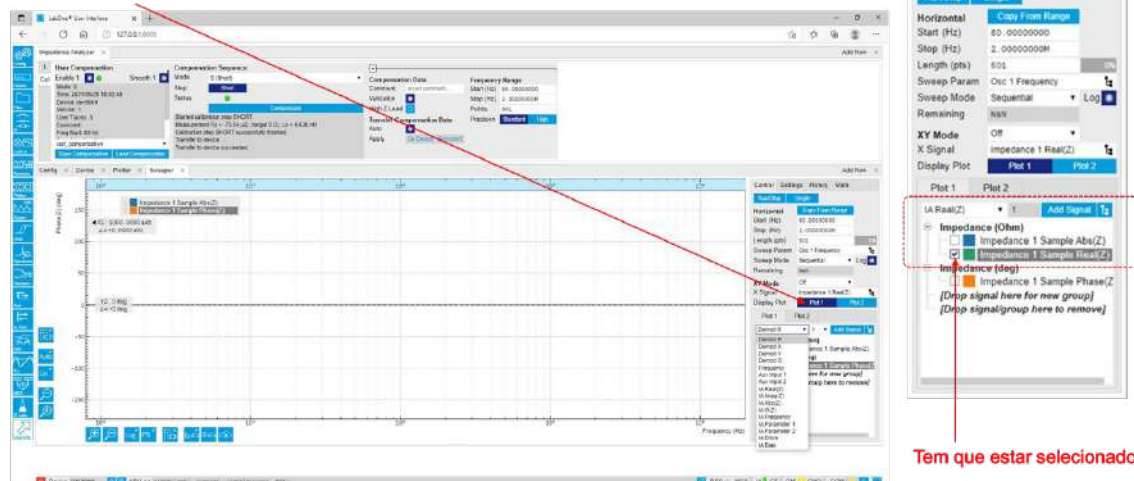


- 4) Definir novamente os valores de frequências entre as quais se pretende fazer a análise da grandeza elétrica, assim como definir o número de pontos a incluir no intervalo definido.



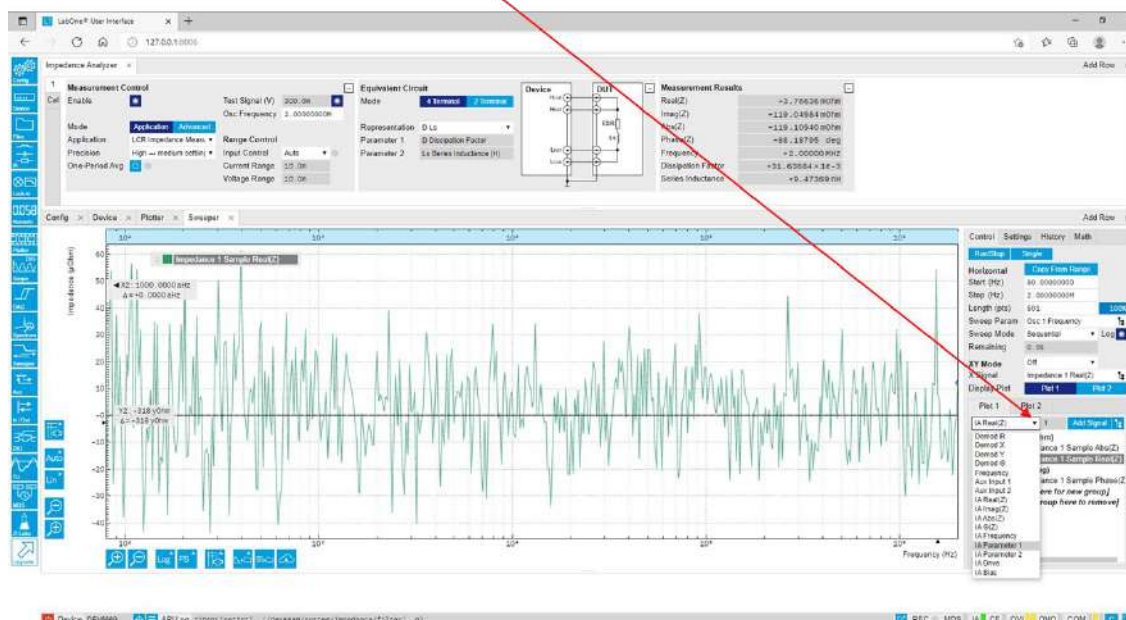
- 5) Efetuar a leitura da parte real do *shunt*.

Clicar em Plot 1 e escolher a grandeza elétrica – Após o offset, deve ser selecionado o IA Real(z)



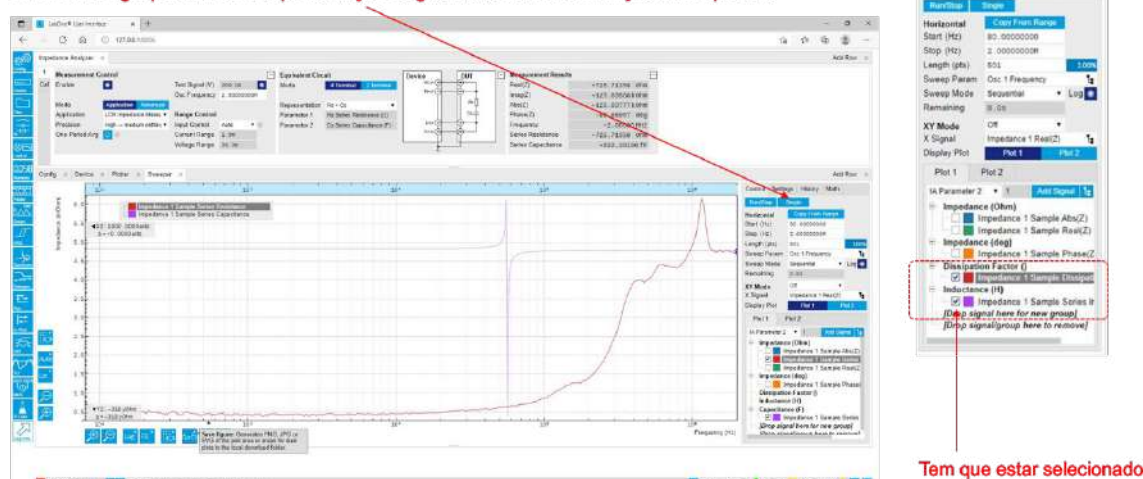
Tem que estar selecionado

Plot 1 para selecionar grandeza elétrica para representação e clicar em Add Signal



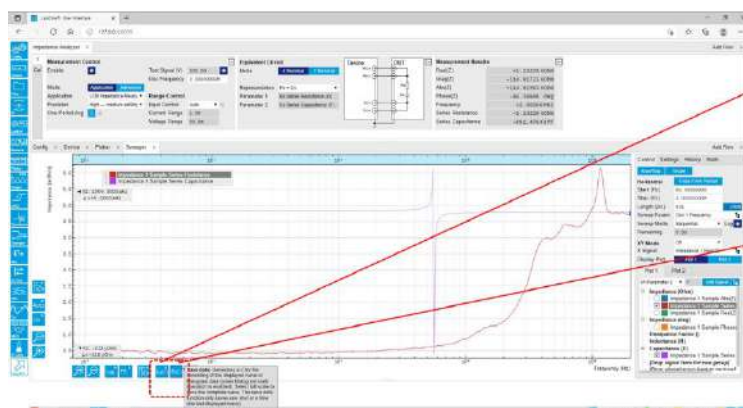
8) Iniciar a análise em função da frequência.

Clicar em Single para iniciar a representação da grandeza elétrica em função da frequência



9) Exportar as grandezas elétricas analisadas

Clicar no ícones em baixo, para exportar os dados como imagem ou .csv



Save figure: Generates PNG, JPG or SVG of the plot area or areas for dual plots to the local download folder.

Save data: Generates a CSV file consisting of the displayed wave or histogram data (when histogram math operation is enabled). Select full scale to save the complete wave. The save data function only saves one shot at a time (the last displayed wave).

ribe', sweeper, '');

Apêndice H – Implementação da Auditoria 6S – Antes do Plano de Melhoria

Auditor(es): João Teixeira Área: Laboratório elétrico



Data: 25/11/2024

ÍTENS AUDITADOS		Obs.:	Tabela Classificativa e Pontuação Obtida				
1 - Seiri Sentido de Utilização - Eliminação dos itens desnecessários			1 - Nenhum	2 - Poucos	3 - Alguns	4 - Muitos	5 - Todos
	Todas as ferramentas e consumíveis estão a ser utilizados?				3		
	Todos os equipamentos estão a ser utilizados?	(1)			3		
	As áreas de trabalho estão desobstruídas?			2			
	Os equipamentos e ferramentas usados regularmente estão acessíveis?				3		
	TOTAL UTILIZAÇÃO		11				
2-Seiton Sentido de Organização - Um lugar para cada objeto e ter o objeto no seu			1 - Nenhum	2 - Poucos	3 - Alguns	4 - Muitos	5 - Todos
	Todos os equipamentos estão acondicionados de forma adequada?				3		
	Todos as ferramentas e consumíveis estão no local adequado?			2			
	Os EPI têm fácil acesso?			2			
	O piso do laboratório está desobstruído?				3		
	TOTAL ORGANIZAÇÃO		10				
3-Seiso Sentido de Limpeza - Esmerar-se na limpeza			1 - Muito Má	2 - Má	3 - Média	4 - Boa	5 - Excelente
	Os equipamentos/ferramentas/piso da área de trabalho estão limpos?				3		
	Qual o estado das instalações elétricas e das linhas de marcação?				3		
	Qual o estado dos equipamentos de limpeza?		1				
	Qual o estado dos contentores do lixo ou de reciclagem (limpeza / separação seletiva)?						5
	TOTAL LIMPEZA		12				
4-Seiketsu Sentido de Padronização - Procedimentos, etiquetagem			1 - Muito Má	2 - Má	3 - Média	4 - Boa	5 - Excelente
	A <i>checklist</i> de limpeza da área contempla dados, responsáveis e frequência?						5
	Existe área de separação de sucata?		1				
	Os sistemas de etiquetagem estão normalizados, visíveis e atualizados?			2			
	A <i>checklist</i> de levantamento dos equipamentos é acessível e de uso?		1				
	TOTAL UNIFORMIZAÇÃO		9				
5-Shitsuke Sentido de Disciplina - Treino, Disciplina e Auditorias			1 - Nenhum	2 - Poucos	3 - Alguns	4 - Muitos	5 - Todos
	Os colaboradores conhecem e aplicam as práticas do 6S?			2			
	Todos conhecem e cumprem as normas estabelecidas no laboratório?					4	
	A informação dos resultados da auditoria na área está disponível?		1				
	Auditorias internas são realizadas com frequência definida?		1				
	TOTAL DISCIPLINA		8				
6-Security Sentido de Segurança - Evitar acidentes de trabalho, contribuir para um ambiente saudável			1 - Nenhum	2 - Poucos	3 - Alguns	4 - Muitos	5 - Todos
	Todos os objetos estão colocados em espaços, que não comprometem a segurança dos utilizadores?				3		
	Os EPI estão disponíveis e são utilizados corretamente.				3		
	Os equipamentos possuem sinalética de segurança visível?			2			
	Os colaboradores utilizam os EPI nos locais devidamente sinalizados para o efeito?				3		
	TOTAL SEGURANÇA		11				
PONTUAÇÃO TOTAL UTILIZAÇÃO + ORGANIZAÇÃO + LIMPEZA + UNIFORMIZAÇÃO + DISCIPLINA+SEGURANÇA		120	61				

Legenda:

- (1) Várias correções devem ser feitas - Obrigatórias fotos
 (2) Algumas correções devem ser feitas - Obrigatórias fotos
 (3) Aceitável com pequenos comentários - Sugestão colocar fotos

- (4) Sem comentários de correção.
 (5) Acima dos requisitos solicitados - Obrigatórias fotos
 (NA) Não aplicável

Apêndice I – Implementação da Auditoria 6S – Depois do Plano de Melhoria

Auditor(es): João Teixeira Área: Laboratório elétrico

Data: 25/07/2025



ÍTEM AUDITADOS		Obs.:	Tabela Classificativa e Pontuação Obtida				
1 - Seiri Sentido de Utilização - Eliminação dos itens desnecessários			1 - Nenhum	2 - Poucos	3 - Alguns	4 - Muitos	5 - Todos
	Todas as ferramentas e consumíveis estão a ser utilizados?					4	
	Todos os equipamentos estão a ser utilizados?	(1)				4	
	As áreas de trabalho estão desobstruídas?						5
	Os equipamentos e ferramentas usados regularmente estão acessíveis?						5
TOTAL UTILIZAÇÃO			18				
2-Seiton Sentido de Organização - Um lugar para cada objeto			1 - Nenhum	2 - Poucos	3 - Alguns	4 - Muitos	5 - Todos
	Todos os equipamentos estão acondicionados de forma adequada?						5
	Todos as ferramentas e consumíveis estão no local adequado?						5
	Os EPI têm fácil acesso?						5
	O piso do laboratório está desobstruído?						5
TOTAL ORGANIZAÇÃO			20				
3-Seiso Sentido de Limpeza - Esmerar-se na limpeza			1 - Muito Má	2 - Má	3 - Média	4 - Boa	5 - Excelente
	Os equipamentos/ferramentas/piso da área de trabalho estão limpos?					4	
	Qual o estado das instalações elétricas e das linhas de marcação?						5
	Qual o estado dos equipamentos de limpeza?						5
	Qual o estado dos contentores do lixo ou de reciclagem (limpeza / separação seletiva)?						5
TOTAL LIMPEZA			19				
4-Seiketsu Sentido de Padronização - Procedimentos,			1 - Muito Má	2 - Má	3 - Média	4 - Boa	5 - Excelente
	A <i>checklist</i> de limpeza da área contempla dados, responsáveis e frequência?						5
	Existe área de separação de sucata?						5
	Os sistemas de etiquetagem estão normalizados, visíveis e atualizados?						5
	A <i>checklist</i> de levantamento dos equipamentos é acessível e de uso?						5
TOTAL UNIFORMIZAÇÃO			20				
5-Shitsuke Sentido de Disciplina - Treino, Disciplina e Auditorias			1 - Nenhum	2 - Poucos	3 - Alguns	4 - Muitos	5 - Todos
	Os colaboradores conhecem e aplicam as práticas do 6S?					4	
	Todos conhecem e cumprem as normas estabelecidas no laboratório?					4	
	A informação dos resultados da auditoria na área está disponível?						5
	Auditorias internas são realizadas com frequência definida?					4	
TOTAL DISCIPLINA			17				
6-Security Sentido de Segurança - Evitar acidentes de trabalho, contribuir para segurança			1 - Nenhum	2 - Poucos	3 - Alguns	4 - Muitos	5 - Todos
	Todos os objetos estão colocados em espaços, que não comprometem a segurança dos utilizadores?						5
	Os EPI estão disponíveis e são utilizados corretamente.						5
	Os equipamentos possuem sinalética de segurança visível?						5
	Os colaboradores utilizam os EPI nos locais devidamente sinalizados para o efeito?					4	
TOTAL SEGURANÇA			19				
PONTUAÇÃO TOTAL UTILIZAÇÃO + ORGANIZAÇÃO + LIMPEZA + UNIFORMIZAÇÃO + DISCIPLINA+SEGURANÇA			113				

Legenda:

- (1) Várias correções devem ser feitas - Obrigatórias fotos
- (2) Algumas correções devem ser feitas - Obrigatórias fotos
- (3) Aceitável com pequenos comentários - Sugestão colocar fotos

- (4) Sem comentários de correção.
- (5) Acima dos requisitos solicitados - Obrigatórias fotos
- (NA) Não aplicável

Apêndice J – Inquérito de Satisfação e Recolha de Opinião**Opinião dos colaboradores da *Vishay* que usam o laboratório elétrico de R&D:**

Este conjunto de questões são direcionadas aos colaboradores do R&D que utilizam o laboratório elétrico para realizar testes aos condensadores. O objetivo é avaliar o impacto das melhorias efetuadas no laboratório elétrico do R&D, através da escala de *Liker*, com base na metodologia 6S e na ferramenta de Gestão Visual, com foco na organização de equipamentos, ferramentas e consumíveis, na segurança e na eficiência dos processos.

- Resposta anónima

1. **Organização de equipamentos, ferramentas e consumíveis:** A disposição atual dos equipamentos de teste, sistemas de arrumação de ferramentas e consumíveis está mais organizada e facilita a realização de testes no laboratório.

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo
- 3 – Nem concordo, nem discordo
- 4 – Concorde
- 5 – Concorde totalmente

2. **Clareza da gestão visual:** Com a implementação do plano de melhoria contínua no laboratório, as sinalizações, demarcações e quadros visuais implantados tornaram mais fácil identificar fluxos de trabalho, zonas de risco e locais de armazenamento.

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo
- 3 – Nem concordo, nem discordo
- 4 – Concorde
- 5 – Concorde totalmente

3. **Melhoria da eficiência dos processos:** Com as práticas 6S e gestão visual, perceciono a redução no tempo de *setup* (redução dos tempos de recolha das ferramentas, materiais e consumíveis) necessários à preparação e realização dos testes no laboratório.

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo
- 3 – Nem concordo, nem discordo
- 4 – Concordo
- 5 – Concordo totalmente

4. **Sustentação e disciplina do 5S (*Seiketsu e Shitsuke*):** Os utilizadores do laboratório mantêm de forma consistente os padrões estabelecidos pelo 5S, sem “voltar aos hábitos antigos”, garantindo a melhoria contínua.

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo
- 3 – Nem concordo, nem discordo
- 4 – Concordo
- 5 – Concordo totalmente

5. **Satisfação global:** Numa escala de 1 a 5, onde 1 significa “Muito insatisfeito” e 5 significa “Muito satisfeito”, qual é o seu nível de satisfação geral com o plano de melhoria contínua (6S + gestão visual) implementado nesta área de testes de condensadores?

- 1 – Muito insatisfeito
- 2 – Insatisfeito
- 3 – Nem concordo, nem discordo
- 4 – Satisfeito
- 5 – Muito satisfeito

6. **Questão de resposta aberta:** Que ideias sugeria para aprimorar o fluxo de trabalho de testes de caracterização de condensadores e de *power dissipation*, usando a metodologia 6S e ferramentas de gestão visual, de modo a reduzir retrabalho, esperas, aumentar a segurança e tempos de preparação de testes?