



**Politécnico
Castelo Branco**

Escola Superior
de Tecnologia

Relatório de Estágio

Implementação da Metodologia SMED na área do fabrico das cablagens

João Luís Santos Pissarra, 20191171

Orientadores

Professor Doutor Nuno Octávio Fernandes

Eng. Rui Paulo Martins Policarpo

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Professor Coordenador Doutor Nuno Octávio Fernandes, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Junho de 2025

Composição do júri

Presidente do júri

Doutor Pedro Miguel Baptista Torres

Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Vogais

Doutor Nuno Octávio Garcia Fernandes

Professor Coordenador da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Mestre Fernando Júlio Marques Miranda

Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Engenheiro Rui Paulo Martins Policarpo

Diretor de Produção da MECALBI Engineering Solutions, Lda

Dedicatória

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me apoiaram ao longo desta importante etapa da minha vida acadêmica.

À minha namorada Tatiana, que esteve comigo desde o primeiro ano da licenciatura, deixo um agradecimento muito especial, esteve sempre presente todos os dias em todos os momentos bons e maus, com o seu apoio, paciência, carinho e amor. Foi um pilar que me suportou em todas as fases deste percurso, e muito do que alcancei só foi possível por tê-la ao meu lado.

À minha família, aos meus pais, à minha irmã e à minha avó Fernanda, agradeço profundamente por todo o apoio, motivação e força que sempre me deram durante estes anos todos. Estiveram sempre ao meu lado, em todos os momentos importantes, e nunca deixaram de acreditar em mim mesmo quando eu duvidava da minha capacidade. Foram, e continuam a ser, o meu maior suporte, e sem eles nada disto teria sido possível.

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Doutor Nuno Octávio pela orientação e apoio ao longo da realização deste relatório. Aproveito também para agradecer a todos os professores que me acompanharam durante este percurso académico. A forma como partilharam o seu conhecimento e se dedicaram ao nosso ensino teve um papel fundamental na minha formação académica.

Ao Engenheiro Rui Policarpo, pelo acolhimento na MECALBI, e aos Engenheiros Carlos Sequeira e Mateus Miguéns pelo apoio, disponibilidade e ajuda que me sempre deram até à conclusão deste trabalho.

A toda a equipa da área das cablagens, agradeço pela forma como me receberam e pela constante disponibilidade demonstrada ao longo do estágio. O ambiente colaborativo e a abertura para partilhar conhecimento foram fundamentais para o desenvolvimento do meu trabalho.

À MECALBI, dou a minha gratidão pela oportunidade e acolhimento que tornaram esta experiência profissional e académica possível.

Por fim, agradeço com um grande obrigado a todos os meus amigos e colegas que estiveram sempre ao meu lado desde 2019, quando iniciei esta grande etapa da minha vida com o CTESP.

Resumo

Este estágio foi realizado na empresa MECALBI Engineering Solutions, Lda., como resposta a um problema identificado pela própria empresa, relacionado com a grande variabilidade dos tempos de produção na área das cablagens, nomeadamente ao nível do corte. Este problema dificulta o planeamento das ordens de fabrico, afeta a organização da produção e compromete a utilização eficiente dos recursos disponíveis.

Perante este desafio, o trabalho focou-se na análise e melhoria do processo de corte na área das cablagens. Uma principal contribuição foi a criação de uma estação de corte, pensada para reduzir os tempos de *setup* e deslocações desnecessárias dos operadores do corte. Esta estação foi projetada com um sistema de reposição stock a partir de armazém baseado no abordagem two-bin system. Para tal, utilizou-se a técnica da cronometragem, na recolha de tempos e a análise ABC para identificar as referências de cabo mais relevantes em termos de consumo, isto é, da classe A, a inserir na estação de corte a projetar. Para cada uma destas referências, foi determinado o consumo médio diário, e a respetiva frequência de reposição a partir de armazém.

Embora não tenha sido possível implementar a solução preconizada no período do estágio, espera-se obter melhorias significativas ao nível da redução dos tempos de *setup*.

Palavras-chave

Lean, SMED, two-bin system, Cablagens.

Abstract

This internship was carried out at MECALBI Engineering Solutions, Lda., in response to a problem identified by the company itself, related to the high variability in production times in the wiring area, particularly in the cutting process. This issue complicates the planning of production orders, affects the organization of production, and compromises the efficient use of available resources.

Considering this challenge, the work focused on the analysis and improvement of the cutting process within the wiring area. One of the main contributions was the development of a cutting station, designed to reduce *setup* times and eliminate unnecessary operator movements. This station was designed with a stock replenishment system from the warehouse based on the two-bin system approach. To support this, time study techniques were used to collect data, and an ABC analysis was conducted to identify the most relevant cable references in terms of consumption — specifically, those classified as category A — to be included in the proposed cutting station. For each of these references, the average daily consumption and the corresponding replenishment frequency from the warehouse were determined.

Although it was not possible to implement the proposed solution during the internship period, significant improvements are expected in terms of reducing *setup* times and minimizing non-value-adding activities.

Keywords

Smed, Lean Production, two-bin system; wiring harnesses

Índice geral

1.	Introdução	1
1.1.	Motivação.....	1
1.2.	Objetivos	2
1.3.	Metodologia.....	3
1.4.	Organização do Relatório	4
2.	Apresentação da empresa	5
2.1.	A Mecalbi	5
2.2.	Produtos.....	6
2.3.	Sistema de Gestão da Qualidade	7
2.4.	Processos da Empresa	8
2.4.1.	Comercial/definição do produto	8
2.4.2.	Aprovisionamento.....	13
2.4.3.	Fabrico do Produto	15
3.	Processo de fabrico na Área das Cablagens	17
3.1.	Fases do Processo de Fabrico.....	17
3.2.	Etapas da produção de cablagem por KITS	21
4.	Fundamentação teórica e revisão da literatura	25
4.1.	Lean Production	25
4.1.1.	Conceito Lean e seus princípios	25
4.1.2.	Aplicação dos princípios Lean	26
4.1.3.	Desperdícios Lean.....	26
4.1.4.	Ferramentas Lean	27
4.2.	Metodologia SMED (Single Minute Exchange of Die).....	29
4.2.1.	A origem do SMED	29
4.2.2.	SMED e a sua metodologia	29
4.2.3.	Evolução do conceito SMED	30
4.2.4.	Revisão da literatura Lean e SMED	31
4.3.	Gestão de Stocks.....	36
4.3.1.	Funcionamento do Sistema ROP	36
4.4.	Sistema Two-Bin	39
4.4.1.	Definição e Funcionamento	39

4.4.2.	Aplicações.....	40
4.4.3.	Vantagens e limitações	40
4.4.4.	Impacto na gestão de stocks.....	41
4.4.5.	Revisão da Literatura – nos sistemas ROP e 2 Bin System.....	42
5.	Caso de estudo	45
5.1.	Enquadramento	45
5.2.	Análise do Processo de Corte.....	45
5.3.	Aplicação da Metodologia SMED.....	50
5.3.1.	Análise do <i>Setup</i> Atual	50
5.3.2.	Classificação das atividades de <i>Setup</i>	50
5.3.3.	Redução/Eliminação de Tempos de <i>Setup</i>	51
5.4.	Propostas de melhoria	53
5.4.1.	Análise ABC	53
5.4.2.	Estação de Corte de Cablagens.....	60
5.4.3.	Sistema de Gestão de Stocks	63
6.	Conclusões e Propostas de Trabalho Futuro.....	67
6.1.	Conclusões	67
6.2.	Propostas de Trabalho Futuro	68
7.	Referências Bibliográficas.....	69
8.	Anexos	71
8.1.	Anexo I – Número de Unidades Produzidas por Modelo de Máquina 71	
8.2.	Anexo II – Cálculo de quantidade cabo usado por mês – abril	72
8.3.	Anexo III - Cálculo de quantidade cabo usado por mês – maio	73
8.4.	Anexo IV - Cálculo de quantidade cabo usado por mês – junho	74
8.5.	Anexo V - Cálculo de quantidade cabo usado por mês - julho	75
8.6.	Anexo VI - Cálculo de quantidade cabo usado por mês – agosto... 76	
8.7.	Anexo VII - Cálculo de quantidade cabo usado por mês – setembro 77	
8.8.	Anexo VIII - Cálculo Consumo Médio Diário.....	78

Índice de figuras

Figura 1 - A MECALBI	5
Figura 2 - Exemplo equipamento construído pela MECALBI	6
Figura 3 - Fluxograma Processo Comercial (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)	9
Figura 4 – Fluxograma Processo de elaboração de proposta comercial (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)	10
Figura 5 - Fluxograma Analise dos requisitos do cliente (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)	11
Figura 6 - Fluxograma do processo após a fase de definições e especificações técnicas (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)	12
Figura 7 - Fluxograma processo de aquisição de materiais (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)	14
Figura 8 - Fluxograma processo de fabrico do produto (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)	16
Figura 9 - Fluxograma Processo de fabrico na área das cablagens	18
Figura 10 - Local de armazenamento de material por KITS, da produção em curso	19
Figura 11 - Etiqueta identificação das caixas de material	19
Figura 12 - Processo de corte	20
Figura 13 - Máquina de Corte	20
Figura 14 - Processo de descarte	22
Figura 15 - Ponteira, olhal e terminal	22
Figura 16 - Equipamento de cravamento manual.....	23
Figura 17 - Equipamento descarte e cravamento automatizado	23
Figura 18 – Processo Etiquetagem manual	24
Figura 19 - Processo etiquetagem automatizada	24
Figura 20 - Movimentações operador.....	51
Figura 21 - Exemplo manual produção cablagem.....	54
Figura 22 - Estação de corte	60
Figura 23 - Ajuste da posição das bobines na estação de corte	61
Figura 24 - Identificador Cabo.....	62

Lista de tabelas

Tabela 1 - Revisão da literatura - Lean Production	31
Tabela 2 - Revisão da literatura - SMED.....	33
Tabela 3 - Revisão da literatura - ROP	42
Tabela 4 - Revisão da literatura - 2 Bin System	43
Tabela 5 - Etapas Processo de Corte	46
Tabela 6 - Cronometragem de etapas do processo de corte	47
Tabela 7 - Quantidades Médias de Unidades Produzidas e Cabos/maquina .	49
Tabela 8 - Etapas do processo de corte com suas classificações e tempos médios por lote de produção	49
Tabela 9 - Classificação Inicial SMED por ordem de produção	51
Tabela 10 - Comparação entre o tempo médio total e o tempo médio de Setup antes e após a eliminação de etapas	52
Tabela 11 - Consumo mensal por referência de cabo.....	55
Tabela 12 - Soma de quantidades mensais	56
Tabela 13 - Consumo total de cabo nos seis meses de análise	57
Tabela 14 - Análise ABC	59
Tabela 15 - Consumo médio diário (metros)	63
Tabela 16 - Dados para Calculo LT.....	64
Tabela 17 – Resultados para o período de reposição LT em dias	65

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

AHP: Analytic Hierarchy Process

CAM: Computer-Aided Manufacturing

CIRP: The International Academy for Production Engineering

CTESP: Curso Técnico Superior Profissional

FAIM: Flexible Automation and Intelligent Manufacturing

IFAC: International Federation of Automatic Control

ISO: International Organization for Standardization

KANBAN: Sistema visual de controlo de fluxo (gestão de produção)

KIT / KITS: Conjunto(s) de materiais pré-definidos para montagem

LT: Lead Time (Tempo de Reposição)

MRP: Material Requirements Planning

PCB: Printed Circuit Board

PROMEC: Sistema informático de gestão da empresa

ROP: Ponto de Reposição

SGQ: Sistema de Gestão da Qualidade

SGS: Sistema de Gestão de Stocks

SMED: Single-Minute Exchange of Die

SS: Stock de Segurança

TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

TPS: Toyota Production System

USA: Estados Unidos da América

VSM: Value Stream Mapping

1. Introdução

1.1. Motivação

O presente trabalho foi desenvolvido na empresa MECALBI - Engineering Solutions, Lda., uma organização especializada no desenvolvimento e produção de equipamentos para o setor das cablagens, com forte presença no mercado internacional. A empresa encontra-se em constante crescimento, o que exige uma melhoria contínua dos seus processos produtivos, especialmente nas áreas críticas para o cumprimento de prazos e garantia de qualidade.

A motivação principal para este estudo surgiu da necessidade identificada pela empresa de melhorar o desempenho da área de fabrico de cablagens, em particular na secção de corte de cabos. O cabo é o elemento base das cablagens elétricas, responsável por conduzir a corrente elétrica entre componentes. O seu corte, que consiste na preparação dos cabos com os comprimentos exatos exigidos em cada projeto, é a primeira etapa de um processo sequencial que inclui o descarte, a cravação de terminais e a montagem final.

Um dos principais problemas detetados foi a elevada variabilidade nos tempos de produção associados ao corte de cabos. Esta instabilidade dificulta o planeamento e a organização da produção, afetando a fiabilidade no cumprimento dos prazos acordados com os clientes, a eficiência na utilização dos recursos e o controlo dos níveis de stock.

A ausência de procedimentos padronizados no corte dos cabos contribui para esta variabilidade. Assim, este estudo centra-se em duas vertentes principais:

- A padronização das tarefas de corte com base na aplicação da metodologia SMED (Single-Minute Exchange of Die), visando a redução dos tempos de *setup* e eliminação de desperdícios; e
- A implementação de um sistema de reposição de stock com base na abordagem 2 Bin System, que permita garantir a disponibilidade de material de forma contínua e fiável. Estas medidas pretendem tornar o processo mais estável, previsível e fácil de controlar, promovendo uma melhoria sustentada da eficiência da área produtiva.

1.2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é diminuir a variação nos tempos de fabrico das cablagens, tornando o processo mais estável e facilitando o planeamento da produção de forma mais eficaz e previsível.

Para atingir estes objetivos de desempenho global da área produtiva da empresa, promovendo maior eficiência e controlo dos processos industriais, o trabalho é focado nos seguintes objetivos:

- Analisar o processo atual de corte de cabos na área das cablagens e identificar as principais fontes de ineficiência;
- Aplicar a metodologia SMED com vista à redução dos tempos de *setup* e eliminação de movimentos desnecessários dos operadores;
- Conceber uma estação de corte que permita centralizar tarefas, melhorar a ergonomia do posto de trabalho e eliminar deslocações repetitivas;
- Calcular e propor um sistema de reposição de stocks com base no 2 Bin System;
- Determinar o consumo médio diário e o ponto de reposição das referências de cabo mais utilizadas, em diferentes situações.
- Promover uma melhoria global da organização e controlo do processo produtivo da área das cablagens.

1.3. Metodologia

Em linha com os princípios da filosofia *Lean*, que defende a eliminação de desperdícios e a criação de valor para o cliente (Womack & Jones, 1996), a metodologia adotada neste relatório baseia-se na *Action Research*. A metodologia conjuga a intervenção prática com a produção de conhecimento, permitindo uma melhoria contínua dos processos analisados. Esta metodologia revela-se particularmente adequada a contextos industriais, como o da empresa MECALBI, onde a implementação de melhorias operacionais exige uma abordagem prática, colaborativa e iterativa (Tripp, 2005).

Esta metodologia caracteriza-se por envolver o investigador diretamente no processo de mudança, promovendo quatro etapas principais do ciclo de *Action Research* (Tripp, 2005):

1. **Planeamento** - Identificação do problema e definição das ações a implementar;
2. **Ação** - Aplicação prática das estratégias planeadas;
3. **Observação** - Recolha de dados e monitorização dos efeitos da intervenção;
4. **Reflexão** - Análise dos resultados e reformulação de estratégias, caso necessário

Neste trabalho, a metodologia foi aplicada à análise e melhoria do processo de fabrico de cablagens, recorrendo à implementação da ferramenta SMED (Single-Minute Exchange of Die).

Durante o estágio, foi possível acompanhar de perto as práticas em vigor na área das cablagens. Foram recolhidos dados sobre os tempos de operação dos processos produtivos, realizadas entrevistas informais com os operadores e feita uma análise detalhada das atividades existentes. Com base nas observações realizadas, foram pensadas e propostas melhorias com o objetivo de tornar o processo mais eficiente.

1.4. Organização do Relatório

O relatório está organizado em oito capítulos. Os próximos capítulos encontram-se organizados da seguinte forma:

No Capítulo 2 é apresentada a empresa MECALBI, descrevendo a sua atividade, os produtos fabricados, o sistema de gestão da qualidade e os principais processos internos, permitindo contextualizar o ambiente onde decorreu o estágio.

No Capítulo 3 é analisada a área de produção de cablagens, com descrição do trabalho desenvolvido nesse setor e dos processos aí realizados.

No Capítulo 4 é realizada a revisão da literatura e uma fundamentação teórica abordando os principais conceitos do projeto, tais como *Lean Production*, SMED, análise ABC, o sistema *Two Bin System* de gestão de stocks, incluindo também um resumo breve da literatura consultada.

No Capítulo 5 apresenta-se o caso de estudo, onde se descreve a situação atual do processo de corte, são identificadas ineficiências e aplicada a metodologia SMED. Neste ponto, são também apresentadas as propostas de melhoria: o desenvolvimento da nova estação de corte e a implementação de um sistema de gestão de stocks, com base em dados reais e cálculos de consumo, lead time e stock de segurança.

No Capítulo 6, são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalho futuro, com destaque para a viabilidade de implementação e para possíveis melhorias adicionais.

No Capítulo 7 estão inseridas as referências bibliográficas dos artigos usados na realização deste relatório.

No Capítulo 8, por fim, estão lá inseridos os anexos com informações que se usaram para a realização deste presente relatório.

2. Apresentação da empresa

2.1. A Mecalbi

A MECALBI – Engineering Solutions, Lda., é uma empresa portuguesa fundada em 2006, cuja atividade se centra no desenvolvimento de soluções tecnológicas para a indústria de cablagens, com especial enfoque na área dos sistemas de retração térmica. A sua origem está fortemente ligada ao setor automóvel, área onde o seu fundador adquiriu vasta experiência, o que contribuiu para definir a orientação técnica e o posicionamento estratégico da empresa.

Desde a sua fundação, a MECALBI tem vindo a consolidar-se como uma referência no setor, apostando na inovação, no desenvolvimento interno de tecnologia e na valorização do conhecimento técnico da sua equipa. A empresa distingue-se pela capacidade de desenvolver equipamentos ajustados às necessidades específicas de cada cliente, atuando de forma personalizada e orientada para a eficiência produtiva.

O portefólio da MECALBI evoluiu progressivamente, passando a abranger setores como os eletrodomésticos, a indústria militar e a aeronáutica, respondendo a requisitos técnicos exigentes que reforçam a sua posição no mercado. Esta diversificação tem sido acompanhada por uma forte aposta na internacionalização.

Com sede em Castelo Branco, Portugal, onde se localizam também as suas unidades de produção e desenvolvimento, a empresa conta atualmente com duas filiais internacionais: a MECALBI USA, responsável pela operação logística e comercial na América do Norte, e a MECALBI MX, no México, que oferece suporte direto às operações na América Central e do Norte.



Figura 1 - A MECALBI

2.2. Produtos

Inicialmente, a empresa dedicou-se ao desenvolvimento e produção de soluções de engenharia personalizadas para o sector automóvel, ajustadas às necessidades específicas de cada cliente. Com o tempo, essa abordagem evoluiu e a MECALBI especializou-se em equipamentos de retração de mangas termorretráteis para cablagens.

A empresa possui duas unidades fabris, localizadas em Portugal e no México. Em Portugal são realizadas a conceção do produto, a fabricação dos equipamentos e a produção de peças. Já no México, a atividade está focada exclusivamente na fabricação de peças para os equipamentos.

A Mecatrónica é o principal eixo tecnológico da empresa, que se divide em quatro áreas principais:

- Desenvolvimento e Comercialização de Produtos Standard:
- Sistemas de Retração
- Sistemas de Monitorização e Controlo
- Investigação e Desenvolvimento de Projetos Personalizados

Estes produtos e soluções são desenhados para proporcionar valor acrescentado e benefícios consideráveis aos seus clientes e parceiros, destacando-se pela inovação e tecnologia avançada que a empresa incorpora nos seus desenvolvimentos.



Figura 2 - Exemplo equipamento construído pela MECALBI

2.3. Sistema de Gestão da Qualidade

O Sistema de Gestão da Qualidade da MECALBI abrange o "Desenvolvimento, Produção e Comercialização de Produtos e Soluções Tecnológicas na área de Mecatrónica", com certificação pela ISSO - International Organization for Standardization. As certificações obtidas são as seguintes:

- **2010:** Certificação ISO 9001 ao nível da qualidade.
- **2017:** Certificação ISO 9001 na Mecalbi México e USA para "Comercialização de produtos e soluções tecnológicas na área de mecatrónica."
- **2021:** Alargamento do âmbito da certificação ISO 9001 na Mecalbi México para "Desenvolvimento, produção e comercialização de produtos e soluções tecnológicas na área de mecatrónica."

A MECALBI baseia a sua melhoria contínua em cinco pilares fundamentais, conforme delineado na sua Política de Qualidade:

1. **Satisfação dos Clientes:** Assegurar que os produtos e serviços superem as expectativas explícitas e implícitas dos clientes, utilizando as melhores práticas e soluções disponíveis em termos de qualidade, segurança, custos e fiabilidade.
2. **Satisfação da Organização:** Promover o crescimento e sustentabilidade nos mercados-alvo, assegurando a rentabilidade dos capitais investidos.
3. **Satisfação dos Colaboradores:** Proporcionar um bom ambiente de trabalho e bem-estar aos colaboradores, oferecendo formação adequada, avaliação de desempenho, desenvolvimento de carreira e reconhecimento de méritos.
4. **Satisfação dos Parceiros e Fornecedores:** Honrar os compromissos estabelecidos, promovendo um crescimento sustentado em conjunto.
5. **Satisfação da Sociedade:** Cumprir todas as exigências legais e regulamentares aplicáveis, estabelecendo relações de cooperação com entidades públicas e sociais.

A Política de Qualidade é revista periodicamente, ou sempre que necessário, para garantir a sua adequabilidade. A documentação do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) da MECALBI segue uma hierarquia estabelecida, assegurando uma estrutura organizada e eficiente para manter a excelência operacional.

2.4. Processos da Empresa

A MECALBI define na sua estrutura organizacional, ajustada às suas necessidades, os seguintes processos:

- **Processo de Gestão:** Inclui o Planeamento, a Melhoria e a Revisão do SGQ.
- **Processo de Suporte:** Abrange as áreas de Marketing e Recursos Humanos.
- **Processo de Realização do Produto:** Envolve as atividades comerciais e a Definição do Produto.

No contexto deste trabalho, o Processo de Realização do Produto é o mais relevante, abrangendo:

- Comercial/Definição do Produto.
- Aprovisionamento.
- Fabricação do Produto.

2.4.1. Comercial/definição do produto

O gestor comercial é o responsável por este processo, que tem como principais objetivos manter uma cooperação contínua e uma relação de parceria com os clientes, assim como assegurar a qualidade do produto, respeitando os prazos de entrega e minimizando os custos industriais. O departamento Comercial é encarregue de interagir diretamente com os clientes, respondendo a pedidos de propostas, orçamentos e encomendas. Na Figura 3 é apresentado um fluxograma que detalha este processo, com ênfase nas responsabilidades do departamento Comercial, cujo objetivo é desenvolver propostas em resposta a consultas de potenciais clientes ou projetos. (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

O processo de Elaboração da Proposta começa com a receção de uma "Consulta de Cliente", onde o departamento Comercial analisa os requisitos apresentados. Neste ponto, se surgirem dúvidas sobre os requisitos, o processo bifurca-se: o departamento Comercial entra em contacto com o cliente para clarificar dúvidas e obter informações adicionais ou, em casos de produtos técnicos ou situações complexas, pode recorrer ao departamento de "Design & Desenvolvimento" para uma análise técnica mais aprofundada.

Após as dúvidas serem esclarecidas, o processo continua com o "Estudo do prazo/preço", onde se avaliam os custos e prazos do projeto. Neste estágio, o departamento Comercial verifica novamente com o cliente se todas as condições estão em conformidade, surgindo então a questão: "É Exequível?" Se a resposta for negativa, o processo termina, i.e., "Declina a consulta/FIM." Caso contrário, avança-se para a "Elaboração da Proposta", que resulta na criação de uma

proposta formal, contendo todos os detalhes sobre custos, prazos e termos relevantes.

Este fluxograma assegura que cada etapa, desde o primeiro contacto até à entrega da proposta ao cliente, é cuidadosamente gerida e documentada, garantindo uma comunicação eficaz e que as necessidades dos clientes sejam atendidas de forma eficiente. (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

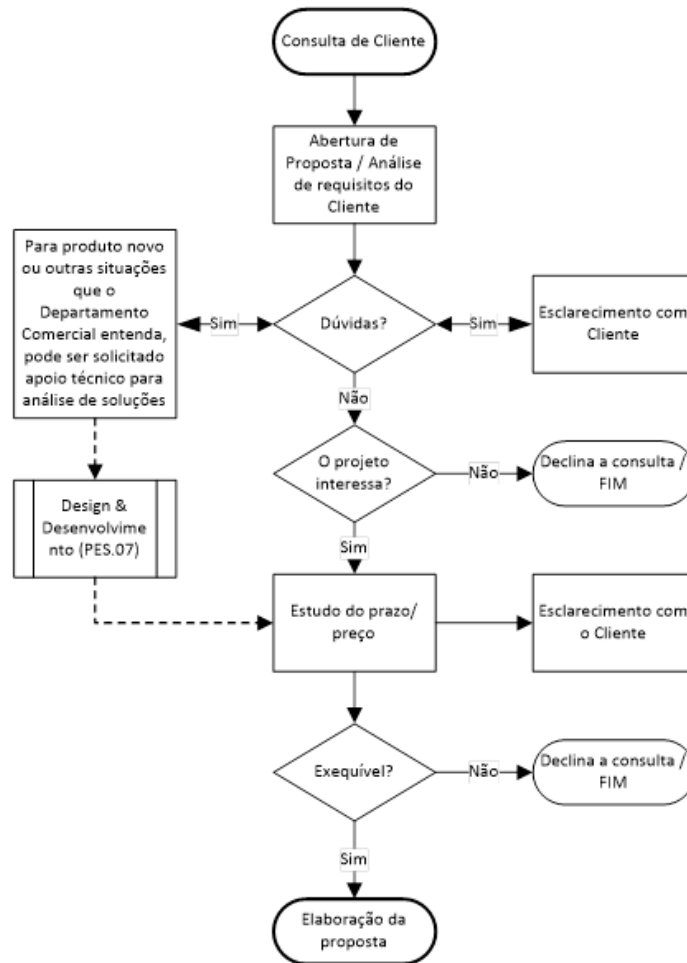


Figura 3 - Fluxograma Processo Comercial (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

A figura seguinte (Figura 4) ilustra um fluxograma detalhado que descreve o processo subsequente à elaboração de uma proposta pelo departamento Comercial, focando-se na definição de requisitos e na abertura de projeto. Este processo começa quando a proposta é submetida ao cliente. A primeira decisão a ser tomada é se o cliente aceita ou não a proposta. Se a proposta for aceite, o processo avança para a formalização dos requisitos específicos do projeto. Se não for aceite, o processo é concluído e a proposta é arquivada. Caso a proposta não seja aceite, existe a possibilidade de renegociar os termos. Esta renegociação implica uma revisão e, se necessário, a alteração dos termos da proposta, numa tentativa de alcançar um acordo com o cliente. Durante este processo, podem ser feitas modificações na proposta ou pode ser realizada uma análise mais detalhada

das soluções possíveis. Se a renegociação resultar num acordo, o cliente procede à encomenda, o que marca o início efetivo do projeto externo. (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

O passo seguinte é verificar se existem dúvidas por parte do cliente relativamente aos requisitos do projeto. Se o cliente não tiver dúvidas, o processo avança para a definição dos requisitos do projeto externo. No entanto, se surgirem dúvidas, estas devem ser esclarecidas através de comunicação direta com o cliente ou, se necessário, pode ser realizada uma nova renegociação, com possíveis ajustes nos termos da proposta.

Finalmente, é realizada uma avaliação para determinar se o acordo alcançado é exequível. Se o acordo não for viável, o processo é arquivado. Caso o acordo seja considerado exequível, o processo segue com a definição dos requisitos do projeto externo.

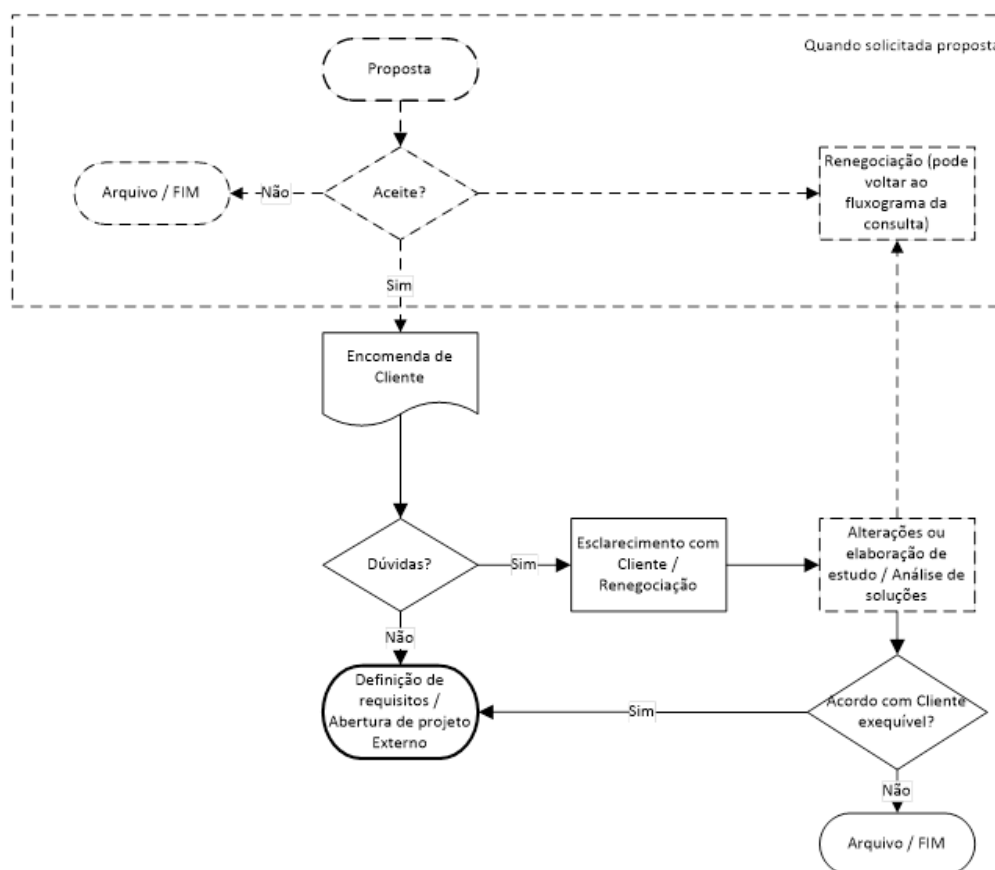


Figura 4 – Fluxograma Processo de elaboração de proposta comercial (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

Quando uma proposta é efetuada e aceite pelo cliente, o departamento comercial identifica a proposta como adjudicada, e esta é automaticamente convertida em projeto externo no Promec, que é o sistema informático de gestão da informação da empresa. A encomenda do cliente, além de ser registada no sistema de gestão da informação, deve ser arquivada em suporte digital na pasta do projeto. Sempre que o cliente altera os requisitos, estas alterações são registadas e comunicadas pelo departamento Comercial às áreas relevantes.

Antes do envio da proposta ao cliente e/ou após a receção da encomenda, os departamentos Comercial e de Desenvolvimento realizam uma análise dos requisitos transmitidos pelo cliente. Dessa análise resulta a decisão sobre a necessidade ou não de implementar a fase de design e desenvolvimento (D&D), como ilustrado na Figura 5. (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)



Figura 5 - Fluxograma Análise dos requisitos do cliente (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

A definição do produto seja ele um produto standard, customizado ou desenvolvido através de design e desenvolvimento (D&D) está detalhada no fluxograma da Figura 6, que descreve o processo que ocorre após a fase de "Definições e Especificações Técnicas" no desenvolvimento de um produto. O objetivo deste processo é garantir que os produtos sejam desenvolvidos e fabricados de forma eficaz e eficiente, cumprindo todas as especificações técnicas e os requisitos do cliente. (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

Após a definição das especificações técnicas, o primeiro passo é determinar se o produto em questão é uma repetição de um produto existente ou se há algo semelhante já em produção. Se o produto for uma repetição, existe a oportunidade de avaliar se há possibilidade de melhorias no produto existente. Se não houver produtos semelhantes, o processo avança para a criação do "Dossier do Projeto/Dossier do Produto", que inclui todos os detalhes essenciais para orientar o desenvolvimento e a produção do produto. Caso exista uma oportunidade de melhoria, o processo continua com a elaboração do projeto, que inclui as especificações técnicas, os desenhos mecânicos e o desenvolvimento eletrónico.

Após a conclusão do projeto, é realizada uma verificação rigorosa para garantir que este cumpre todas as especificações. Uma vez verificado e finalizado, o "Dossier do Projeto/Dossier do Produto" é criado e transmitido ao departamento de "Processos Industriais", que é responsável por assegurar que o produto seja fabricado de acordo com as especificações definidas. As informações são também transmitidas aos departamentos de "Aprovisionamento" e "Fabrico do Produto", que trabalham em conjunto para adquirir os materiais necessários e fabricar o produto conforme as especificações técnicas.

Se, durante a fabricação, forem identificadas necessidades de ajustes ou correções no projeto, o processo retorna às etapas de desenvolvimento para implementar as alterações necessárias. Após essas correções, o projeto é novamente verificado.

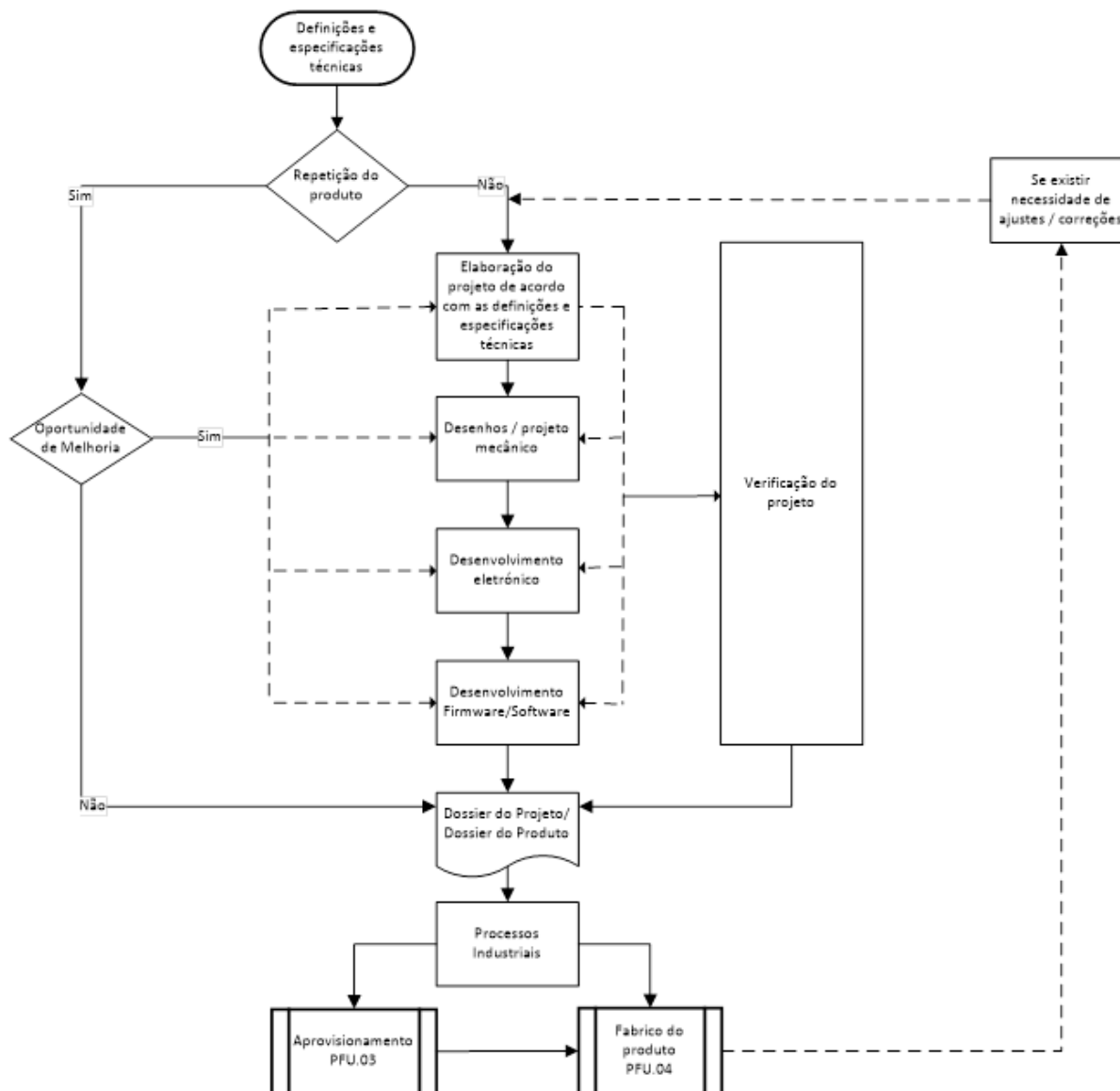


Figura 6 - Fluxograma do processo após a fase de definições e especificações técnicas (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

O Dossier do Projeto contém toda a informação necessária para o desenvolvimento de um produto, baseada nas definições e especificações técnicas, e inclui a documentação técnica essencial. O Dossier do Produto aplica-se aos produtos standard, sendo elaborado com base na documentação existente no Dossier do Projeto. Toda a informação técnica que compõe o Dossier do Produto pode ser consultada no sistema de gestão da informação "Promec".

2.4.2. Aprovisionamento

O gestor do processo de aprovisionamento é responsável por assegurar a eficiência deste processo, que tem como principais objetivos desenvolver e implementar estratégias de compra e procura, satisfazer as necessidades de aprovisionamento, garantindo uma boa relação entre qualidade, preço e prazo de entrega, evitar ruturas ou excesso de stock, assegurando que os materiais adquiridos e integrados nos produtos da MECALBI estão em conformidade com os requisitos de compra especificados, e garantir que os fornecedores dos materiais incorporados nos produtos da MECALBI são selecionados e avaliados conforme a sua capacidade de fornecer produtos que cumpram os padrões exigidos. A ligação com os fornecedores é gerida pelo departamento de aprovisionamento. O fluxograma apresentado na Figura 7 descreve todo o processo de aquisição de materiais e produtos, desde a identificação da necessidade até à sua disponibilização para utilização ou expedição, sendo que cada etapa é essencial para garantir que a empresa adquira os materiais de forma eficiente e em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos. (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

O processo de aquisição de materiais começa com a identificação da necessidade de compra, que pode surgir da reposição de stocks, da necessidade de materiais para a produção, do fornecimento direto a clientes ou de outras situações específicas tais como a necessidade de material para o D&D isto para conceção de novos produtos. Após a necessidade ser identificada por operadores do armazém, a informação é transmitida ao departamento de aprovisionamento, que coordena e executa o processo de compra. Este departamento verifica se já existe um fornecedor homologado para o produto em questão. Caso não exista, é necessário identificar potenciais fornecedores e solicitar cotações de preços e condições de fornecimento. Dependendo da necessidade, pode ser realizada uma consulta a vários fornecedores para obter propostas competitivas. As propostas recebidas são analisadas para identificar a melhor opção em termos de preço, qualidade e prazos de entrega. Se uma proposta adequada for encontrada, a encomenda é preparada e enviada ao fornecedor selecionado. Se nenhuma das propostas satisfizer os critérios estabelecidos, o departamento de aprovisionamento pode negociar com os fornecedores para melhorar as condições. Caso as negociações não sejam bem-sucedidas ou se não houver propostas adequadas, o processo é arquivado ou é contactado um novo fornecedor. Após a entrega da encomenda pelo fornecedor, o material é recebido e inspecionado para garantir que cumpre as especificações e padrões de qualidade exigidos.

Se o material for considerado conforme, é devidamente armazenado e fica disponível para ser utilizado na produção ou expedido diretamente aos clientes, conforme as necessidades da empresa. Caso o material não esteja conforme, é registada uma não conformidade ou reclamação ao fornecedor para resolver o

problema. Por fim, o desempenho do fornecedor é avaliado para garantir a melhoria contínua do processo de aquisição.

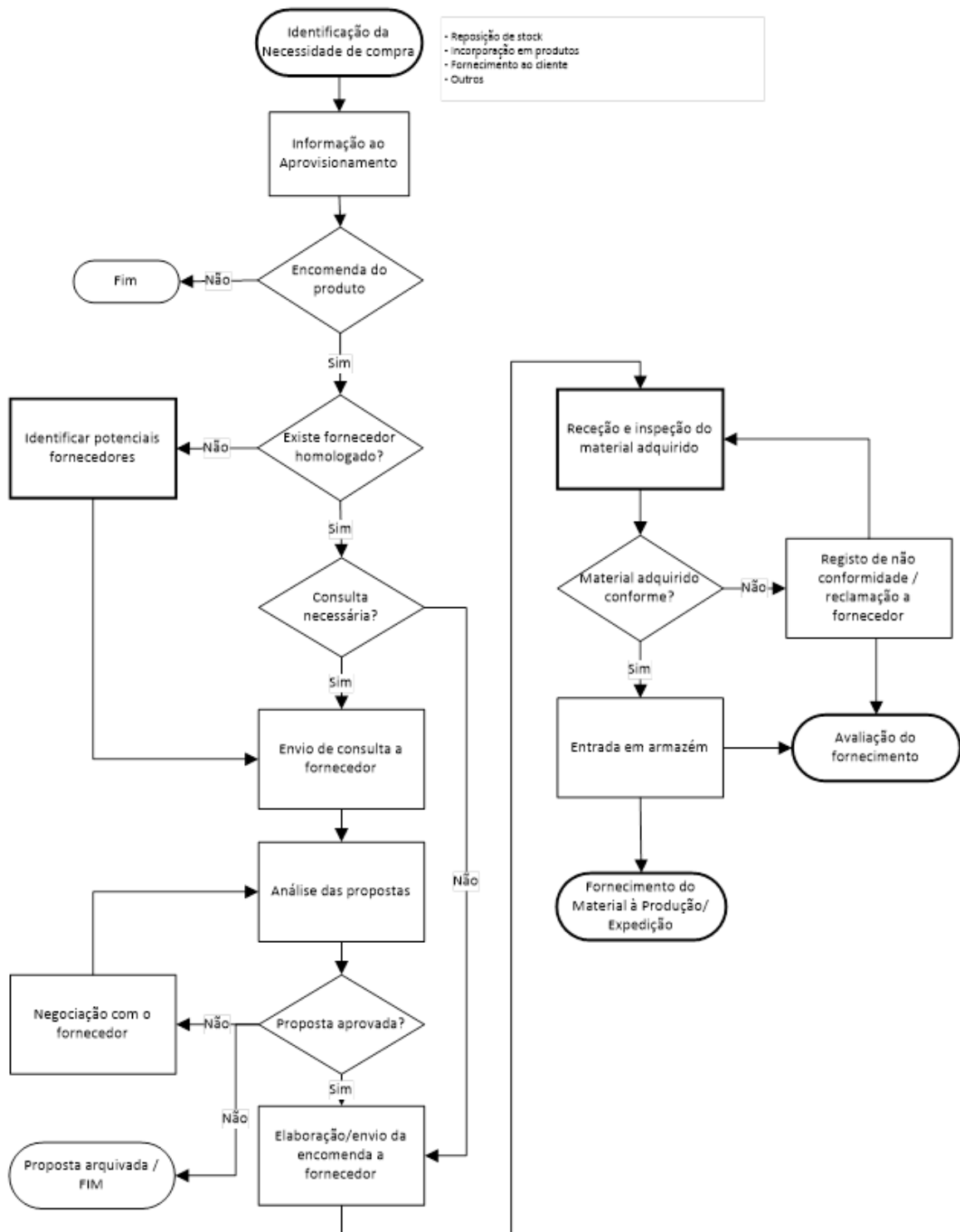


Figura 7 - Fluxograma processo de aquisição de materiais (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

2.4.3. Fabrico do Produto

O gestor do processo de Fabrico do Produto, responsável pela Produção, tem como principais objetivos: planear a produção de maneira a tirar partido da capacidade produtiva e garantir uma resposta atempada aos pedidos dos clientes; e assegurar que o produto fabricado cumpre todos os requisitos durante o processo de realização, especialmente antes da entrega ao cliente (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020).

O processo tem início com a abertura de um projeto, que pode ser interno (projeto dentro da empresa para a fabricação do produto) ou em resposta a uma solicitação externa, e que pode envolver o desenvolvimento de um novo produto ou a produção de um já existente. A primeira etapa consiste em verificar se existe um dossier completo e documentado para o produto ou projeto. Caso o dossier não esteja completo, o processo retorna ao departamento de Comercial/Definição do Produto para assegurar que toda a documentação necessária é obtida antes de avançar. Após a validação do dossier, verifica-se a disponibilidade dos materiais necessários para a produção. Se os materiais não estiverem disponíveis, o processo é encaminhado para o departamento de Aprovisionamento para a sua aquisição.

Com os materiais disponíveis, o fabrico do produto é planeado considerando todas as especificações e requisitos do projeto. Se for necessária a maquinação de peças, é verificado se já existe uma programação CAM (Computer-Aided Manufacturing). Caso não exista, procede-se à programação CAM e, em seguida, à maquinação das peças. Após a maquinação, as peças são verificadas para garantir que estão em conformidade com as especificações. Se as peças não estiverem conformes, o processo volta à fase de revisão da programação CAM e a maquinação é repetida. As peças conformes são armazenadas adequadamente e ficam prontas para a montagem do produto. A montagem eletromecânica segue-se, onde componentes mecânicos e eletrónicos são integrados conforme as especificações. Realiza-se então uma verificação para assegurar que a montagem está em conformidade com os requisitos. Se estiver, o processo avança para a inspeção e ensaio do produto final, onde este é minuciosamente inspecionado e testado para garantir que cumpre as especificações e padrões de qualidade.

Se tanto a montagem quanto o produto final estiverem em conformidade, o processo é concluído com a embalagem e expedição do produto. No caso de não conformidade na montagem ou no produto final, é realizada uma investigação para identificar as causas. Dependendo dos resultados, o processo pode ser retomado em fases anteriores, como o planeamento de fabrico, a montagem de PCB's (Printed Circuit Boards) ou a montagem eletromecânica, até que o produto esteja em conformidade.

A Figura 8 ilustra o fluxo deste processo, desde a sua abertura até à entrega final, assegurando a qualidade dos produtos e a satisfação do cliente, com cada

departamento desempenhando um papel crucial ao longo do processo. (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

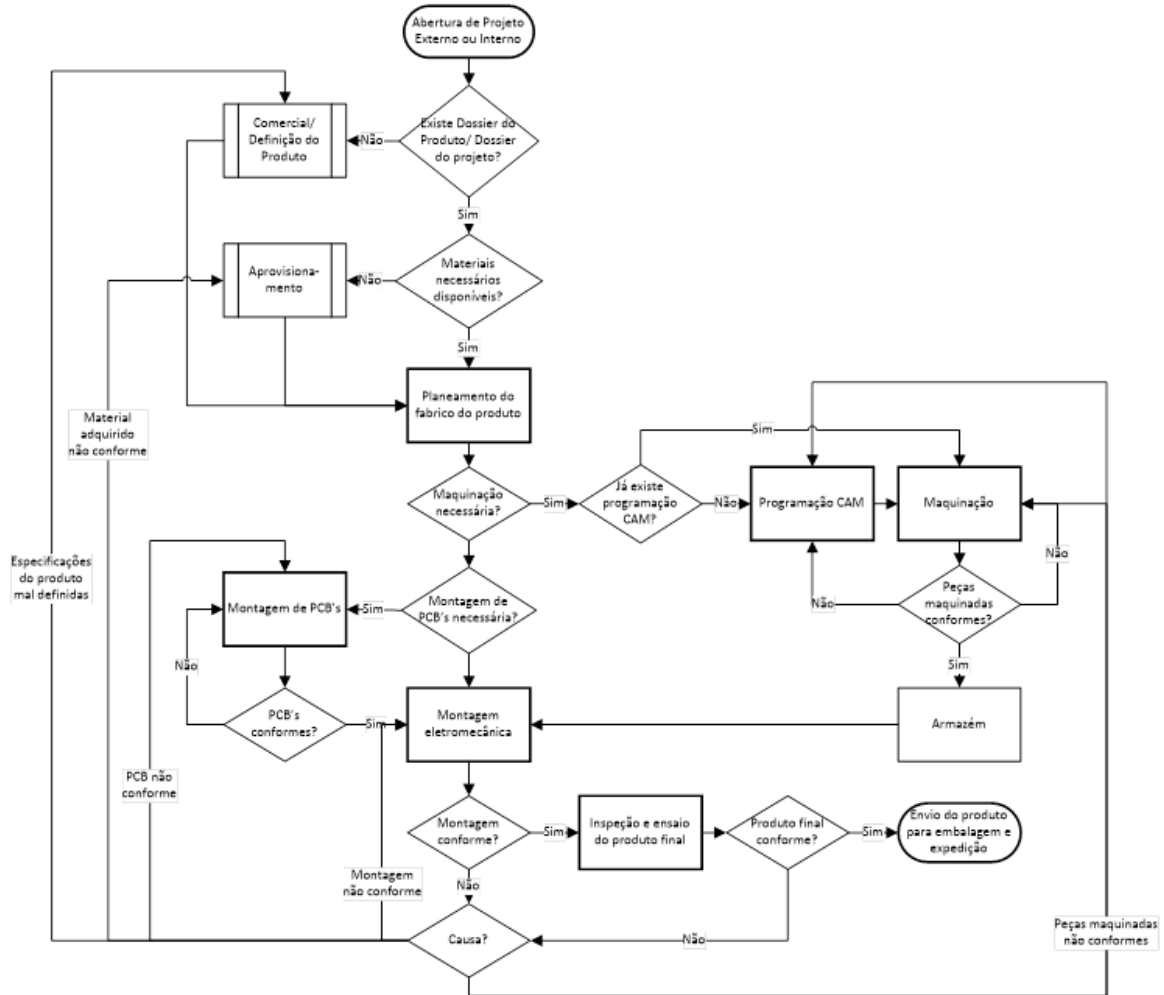


Figura 8 - Fluxograma processo de fabrico do produto (Manual MECALBI, Mod.0001.PT-A, 2020)

3. Processo de fabrico na Área das Cablagens

3.1. Fases do Processo de Fabrico

O processo de fabrico cabos na área das cablagens inicia-se com a identificação/ seleção da próxima obra a realizar, de acordo com planeamento estabelecido. Após a confirmação da obra a ser realizada, o próximo passo consiste em abrir essa obra no sistema informático PROMEC. Cada operador é responsável por registar a obra com o seu próprio número de operador. Este procedimento é essencial para o controlo do tempo gasto na fabricação das cablagens, permitindo assim uma eventual gestão eficiente do tempo de produção e dos recursos envolvidos, assegurando a rastreabilidade e monitorização do trabalho realizado.

Com a obra devidamente registada, o passo seguinte envolve a organização dos materiais necessários para iniciar a produção. Para isso, procede-se à impressão das etiquetas que identificarão as caixas onde serão armazenados os respetivos KITS de cablagem produzidos. Estas etiquetas são essenciais para garantir que cada componente é claramente identificado e localizado durante todo o processo de produção. Após a impressão das etiquetas, o operador dirige-se ao armazém para recolher as caixas vazias que serão usadas para separar e organizar o material necessário para a obra em questão. Este material encontra-se armazenado numas estantes distintas dentro da área de fabrico de cablagens.

Feita a separação do material e identificadas as caixas, pode-se então iniciar a produção. O primeiro passo do processo de produção é o corte dos cabos, que deve ser realizado seguindo rigorosamente as medidas especificadas no manual de fabrico. Este passo é fundamental, pois sem o corte correto dos cabos, as etapas subsequentes não podem ser realizadas de forma eficaz. Assim que os cabos são cortados nas dimensões apropriadas, pode iniciar-se a produção de cablagem por KITS, que vai incluir as seguintes fases.

- Descarne;
- Cravamento de ponteiras, olhais e terminais;
- Soldadura de cabos
- Etiquetagem.

Além do corte de cabos elétricos, pode ser necessário realizar o corte de tubos pneumáticos, que são usados para transportar ar pressurizado para que alguns componentes da máquina. Este procedimento é realizado após todos os cabos terem sido devidamente cortados e preparados. O corte dos tubos pneumáticos é uma etapa complementar que, dependendo das especificações da obra, pode ou não ser necessária.

Por fim, se a obra exigir uma pré-montagem, o operador responsável deve iniciar esse processo assim que os cabos e outros componentes estiverem prontos. A pré-montagem envolve a montagem parcial ou completa dos componentes antes da instalação final no equipamento a produzir na zona de montagem. No entanto, caso não exista necessidade de pré-montagem, ou se todos os KITS de cabos já estiverem concluídos, o processo de fabrico é dado como finalizado. Neste ponto, todos os componentes e cablagens estão prontos para serem enviados para a zona de montagem.

O fluxograma seguinte (Figura 9) identifica todas as etapas envolvidas, desde a verificação inicial da obra até à finalização da produção do KIT.

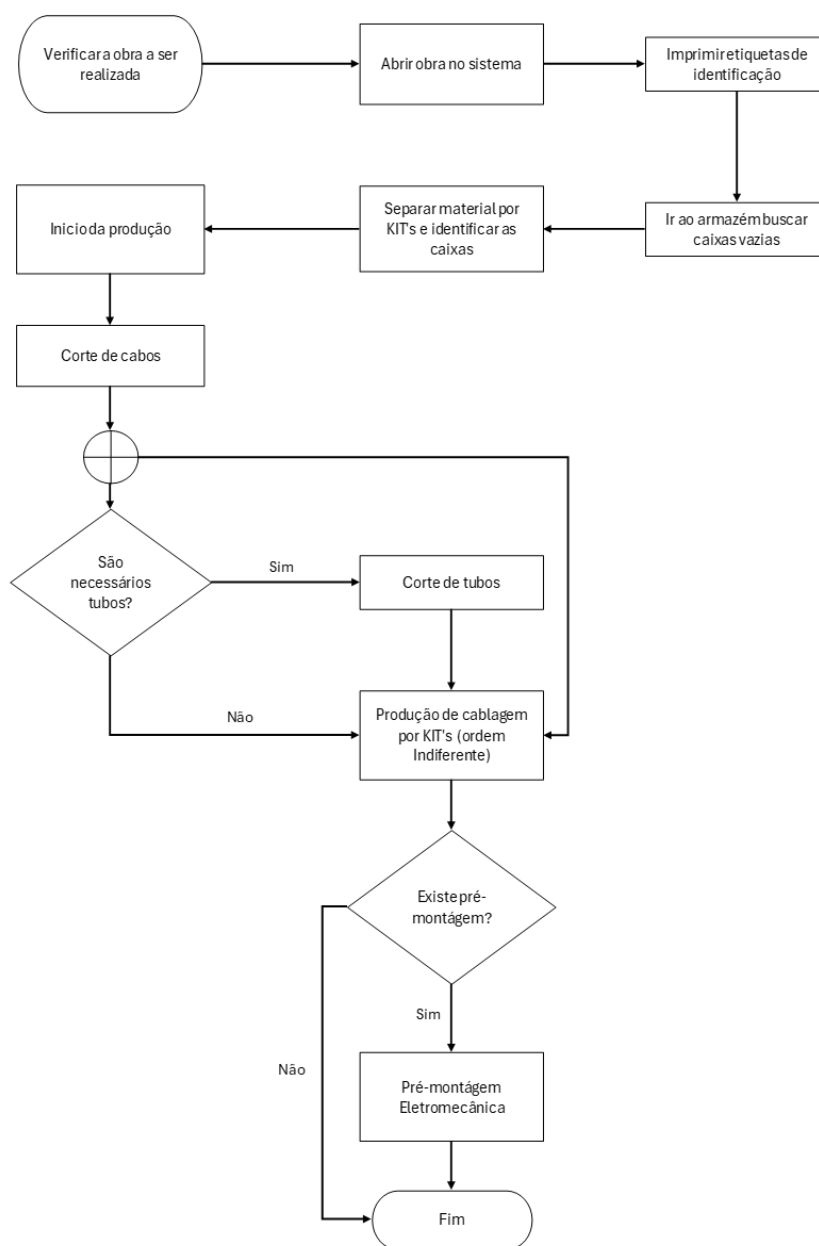


Figura 9 - Fluxograma Processo de fabrico na área das cablagens

Seguidamente são detalhadas as fases específicas do processo de fabrico representadas no fluxograma anterior.

Separação de material em KITS: Este processo consiste em subdividir o material em diferentes KITS, utilizando caixas específicas, com o objetivo de assegurar que o material chegue posteriormente às respetivas células de montagem já separado e devidamente organizado. Cada caixa é identificada com uma etiqueta, conforme ilustrado na figura 11, que contém informações essenciais para a identificação do lote a ser produzido. A etiqueta inclui o modelo da máquina, o número interno do projeto, a quantidade de material e a identificação correspondente de cada KIT.



Figura 10 - Local de armazenamento de material por KITS, da produção em curso

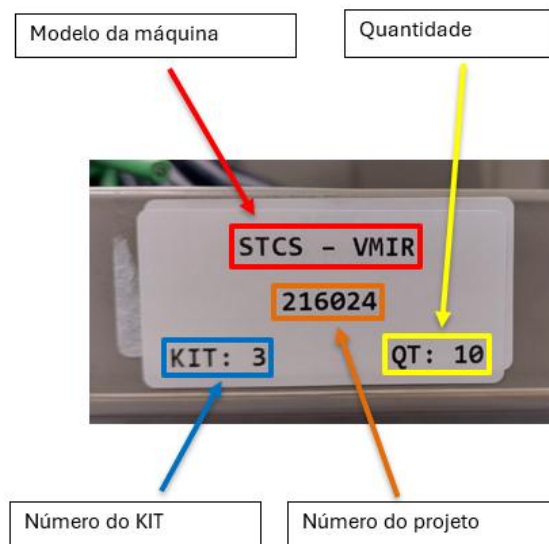


Figura 11 - Etiqueta identificação das caixas de material

Corte de cabos elétricos - O processo de corte de cabos elétricos tem início com a verificação dos cabos a serem cortados, os quais podem ser necessários para diversos KITS de montagem. Este corte exclui cabos que contenham sensores, fichas, cabos de ventoinha originais ou outros acessórios. O corte é realizado por uma máquina específica de corte, ver Figura 13. Para executar o corte, o operador configura na máquina com o tamanho e a quantidade de cabos a serem cortados, insere o cabo na máquina e pressiona o botão de START para iniciar o processo. Durante o corte, o operador identifica os conjuntos de cabos já cortados, enrolando uma fita de papel em torno deles e escrevendo a nomenclatura dos cabos, conforme definido no manual de fabrico de cablagem. Em seguida, os cabos são separados e colocados na caixa correspondente ao kit a que pertencem.



Figura 12 - Processo de corte



Figura 13 - Máquina de Corte

Corte de Tubos: Após a conclusão do corte dos cabos elétricos, procede-se ao corte dos tubos, utilizando uma metodologia semelhante. Esta operação é realizada com recurso à mesma máquina de corte utilizada para os cabos.

Produção de cablagem por KITS: A produção de cablagem por KITS corresponde à execução das várias operações necessárias à montagem dos cabos, organizadas em conjuntos previamente definidos, destinados a uma determinada célula de montagem. Esta metodologia permite que cada conjunto contenha todos os cabos e componentes necessários para a montagem de uma máquina específica, o que facilita o planeamento e evita interrupções no processo produtivo. Ao adotar o sistema de produção por KITS, torna-se possível organizar o trabalho de forma mais clara e estruturada, uma vez que cada conjunto reúne todos os cabos e componentes necessários para a montagem de uma máquina específica. Esta organização facilita o trabalho dos operadores, que conseguem identificar facilmente o material correspondente a cada obra, evitando confusões ou trocas indevidas. Para além disso, o facto de o material seguir já separado e preparado para a linha de montagem permite agilizar o processo e minimizar tempos de paragem. Durante esta fase, são realizadas de forma sequencial todas as operações previamente descritas, desde o corte e descarte dos cabos, ao cravamento de terminais, soldadura, etiquetagem e, quando aplicável, a pré-montagem, até à finalização de cada KIT. As etapas específicas deste processo serão descritas com maior detalhe no Capítulo 3.2.

Pré-montagem Eletromecânica: Em determinadas obras, é necessário realizar uma fase de pré-montagem eletromecânica, que tem como objetivo preparar previamente certos subconjuntos, de forma a simplificar o trabalho posterior na linha de montagem. Esta etapa pode incluir, por exemplo, a ligação de cabos a fichas, a montagem de sensores ou a fixação de componentes a suportes específicos. A realização desta fase depende das exigências técnicas de cada projeto. Sempre que se prevê que determinada tarefa, se executada na linha, possa ser morosa ou causar dificuldades, opta-se por a antecipar na área de cablagem. Desta forma, reduz-se o tempo necessário na montagem final e assegura-se uma maior fluidez no processo produtivo. Depois de concluída, a pré-montagem é organizada juntamente com os restantes KITS da obra, devidamente identificada e pronta para ser utilizada assim que a montagem for iniciada.

Concluída a produção de todos os KITS referentes a uma determinada obra, cada caixa individual correspondente a um KIT é devidamente identificada e colocada numa estante própria dentro da área de fabrico de cablagens. Estas estantes funcionam como ponto de armazenamento temporário (buffers), onde o material permanece até ser recolhido pela equipa da montagem, dando assim início à fase seguinte do processo produtivo. Contudo, antes de serem colocadas na estante, as caixas com os KITS são verificadas pelo operador, garantindo que correspondem à obra em questão e que estão completas. Trata-se de uma inspeção visual, assegurando que o material está pronto para ser encaminhado para a linha de montagem assim que for necessário.

Por fim, a obra é dada como terminada no sistema PROMEC, sendo registados os tempos de fabrico e o estado da produção.

3.2. Etapas da produção de cablagem por KITS

Seguidamente são detalhadas as etapas específicas da produção de cablagens por KITS.

Descarne de cabos: O descarne dos cabos é realizado com a ajuda de um descarnador elétrico. Este dispositivo possui programas predefinidos para cada tipo de cabo, nos quais já estão inseridas as principais características, como a espessura exterior, a espessura dos filamentos interiores e o método de descarne. O operador necessita de selecionar no menu do equipamento a categoria do cabo e o comprimento pretendido para o descarne. Com estes parâmetros definidos, o cabo é introduzido horizontalmente na ranhura da máquina, que realiza automaticamente a operação de descarne de forma rápida e conforme os

parâmetros definidos. Em alguns tipos de cabo, é necessário realizar o descarne tanto do revestimento exterior como do interior. Nestes casos, o operador deverá ajustar as configurações da máquina para que esta se adapte às exigências específicas de cada situação.

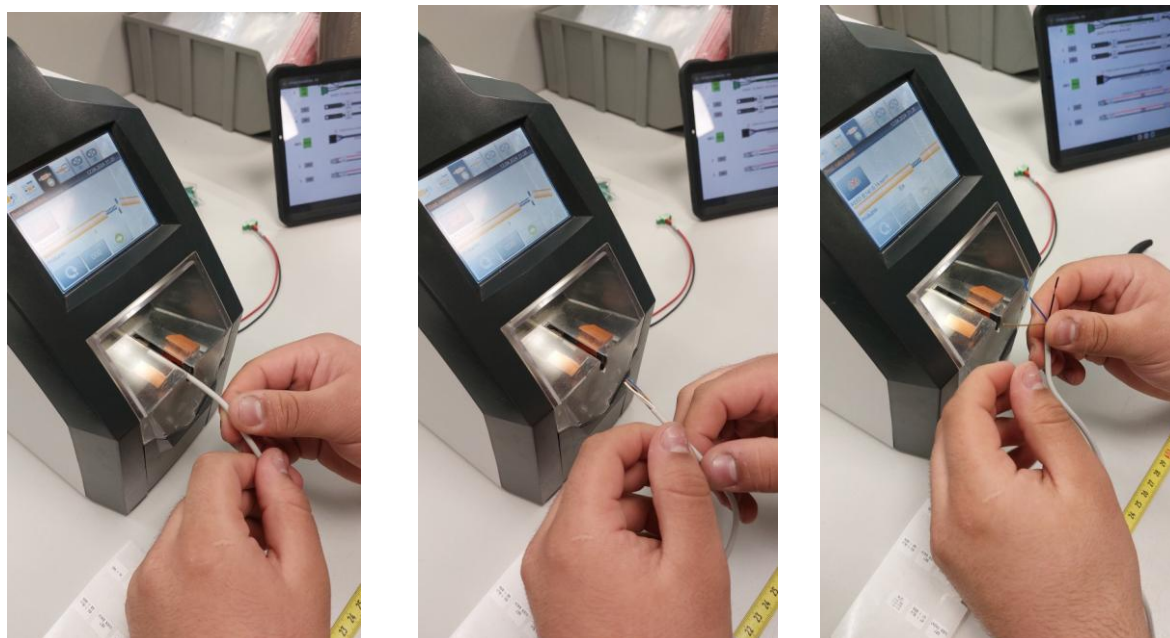


Figura 14 - Processo de descarne

Cravamento de ponteiras, olhais e terminais: O cravamento de ponteiras e olhais só pode iniciar-se após os cabos serem descarnados. O processo de cravamento de ponteiras, olhais e terminais consistem em fixar terminais metálicos nas extremidades dos cabos elétricos para garantir uma conexão segura e eficiente a componentes elétricos.



Figura 15 - Ponteira, olhal e terminal

No cravamento de olhais e terminais, podem ser utilizados dois tipos de equipamentos pneumáticos, cada um capaz de cravar o seu conjunto específico de olhais/terminais, ou seja, cada equipamento aceita um conjunto de componentes a cravar. No caso do cravamento das ponteiras, também é utilizado um cravador pneumático para essa finalidade, esse equipamento suporta todos os tipos de terminais usados. Ambos os equipamentos pneumáticos são acionados por uma pedaleira localizada por baixo da mesa. Também é possível utilizar um equipamento automatizado para o cravamento de ponteiras, eliminando a necessidade de descarnar previamente os cabos, identificado na Figura 16. No entanto, esse equipamento possui a limitação de ser utilizado apenas em cabos que se encaixam nos dois tipos de ponteiras suportadas por ele. Em geral, isso

significa que menos da metade dos cabos usados na empresa podem ser processados com este equipamento.

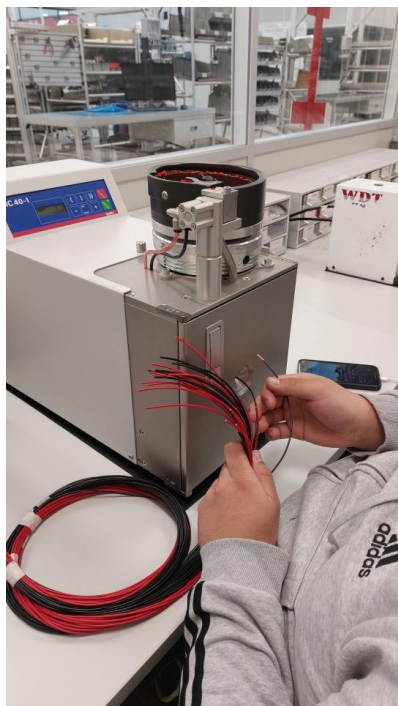


Figura 17 - Equipamento descarte e cravamento automatizado



Figura 16 - Equipamento de cravamento manual

Soldadura de cabos nas ventoinhas: O processo começa com a remoção dos cabos originais da ventoinha, uma vez que não são resistentes ao calor e degradam-se com facilidade. Os novos cabos, com maior resistência térmica, são soldados no lugar dos anteriores. Para isso, o operador utiliza um ferro de soldar. Primeiro, aquece os pontos de ligação para derreter a solda existente e remover os cabos antigos. Em seguida, prepara os novos cabos estanhando previamente as pontas. Por fim, aquece os terminais da ventoinha, aplica uma pequena quantidade de estanho e solda os novos cabos.

Soldadura em terminais: Neste caso, o processo é mais direto. Os cabos são previamente estanhados e soldados diretamente nos terminais com o ferro de soldar. Não existe remoção de cabos anteriores.

Etiquetagem: O processo de etiquetagem é essencial para identificar os cabos com as suas etiquetas específicas, pode ser realizado de duas maneiras diferentes: manualmente ou utilizando a máquina automatizada. A etiquetagem manual pode ser realizada em todos os tipos de cabos e tubos, sem quaisquer restrições, sendo que na etiquetagem automatizada é preciso ter em atenção à espessura dos cabos/tubos a serem etiquetados, pois não pode ser compatível com a máquina. Na **Etiquetagem manual** o primeiro passo é a impressão das etiquetas. O operador

tem no computador um documento específico para cada máquina, contendo todas as etiquetas necessárias. Com base nesse documento, são impressas as etiquetas conforme o número de máquinas a serem etiquetadas. Após isso, o operador faz a etiquetagem manual como ilustrado na Figura 18:

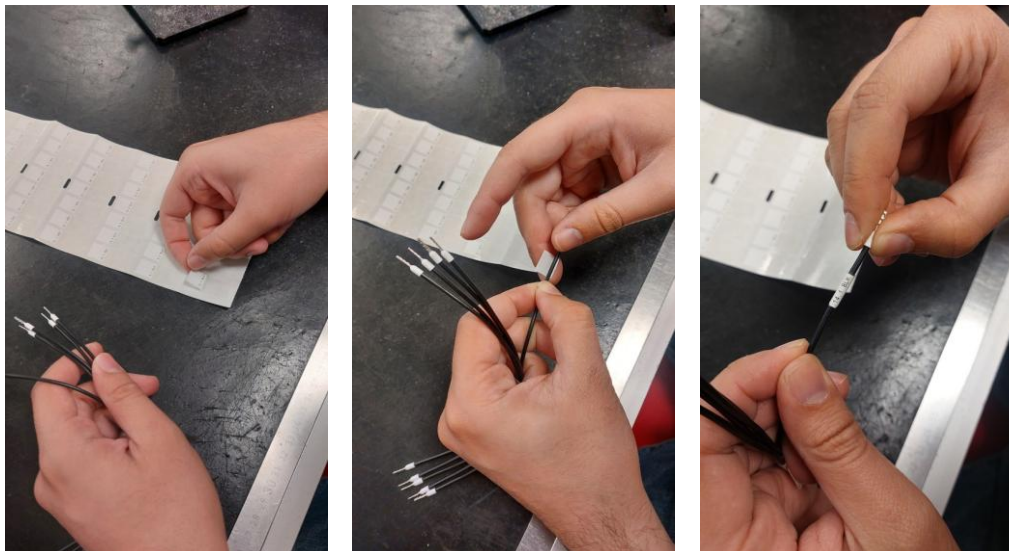


Figura 18 – Processo Etiquetagem manual

Na **Etiquetagem automatizada** o processo começa com a abertura do ficheiro designado para a máquina em produção. Este ficheiro, como mencionado anteriormente, contém todas as etiquetas necessárias para a cablagem da máquina em questão. Após selecionar o ficheiro adequado, o operador pode iniciar o processo de etiquetagem. Para etiquetar, o operador simplesmente insere o cabo na ranhura, e a máquina executa automaticamente o processo de etiquetagem do cabo. Este processo pode ser verificado na figura abaixo.

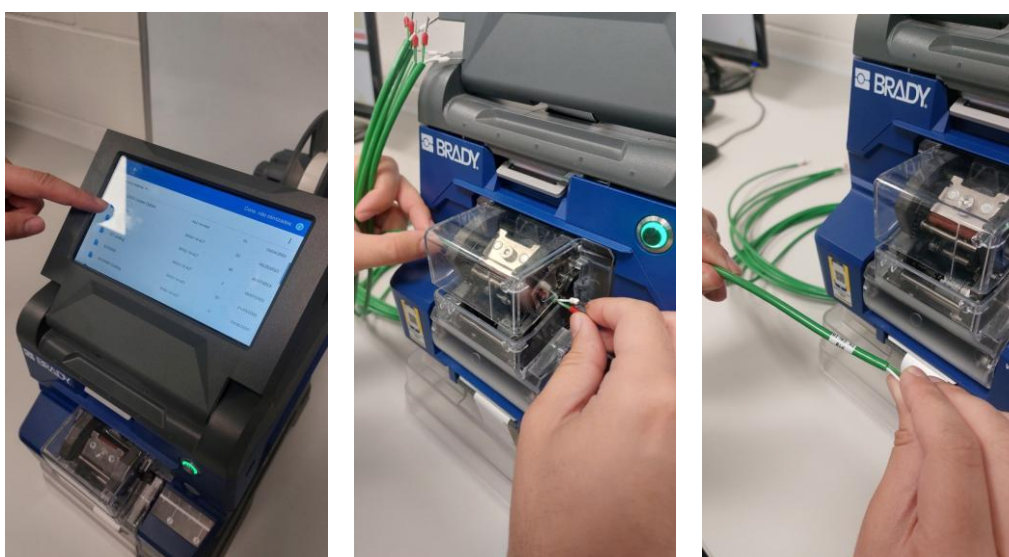


Figura 19 - Processo etiquetagem automatizada

4. Fundamentação teórica e revisão da literatura

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos teóricos que ajudaram a orientar o trabalho desenvolvido. O objetivo é explicar, de forma simples e direta, as metodologias e ferramentas que foram aplicadas ao longo do projeto.

A no primeiro subcapítulo 4.1 foca-se na filosofia Lean Production, os seus princípios base, os tipos de desperdício mais comuns e as ferramentas que ajudam a tornar os processos mais eficientes. A seguir, no subcapítulo 4.2, é abordada a metodologia SMED, que permite reduzir os tempos de *setup* e tornar a produção mais flexível. Por fim, o subcapítulo 4.3 trata da gestão de stocks, com destaque para dois métodos utilizados no projeto, o ROP (Reorder Point) e o sistema de dois contentores (2 Bin System).

4.1. Lean Production

4.1.1. Conceito Lean e seus princípios

O *Lean Production* é uma metodologia de gestão focada em maximizar a eficiência dos processos produtivos através da eliminação dos desperdícios e da melhoria contínua. Tem origem no *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido no Japão após a Segunda Guerra Mundial, e foi sistematizado por autores como Womack e Jones (1996). Desde então, tem sido aplicado em diversos setores industriais, demonstrando eficácia na redução de custos, melhoria da qualidade e aumento da eficiência operacional (Tiwari & Sharma, 2022; Soliman et al., 2018).

O Lean baseia-se em cinco princípios fundamentais, que orientam a transformação organizacional para um sistema de produção mais eficiente, flexível e orientado ao cliente (Womack e Jones, 1996):

- 1. Especificação do valor:** Consiste em determinar com precisão aquilo que constitui valor do ponto de vista do produto ou serviço, de modo a orientar todos os processos para a eficiência produtiva. O valor é definido pelo objetivo do processo.
- 2. Identificação da cadeia de valor:** Consta em analisar todas as etapas envolvidas na transformação das matérias-primas em produto final, com o objetivo de identificar e eliminar atividades que não acrescentam valor, como tempos de espera, transportes desnecessários ou movimentos redundantes.
- 3. Criação de fluxo contínuo:** Após eliminar os desperdícios, deve-se organizar o processo de modo que as atividades fluam sem interrupções ou tempos mortos entre etapas. Isto garante maior previsibilidade e estabilidade na produção.

4. **Produção puxada (pull):** A produção é desencadeada com base na procura real, ou seja, apenas se produz quando existe uma necessidade concreta no processo seguinte. Esta abordagem permite evitar a sobreprodução e reduzir a acumulação de existências.
5. **Procura da perfeição:** Envolve o compromisso com a melhoria contínua (*Kaizen*), através da padronização de boas práticas, do envolvimento das equipas e da revisão constante dos processos, com vista à excelência operacional.

4.1.2. Aplicação dos princípios Lean

A aplicação dos princípios *Lean* manifesta-se de forma transversal em diversos domínios organizacionais, desde o planeamento da produção até à gestão da qualidade e à logística interna. A implementação prática desta filosofia visa eliminar desperdícios, simplificar processos e aumentar a fluidez operacional, contribuindo para uma estrutura produtiva mais ágil, eficiente e sustentável.

Segundo *Womack e Jones* (1996), ao orientar os processos pela lógica *Lean*, as organizações conseguem reduzir significativamente os tempos de ciclo, otimizar a utilização dos recursos e melhorar a sua capacidade de resposta a variações da procura. A eficácia da produção aumenta quando o fluxo é contínuo, os stocks são ajustados e as operações são sincronizadas com a procura real.

A prática *Lean* permite ainda lidar com sistemas mais complexos. *Soliman et al.* (2018) referem que, em ambientes sociotécnicos, a adoção de princípios *Lean* pode ajudar a redistribuir a complexidade de forma equilibrada, promovendo maior resiliência e eficácia operacional.

De forma geral, a aplicação consistente dos princípios *Lean* conduz a uma produção mais estável, com menos desperdícios e melhor controlo sobre os fluxos de valor, contribuindo para a melhoria contínua e a sustentabilidade do desempenho organizacional.

4.1.3. Desperdícios Lean

Um dos pilares fundamentais da filosofia *Lean* é a eliminação sistemática de desperdícios, ou seja, de todas as atividades que consomem recursos sem gerar valor. Esta visão foi consolidada no âmbito do *Toyota Production System*, onde *Taiichi Ohno* identificou sete categorias principais de desperdício, mais tarde complementadas com uma oitava. A identificação e eliminação destes desperdícios é essencial para aumentar a eficiência dos processos produtivos, reduzir custos e melhorar a resposta operacional das empresas (*Womack & Jones*, 1996).

1. **Sobreprodução:** Produzir mais cedo ou em maior quantidade do que o necessário, gerando inventário excedente e dificultando a adaptação à procura real.
2. **Espera:** Perda de tempo devido à inatividade de operadores, máquinas ou materiais, normalmente causada por desorganização ou falta de sincronização.
3. **Transporte excessivo:** Movimentações desnecessárias de materiais ou produtos entre áreas, que não acrescentam valor e aumentam o risco de danos ou perdas.
4. **Processamento excessivo:** Execução de tarefas além do necessário, como retrabalho, verificações redundantes ou uso de tecnologias inadequadas ao fim em vista.
5. **Inventário excessivo:** Acumulação de matérias-primas, produtos intermédios ou acabados além do necessário, comprometendo espaço, liquidez e visibilidade dos fluxos.
6. **Movimentos desnecessários:** Deslocações físicas de operadores que poderiam ser evitadas com melhor organização do posto de trabalho.
7. **Defeitos:** Produção de itens não conformes, gerando necessidade de retrabalho, desperdício de materiais e tempo adicional.
8. **Desaproveitamento de talento humano:** Subutilização das competências e ideias dos colaboradores, frequentemente por ausência de envolvimento ou formação adequada.

Estes desperdícios podem ocorrer em qualquer etapa da cadeia de valor, pelo que a sua identificação sistemática é crucial para o sucesso da implementação *Lean*. Como demonstrado por Pena et al. (2020), a reorganização dos fluxos de materiais e a gestão visual permitiram eliminar falhas de stock e reduzir perdas operacionais. Já *Tiwari e Sharma* (2022) comprovaram, através da aplicação de ferramentas como o *Value Stream Mapping*, que é possível visualizar claramente onde ocorrem desperdícios e priorizar as ações de melhoria. Para além disso, *Soliman et al.* (2018) salientam que a eliminação de desperdícios contribui para tornar os sistemas mais resilientes, permitindo-lhes funcionar com maior estabilidade mesmo em contextos complexos ou variáveis.

4.1.4. Ferramentas Lean

Algumas das principais ferramentas associadas ao Lean são as seguintes:

- **5S:** é uma metodologia de organização do espaço de trabalho baseada em cinco etapas de origem japonesa: *Seiri* (selecionar), *Seiton* (organizar), *Seiso* (limpar), *Seiketsu* (padronizar) e *Shitsuke* (disciplinar). A sua aplicação permite melhorar a eficiência, segurança e ergonomia, criando um ambiente propício à produtividade. *Nikolić et al.* (2023) demonstraram que o 5S é frequentemente o ponto de partida para a transformação *Lean*, por facilitar o controlo visual e a identificação de anomalias.

- **Kaizen:** refere-se à melhoria contínua através de pequenas ações diárias conduzidas pelos próprios colaboradores. Este conceito promove o envolvimento das equipas e contribui para a estabilização dos processos e a redução de desperdícios. Como evidenciado por *Dombrowski et al. (2016)*, o *Kaizen* deve ser integrado de forma contínua e sistemática no funcionamento da organização, criando uma cultura de excelência operacional.
- **Kanban:** é um sistema visual de gestão da produção, frequentemente utilizado para controlar o fluxo de materiais e tarefas de forma eficiente. A sua função no contexto *Lean* é evitar sobreprodução e regular a produção com base em necessidades reais. Dado o seu papel central no planeamento da produção e na gestão de fluxos, esta ferramenta será abordada com maior detalhe numa secção específica deste relatório.
- **Value Stream Mapping (VSM):** é uma técnica de representação da cadeia de valor que permite visualizar e analisar o fluxo de materiais e de informação ao longo do processo produtivo. Esta ferramenta facilita a identificação de desperdícios e apoia a definição de um cenário futuro mais eficiente. Segundo *Tiwari e Sharma (2022)*, a sua aplicação demonstrou-se eficaz na redução dos tempos de ciclo e na melhoria dos fluxos produtivos no contexto da indústria automóvel.
- **SMED (Single-Minute Exchange of Die):** a metodologia SMED é uma ferramenta essencial do *Lean*, com foco na redução dos tempos de *setup*. A sua aplicação permite aumentar a flexibilidade, melhorar a disponibilidade das máquinas e reduzir perdas associadas a paragens. Esta ferramenta será abordada em maior profundidade na secção seguinte deste relatório.

4.2. Metodologia SMED (Single Minute Exchange of Die)

4.2.1. A origem do SMED

A metodologia SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) foi desenvolvida por *Shigeo Shingo* na década de 1950, no contexto do *Toyota Production System* (TPS), com o propósito de reduzir drasticamente os tempos de *setup* nas linhas de produção. À época, a troca de ferramentas ou matrizes podia exceder uma hora, o que obrigava à produção em grandes lotes, comprometendo a flexibilidade e aumentando os níveis de stock (Shingo, 1985).

Shingo introduziu a distinção entre atividades internas, que requerem a paragem da máquina, e atividades externas, que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Propôs, então, a transformação de atividades internas em externas como estratégia central para reduzir significativamente os tempos de paragem.

A eficácia do SMED tem vindo a ser comprovada em diversos sectores industriais. Estudos como os de Rosa et al. (2017) e *Nikolić et al.* (2023) demonstram que esta metodologia continua a ser uma ferramenta fundamental no contexto do *Lean Manufacturing*, contribuindo para a redução de tempos improdutivos, o aumento da flexibilidade e a melhoria do desempenho global dos sistemas produtivos.

4.2.2. SMED e a sua metodologia

Esta metodologia foi concebida para reduzir os tempos de *setup* nas linhas de produção, aumentando a eficiência operacional e a flexibilidade. O princípio base estabelece-se na separação das atividades internas e externas, ou seja, entre as tarefas que exigem a paragem da máquina e aquelas que podem ser realizadas enquanto esta se encontra em funcionamento (Shingo, 1985).

A aplicação do SMED permite transitar rapidamente entre diferentes produtos ou referências, sendo particularmente útil em ambientes de produção com lotes pequenos ou com alta variabilidade. O processo é estruturado em cinco fases principais, que devem ser seguidas de forma sequencial:

- 1. Análise do *setup* atual:** Identificação e registo detalhado de todas as atividades envolvidas no processo de *setup*, com medição dos tempos e observação direta (Rosa et al., 2017).
- 2. Separação entre atividades internas e externas:** Classificação das atividades identificadas, distinguindo as que exigem paragem da máquina (internas) das que podem ser feitas com a máquina em operação (externas) (Shingo, 1985).
- 3. Conversão de atividades internas em externas:** Sempre que possível, as atividades internas são transformadas em externas, por exemplo,

preparando ferramentas antes da paragem do equipamento (Nikolić et al., 2023).

4. **Reduzir os tempos de *setup***: Redução do tempo das atividades internas e externas através da simplificação de tarefas, melhor organização, melhoria do layout ou introdução de ferramentas adequadas (Almomani et al., 2013).
5. **Padronização e consolidação do novo processo**: Criação de procedimentos padronizados com base nas melhorias implementadas, formação dos operadores e documentação para garantir a repetibilidade do novo método (Ribeiro et al., 2019).

A aplicação destas fases contribui para minimizar desperdícios, aumentar a disponibilidade dos equipamentos e melhorar o tempo de resposta da produção às exigências do mercado. Como demonstrado em vários estudos de caso, a implementação do SMED pode resultar em reduções de tempo superiores a 50%, com impacto direto na capacidade produtiva (Rosa et al., 2017; Jurík et al., 2020).

4.2.3. Evolução do conceito SMED

Desde a sua criação por *Shigeo Shingo* nas décadas de 1950 e 1960, a metodologia SMED (Single-Minute Exchange of Die) tem vindo a evoluir significativamente, tanto em termos de aplicação prática como de enquadramento teórico. Inicialmente desenvolvida para reduzir o tempo de *setup* em ambientes industriais com grande variabilidade de produção, como o caso da indústria automóvel, o SMED demonstrou ser uma ferramenta eficaz para aumentar a flexibilidade e reduzir desperdícios associados a paragens prolongadas dos equipamentos (Shingo, 1985).

Com o passar dos anos, a metodologia deixou de estar restringida ao contexto original da Toyota e passou a ser adotada em diversos sectores industriais, incluindo os de componentes eletrónicos, plásticos, metalomecânica e bens de consumo. Esta evolução foi possível graças à sua capacidade de adaptação a diferentes realidades produtivas e à sua integração com outras ferramentas *Lean* (Ribeiro et al., 2019).

Estudos mais recentes demonstram que o SMED deixou de ser encarado apenas como uma técnica de reorganização de tarefas de *setup*. A evolução do conceito inclui hoje o recurso a tecnologias de apoio à decisão e a abordagens combinadas. Como por exemplo, *Almomani et al.* (2013) propõem a integração do SMED com métodos de decisão multicritério, como o AHP e o TOPSIS, permitindo uma análise mais criteriosa das opções de melhoria, considerando fatores como custo, tempo, segurança e ergonomia.

Adicionalmente, a aplicação do SMED passou a envolver intervenções mais amplas, como modificações no *layout*, automatização parcial de operações, utilização de *checklists* *standarizadas* e formação estruturada dos operadores.

Estas práticas têm sido particularmente relevantes em contextos onde os tempos de resposta e a flexibilidade da produção são fatores críticos (Jurík et al., 2020).

O SMED tem vindo também a ser integrado em sistemas de melhoria contínua e em programas de excelência operacional, sendo aplicado não apenas com o propósito de reduzir os tempos de *setup*, mas igualmente como instrumento de suporte à normalização de processos, à redução de microparagens e à estabilização dos fluxos de produção (Nikolić et al., 2023).

Em síntese, o conceito de SMED evoluiu de uma ferramenta operacional aplicada ao nível do posto de trabalho para uma estratégia de gestão da produção, cuja eficácia tem sido comprovada em diferentes sectores e escalas industriais. A sua versatilidade, simplicidade metodológica e resultados objetivos justificam a sua consolidação como uma das ferramentas mais relevantes no contexto do *Lean*.

4.2.4 Revisão da literatura Lean e SMED

A seleção das referências bibliográficas relativas aos temas *Lean Production* e *SMED* foi realizada através de uma pesquisa sistemática nas bases de dados científica Scopus e ScienceDirect, durante o período compreendido entre 19 de março e 7 de maio de 2025.

Para o tema *Lean Production*, a pesquisa foi efetuada utilizando a seguinte forma de pesquisa: (((*"lean production"*) OR *lean*) AND (*cable* OR *wire*) AND *automotive*). Foram aplicados filtros para considerar apenas artigos científicos.

No caso do tema *SMED*, a expressão de pesquisa utilizada foi a seguinte: (((*smed* OR (*"single minute exchange of dies"*)) AND (*wire* OR *cable*) AND *automotive*)

Tabela 1 - Revisão da literatura - *Lean Production*

Referências	Resumo teórico
(Womack, J. P., & Jones, D. T. 1996)	Esta obra de referência no pensamento <i>Lean</i> apresenta cinco princípios fundamentais para a transformação organizacional: especificar valor, analisar a cadeia de valor, criar fluxo contínuo, implementar um sistema de produção puxado e perseguir a perfeição. Baseando-se nos fundamentos do <i>Toyota Production System</i> , os autores exemplificam a aplicação prática desta filosofia em diversas empresas, evidenciando ganhos significativos em termos de eficiência e eliminação de desperdícios. O livro constitui uma

	base teórica essencial para a aplicação de metodologias <i>Lean</i> , como é o caso do SMED.
(Pena, R., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Sá, J. C., Fernandes, N. O., & Pereira, T. 2020)	Este estudo apresenta a aplicação de ferramentas <i>Lean</i> numa linha de produção de cablagens no sector da mobilidade elétrica. Com o objetivo de melhorar os processos produtivos face ao aumento da procura, foram implementadas várias ações, tais como a reorganização do armazém de matérias-primas, o cálculo do consumo de cablagens por produto e a introdução de um sistema de controlo da produção. As medidas resultaram numa redução de 14,9% no tempo de troca de cabos, melhoria da estimativa de consumo semanal e eliminação de falhas de stock. Verificou-se ainda um aumento da autonomia dos operadores e uma diminuição do tempo de inatividade da produção.
(Soliman, M., Saurin, T. A., & Anzanello, M. J. 2018)	Este artigo analisa o impacto da produção <i>Lean</i> na complexidade de sistemas sociotécnicos, tendo como base cinco atributos: número de elementos, interações, diversidade, variabilidade inesperada e resiliência. Através de um inquérito aplicado a 326 profissionais, concluiu-se que a implementação <i>Lean</i> pode tanto reduzir como intensificar certos aspetos da complexidade, dependendo do contexto. Os autores sugerem que o <i>Lean</i> permite um equilíbrio mais eficiente entre complexidade e desempenho, reforçando a resiliência dos sistemas produtivos.
(Dombrowski, U., Ebentreich, D., & Krenkel, P. 2016)	Neste trabalho, os autores investigam as interdependências entre métodos do <i>sistema Lean</i> , recorrendo à Dinâmica de Sistemas como instrumento de análise. O estudo foca-se particularmente no método SMED, demonstrando como a sua aplicação pode contribuir para a redução dos tempos de <i>setup</i> . A análise sublinha que as ferramentas <i>Lean</i> devem ser implementadas como parte de um sistema integrado e não de forma isolada, evidenciando o modo como diferentes metodologias se complementam para alcançar objetivos como a redução de custos e o aumento da flexibilidade operacional.

(Tiwari, K. V., & Sharma, S. K. 2022)	Este artigo apresenta um estudo de caso sobre a aplicação de ferramentas <i>Lean</i> na indústria automóvel, com destaque para o <i>Value Stream Mapping</i> e o balanceamento de linhas. Os resultados demonstram uma redução de 20,28% no tempo de ciclo e um aumento de 46,16% na produção. A investigação confirma que a utilização coordenada destas ferramentas pode conduzir a ganhos significativos em produtividade e eficiência, especialmente em contextos industriais com recursos limitados e elevada pressão por competitividade.
(Oliveira, C., & Lima, T. M. 2023)	O estudo explora a aplicação conjunta da metodologia SMED e de ferramentas da Qualidade, como o diagrama de <i>Pareto</i> e a análise ERCS, numa linha de montagem de componentes automóveis. Verificou-se uma redução de 36% no tempo de <i>setup</i> e uma diminuição de 43% nos movimentos necessários durante as trocas de ferramentas. A padronização das tarefas e a reorganização do espaço de trabalho revelaram-se fatores determinantes para o aumento da eficiência, permitindo melhorar a capacidade produtiva sem comprometer o <i>takt-time</i> .

Tabela 2 - Revisão da literatura - SMED

Referências	Resumo teórico
Shingo, S. (1985)	No livro <i>A Revolution in Manufacturing</i> , <i>Shigeo Shingo</i> apresenta a metodologia SMED (<i>Single-Minute Exchange of Die</i>), concebida para reduzir significativamente os tempos de <i>setup</i> nas linhas de produção, idealmente para menos de dez minutos. A metodologia assenta na distinção entre atividades internas (que exigem a paragem da máquina) e atividades externas (que podem ser executadas com a máquina em funcionamento). <i>Shingo</i> propõe a conversão das atividades internas em externas e a otimização do tempo de execução de ambas. Esta abordagem visa aumentar a flexibilidade da produção, reduzir desperdícios e melhorar a

	eficiência operacional, alinhando-se aos princípios do <i>Toyota Production System</i> .
Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017)	No sector automóvel, foi implementada a metodologia SMED com o objetivo de otimizar os tempos de <i>setup</i> numa linha de montagem de cabos de comando. A sua aplicação, em articulação com outras ferramentas <i>Lean</i> , conduziu a uma redução de 58,3% no tempo de <i>setup</i> semanal, resultando num aumento da disponibilidade da linha e da capacidade produtiva. O estudo evidencia ainda a importância da padronização das tarefas e da organização do posto de trabalho, fatores determinantes para a melhoria da eficiência durante as mudanças de produção.
Nikolić, J., Dašić, M., & Đapan, M. (2023)	Neste estudo, a metodologia SMED é identificada como uma ferramenta indispensável para a implementação de práticas <i>Lean</i> em contexto industrial. A sua aplicação permitiu eliminar perdas de tempo, sobretudo relacionadas com microparagens difíceis de controlar. Adicionalmente, foram observadas melhorias significativas na eficácia global dos equipamentos (OEE) e na flexibilidade da produção, reforçando o papel do SMED como elemento-chave na redução de ineficiências operacionais.
Almomani, M. A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., & Mumani, A. (2013)	Este trabalho propõe uma abordagem que combina o método SMED tradicional com técnicas de apoio à decisão multicritério, como o AHP e o TOPSIS, para orientar o processo de melhoria dos tempos de <i>setup</i> . A integração destas técnicas permite uma avaliação mais abrangente das opções de melhoria, considerando critérios como custo, layout, tempo de execução e segurança operacional. Os resultados demonstraram reduções significativas no tempo de <i>setup</i> , associadas a uma melhor gestão dos recursos disponíveis.
Ribeiro, P., Sá, J.C., Ferreira, L.P., Silva, F.J.G., Pereira, M.T., & Santos, G. (2019)	Num estudo de caso aplicado à indústria de plásticos, a metodologia SMED foi implementada em conjunto com outras ferramentas <i>Lean</i> ,

	<p>nomeadamente o 5S, o <i>Kanban</i> e o <i>Kaizen</i>. Esta combinação permitiu melhorar os processos produtivos, com destaque para a redução dos tempos de <i>setup</i>, o que contribuiu para uma maior flexibilidade e eficiência operacional. O trabalho demonstrou ainda a redução de desperdícios e o aumento da disponibilidade das linhas de produção.</p>
McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000)	<p>Este artigo apresenta uma análise crítica da metodologia SMED proposta por <i>Shigeo Shingo</i>. Os autores argumentam que, embora eficaz, a abordagem tradicional do SMED pode negligenciar melhorias mais profundas, como a eliminação completa de certas tarefas de <i>setup</i> ou alterações no design do equipamento. O artigo sugere que a otimização dos <i>setups</i> pode ser mais eficaz quando associada a mudanças estruturais e conceptuais, indo além da simples separação entre atividades internas e externas.</p>
Jurík, L., Horňáková, N., & Domčeková, V. (2020).	<p>Neste estudo, foi aplicada a metodologia SMED numa unidade industrial dedicada à produção de componentes. O processo de <i>setup</i> foi identificado como um facto de ineficiência relevante, especialmente no que respeita à troca de ferramentas. A aplicação do SMED permitiu reduzir o tempo de <i>setup</i>, eliminar desperdícios e melhorar a fluidez da produção. A reorganização das tarefas, com separação entre atividades internas e externas e simplificação do processo, resultou numa produção mais flexível e com menor tempo de paragem.</p>

4.3. Gestão de Stocks

A gestão de stocks é uma função essencial em qualquer sistema produtivo ou logístico, uma vez que assegura a disponibilidade dos materiais necessários ao funcionamento contínuo das operações enquanto se procura minimizar os custos associados ao armazenamento, reabastecimento e eventuais ruturas de stock. A forma como o stock é gerido tem impacto direto em indicadores como o nível de serviço, e a eficiência global da cadeia de produção (Jonsson & Mattsson, 2008).

Para responder às exigências específicas de diferentes ambientes operacionais, têm sido desenvolvidos diversos métodos de reposição de stock. Um dos mais amplamente conhecido e utilizados é o sistema ponto de encomenda ou *Reorder Point (ROP)*. Este estabelece um ponto fixo de reposição baseado na procura esperada, no tempo de fornecimento e na variabilidade associada aos dois. A sua simplicidade torna-o adequado a contextos com consumo regular e períodos de reabastecimento estáveis (Yang, 1998).

O ponto de encomenda estabelece o momento exato em que deve ser colocada uma nova ordem de compra ou de produção. Este momento é atingido quando o nível de stock desce até um valor pré-determinado, ROP, que assegura a cobertura do consumo esperado durante o *lead time* (período de reposição). Para garantir a disponibilidade contínua do produto, esse valor inclui frequentemente um stock de segurança, dimensionado com base na variabilidade da procura ou na incerteza dos prazos de entrega. Em ambientes com elevada variabilidade, este sistema exige maiores stocks de segurança (Spenhoff et al., 2014).

4.3.1. Funcionamento do Sistema ROP

O sistema ROP baseia-se numa lógica de monitorização contínua dos níveis de inventario, atuando de forma automatizada sempre que o inventário disponível atinge um valor previamente definido. A regra é simples: quando o nível de stock desce até ao ponto de reposição, é gerada uma nova ordem de compra ou produção, de forma a evitar ruturas e assegurar a continuidade do abastecimento.

Esta abordagem é particularmente eficaz em contextos onde o consumo é relativamente constante e o lead time previsível, permitindo manter níveis de stock ajustados e evitar excessos ou quebras. Segundo *Jonsson e Mattsson (2008)*, o ROP é mais apropriado quando o tempo de reposição é estável e os padrões de procura não apresentam flutuações relevantes. Esta ideia é reforçada por *Yang (1998)*, que demonstra que, em sistemas com baixa variabilidade, o ROP permite atingir níveis de serviço aceitáveis com uma estrutura de controlo simples.

Para obtenção do ponto de encomenda é usada a seguinte fórmula:

$$ROP = d \cdot LT + z \cdot \sigma_{dLT} \quad (1)$$

d = Consumo médio (diário ou semanal)

LT = Lead Time ou período de reposição (em dias ou semanas)

z = Nível de serviço pretendido

σ_{dLT} = Desvio padrão da procura durante o Lead Time

O segundo termo da fórmula corresponde ao stock de segurança (SS), responsável por tapar variações inesperadas no consumo ou no prazo de entrega. O seu valor é determinado da seguinte forma:

$$SS = z \cdot \sigma_{dLT} \quad (2)$$

Este valor funciona como uma reserva para proteger contra incertezas, dependendo da variabilidade do consumo e do nível de serviço desejado. Calcular o *stock* de segurança corretamente é fundamental: se for demasiado baixo, aumenta o risco de falta de *stock*; se for demasiado alto, gera custos desnecessários de armazenagem. O cálculo deve usar dados reais e ser ajustado conforme a importância do produto e a tolerância à rutura.

O valor de σ_{dLT} que representa o desvio padrão da procura durante o *lead time*, varia consoante o grau de incerteza presente no sistema. Os principais cenários são:

O valor de σ_{dLT} que representa o desvio padrão da procura durante o *lead time*, varia consoante o grau de incerteza presente no sistema. Os principais cenários são:

- Procura e Lead Time constantes

$$\sigma_{dLT} = 0 \quad (3)$$

Neste caso, o consumo e o tempo de entrega são considerados constantes e previsíveis, não havendo necessidade de stock de segurança associado à variabilidade.

- Procura variável

$$\sigma_{dLT} = \sqrt{LT} \cdot \sigma_d \quad (4)$$

Quando o consumo apresenta variabilidade, mas o *lead time* é fixo, o desvio padrão aumenta proporcionalmente à raiz quadrada do *lead time*.

- Lead Time variável

$$\sigma_{dLT} = d \cdot \sigma_{LT} \quad (5)$$

Quando a procura é constante, mas o lead time apresenta variabilidade, o desvio padrão é proporcional à flutuação no tempo de reabastecimento. Neste cenário, o stock de segurança deve ser ajustado para cobrir atrasos ou oscilações nos prazos de entrega, mesmo que o consumo se mantenha regular.

- Procura e Lead Time Variável

$$\sigma_{dLT} = \sqrt{LT \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \sigma_{LT}^2} \quad (6)$$

Este é o caso mais completo, onde se considera a variabilidade do consumo e do *lead time*. O resultado é um desvio padrão combinado que incorpora a incerteza global do sistema. Esta abordagem permite definir um ponto de reposição mais ajustado a contextos com flutuações mais imprevisíveis.

4.3.1.1. Condições de Aplicação e Limitações

A aplicação do ROP revela-se particularmente vantajosa em contextos de produção com consumo regular e *lead time* estável, onde é possível prever com fiabilidade o momento de reposição e garantir a continuidade do abastecimento. Nestes casos, a simplicidade do sistema e o seu baixo custo de implementação tornam-no uma solução eficaz, sobretudo em ambientes com baixa variabilidade e exigência operacional moderada. Como salienta Yang (1998), o ROP pode alcançar desempenhos semelhantes aos de sistemas mais sofisticados quando aplicado a processos produtivos com procura constante e prazos de fornecimento bem controlados.

Em cenários com maior incerteza, seja ao nível do consumo ou dos tempos de reabastecimento, o ROP exige frequentemente a existência de stocks de segurança mais elevados, o que se traduz em custos acrescidos de armazenagem e possível perda de eficiência. De acordo com *Jonsson e Mattsson (2008)*, a eficácia do sistema está fortemente dependente da estabilidade dos seus parâmetros; a presença de variabilidade reduz a previsibilidade e obriga à adoção de volumes de inventário superiores como compensação.

Além disso, o ROP atua apenas após o esgotamento do stock, sem antecipar necessidades futuras com base em planeamentos agregados. Esta limitação torna-o menos adequado em ambientes com forte interdependência entre processos. Ainda segundo *Yang (1998)*, garantir níveis de serviço elevados com ROP pode exigir stocks médios superiores aos observados em sistemas como o *Kanban*, os quais operam com controlo visual e restrições explícitas sobre o material em circulação.

4.4. Sistema Two-Bin

Como forma de implementação prática do sistema ROP, destaca-se o sistema de dois contentores (*2-bin system*), uma abordagem visual de reabastecimento amplamente utilizada em ambientes *Lean*. Através da utilização de duas unidades físicas (contentores) por artigo, uma em uso e outra de reserva. O 2-bin promove um controlo descentralizado, eficiente e adaptado a materiais de consumo rápido e baixo valor unitário (*Gamberini et al., 2012*). A sua integração com tecnologias simples, como cartões Kanban ou códigos de barras, tem demonstrado melhorias na rastreabilidade e no tempo de reposição (*Markin et al., 2014*).

4.4.1. Definição e Funcionamento

O sistema de dois contentores, ou *2-bin system*, é um método de gestão de stock baseado no reabastecimento automático e visual, amplamente utilizado em ambientes industriais com consumo regular e produtos de baixo valor unitário. A sua lógica assenta na utilização de dois recipientes físicos por artigo: um é utilizado na operação corrente e o segundo atua como reserva. Quando o primeiro se esgota, é emitido um sinal que desencadeia o processo de reposição, enquanto o segundo contentor assegura o consumo durante o lead time (*Gamberini et al., 2012*). Este sistema é considerado uma implementação simples e prática do conceito ROP, sendo particularmente eficaz em ambientes *Lean*, onde se privilegia a visibilidade operacional e a autonomia das equipas.

A definição da quantidade de material a armazenar em cada contentor no sistema *2-bin* é um fator crítico para o bom funcionamento deste método de reabastecimento. Embora se trate de um sistema simples e visual, a sua eficácia

depende de uma parametrização adequada, baseada em critérios operacionais, logísticos e estatísticos. Segundo *Kanet e Wells (2019)*, a quantidade por contentor deve cobrir o consumo esperado durante o lead time, acrescida de uma margem de segurança ajustada à variabilidade da procura. Os autores alertam para o risco de uma abordagem excessivamente empírica e sublinham a importância de adotar uma base quantitativa no dimensionamento dos contentores. Embora a configuração mais comum envolva dois contentores de capacidade idêntica, os autores demonstram que, em certos contextos, pode ser vantajoso ajustar a quantidade armazenada por bin ou até o número de contentores por artigo, consoante os custos de reposição, o espaço disponível e a rotatividade do material.

4.4.2. Aplicações

O *2-bin system* tem sido implementado com sucesso em sectores como a indústria automóvel, a logística hospitalar, o retalho e contextos de manutenção militar. A sua simplicidade torna-o adequado para postos de trabalho descentralizados e para organizações que operam sem ligação direta a sistemas MRP.

De acordo com *Markin et al. (2014)*, a aplicação deste sistema na logística da Marinha dos Estados Unidos permitiu reduzir falhas de stock e melhorar a fiabilidade do reabastecimento. *Danese e Romano (2014)* referem que, em redes logísticas complexas, o *2-bin system* pode ser eficaz quando combinado com práticas Kanban, contribuindo para estabilizar os fluxos de materiais e para a redução de custos operacionais. Já *Gamberini et al. (2012)* demonstram que a integração de tecnologia de leitura por código de barras permite automatizar o processo de reposição, aumentando a eficiência sem comprometer a simplicidade do modelo.

4.4.3. Vantagens e limitações

O sistema de dois contentores apresenta diversas vantagens que justificam a sua aplicação em contextos produtivos com necessidades de reposição simples e regulares:

- **Facilidade de implementação e baixo custo**, mesmo em ambientes com recursos limitados;
- **Independência de sistemas informáticos**, o que permite a sua utilização em áreas onde não existe automatização;
- **Redução do risco de rutura**, através de um controlo visual direto e eficaz;

- **Maior autonomia operacional**, permitindo que os próprios operadores gerem o reabastecimento localmente, sem necessidade de supervisão constante.

Apesar dos seus benefícios, a adoção deste sistema deve ser devidamente ponderada. A sua eficácia é limitada em situações que envolvem:

- **Produtos de elevado valor unitário** ou com **consumo muito irregular**;
- **Lead times longos ou instáveis**, que comprometem a capacidade de resposta;
- **Espaços físicos reduzidos**, onde a duplicação de unidades de armazenamento é impraticável.

Em ambientes *Lean*, o sistema de dois contentores pode ser utilizado como uma extensão prática de sistemas puxados, funcionando como mecanismo de reposição descentralizado. Nestes casos, contribui para a estabilização do fluxo de materiais, promovendo maior fluidez nos processos internos e redução de desperdícios logísticos (Danese & Romano, 2014)

4.4.4. Impacto na gestão de stocks

Quando corretamente dimensionado, o sistema de dois contentores contribui significativamente para a eficiência da gestão de stock, permitindo adaptar as quantidades armazenadas às reais necessidades operacionais. Entre os principais impactos positivos destacam-se:

- **Diminuição dos níveis médios de stock**, ajustando melhor as quantidades armazenadas;
- **Simplificação das operações de reabastecimento**, reduzindo a complexidade do processo;
- **Alívio da carga administrativa**, ao dispensar registos manuais e verificação constante;
- **Melhor controlo visual e operacional**, facilitando a identificação de necessidades de reposição em ciclos repetitivos.

Para além disso, em ambientes de produção orientados para a filosofia *Lean*, o sistema de dois contentores revela-se uma solução prática para alinhar a reposição com o consumo real, assegurando maior fluidez e reduzindo o desperdício (Danese & Romano, 2014).

4.4.5. Revisão da Literatura – nos sistemas ROP e 2 Bin System

A pesquisa bibliográfica sobre os temas ROP (Reorder Point) e 2 Bin System foi realizada de forma sistemática nas bases de dados científicas Scopus e ScienceDirect, no período compreendido entre 19 de março e 7 de maio de 2025. Tal como nas pesquisas anteriores, foi aplicado um filtro para considerar apenas artigos científicos.

Para o tema ROP, a expressão de pesquisa utilizada foi: (("ROP" OR "Reorder Point") AND (cable OR wire) AND automotive).

No que diz respeito ao 2 Bin System, a pesquisa foi realizada com a seguinte expressão: ("2 bin system" OR "two bin system") AND (cable OR wire) AND automotive).

Tabela 3 - Revisão da literatura - ROP

Referências	Resumo Teórico
Axsäter, S., & Rosling, K. (1999)	Este artigo analisa políticas generalizadas de <i>Kanban</i> em sistemas de múltiplos estágios e compara o seu desempenho com políticas de ponto de reposição. Os autores demonstram que, ao aplicar restrições semelhantes às do <i>Kanban</i> em sistemas baseados em ROP, é possível alcançar desempenhos comparáveis em termos de eficiência e controlo de inventário.
Jonsson, P., & Mattsson, S.-A. (2008)	Os autores investigam práticas de gestão de inventário em empresas industriais e os seus impactos no desempenho do planeamento. O artigo conclui que políticas simples como o ROP são amplamente utilizadas, mas o seu desempenho depende da previsibilidade do consumo e da estabilidade do lead time.
Spenhoff, M., Koberstein, A., & Dethloff, J. (2014)	Através de um estudo de caso na indústria de fabrico de peças, os autores analisam a adequação de diferentes métodos de planeamento. O artigo evidencia que o ROP pode ser eficaz para artigos com consumo regular, mas é menos adequado em contextos com elevada variabilidade ou complexidade de planeamento.
Yang, K.-K. (1998)	Este estudo compara o desempenho de políticas baseadas em ROP com sistemas

	<p><i>Kanban</i> numa linha de produção com uma única máquina. Conclui-se que o <i>Kanban</i> é mais eficiente em ambientes com alta variabilidade de consumo e tempos de <i>setup</i> longos, enquanto o ROP exige níveis de stock mais elevados para garantir o mesmo nível de serviço.</p>
--	---

Tabela 4 - Revisão da literatura - 2 Bin System

Referências	Resumo Teórico
Danese, P., & Romano, P. (2014)	O artigo analisa a aplicação de sistemas <i>Kanban</i> e métodos de produção puxada em redes de abastecimento complexas. Os autores destacam a utilização de abordagens visuais, como o sistema de dois contentores, como mecanismos simples e eficazes de controlo de fluxo em ambientes descentralizados.
Gamberini, R., Mora, C., Rimini, B., & Regattieri, A. (2012)	Os autores apresentam um projeto de reestruturação da gestão de inventário com base na implementação de um sistema de dois contentores suportado por leitura de códigos de barras. O estudo demonstra melhorias na eficiência do reabastecimento e na rastreabilidade dos materiais com baixos custos tecnológicos.
Markin, R., Henry, D., & Mitchell, C. (2014)	Este artigo descreve a aplicação do sistema de dois contentores em operações logísticas da Marinha dos Estados Unidos. Os resultados mostram uma redução das falhas de stock e melhorias na gestão de inventário, com particular destaque para a simplicidade e fiabilidade do método em contextos operacionais exigentes.
Wanke, P., & Zinn, W. (2015)	Através de um levantamento realizado no Brasil, este estudo avalia práticas de gestão de inventário e o seu impacto no desempenho logístico. Os autores destacam o uso de sistemas como o 2-bin para artigos de rotação elevada, e defendem a sua eficácia na redução de custos e na melhoria da performance logística.

5. Caso de estudo

5.1. Enquadramento

Com o objetivo de melhorar o desempenho da área de fabrico de cablagens, foi realizada uma análise inicial baseada na observação detalhada de todos os processos realizados. Esta fase teve como finalidade compreender o funcionamento real das operações realizadas, identificar limitações e detetar possibilidades de melhoria nos processos.

A análise incluiu todas as atividades desenvolvidas na área de fabrico de cablagens, desde o início do processo até ao fim. Foram observadas as tarefas executadas pelos operadores, os fluxos dos materiais e os tempos envolvidos nas diferentes fases do processo de fabrico e o arranjo física dos equipamentos.

Durante a observação realizada na área de fabrico de cablagens, foram identificados alguns aspetos comuns a várias operações, nomeadamente a existência de deslocações repetitivas, etapas de trabalho que poderiam ser melhoradas nomeadamente ao nível do processo de corte e alguma variabilidade na execução das tarefas, como diferenças na experiência ou no ritmo de trabalho dos operadores, interpretações distintas dos manuais de instruções, ausência de procedimentos normalizados.

No corte verificaram-se várias situações de desperdício, nomeadamente deslocações excessivas entre diferentes zonas, tempos de *setup* que poderiam ser reduzidos ou eliminados para o operador. Estes fatores tornam as operações mais demorada, o que afeta diretamente a produtividade.

5.2. Análise do Processo de Corte

A operação de corte de cablagens é uma atividade essencial no processo de fabrico, responsável pela preparação dos cabos antes do processo de cravamento. Apesar da sua aparente simplicidade, este processo inclui um conjunto de etapas que influenciam o tempo de execução da produção de cablagens.

Com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria, foi realizada uma análise detalhada ao processo de corte, centrada nas ações executadas entre o fim de uma ordem de fabrico e o início da seguinte. A análise permitiu organizar o processo de corte em sete etapas, mostradas na seguinte Tabela 5

Tabela 5 - Etapas Processo de Corte

Etapa	Descrição
1	Procurar bobine a ser cortada na estante
2	Transportar bobine para a máquina de corte
3	Inserir cabo na máquina para ser cortado
4	Corte de cabo
5	Agrupar e identificar cabos cortados
6	Retirar o cabo da maquina de corte
7	Guardar bobine em local de armazenamento

Descreve-se de seguida cada uma das etapas identificadas na Tabela 5.

- **Etapa 1:** O operador desloca-se à estante de armazenamento (buffer) e procura a bobine de cabo correspondente à referência da ordem de fabrico. Depois de localizada, a bobine é retirada do local onde se encontra armazenada.
- **Etapa 2:** Após a sua localização, a bobine é transportada manualmente pelo operador até à máquina de corte.
- **Etapa 3:** O operador coloca a bobine na máquina de corte para proceder ao corte.
- **Etapa 4:** O operador insere na máquina informação sobre a medida do cabo a cortar e o número de unidades a produzir. Ao pressionar o botão *start* a máquina procede ao corte automaticamente, com base nos parâmetros inseridos. O trabalhador auxilia no desenrolamento do cabo, de forma a facilitar a máquina quando puxa o cabo para o corte.
- **Etapa 5:** Enquanto a máquina realiza o corte, o operador agrupa os cabos já cortados e identifica-os com base na referência e nas instruções da ordem de fabrico.
- **Etapa 6:** O operador retira bobine de cabo da máquina de corte, após o fim do processo de corte.
- **Etapa 7:** Antes de iniciar a deslocação, o operador consulta o manual de produção para verificar qual a referência da próxima bobine a utilizar. De seguida, retira a bobine usada da máquina, desloca-se até à estante, arruma-a no local apropriado.

Se existirem mais cabos de outras categorias a serem cortados, o operador repete o processo voltando à Etapa 1, iniciando um novo ciclo até serem concluídos todos os cortes necessários.

No estudo dos tempos realizado foram efetuadas 14 observações do processo de corte, registando os tempos usados em cada uma das sete etapas. Os resultados encontram-se na Tabela 6. Os tempos obtidos encontram-se em segundos.

Tabela 6 - Cronometragem de etapas do processo de corte

Observações	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7
Observação 1	7	2	3	3	13	3	6
Observação 2	6	2	5	1	15	2	10
Observação 3	12	3	5	2	12	3	11
Observação 4	6	3	3	2	16	1	6
Observação 5	9	2	6	3	14	4	8
Observação 6	4	1	2	1	13	2	12
Observação 7	11	2	4	1	12	3	5
Observação 8	8	3	6	2	15	1	9
Observação 9	13	2	2	3	16	2	7
Observação 10	5	3	5	3	14	4	10
Observação 11	7	2	3	2	13	3	5
Observação 12	10	1	4	1	12	2	12
Observação 13	6	3	6	2	14	1	8
Observação 14	9	2	2	3	15	4	6
Tempo Médio	8,07	2,21	4,00	2,07	13,86	2,50	8,21
Desvio Padrão	2,70	0,70	1,52	0,83	1,41	1,09	2,49
Número de Observações	31	27	39	44	3	52	25
Precisão ou Erro	9,76%	20,36%	12,64%	18,13%	13,17%	15,22%	10,08%

Para determinar a precisão dos tempos obtidos, foi usada a fórmula seguinte:

$$N = \left(\frac{Z \cdot s}{h \cdot \bar{x}} \right)^2 \quad (7)$$

Onde:

N = Número de observações

Z = Fator de nível de confiança

s = Desvio Padrão dos tempos observados

h = precisão ou erro

\bar{x} = Média dos tempos observados

Considerou-se um fator de nível de confiança de 1,65 correspondente a um nível de confiança de 95%, tendo-se obtido para cada etapa a precisão das respetivas medições, tal como indicado na Tabela 6. Por exemplo, espera-se que o tempo da etapa 1 esteja no intervalo 7,3 a 8,9 segundos.

Para a maioria das etapas a precisão (erro) ficou acima dos 10%, pelo que seria recomendável efetuar mais observações. A tabela 6 contém uma estimativa do número de observações que seriam necessárias com base na fórmula 7. Contudo, por questões de tempo não foi possível realizar.

Nas observações realizadas, verificou-se que, em ordens de fabrico, as etapas de corte (etapa 4) e de agrupamento e identificação dos cabos cortados (etapa 5)

são repetidas mais do que uma vez no mesmo ciclo. Isto ocorre quando existem cabos com a mesma categoria, mas com referências diferentes. Nestes casos, o operador insere uma nova medida e quantidade no painel da máquina, caso seja necessário, e continua a agrupar e identificar os cabos cortados de acordo com as respetivas designações.

É ainda importante referir que o tempo registado para a etapa de corte corresponde apenas à execução de uma unidade de cabo. No entanto, cada ordem de produção inclui geralmente várias unidades de cabo da mesma categoria por lote, o que significa que o tempo total dedicado a esta operação depende do tamanho do lote da ordem de produção.

Para o cálculo do tamanho do lote, foram analisados os registos de produção referentes a seis modelos distintos de máquinas, com dados recolhidos aleatoriamente entre os dias 28 de maio e 19 de junho de 2024. A partir desta amostra, determinou-se que o valor médio de máquinas por lote é de 10 unidades. Este valor será utilizado para estimar o tempo médio por lote, através da multiplicação do tempo médio de cada etapa pelo número médio de máquinas por lote.

Utilizando os mesmos seis modelos de máquinas, recorreu-se aos respetivos manuais de produção para determinar a quantidade média de referências de cabos cortados por máquina, tendo-se obtido um valor médio de 49 referências por unidade, este valor foi utilizado para estimar o tempo médio por lote da etapa 4, através da multiplicação do tempo unitário da etapa pelo número médio de máquinas por lote e pelo número médio de referências de cabos por máquina. No caso da etapa 5, a estimativa foi feita apenas com base na multiplicação do tempo unitário da etapa pelo número médio de referências de cabos por máquina.

Os tempos das etapas 1, 2, 3, 6 e 7 foram estimados com base no número médio de categorias distintas de bobines por modelo de máquina, exemplo na Tabela 11. Para tal, identificaram-se as diferentes categorias de cabos presentes em cada um dos seis modelos analisados, tendo-se obtido uma média de 11 categorias por máquina. Este valor foi então utilizado para calcular o tempo total por lote dessas etapas, através da multiplicação do tempo médio por categoria pelo número médio de categorias de cabo identificadas.

A tabela com os modelos e números de máquinas produzidas necessárias para estas análises está inserida no Anexo I

Tabela 7 - Quantidades Médias de Unidades Produzidas e Cabos/máquina

Modelo	Soma de Unidades	Referencias de cabo/máquina	Número Categorias diferentes de bobine
STCS-CS14	15	54	14
STCS-CS14 MAX	10	54	14
STCS-evo500	18	31	10
STCS-evo500 TS	1	29	10
STCS-MYX	3	56	17
STCS-Vmir+	10	70	16
Valores médios	10	49	14

Tabela 8 - Etapas do processo de corte com suas classificações e tempos médios por lote de produção

Tempos por lote de produção			
Etapa	<i>Setup</i> Interno	<i>Setup</i> Externo	Tempo Médio[s]
1	X		113,4
2	X		30,8
3	X		56
4	Etapa não <i>Setup</i>		1015
5		X	679
6	X		35
7	X		115

Com esta análise inicial, verificou-se que uma parte significativa das etapas realizadas pelo operador se referem a atividades que não acrescentam valor ao produto, i.e., são desperdício, envolvendo atividades de procura, movimentação, espera e armazenamento.

Com base nisto, procurou-se criar uma estação de corte que permitisse ao operador permanecer junto da zona de trabalho, sem necessidade de se deslocar, fazendo aí todo o processo de corte desde o início ao fim. Esta solução contribuirá não só para a redução dos tempos do processo de corte, como também para melhorar as condições ergonómicas do operador, evitando esforços físicos associados ao transporte e manuseamento de algumas bobines pesadas. Esta solução será detalhada no capítulo 5.4.2.

5.3. Aplicação da Metodologia SMED

5.3.1. Análise do *Setup* Atual

A operação de corte de cablagens tem impacto direto na produtividade como acima referido. Com base na análise realizada na seção anterior do processo de corte, pode-se constatar que as etapas 1, 2 e 3 se referem a atividades preparatórias para o corte, i.e., a tempos de *Setup*. Os tempos destas 3 etapas totalizam 200,2 segundos (por ordem de produção).

Apesar de serem necessárias para iniciar o corte, as etapas 1 e 2 representam tempos não produtivos, uma vez que envolvem apenas movimentação e esforço físico por parte do operador, permanecendo a máquina inativa até que o cabo da bobine seja inserido. Eliminação destas etapas evitará uma perda de capacidade na máquina de corte, e conseqüentemente permitirá um aumento da produtividade.

A inexistência de um sistema que permita o acesso rápido às bobines aumenta o tempo de *setup*, originando tempos não produtivos devido às movimentações realizadas. Por este motivo, as etapas 1 e 2 são identificadas como pontos com potencial de melhoria. A etapa 3, ainda que não produtiva, é uma etapa de *setup* essencial para dar início ao corte. Enquanto as etapas 1 e 2 têm potencial para ser eliminadas, esta tem potencial para ser reorganizada, procurando minimizar a sua duração, nomeadamente no que se refere à componente de auxílio no desenrolar do cabo.

Além das etapas 1, 2 e 3, as etapas 6 e 7 também contribuem para os tempos não produtivos, ainda que não faça parte do *setup* direto do equipamento, são consideradas como *setup* (indireto) neste estudo. Estas duas etapas envolvem um total de 150 segundos, e durante este período a máquina de corte permanece inativa, com a correspondente perda de capacidade. Ainda que a atividade 7 possa ser repensada, a atividade 6, não apresenta potencial de redução do tempo de *Setup*.

5.3.2. Classificação das atividades de *Setup*

Após a análise do *setup* atual, procedeu-se à classificação das etapas do processo em atividades de *setup* interno e externo, para identificar quais podem ser eliminadas, convertidas ou reorganizadas, de forma a reduzir o tempo de preparação.

As atividades internas são aquelas que só podem ser executadas com a máquina parada, enquanto as externas podem ser realizadas com a máquina em funcionamento ou fora do ciclo produtivo. Na Tabela 9 é apresentada a classificação etapas de *Setup* observadas, com o respetivo tempo médio envolvido.

A totalidade das atividades não produtivas foi classificada como *setup* interno, por ser realizada enquanto a máquina de corte está parada.

Tabela 9 - Classificação Inicial SMED por ordem de produção

Classificação inicial			
Etapa	Setup Interno	Setup Externo	Tempo Médio[s]
1	X		113,4
2	X		30,8
3	X		56
6	X		35
7	X		115

5.3.3. Redução/Eliminação de Tempos de Setup

Com base na análise dos tempos médios por lote, foi estimado o impacto da remoção das atividades de procura da bobine, transporte da bobine e arrumação/armazenamento (etapas 1, 2 e 7) no tempo total do processo de corte. Estas atividades, classificadas como internas no processo atual de fabrico, podem ser convertidas em externas se o processo de procura, transporte e armazenamento decorrer com a máquina em funcionamento. Ou seja, se realizadas por um operador da logística interna e não pelo operador da máquina de corte.

Conforme mostrado na Figura 20, atualmente o operador do corte necessita de deslocar-se repetidamente entre a zona de corte e a área de armazenamento de cablagem, localizada no extremo oposto da seção. Este percurso, realizado várias vezes ao longo do dia, envolve perdas de tempo consideráveis e esforço físico adicional.

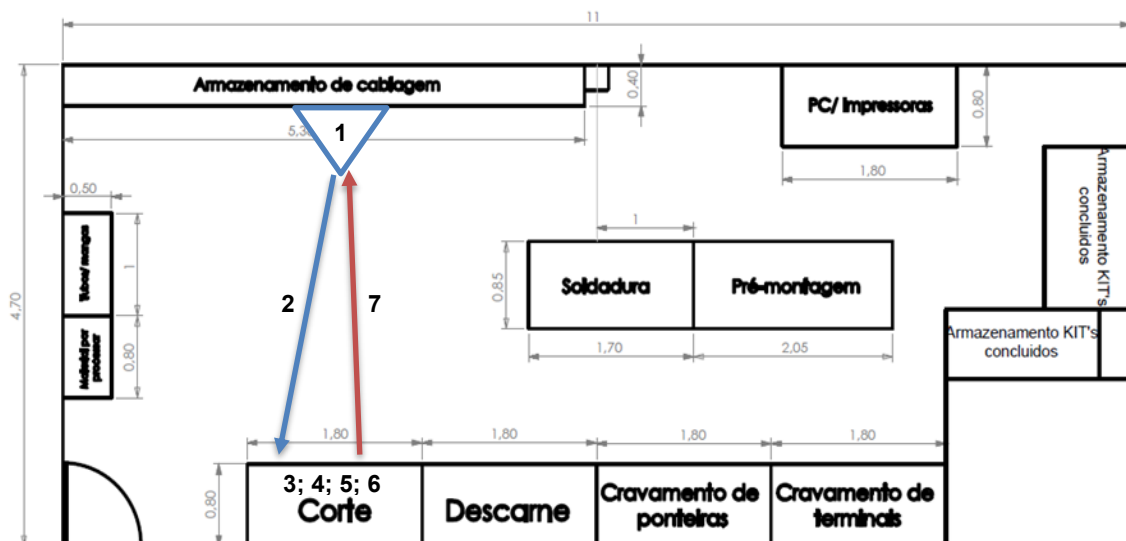


Figura 20 - Movimentações operador

Com a eventual eliminação das etapas 1, 2 e 7, e a redução da etapa 3 estima-se uma diminuição de 259 segundos, o que corresponde a uma redução de 12,7% no tempo total das etapas analisadas e a 74% no tempo das atividades de *Setup*, como ilustrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Comparação entre o tempo médio total e o tempo médio de *Setup* antes e após a eliminação de etapas

Tempos	Antes	Ápós	% Redução
Tempo Total	2044,0	1785,0	12,7%
Tempo Setup	350,0	91,0	74,0%

É importante referir que estes valores são referentes a estimativas baseadas nos dados recolhidos durante a análise do processo. Poderão ser posteriormente validados em ambiente produtivo real, na fase de implementação da solução preconizada.

5.4. Propostas de melhoria

Como proposta de melhoria é sugerido neste trabalho a criação de uma nova estação de corte, onde as etapas 1, 2 e 7 poderão ser eliminadas e a 3 diminuída, passando as bobines a estar integradas com a máquina de corte. Deixa, portanto, de ser necessário realizar movimentações para procurar, transportar ou arrumar material, pelo operador do corte, o que torna o processo mais fluido e mais rápido.

O processo de abastecimento de cabo à máquina de corte pode ainda ser automatizado, o que permitiria libertar o operador para outras tarefas durante o corte, etapa 4. O tempo libertado é igual ao tempo de realização da operação de corte, indicado na Tabela 8.

5.4.1. Análise ABC

Nesta seção procede-se à realização de uma análise ABC para procurar perceber qual os cabos com maior consumo que possam ser integrados na estação de corte a projetar.

Para realizar a análise ABC das referências de cabos, foi necessário, numa primeira fase, recolher os dados das quantidades de cabos utilizadas por modelo de máquina e das quantidades de máquinas produzidas por mês, para o período de abril a setembro de 2024. As quantidades de cabo por modelo foram obtidas a partir dos manuais de produção de cablagem (Figura 21) de cada modelo de máquina. Estes manuais especificam, os tipos de cabo utilizados, bem como o comprimento necessário de cada referência por unidade.

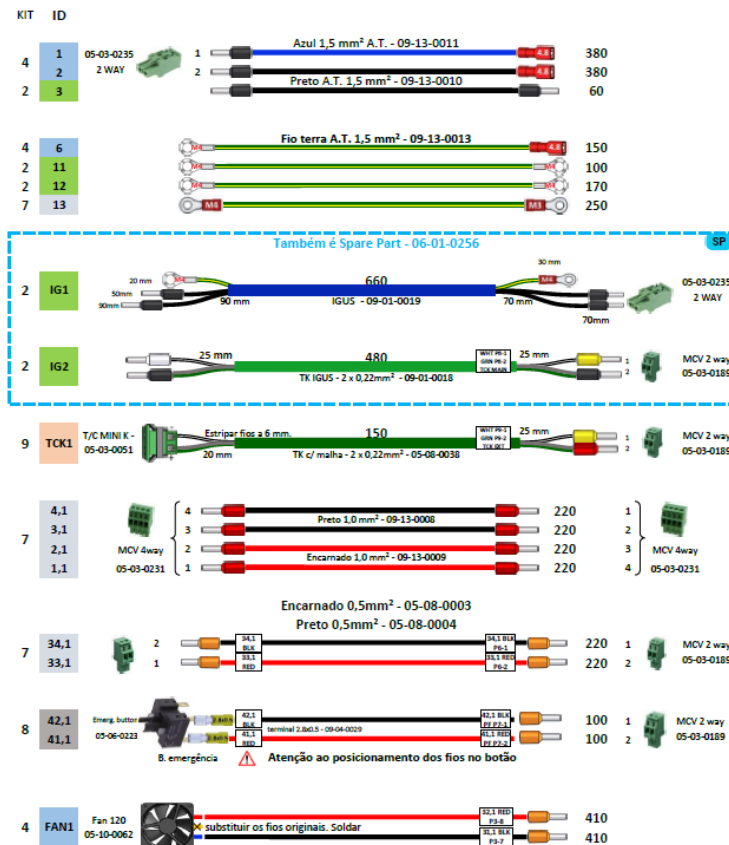


Figura 21 - Exemplo manual produção cablagem

Para se conseguir fazer os cálculos das quantidades, foi solicitado à empresa o registo das quantidades de máquinas produzidas por modelo, ao longo dos seis meses analisados. Com base nesses dados, foi possível calcular o número total de unidades fabricadas por modelo em cada mês. Consta nos anexos I, II, III, IV, V, VI.

Para calcular o consumo mensal de cabo por referência, foi criada uma folha de Excel para cada mês do período analisado. Nessas folhas foram inseridas tabelas organizadas por modelo de máquina, nas quais se identificam as referências de cabos utilizadas, o comprimento necessário por unidade (coluna “Qt. (m)/maq”) e a quantidade total consumida no mês (coluna “Qt. usada produção”). Todos os valores estão expressos em metros. Este consumo mensal resulta da multiplicação do comprimento de cada cabo pelo número de unidades produzidas do respetivo modelo. A Tabela 11 mostra um exemplo desta estrutura, aplicado ao modelo VMIR.

Tabela 11 - Consumo mensal por referência de cabo

VMIR		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x1,5mm IGUS	1,12	28
3x0,22mm	1,12	28
Encarnado 0,5mm	17,78	444,5
Encarnado 1,0mm	0,26	6,5
Fio Azul 2,5mm	1,2	30
Fio Branco A.T. 2,5mm	1,2	30
Fio Preto 2,5mm	1,71	42,75
Fio Terra 1,5mm	0,65	16,25
Fio Terra 2,5mm	0,51	12,75
Preto 0,5mm	5,93	148,25
Preto 1,0mm	0,26	6,5
Sleeving, Fiberglass 3mm	1,2	30
Sleeving, Fiberglass 6mm	1,24	31
Terra IGUS 1x1,5mm	0,96	24
TK C/Malha 2x0,22mm	0,63	15,75
TK IGUS 2x0,22mm	1,25	31,25

Como várias referências de cabo são utilizadas em diferentes modelos de máquina, é normal que a mesma referência surja em mais do que uma tabela dentro da mesma folha mensal. Para consolidar essa informação, cada folha mensal inclui uma tabela final onde são reunidos os consumos totais de cada referência nesse mês, independentemente do modelo em que foram aplicadas. A Tabela 12 apresenta um exemplo desses consumos mensais.

Tabela 12 - Soma de quantidades mensais

Total Usado no Mês	
Ref.	Qt. Total(m)
Encarnado 0,5mm	731,92
Preto 0,5mm	262,35
Fio Terra 1,5mm	82,4
Fio Preto 2,5mm	64,05
Sleeving, Fiberglass 6mm	63,6
Fio Azul 2,5mm	47,07
2x1,5mm IGUS	39,2
TK IGUS 2x0,22mm	37,5
Fio Branco A.T. 2,5mm	36
TK C/Malha 2x0,22mm	35,14
3x0,22mm	33,6
Sleeving, Fiberglass 3mm	33,5
Terra IGUS 1x1,5mm	28,8
Fio Azul A.T. 2,5mm	20,3
Fio Preto A.T. 2,5mm	20,3
Preto 1,0mm	16,76
Fio Terra 2,5mm	15,3
Encarnado 1,0mm	13,66
Azul 1,5mm	13,16
Castanho 1,5mm	13,16
Fio Terra 1,5mm A.T.	13,16
2x0,22mm	8,9
IGUS 6x0,25mm	8,5
2x0,5mm	6,25
Castanho 0,25mm	0,8
2x0,25 IGUS	0
3X1mm IGUS	0
Azul 1,5mm A.T.	0
Cable 4x0,25	0
Castanho A.T. 1,5mm	0
Fio Terra 4mm	0
IGUS	0
Preto 1,5 mm A.T.	0
Termopar s/isolamento	0

A partir das tabelas finais de cada mês, somaram-se os valores correspondentes a cada referência, permitindo apurar o consumo total acumulado por tipo de cabo ao longo dos seis meses analisados. Como exemplo, destaca-se o cabo Encarnado 0,5 mm, que foi o mais utilizado, com um total de 2.680,24 metros, conforme representado na Tabela 13.

Com os totais de consumo por referência apurados, passou-se então à fase seguinte: a aplicação prática da metodologia ABC. Para isso, foi necessário calcular, para cada cabo, o seu peso relativo no total do consumo registado. Este passo permitiu classificar as referências segundo a sua representatividade e importância no processo produtivo. Todas as folhas de cálculo mensais, bem como os totais, encontram-se disponíveis nos Anexos II, III, IV, V, VI, VII.

Tabela 13 - Consumo total de cabo nos seis meses de análise

Item	Qt. (m)
Encarnado 0,5mm ²	2680,24
Preto 0,5mm ²	858,41
Fio Terra 1,5mm ²	325,7
2x0,22mm ²	202,88
Cable 4x0,25	200,9
TK C/Malha 2x0,22mm ²	181,57
TK IGUS 2x0,22mm ²	166,92
Sleeving, Fiberglass 6mm ²	162,04
Fio Preto 2,5mm ²	162,02
Fio Terra 1,5mm ² A.T.	125,59
Fio Azul 2,5mm ²	124,55
2x0,25 IGUS	108,92
3x0,22mm ²	107,94
Fio Branco A.T. 2,5mm ²	103,68
Fio Azul A.T. 2,5mm ²	101,5
Fio Preto A.T. 2,5mm ²	101,5
Sleeving, Fiberglass 3mm ²	101,18
Terra IGUS 1x1,5mm ²	99,38
2x1,5mm ² IGUS	84,14
Preto 1,0mm ²	81,64
Azul 1,5mm ² A.T.	75,3
Encarnado 1,0mm ²	66,2
Azul 1,5mm ²	65,8
Castanho 1,5mm ²	65,8
Fio Terra 2,5mm ²	61,27
IGUS	47,52
Fio Terra 4mm ²	35,14
Preto 1,5 mm ² A.T.	31,68
Castanho A.T. 1,5mm ²	21,42
IGUS 6x0,25mm ²	8,5
2x0,5mm ²	6,25
Termopar s/isolamento	6,02
Castanho 0,25mm ²	1,6
3X1mm ² IGUS	0

Cálculo das Percentagens

Para proceder à classificação ABC, foi necessário calcular duas percentagens para cada referência: a percentagem individual e a percentagem acumulada. A percentagem individual indica, em termos percentuais, o “peso” de cada referência de cabo no total de consumo registado. É calculada através da seguinte fórmula:

A percentagem acumulada mostra o total que vai sendo somado à medida que avançamos na tabela. É basicamente a soma das percentagens individuais, linha a linha, permitindo ver quanto já representa no total, o grupo de cabos.

$$\text{Percentagem Acumulada} = \sum_{i=1} \text{Percentagem Individual} \quad (8)$$

A percentagem individual mostra quanto cada referência de cabo representa no total de material consumido, permitindo identificar as que mais contribuíram para o volume global, sendo que, a percentagem acumulada serve para mostra de forma simples, o quanto do total de cabo já está representado à medida que se somam as referências mais usadas. Desta forma, consegue-se verificar quais são os cabos que em conjunto, representam a maior parte do consumo.

Com base nestes valores, foi possível aplicar a classificação ABC, que permite distinguir os cabos com maior volume de utilização dos restantes, a definindo quais devem ser inseridos com prioridade na estação de corte.

Critério de classificação

Com base nas percentagens acumuladas, fez se a seguinte divisão entre categorias:

- ✓ **Categoria A:** Consumo acumulado até 80%
- ✓ **Categoria B:** Consumo acumulado de 81% até 95%
- ✓ **Categoria C:** Consumo acumulado dos 96% até aos 100%

Tabela 14 - Análise ABC

Item	Qt. (m)	Percentagem Individual	Percentagem Acumulada	Classificação
Encarnado 0,5mm2	2680,24	40,78%	40,78%	A
Preto 0,5mm2	858,41	13,06%	53,83%	A
Fio Terra 1,5mm2	325,7	4,95%	58,79%	A
2x0,22mm2	202,88	3,09%	61,88%	A
Cable 4x0,25	200,9	3,06%	64,93%	A
TK C/Malha 2x0,22mm2	181,57	2,76%	67,69%	A
TK IGUS 2x0,22mm2	166,92	2,54%	70,23%	A
Sleeving, Fiberglass 6mm2	162,04	2,47%	72,70%	A
Fio Preto 2,5mm2	162,02	2,46%	75,16%	A
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	125,59	1,91%	77,07%	A
Fio Azul 2,5mm2	124,55	1,89%	78,97%	A
2x0,25 IGUS	108,92	1,66%	80,63%	B
3x0,22mm2	107,94	1,64%	82,27%	B
Fio Branco A.T. 2,5mm2	103,68	1,58%	83,85%	B
Fio Azul A.T. 2,5mm2	101,5	1,54%	85,39%	B
Fio Preto A.T. 2,5mm2	101,5	1,54%	86,93%	B
Sleeving, Fiberglass 3mm2	101,18	1,54%	88,47%	B
Terra IGUS 1x1,5mm2	99,38	1,51%	89,99%	B
2x1,5mm2 IGUS	84,14	1,28%	91,27%	B
Preto 1,0mm2	81,64	1,24%	92,51%	B
Azul 1,5mm2 A.T.	75,3	1,15%	93,65%	B
Encarnado 1,0mm2	66,2	1,01%	94,66%	B
Azul 1,5mm2	65,8	1,00%	95,66%	C
Castanho 1,5mm2	65,8	1,00%	96,66%	C
Fio Terra 2,5mm2	61,27	0,93%	97,59%	C
IGUS	47,52	0,72%	98,32%	C
Fio Terra 4mm2	35,14	0,53%	98,85%	C
Preto 1,5 mm2 A.T.	31,68	0,48%	99,33%	C
Castanho A.T. 1,5mm2	21,42	0,33%	99,66%	C
IGUS 6x0,25mm2	8,5	0,13%	99,79%	C
2x0,5mm2	6,25	0,10%	99,88%	C
Termopar s/isolamento	6,02	0,09%	99,98%	C
Castanho 0,25mm2	1,6	0,02%	100,00%	C
3X1mm2 IGUS	0	0,00%	100,00%	C
Consumo total (m)	6573,2			

Foram analisadas 34 diferentes bobines de cabos, das quais 11 foram classificadas como categoria A. Estas referências correspondem às que tiveram maior volume de consumo e foram escolhidas para serem inseridas na estação de corte

5.4.2. Estação de Corte de Cablagens

Com o intuito de melhorar a eficiência do processo de corte de cabos, foi desenvolvido um protótipo de uma estação de corte, de forma a eliminar movimentações desnecessárias e melhorar a ergonomia do operador. Esta estrutura foi pensada para ser instalada ao lado da zona de corte, antes do início da produção, a máquina de corte é colocada em frente à estante, sendo para isso movimentada sobre uma bancada com rodas. Desta forma, o operador pode aceder facilmente às bobines para realizar o corte.

Um total de 11 bobines, 2 por cada referência da classe A foram selecionadas para inserir na estação de corte.

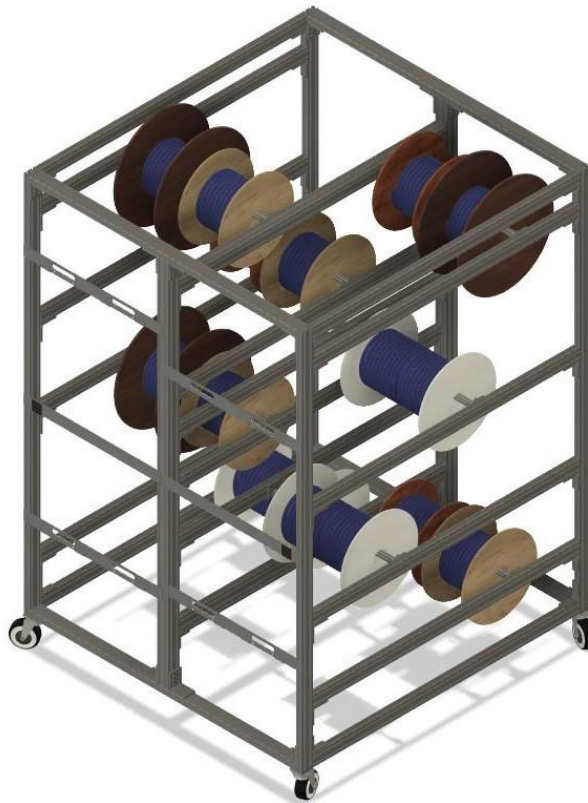


Figura 22 - Estação de corte

O projeto foi desenvolvido de raiz, usando o software de modelação 3D **Autodesk Fusion 360**, tendo por base as necessidades reais identificadas durante a análise das operações na área de fabrico de cablagens. Trata-se de um primeiro protótipo, com possibilidade de adaptação futura, consoante as exigências da empresa.

Devido à variedade de tamanhos das bobines utilizadas, a estação foi concebida com uma estrutura ajustável. Ainda assim as bobines das referências selecionadas, possuem apenas duas quantidades diferentes de cabo, 100 m e 50 m.

O ponto de fixação das bobines à estrutura permite movimento vertical e horizontal, podendo ser ajustado para cima, para baixo, para dentro ou para fora, conforme as dimensões das bobines (Figura 23). A regulação é feita manualmente, através de parafusos de aperto simples, de modo que fixe a estrutura de apoio das bobines para evitar deslizamentos inconvenientes.

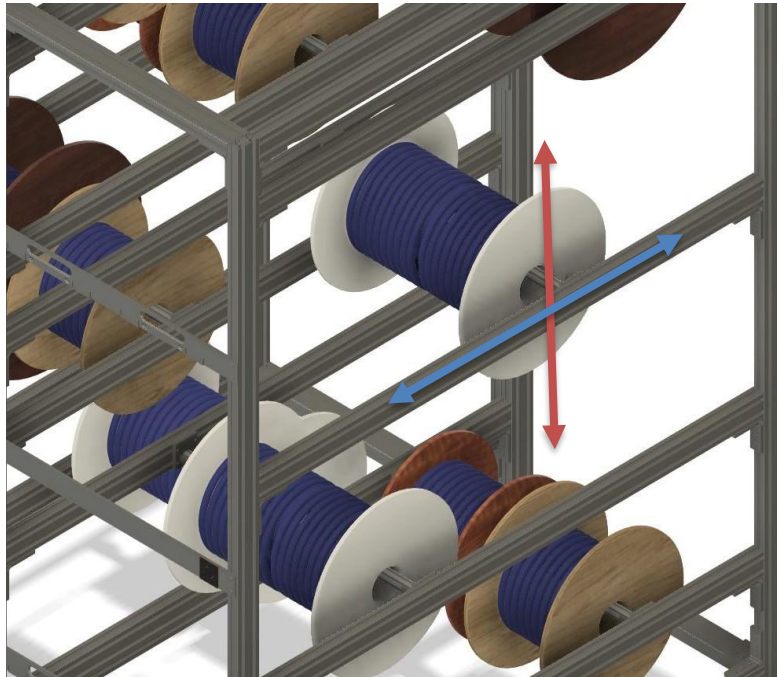


Figura 23 - Ajuste da posição das bobines na estação de corte

A estação foi dimensionada com base nos tamanhos das bobines existentes na empresa, considerando o respetivo diâmetro e comprimento. As dimensões totais da estrutura foram definidas de forma a garantir a compatibilidade com esses tamanhos e a permitir o armazenamento do maior número possível de bobines.

Com base nos valores retirados das bobines a estação foi projetada com as seguintes dimensões:

- Comprimento: 1,5 m
- Largura: 1,5 m
- Altura: 2 m

A estrutura foi preparada para armazenar até 11 tipos de cabos no caso de serem utilizadas bobines de grandes dimensões. Se forem usadas bobines mais pequenas, ou uma combinação de tamanhos diferentes, é possível aumentar esse número até um máximo de 16. Para cada tipo de cabo, foi previsto espaço para uma bobine adicional de stock, colocada atrás da bobine em uso. Quando a bobine da frente se esgota, o operador remove-a e desloca a de reserva para a posição de utilização, sem necessidade de se deslocar ao armazém.

Junto ao ponto onde o cabo é fixado, foi colocado um identificador em papel com a referência e a designação da bobine correspondente. Esta medida permite ao operador identificar rapidamente o tipo de cabo presente e evita erros durante a operação.

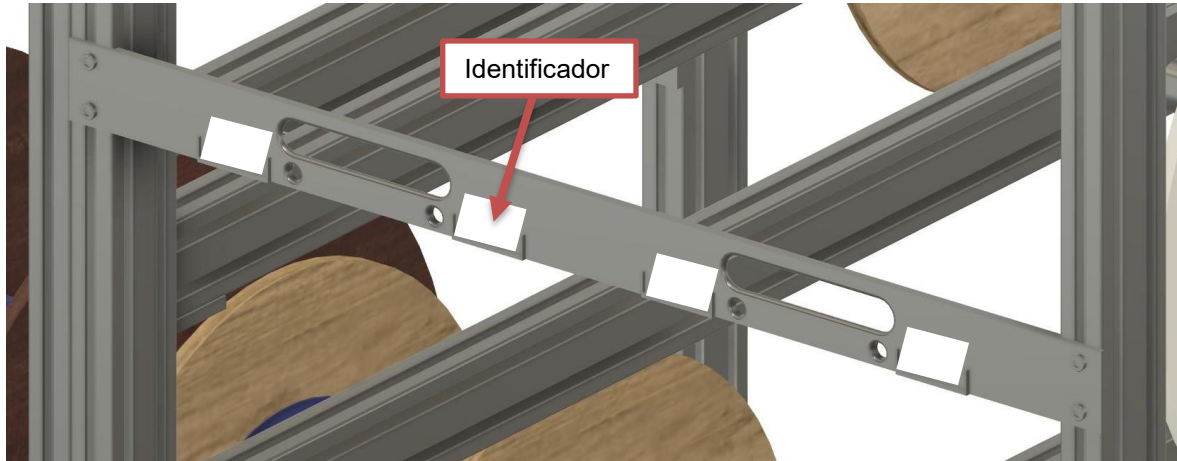


Figura 24 - Identificador Cabo

Atualmente, a estação encontra-se apenas em formato digital, desenhada em 3D, não tendo ainda sido construída nem testada em ambiente produtivo. Esta estrutura destina-se exclusivamente à área de corte, não estando prevista, nesta fase, a sua replicação noutros setores da produção.

Também foi analisada a possibilidade de implementar um sistema de gestão de stocks associado à estação de corte, esta proposta vai ser apresentada no seguinte capítulo (Capítulo. 5.4.3.). O objetivo deste sistema é evitar que o operador tenha de se deslocar ao armazém para repor as bobines que se esgotaram na estação de corte, para que não haja interrupções durante o corte de cabos.

5.4.3. Sistema de Gestão de Stocks

Com o objetivo de garantir a disponibilidade constante das bobines na estação de corte e evitar ruturas de stock foi definido um sistema de reposição destinado à estação de corte. Neste sistema é aplicada o sistema *2 Bin System* em que o contentor (bin) se refere a uma bobine.

Assim, o stock de cada tipo de cabo na estação de corte é organizado com duas bobines colocadas uma atrás da outra, a da frente é consumida primeiramente e a de trás serve como reserva. Quando a primeira bobine acaba, o operador coloca o cartão de identificação (associado) com o nome e a referência, num local definido para reposição. Esse cartão, juntamente com a bobine vazia, é recolhido por um operador do armazém, que depois irá repor a nova bobine diretamente na estação de corte.

Atendendo a que cada bobine tem uma quantidade de cabo específica (100m ou 50m, de acordo com o tipo de cabo), o tempo de reposição de cada bobine foi calculado para cada referência de cabo, conforme detalho no subcapítulo seguinte. Este foi calculado tendo em conta o consumo no prazo de entrega (reposição) e a variabilidade em ambos.

5.4.3.1. Análise do Sistema de Gestão de Stocks

O consumo médio diário em metros (m) de cada referência de cabo da categoria encontra-se na tabela 13 e foi obtido com base os valores de consumo mensal observado entre abril e setembro de 2024 (ver anexo VIII). A partir desses dados, determinou-se o consumo médio diário de cada mês, atendendo ao número de dias trabalhados.

Tabela 15 - Consumo médio diário (metros)

Item	Consumo médio diário
Encarnado 0,5mm ²	23,8
Preto 0,5mm ²	7,6
Fio Terra 1,5mm ²	2,9
2x0,22mm ²	1,9
Cable 4x0,25	1,9
TK C/Malha 2x0,22mm ²	1,6
TK IGUS 2x0,22mm ²	1,5
Sleeving, Fiberglass 6mm ²	1,4
Fio Preto 2,5mm ²	1,4
Fio Terra 1,5mm ² A.T.	1,1
Fio Azul 2,5mm ²	1,1

Para garantir que o reabastecimento das bobines na estação de corte ocorre antes da sua rutura, foi necessário estimar o período de reposição ou Lead Time (LT) para cada referência. Esse cálculo foi feito com base nas fórmulas (1), (4) ou (6).

A Tabela 16 apresenta os dados utilizados como base de cálculo para cada cabo, nomeadamente o consumo médio diário, o desvio padrão da procura, o comprimento de bobine e o nível de serviço.

Tabela 16 - Dados para Calculo LT

Item	Consumo médio diário	Desvio padrão σ	ROP - Tamanho Bobine (m)
Encarnado 0,5mm ²	23,8	11,0	100,0
Preto 0,5mm ²	7,6	4,5	100,0
Fio Terra 1,5mm ²	2,9	2,0	100,0
2x0,22mm ²	1,9	1,6	100,0
Cable 4x0,25	1,9	1,9	100,0
TK C/Malha 2x0,22mm ²	1,6	0,7	100,0
TK IGUS 2x0,22mm ²	1,5	0,5	100,0
Sleeving, Fiberglass 6mm ²	1,4	1,0	50,0
Fio Preto 2,5mm ²	1,4	1,1	100,0
Fio Terra 1,5mm ² A.T.	1,1	0,7	100,0
Fio Azul 2,5mm ²	1,1	0,8	100,0

Atendendo que a fórmula (6) requer informação sobre a variabilidade associada ao lead time, e este é desconhecido nesta fase do projeto, optou-se por considerar 3 cenários de variabilidade, traduzida por diferentes coeficientes de variação, CV:

- Cenário 1: variabilidade nula, CV=0;
- Cenário 2: variabilidade média, CV=0.5;
- Cenário 3: variabilidade elevadas, CV=1;

O **Coefficiente de Variação (CV)** é um indicador que relaciona o desvio padrão com a média, como indicado na fórmula 9. No contexto do Lead Time, permite quantificar o grau de incerteza do tempo de reposição:

$$CV = \frac{\sigma_{LT}}{Média_{LT}} \quad (9)$$

σ_{LT} = Desvio padrão do Lead Time

$Média_{LT}$ = Lead Time Medio

Assim, no cenário de variabilidade nula, ROP é dado por:

$$ROP = d \cdot LT + z \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{LT} \quad (10)$$

Enquanto no cenário de variabilidade 0.5, ROP é dado por:

$$ROP = d \cdot LT + z \cdot \sqrt{LT \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \left(\frac{1}{2} LT\right)^2} \quad (11)$$

E no cenário de variabilidade 1, ROP é dado por:

$$ROP = d \cdot LT + z \cdot \sqrt{LT \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot LT^2} \quad (12)$$

Note-se que ROP refere-se à quantidade de metro de cada bobine de uma dada referência. Desta forma a Tabela 17 apresenta os valores do período de reposição ou lead time (LT) estimados para cada referência, resultantes da aplicação das fórmulas referidas.

Tabela 17 – Resultados para o período de reposição LT em dias

Item	LT Procura Baixa (dias)	LT Procura Media (dias)	LT Procura ALTA (dias)
Encarnado 0,5mm2	2,5	1,7	1,3
Preto 0,5mm2	9,1	7,4	6,4
Fio Terra 1,5mm2	26,6	23,7	21,7
2x0,22mm2	40,0	37,0	34,6
Cable 4x0,25	38,7	36,1	34,0
TK C/Malha 2x0,22mm2	54,3	48,2	44,6
TK IGUS 2x0,22mm2	60,0	52,9	49,0
Sleeving, Fiberglass 6mm2	26,4	23,6	21,7
Fio Preto 2,5mm2	56,7	52,6	49,5
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	76,7	70,9	66,9
Fio Azul 2,5mm2	76,2	71,1	67,4

A leitura dos resultados da Tabela 17 mostra uma tendência clara, que, à medida que o Coeficiente de Variação (CV) aumenta, os valores de Lead Time (LT) tendem a diminuir. Isto acontece porque, ao assumir maior incerteza no processo, a fórmula do ROP incorpora essa variabilidade no próprio cálculo. Como consequência, o tempo necessário para repor a bobine deve ser menor, para atingir o mesmo nível de serviço, que neste caso foi de 99% (correspondente a um fator z de 2,33).

Analisando as referências individualmente, percebe-se que os cabos com maior consumo diário, como o Encarnado 0,5 mm e o Preto 0,5 mm, têm um período de reposição mais curto. Por exemplo para o Encarnado 0,5 mm deve ter um período

de reposição entre 1,3 e 2,5 dias, dependendo do grau de variabilidade: Estes são materiais mais utilizados, o que implica que as bobines se esgotam mais rapidamente e precisam de ser repostas em ciclos mais curtos. Já os cabos com menor consumo, como o Fio Azul 2,5 mm ou o Fio Terra 1,5 mm A.T., apresentam ciclos de reposição mais longos.

Um caso especial é o do Sleeving, Fiberglass 6 mm, cuja bobine tem apenas 50 metros, metade do habitual. Naturalmente, isso reduz o ciclo de reposição e, por consequência, o LT calculado é também mais curto.

6. Conclusões e Propostas de Trabalho Futuro

6.1. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo melhorar o processo de fabrico de cablagens, com especial foco na fase de corte.

O principal problema identificado pela empresa foi a variação nos tempos totais de produção, o que dificulta o planeamento e torna o processo instável. A fase de corte foi analisada em detalhe, por apresentar tempos não produtivos com impacto na variabilidade observada e com potencial para serem reduzidos ou eliminados, associados nomeadamente a movimentações desnecessárias.

Para compreender melhor esta situação, aplicou-se a metodologia SMED, que permitiu identificar tempos de *setup* a eliminar ou reduzir. Com base nessa análise, foram eliminadas etapas desnecessárias, o que se espera contribuir para reduzir o tempo total do processo e melhorar o fluxo de trabalho. A análise permitiu estimar uma redução de cerca de 259 segundos, o que representa uma redução de 12,7% no tempo total das etapas analisadas e a 74% no tempo das atividades de *Setup*.

Desta análise resultou também o desenho de uma nova estação de corte, pensada para centralizar o posto de trabalho, mantendo as bobines acessíveis e evitando deslocações físicas. Esta proposta representa uma melhoria clara em termos de eficiência operacional, mas também em termos ergonómicos permitindo libertar o operador da operação de corte.

No que diz respeito ao abastecimento de material, foi realizada uma análise ABC para identificar as referências mais usadas, responsáveis por cerca de 80% do consumo total, a colocar na nova estação de trabalho. Foram selecionadas 11 referências de cabos da classe A, com base num total de 34 analisadas, representando os cabos mais críticos para o abastecimento contínuo.

Para garantir que a reposição ocorre de forma adequada, foi calculado o período de reposição (a partir de armazém) associado a cada referência de cabo. Com esta abordagem, foi possível determinar ciclos de reposição específicos para cada cabo, ajustados ao seu padrão de consumo.

De forma geral, as soluções apresentadas neste trabalho constituem abordagens simples de baixo custo e adaptadas à realidade da empresa, com elevado potencial de impacto na produtividade. Apesar de ainda não terem sido implementadas, os resultados obtidos fornecem uma base para a empresa avançar com a aplicação das mesmas.

6.2. Propostas de Trabalho Futuro

Algumas sugestões para trabalho futuro a realizar passam pelo seguinte:

Realização de observações adicionais: será necessário fazer mais observações dos tempos das atividades de forma atingir uma precisão mais elevada, como observado no capítulo 5.2.

Adaptação da área das cablagens para receber a estação de corte: antes da instalação da estação de corte, será necessário adaptar o espaço onde esta ficará inserida, de forma a garantir que tudo se integra corretamente e que o ambiente é adequado à nova estrutura. É também recomendado fazer um levantamento detalhado das condições do local, para ajustar as dimensões da estação e facilitar a sua colocação no espaço disponível.

Testes em ambiente real e melhoria contínua: Com a estação de corte instalada e o sistema de gestão de stocks em funcionamento, é essencial testar tudo em ambiente real. Estes testes permitem avaliar se as mudanças estão a trazer os resultados esperados tanto na eficiência do processo como nas condições de trabalho dos operadores. A partir daí, podem ser feitos os ajustes necessários ou melhorias adicionais, sempre com o objetivo de tornar o processo mais simples e eficaz.

7. Referências Bibliográficas

Tripp, D. (2005). Action research: a methodological introduction. Murdoch University.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schuster.

Pena, R., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Sá, J. C., Fernandes, N. O., & Pereira, T. (2020). Lean manufacturing applied to a wiring production process. *Procedia Manufacturing*, 51, 1387–1394.

Soliman, M., Saurin, T. A., & Anzanello, M. J. (2018). The impacts of lean production on the complexity of socio-technical systems. *International Journal of Production Economics*, 197, 342–357.

Dombrowski, U., Ebentreich, D., & Krenkel, P. (2016). Impact analyses of lean production systems. *Procedia CIRP*, 57, 607–612.

Tiwari, K. V., & Sharma, S. K. (2022). The impact of productivity improvement approach using lean tools in an automotive industry. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 6, 1117–1131.

Oliveira, C., & Lima, T. M. (2023). *Setup* time reduction of an automotive parts assembly line using lean tools and quality tools. *Eng*, 4, 2352–2362.

Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of *setup* times for steel wire-rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042.

Nikolić, J., Dašić, M., & Đapan, M. (2023). SMED as an indispensable part of lean manufacturing in the small and medium enterprises. *International Journal for Quality Research*, 17(1), 255–270.

Almomani, M. A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., & Mumani, A. (2013). A proposed approach for *setup* time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers & Industrial Engineering*, 66(3), 461–469.

Ribeiro, P., Sá, J.C., Ferreira, L.P., Silva, F.J.G., Pereira, M.T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of Lean tools for improvement of process in a plastic company: a case study. 29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2019), 765–775.

Jurík, L., Horňáková, N., & Domčeková, V. (2020). The application of SMED method in the industrial enterprise. *Acta Logistica*, 7(4), 269–281.

McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's SMED (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, 38(11), 2377–2395.

Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Productivity Press.

Axsäter, S., & Rosling, K. (1999). Ranking of Generalised Multi-Stage KANBAN Policies. *International Journal of Production Economics*, 59(1–3), 107–116.

Jonsson, P., & Mattsson, S.-A. (2008). Inventory management practices and their implications on perceived planning performance. *International Journal of Production Research*, 46(7), 1787–1812.

Spenhoff, M., Koberstein, A., & Dethloff, J. (2014). The fit of planning methods for the part manufacturing industry: A case study. *Advances in Manufacturing*, 2, 123–130.

Yang, K.-K. (1998). A comparison of reorder point and Kanban policies for a single-machine production system. *Production Planning & Control*, 9(6), 567–574.

Danese, P., & Romano, P. (2014). Application of Kanban and pull systems in complex supply networks. *Production Planning & Control*, 25(2), 126–144.

Gamberini, R., Mora, C., Rimini, B., & Regattieri, A. (2012). Redesigning the inventory management with barcode-based two-bin system. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(6), 636–641.

Markin, R., Henry, D., & Mitchell, C. (2014). Two-bin Kanban ordering impact at Navy. *Naval Engineers Journal*, 126(4), 81–87.

Wanke, P., & Zinn, W. (2015). Inventory management practices and their performance implications in Brazil. *International Journal of Production Economics*, 170, 321–335.

MECALBI, (2020) “Manual MECALBI”, Mod.0001.PT-A

8.2. Anexo II – Cálculo de quantidade cabo usado por mês – abril

Nº Máquinas produzidas		ABRIL 2024
Evo500/TS	0	
VMIR	25	
CS14	14	
BM3	10	
MYX	0	
RCM	0	
EVO500B	0	
VMIR+UV	5	
Total Maq.	54	

Total Usado no Mês		
Ref.	Qt. Total(m)	
Encarnado 0,5mm2	731,92	
Preto 0,5mm2	262,35	
Fio Terra 1,5mm2	82,4	
Fio Preto 2,5mm2	64,05	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	63,6	
Fio Azul 2,5mm2	47,07	
2x1,5mm2 IGUS	39,2	
TK IGUS 2x0,22mm2	37,5	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	36	
TK C/Malha 2x0,22mm2	35,14	
3x0,22mm2	33,6	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	33,5	
Terra IGUS 1x1,5mm2	28,8	
Fio Azul A.T. 2,5mm2	20,3	
Fio Preto A.T. 2,5mm2	20,3	
Preto 1,0mm2	16,76	
Fio Terra 2,5mm2	15,3	
Encarnado 1,0mm2	13,66	
Azul 1,5mm2	13,16	
Castanho 1,5mm2	13,16	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	13,16	
2x0,22mm2	8,9	
IGUS 6x0,25mm2	8,5	
2x0,5mm2	6,25	
Castanho 0,25mm2	0,8	
2x0,25 IGUS	0	
3X1mm2 IGUS	0	
Azul 1,5mm2 A.T.	0	
Cable 4x0,25	0	
Castanho A.T. 1,5mm2	0	
Fio Terra 4mm2	0	
IGUS	0	
Preto 1,5 mm2 A.T.	0	
Termopar s/isolamento	0	

VMIR			
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção	
2x1,5mm2 IGUS	1,12	28	
3x0,22mm2	1,12	28	
Encarnado 0,5mm2	17,78	444,5	
Encarnado 1,0mm2	0,26	6,5	
Fio Azul 2,5mm2	1,2	30	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	30	
Fio Preto 2,5mm2	1,71	42,75	
Fio Terra 1,5mm2	0,65	16,25	
Fio Terra 2,5mm2	0,51	12,75	
Preto 0,5mm2	5,93	148,25	
Preto 1,0mm2	0,26	6,5	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	1,2	30	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,24	31	
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	24	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	15,75	
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	31,25	

VMIR+UV			
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção	
2x0,5mm2	1,25	6,25	
2x1,5 IGUS	2,24	11,2	
3x0,22mm2	1,12	5,6	
Encarnado 0,5mm2	27,86	139,3	
Encarnado 1,0mm2	0,26	1,3	
Fio Azul 2,5mm2	1,16	5,8	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	6	
Fio Preto 2,5mm2	1,67	8,35	
Fio Terra 1,5mm2	3,71	18,55	
Fio Terra 2,5mm2	0,51	2,55	
IGUS 6x0,25mm2	1,7	8,5	
Preto 0,5mm2	9,66	48,3	
Preto 1,0mm2	0,26	1,3	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	0,7	3,5	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	4	20	
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	4,8	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	3,15	
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	6,25	

RCM			
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção	
3X1mm2 IGUS	0,63	0	
Azul 1,5mm2 A.T.	0,46	0	
Castanho A.T. 1,5mm2	1,06	0	
Encarnado 0,5mm2	10,69	0	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,86	0	
Preto 0,5mm2	2,63	0	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,54	0	
TK IGUS 2x0,22mm2	0,84	0	

CS14			
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção	
Azul 1,5mm2	0,94	13,16	
Castanho 1,5mm2	0,94	13,16	
Encarnado 0,5mm2	10,58	148,12	
Encarnado 1,0mm2	0,19	2,66	
Fio Azul 2,5mm2	0,805	11,27	
Fio Azul A.T. 2,5mm2	1,45	20,3	
Fio Preto 2,5mm2	0,925	12,95	
Fio Preto A.T. 2,5mm2	1,45	20,3	
Fio Terra 1,5mm2	3,4	47,6	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,94	13,16	
Preto 0,5mm2	4,7	65,8	
Preto 1,0mm2	0,19	2,66	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	0,9	12,6	
TK C/Malha 2x0,22mm2	1,16	16,24	

MYX			
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção	
2x0,22mm2	13,22	0	
2x0,25 IGUS	7,78	0	
2x1,5mm2 IGUS	7,46	0	
3x0,22mm2	3,15	0	
Cable 4x0,25	14,35	0	
Encarnado 0,5mm2	23,8	0	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	2,52	0	
Fio Terra 1,5mm2	2,15	0	
Fio Terra 2,5mm2	2,3	0	
Fio Terra 4mm2	2,51	0	
Preto 0,5mm2	2	0	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	2,52	0	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,04	0	
Termopar s/isolamento	0,43	0	
Terra IGUS 1x1,5mm2	3,19	0	
TK C/Malha 2x0,22mm2	3,52	0	
TK IGUS 2x0,22mm2	3,69	0	

BM3			
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção	
2x0,22mm2	0,89	8,9	
Castanho 0,25mm2	0,08	0,8	
Encarnado 1,0mm2	0,32	3,2	
Preto 1,0mm2	0,63	6,3	

Evo500			
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção	
Azul 1,5mm2 A.T.	0,76	0	
Encarnado 0,5mm2	2,21	0	
Encarnado 1,0mm2	0,44	0	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,44	0	
IGUS	0,66	0	
Preto 0,5mm2	0,73	0	
Preto 1,0mm2	0,44	0	
Preto 1,5 mm2 A.T.	0,44	0	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,1	0	
TK IGUS 2x0,22mm2	0,48	0	

EVO500B			
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção	
2x1,5 IGUS	0,7	0	
Azul 1,5mm2 A.T.	0,98	0	
Castanho A.T. 1,5mm2	1,02	0	
Encarnado 0,5mm2	18,26	0	
Encarnado 1,0mm2	0,44	0	
Fio Terra 1,5mm2	0,25	0	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,55	0	
Preto 0,5mm2	4,39	0	
Preto 1,0mm2	0,44	0	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,38	0	
TK IGUS 2x0,22mm2	0,45	0	

8.3. Anexo III - Cálculo de quantidade cabo usado por mês – maio

Nº Máquinas produzidas	MAIO 2024
Evo500/TS	14
VMIR	2
CS14	23
BM3	0
MYX	0
RCM	0
EVO500B	14
VMIR+UV	0
Total Maq.	53

Total Usado no Mês	
Ref.	Qt. Total(m)
Encarnado 0,5mm2	565,48
Preto 0,5mm2	191,64
Fio Terra 1,5mm2	83
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	38,7
TK C/Malha 2x0,22mm2	34,66
Fio Azul A.T. 2,5mm2	33,35
Fio Preto A.T. 2,5mm2	33,35
Fio Preto 2,5mm2	24,695
Azul 1,5mm2 A.T.	24,36
Sleeving, Fiberglass 6mm2	23,18
Azul 1,5mm2	21,62
Castanho 1,5mm2	21,62
Fio Azul 2,5mm2	20,915
Preto 1,0mm2	17,21
TK IGUS 2x0,22mm2	15,52
Castanho A.T. 1,5mm2	14,28
2x1,5mm2 IGUS	12,04
Encarnado 1,0mm2	11,05
IGUS	9,24
Preto 1,5 mm2 A.T.	6,16
Fio Branco A.T. 2,5mm2	2,4
Sleeving, Fiberglass 3mm2	2,4
3x0,22mm2	2,24
Terra IGUS 1x1,5mm2	1,92
Fio Terra 2,5mm2	1,02
2x0,22mm2	0
2x0,25 IGUS	0
2x0,5mm2	0
3X1mm2 IGUS	0
Cable 4x0,25	0
Castanho 0,25mm2	0
Fio Terra 4mm2	0
IGUS 6x0,25mm2	0
Termopar s/isolamento	0

VMIR		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x1,5mm2 IGUS	1,12	2,24
3x0,22mm2	1,12	2,24
Encarnado 0,5mm2	17,78	35,56
Encarnado 1,0mm2	0,26	0,52
Fio Azul 2,5mm2	1,2	2,4
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	2,4
Fio Preto 2,5mm2	1,71	3,42
Fio Terra 1,5mm2	0,65	1,3
Fio Terra 2,5mm2	0,51	1,02
Preto 0,5mm2	5,93	11,86
Preto 1,0mm2	0,26	0,52
Sleeving, Fiberglass 3mm2	1,2	2,4
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,24	2,48
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	1,92
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	1,26
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	2,5

VMIR+UV		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x0,5mm2	1,25	0
2x1,5 IGUS	2,24	0
3x0,22mm2	1,12	0
Encarnado 0,5mm2	27,86	0
Encarnado 1,0mm2	0,26	0
Fio Azul 2,5mm2	1,16	0
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	0
Fio Preto 2,5mm2	1,67	0
Fio Terra 1,5mm2	3,71	0
Fio Terra 2,5mm2	0,51	0
IGUS 6x0,25mm2	1,7	0
Preto 0,5mm2	9,66	0
Preto 1,0mm2	0,26	0
Sleeving, Fiberglass 3mm2	0,7	0
Sleeving, Fiberglass 6mm2	4	0
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	0
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	0

RCM		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
3X1mm2 IGUS	0,63	0
Azul 1,5mm2 A.T.	0,46	0
Castanho A.T. 1,5mm2	1,06	0
Encarnado 0,5mm2	10,69	0
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,86	0
Preto 0,5mm2	2,63	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,54	0
TK IGUS 2x0,22mm2	0,84	0

CS14		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
Azul 1,5mm2	0,94	21,62
Castanho 1,5mm2	0,94	21,62
Encarnado 0,5mm2	10,58	243,34
Encarnado 1,0mm2	0,19	4,37
Fio Azul 2,5mm2	0,805	18,515
Fio Azul A.T. 2,5mm2	1,45	33,35
Fio Preto 2,5mm2	0,925	21,275
Fio Preto A.T. 2,5mm2	1,45	33,35
Fio Terra 1,5mm2	3,4	78,2
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,94	21,62
Preto 0,5mm2	4,7	108,1
Preto 1,0mm2	0,19	4,37
Sleeving, Fiberglass 6mm2	0,9	20,7
TK C/Malha 2x0,22mm2	1,16	26,68

MYX		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
2x0,22mm2	13,22	0
2x0,25 IGUS	7,78	0
2x1,5mm2 IGUS	7,46	0
3x0,22mm2	3,15	0
Cable 4x0,25	14,35	0
Encarnado 0,5mm2	23,8	0
Fio Branco A.T. 2,5mm2	2,52	0
Fio Terra 1,5mm2	2,15	0
Fio Terra 2,5mm2	2,3	0
Fio Terra 4mm2	2,51	0
Preto 0,5mm2	2	0
Sleeving, Fiberglass 3mm2	2,52	0
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,04	0
Termopar s/isolamento	0,43	0
Terra IGUS 1x1,5mm2	3,19	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	3,52	0
TK IGUS 2x0,22mm2	3,69	0

BM3		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x0,22mm2	0,89	0
Castanho 0,25mm2	0,08	0
Encarnado 1,0mm2	0,32	0
Preto 1,0mm2	0,63	0

Evo500		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
Azul 1,5mm2 A.T.	0,76	10,64
Encarnado 0,5mm2	2,21	30,94
Encarnado 1,0mm2	0,44	6,16
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,67	9,38
IGUS	0,66	9,24
Preto 0,5mm2	0,73	10,22
Preto 1,0mm2	0,44	6,16
Preto 1,5 mm2 A.T.	0,44	6,16
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,1	1,4
TK IGUS 2x0,22mm2	0,48	6,72

EVO500B		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
2x1,5 IGUS	0,7	9,8
Azul 1,5mm2 A.T.	0,96	13,72
Castanho A.T. 1,5mm2	1,02	14,28
Encarnado 0,5mm2	18,26	255,64
Encarnado 1,0mm2	0,44	6,16
Fio Terra 1,5mm2	0,25	3,5
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,55	7,7
Preto 0,5mm2	4,39	61,46
Preto 1,0mm2	0,44	6,16
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,38	5,32
TK IGUS 2x0,22mm2	0,45	6,3

8.4. Anexo IV - Cálculo de quantidade cabo usado por mês – junho

Nº Máquinas produzidas		JUNHO 2024
Evo500/TS	11	
VMIR	10	
CS14	25	
BM3		
MYX	3	
RCM		
EVO500B	5	
VMIR+UV		
Total Maq.	54	

Total Usado no Mês		
Ref.	Qt. Total(m)	
Encarnado 0,5mm2	629,31	
Preto 0,5mm2	212,78	
Fio Terra 1,5mm2	99,2	
TK C/Malha 2x0,22mm2	48,86	
Cable 4x0,25	43,05	
Fio Preto 2,5mm2	40,225	
2x0,22mm2	39,66	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	38,02	
Fio Azul A.T. 2,5mm2	36,25	
Fio Preto A.T. 2,5mm2	36,25	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	33,62	
Fio Azul 2,5mm2	32,125	
TK IGUS 2x0,22mm2	31,1	
Azul 1,5mm2	23,5	
Castanho 1,5mm2	23,5	
2x0,25 IGUS	23,34	
3x0,22mm2	20,65	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	19,56	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	19,56	
Terra IGUS 1x1,5mm2	19,17	
2x1,5mm2 IGUS	14,7	
Preto 1,0mm2	14,39	
Azul 1,5mm2 A.T.	13,26	
Encarnado 1,0mm2	12,19	
Fio Terra 2,5mm2	12	
Fio Terra 4mm2	7,53	
IGUS	7,26	
Castanho A.T. 1,5mm2	5,1	
Preto 1,5 mm2 A.T.	4,84	
Termopar s/isolamento	1,29	
2x0,5mm2	0	
3X1mm2 IGUS	0	
Castanho 0,25mm2	0	
IGUS 6x0,25mm2	0	

VMIR		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x1,5mm2 IGUS	1,12	11,2
3x0,22mm2	1,12	11,2
Encarnado 0,5mm2	17,78	177,8
Encarnado 1,0mm2	0,26	2,6
Fio Azul 2,5mm2	1,2	12
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	12
Fio Preto 2,5mm2	1,71	17,1
Fio Terra 1,5mm2	0,65	6,5
Fio Terra 2,5mm2	0,51	5,1
Preto 0,5mm2	5,93	59,3
Preto 1,0mm2	0,26	2,6
Sleeving, Fiberglass 3mm2	1,2	12
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,24	12,4
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	9,6
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	6,3
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	12,5

VMIR+UV		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x0,5mm2	1,25	0
2x1,5 IGUS	2,24	0
3x0,22mm2	1,12	0
Encarnado 0,5mm2	27,86	0
Encarnado 1,0mm2	0,26	0
Fio Azul 2,5mm2	1,16	0
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	0
Fio Preto 2,5mm2	1,67	0
Fio Terra 1,5mm2	3,71	0
Fio Terra 2,5mm2	0,51	0
IGUS 6x0,25mm2	1,7	0
Preto 0,5mm2	9,66	0
Preto 1,0mm2	0,26	0
Sleeving, Fiberglass 3mm2	0,7	0
Sleeving, Fiberglass 6mm2	4	0
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	0
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	0

RCM		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
3X1mm2 IGUS	0,63	0
Azul 1,5mm2 A.T.	0,46	0
Castanho A.T. 1,5mm2	1,06	0
Encarnado 0,5mm2	10,69	0
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,86	0
Preto 0,5mm2	2,63	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,54	0
TK IGUS 2x0,22mm2	0,84	0

CS14		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
Azul 1,5mm2	0,94	23,5
Castanho 1,5mm2	0,94	23,5
Encarnado 0,5mm2	10,58	264,5
Encarnado 1,0mm2	0,19	4,75
Fio Azul 2,5mm2	0,805	20,125
Fio Azul A.T. 2,5mm2	1,45	36,25
Fio Preto 2,5mm2	0,925	23,125
Fio Preto A.T. 2,5mm2	1,45	36,25
Fio Terra 1,5mm2	3,4	85
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,94	23,5
Preto 0,5mm2	4,7	117,5
Preto 1,0mm2	0,19	4,75
Sleeving, Fiberglass 6mm2	0,9	22,5
TK C/Malha 2x0,22mm2	1,16	29

MYX		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
2x0,22mm2	13,22	39,66
2x0,25 IGUS	7,78	23,34
2x1,5mm2 IGUS	7,46	22,38
3x0,22mm2	3,15	9,45
Cable 4x0,25	14,35	43,05
Encarnado 0,5mm2	23,8	71,4
Fio Branco A.T. 2,5mm2	2,52	7,56
Fio Terra 1,5mm2	2,15	6,45
Fio Terra 2,5mm2	2,3	6,9
Fio Terra 4mm2	2,51	7,53
Preto 0,5mm2	2	6
Sleeving, Fiberglass 3mm2	2,52	7,56
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,04	3,12
Termopar s/isolamento	0,43	1,29
Terra IGUS 1x1,5mm2	3,19	9,57
TK C/Malha 2x0,22mm2	3,52	10,56
TK IGUS 2x0,22mm2	3,69	11,07

BM3		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x0,22mm2	0,89	0
Castanho 0,25mm2	0,08	0
Encarnado 1,0mm2	0,32	0
Preto 1,0mm2	0,63	0

Evo500		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
Azul 1,5mm2 A.T.	0,76	8,36
Encarnado 0,5mm2	2,21	24,31
Encarnado 1,0mm2	0,44	4,84
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,67	7,37
IGUS	0,66	7,26
Preto 0,5mm2	0,73	8,03
Preto 1,0mm2	0,44	4,84
Preto 1,5 mm2 A.T.	0,44	4,84
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,1	1,1
TK IGUS 2x0,22mm2	0,48	5,28

EVO500B		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
2x1,5 IGUS	0,7	3,5
Azul 1,5mm2 A.T.	0,98	4,9
Castanho A.T. 1,5mm2	1,02	5,1
Encarnado 0,5mm2	18,26	91,3
Encarnado 1,0mm2	0,44	2,2
Fio Terra 1,5mm2	0,25	1,25
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,55	2,75
Preto 0,5mm2	4,39	21,95
Preto 1,0mm2	0,44	2,2
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,38	1,9
TK IGUS 2x0,22mm2	0,45	2,25

8.5. Anexo V - Cálculo de quantidade cabo usado por mês - julho

Nº Máquinas produzidas		JULHO 2024
Evo500/TS	21	
VMIR	0	
CS14	2	
BM3	0	
MYX	3	
RCM	0	
EVO500B	2	
VMIR+UV	0	
Total Maq.	28	

Total Usado no Mês		
Ref.	Qt. Total(m)	
Encarnado 0,5mm2	175,49	
Cable 4x0,25	43,05	
2x0,22mm2	39,66	
Preto 0,5mm2	39,51	
2x0,25 IGUS	23,34	
TK IGUS 2x0,22mm2	22,05	
Azul 1,5mm2 A.T.	17,92	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	17,05	
TK C/Malha 2x0,22mm2	15,74	
IGUS	13,86	
Fio Terra 1,5mm2	13,75	
Preto 1,0mm2	10,5	
Encarnado 1,0mm2	9,62	
Terra IGUS 1x1,5mm2	9,57	
3x0,22mm2	9,45	
Preto 1,5 mm2 A.T.	9,24	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	7,56	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	7,56	
Fio Terra 4mm2	7,53	
Fio Terra 2,5mm2	6,9	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	4,92	
Fio Azul A.T. 2,5mm2	2,9	
Fio Preto A.T. 2,5mm2	2,9	
Castanho A.T. 1,5mm2	2,04	
Azul 1,5mm2	1,88	
Castanho 1,5mm2	1,88	
Fio Preto 2,5mm2	1,85	
Fio Azul 2,5mm2	1,61	
2x1,5mm2 IGUS	1,4	
Termopar s/ isolamento	1,29	
2x0,5mm2	0	
3X1mm2 IGUS	0	
Castanho 0,25mm2	0	
IGUS 6x0,25mm2	0	

VMIR		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x1,5mm2 IGUS	1,12	0
3x0,22mm2	1,12	0
Encarnado 0,5mm2	17,78	0
Encarnado 1,0mm2	0,26	0
Fio Azul 2,5mm2	1,2	0
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	0
Fio Preto 2,5mm2	1,71	0
Fio Terra 1,5mm2	0,65	0
Fio Terra 2,5mm2	0,51	0
Preto 0,5mm2	5,93	0
Preto 1,0mm2	0,26	0
Sleeving, Fiberglass 3mm2	1,2	0
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,24	0
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	0
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	0

VMIR+UV		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x0,5mm2	1,25	0
2x1,5 IGUS	2,24	0
3x0,22mm2	1,12	0
Encarnado 0,5mm2	27,86	0
Encarnado 1,0mm2	0,26	0
Fio Azul 2,5mm2	1,16	0
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	0
Fio Preto 2,5mm2	1,67	0
Fio Terra 1,5mm2	3,71	0
Fio Terra 2,5mm2	0,51	0
IGUS 6x0,25mm2	1,7	0
Preto 0,5mm2	9,66	0
Preto 1,0mm2	0,26	0
Sleeving, Fiberglass 3mm2	0,7	0
Sleeving, Fiberglass 6mm2	4	0
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	0
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	0

RCM		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
3X1mm2 IGUS	0,63	0
Azul 1,5mm2 A.T.	0,46	0
Castanho A.T. 1,5mm2	1,06	0
Encarnado 0,5mm2	10,69	0
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,86	0
Preto 0,5mm2	2,63	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,54	0
TK IGUS 2x0,22mm2	0,84	0

CS14		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
Azul 1,5mm2	0,94	1,88
Castanho 1,5mm2	0,94	1,88
Encarnado 0,5mm2	10,58	21,16
Encarnado 1,0mm2	0,19	0,38
Fio Azul 2,5mm2	0,805	1,61
Fio Azul A.T. 2,5mm2	1,45	2,9
Fio Preto 2,5mm2	0,925	1,85
Fio Preto A.T. 2,5mm2	1,45	2,9
Fio Terra 1,5mm2	3,4	6,8
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,94	1,88
Preto 0,5mm2	4,7	9,4
Preto 1,0mm2	0,19	0,38
Sleeving, Fiberglass 6mm2	0,9	1,8
TK C/Malha 2x0,22mm2	1,16	2,32

MYX		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
2x0,22mm2	13,22	39,66
2x0,25 IGUS	7,78	23,34
2x1,5mm2 IGUS	7,46	22,38
3x0,22mm2	3,15	9,45
Cable 4x0,25	14,35	43,05
Encarnado 0,5mm2	23,8	71,4
Fio Branco A.T. 2,5mm2	2,52	7,56
Fio Terra 1,5mm2	2,15	6,45
Fio Terra 2,5mm2	2,3	6,9
Fio Terra 4mm2	2,51	7,53
Preto 0,5mm2	2	6
Sleeving, Fiberglass 3mm2	2,52	7,56
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,04	3,12
Termopar s/ isolamento	0,43	1,29
Terra IGUS 1x1,5mm2	3,19	9,57
TK C/Malha 2x0,22mm2	3,52	10,56
TK IGUS 2x0,22mm2	3,69	11,07

BM3		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x0,22mm2	0,89	0
Castanho 0,25mm2	0,08	0
Encarnado 1,0mm2	0,32	0
Preto 1,0mm2	0,63	0

Evo500		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
Azul 1,5mm2 A.T.	0,76	15,96
Encarnado 0,5mm2	2,21	46,41
Encarnado 1,0mm2	0,44	9,24
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,67	14,07
IGUS	0,66	13,86
Preto 0,5mm2	0,73	15,33
Preto 1,0mm2	0,44	9,24
Preto 1,5 mm2 A.T.	0,44	9,24
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,1	2,1
TK IGUS 2x0,22mm2	0,48	10,08

EVO500B		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
2x1,5 IGUS	0,7	1,4
Azul 1,5mm2 A.T.	0,98	1,96
Castanho A.T. 1,5mm2	1,02	2,04
Encarnado 0,5mm2	18,26	36,52
Encarnado 1,0mm2	0,44	0,88
Fio Terra 1,5mm2	0,25	0,5
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,55	1,1
Preto 0,5mm2	4,39	8,78
Preto 1,0mm2	0,44	0,88
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,38	0,76
TK IGUS 2x0,22mm2	0,45	0,9

8.6. Anexo VI - Cálculo de quantidade cabo usado por mês – agosto

Nº Máquinas produzidas		AGOSTO 2024
Evo500/TS	5	
VMIR	10	
CS14		
BM3	10	
MYX	2	
RCM		
EVO500B		
VMIR+UV		
Total Maq.	27	

Total Usado no Mês		
Ref.	Qt. Total(m)	
Encarnado 0,5mm2	236,45	
Preto 0,5mm2	66,95	
2x0,22mm2	35,34	
Cable 4x0,25	28,7	
TK IGUS 2x0,22mm2	22,28	
3x0,22mm2	17,5	
Fio Preto 2,5mm2	17,1	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	17,04	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	17,04	
Terra IGUS 1x1,5mm2	15,98	
2x0,25 IGUS	15,56	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	14,48	
TK C/Malha 2x0,22mm2	13,84	
Fio Azul 2,5mm2	12	
2x1,5mm2 IGUS	11,2	
Preto 1,0mm2	11,1	
Fio Terra 1,5mm2	10,8	
Fio Terra 2,5mm2	9,7	
Encarnado 1,0mm2	8	
Fio Terra 4mm2	5,02	
Azul 1,5mm2 A.T.	3,8	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	3,35	
IGUS	3,3	
Preto 1,5 mm2 A.T.	2,2	
Termopar s/isolamento	0,86	
Castanho 0,25mm2	0,8	
2x0,5mm2	0	
3X1mm2 IGUS	0	
Azul 1,5mm2	0	
Castanho 1,5mm2	0	
Castanho A.T. 1,5mm2	0	
Fio Azul A.T. 2,5mm2	0	
Fio Preto A.T. 2,5mm2	0	
IGUS 6x0,25mm2	0	

VMIR		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x1,5mm2 IGUS	1,12	11,2
3x0,22mm2	1,12	11,2
Encarnado 0,5mm2	17,78	177,8
Encarnado 1,0mm2	0,26	2,6
Fio Azul 2,5mm2	1,2	12
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	12
Fio Preto 2,5mm2	1,71	17,1
Fio Terra 1,5mm2	0,65	6,5
Fio Terra 2,5mm2	0,51	5,1
Preto 0,5mm2	5,93	59,3
Preto 1,0mm2	0,26	2,6
Sleeving, Fiberglass 3mm2	1,2	12
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,24	12,4
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	9,6
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	6,3
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	12,5

VMIR+UV		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x0,5mm2	1,25	0
2x1,5 IGUS	2,24	0
3x0,22mm2	1,12	0
Encarnado 0,5mm2	27,86	0
Encarnado 1,0mm2	0,26	0
Fio Azul 2,5mm2	1,16	0
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	0
Fio Preto 2,5mm2	1,67	0
Fio Terra 1,5mm2	3,71	0
Fio Terra 2,5mm2	0,51	0
IGUS 6x0,25mm2	1,7	0
Preto 0,5mm2	9,66	0
Preto 1,0mm2	0,26	0
Sleeving, Fiberglass 3mm2	0,7	0
Sleeving, Fiberglass 6mm2	4	0
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	0
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	0

RCM		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
3X1mm2 IGUS	0,63	0
Azul 1,5mm2 A.T.	0,46	0
Castanho A.T. 1,5mm2	1,06	0
Encarnado 0,5mm2	10,69	0
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,86	0
Preto 0,5mm2	2,63	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,54	0
TK IGUS 2x0,22mm2	0,84	0

CS14		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
Azul 1,5mm2	0,94	0
Castanho 1,5mm2	0,94	0
Encarnado 0,5mm2	10,58	0
Encarnado 1,0mm2	0,19	0
Fio Azul 2,5mm2	0,805	0
Fio Azul A.T. 2,5mm2	1,45	0
Fio Preto 2,5mm2	0,925	0
Fio Preto A.T. 2,5mm2	1,45	0
Fio Terra 1,5mm2	3,4	0
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,94	0
Preto 0,5mm2	4,7	0
Preto 1,0mm2	0,19	0
Sleeving, Fiberglass 6mm2	0,9	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	1,16	0

MYX		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
2x0,22mm2	13,22	26,44
2x0,25 IGUS	7,78	15,56
2x1,5mm2 IGUS	7,46	14,92
3x0,22mm2	3,15	6,3
Cable 4x0,25	14,35	28,7
Encarnado 0,5mm2	23,8	47,6
Fio Branco A.T. 2,5mm2	2,52	5,04
Fio Terra 1,5mm2	2,15	4,3
Fio Terra 2,5mm2	2,3	4,6
Fio Terra 4mm2	2,51	5,02
Preto 0,5mm2	2	4
Sleeving, Fiberglass 3mm2	2,52	5,04
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,04	2,08
Termopar s/isolamento	0,43	0,86
Terra IGUS 1x1,5mm2	3,19	6,38
TK C/Malha 2x0,22mm2	3,52	7,04
TK IGUS 2x0,22mm2	3,69	7,38

BM3		
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção
2x0,22mm2	0,89	8,9
Castanho 0,25mm2	0,08	0,8
Encarnado 1,0mm2	0,32	3,2
Preto 1,0mm2	0,63	6,3

Evo500		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
Azul 1,5mm2 A.T.	0,76	3,8
Encarnado 0,5mm2	2,21	11,05
Encarnado 1,0mm2	0,44	2,2
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,67	3,35
IGUS	0,66	3,3
Preto 0,5mm2	0,73	3,65
Preto 1,0mm2	0,44	2,2
Preto 1,5 mm2 A.T.	0,44	2,2
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,1	0,5
TK IGUS 2x0,22mm2	0,48	2,4

EVO500B		
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção
2x1,5 IGUS	0,7	0
Azul 1,5mm2 A.T.	0,98	0
Castanho A.T. 1,5mm2	1,02	0
Encarnado 0,5mm2	18,26	0
Encarnado 1,0mm2	0,44	0
Fio Terra 1,5mm2	0,25	0
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,55	0
Preto 0,5mm2	4,39	0
Preto 1,0mm2	0,44	0
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,38	0
TK IGUS 2x0,22mm2	0,45	0

8.7. Anexo VII - Cálculo de quantidade cabo usado por mês – setembro

Nº Máquinas produzidas		SETEMBRO 2024
Evo500/TS	21	
VMIR	5	
CS14	6	
BM3	0	
MYX	6	
RCM	0	
EVO500B	0	
VMIR+UV	0	
Total Maq.	38	

Total Usado no Mês		
Ref.	Qt. Total(m)	±
Encarnado 0,5mm2	341,59	
Cable 4x0,25	86,1	
Preto 0,5mm2	85,18	
2x0,22mm2	79,32	
2x0,25 IGUS	46,68	
TK IGUS 2x0,22mm2	38,47	
Fio Terra 1,5mm2	36,55	
TK C/Malha 2x0,22mm2	33,33	
3x0,22mm2	24,5	
Terra IGUS 1x1,5mm2	23,94	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	21,12	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	21,12	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	19,71	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	17,84	
Fio Terra 2,5mm2	16,35	
Azul 1,5mm2 A.T.	15,96	
Fio Terra 4mm2	15,06	
Fio Preto 2,5mm2	14,1	
IGUS	13,86	
Encarnado 1,0mm2	11,68	
Preto 1,0mm2	11,68	
Fio Azul 2,5mm2	10,83	
Preto 1,5 mm2 A.T.	9,24	
Fio Azul A.T. 2,5mm2	8,7	
Fio Preto A.T. 2,5mm2	8,7	
Azul 1,5mm2	5,64	
Castanho 1,5mm2	5,64	
2x1,5mm2 IGUS	5,6	
Termopar s/isolamento	2,58	
2x0,5mm2	0	
3X1mm2IGUS	0	
Castanho 0,25mm2	0	
Castanho A.T. 1,5mm2	0	
IGUS 6x0,25mm2	0	

VMIR			
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção	±
2x1,5mm2 IGUS	1,12	5,6	
3x0,22mm2	1,12	5,6	
Encarnado 0,5mm2	17,78	88,9	
Encarnado 1,0mm2	0,26	1,3	
Fio Azul 2,5mm2	1,2	6	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	6	
Fio Preto 2,5mm2	1,71	8,55	
Fio Terra 1,5mm2	0,65	3,25	
Fio Terra 2,5mm2	0,51	2,55	
Preto 0,5mm2	5,93	29,65	
Preto 1,0mm2	0,26	1,3	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	1,2	6	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,24	6,2	
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	4,8	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	3,15	
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	6,25	

VMIR+UV			
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção	±
2x0,5mm2	1,25	0	
2x1,5 IGUS	2,24	0	
3x0,22mm2	1,12	0	
Encarnado 0,5mm2	27,86	0	
Encarnado 1,0mm2	0,26	0	
Fio Azul 2,5mm2	1,16	0	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	1,2	0	
Fio Preto 2,5mm2	1,67	0	
Fio Terra 1,5mm2	3,71	0	
Fio Terra 2,5mm2	0,51	0	
IGUS 6x0,25mm2	1,7	0	
Preto 0,5mm2	9,66	0	
Preto 1,0mm2	0,26	0	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	0,7	0	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	4	0	
Terra IGUS 1x1,5mm2	0,96	0	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,63	0	
TK IGUS 2x0,22mm2	1,25	0	

RCM			
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção	±
3X1mm2 IGUS	0,63	0	
Azul 1,5mm2 A.T.	0,46	0	
Castanho A.T. 1,5mm2	1,06	0	
Encarnado 0,5mm2	10,69	0	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,86	0	
Preto 0,5mm2	2,63	0	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,54	0	
TK IGUS 2x0,22mm2	0,84	0	

CS14			
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção	±
Azul 1,5mm2	0,94	5,64	
Castanho 1,5mm2	0,94	5,64	
Encarnado 0,5mm2	10,58	63,48	
Encarnado 1,0mm2	0,19	1,14	
Fio Azul 2,5mm2	0,805	4,83	
Fio Azul A.T. 2,5mm2	1,45	8,7	
Fio Preto 2,5mm2	0,925	5,55	
Fio Preto A.T. 2,5mm2	1,45	8,7	
Fio Terra 1,5mm2	3,4	20,4	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,94	5,64	
Preto 0,5mm2	4,7	28,2	
Preto 1,0mm2	0,19	1,14	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	0,9	5,4	
TK C/Malha 2x0,22mm2	1,16	6,96	

MYX			
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção	±
2x0,22mm2	13,22	79,32	
2x0,25 IGUS	7,78	46,68	
2x1,5mm2 IGUS	7,46	44,76	
3x0,22mm2	3,15	18,9	
Cable 4x0,25	14,35	86,1	
Encarnado 0,5mm2	23,8	142,8	
Fio Branco A.T. 2,5mm2	2,52	15,12	
Fio Terra 1,5mm2	2,15	12,9	
Fio Terra 2,5mm2	2,3	13,8	
Fio Terra 4mm2	2,51	15,06	
Preto 0,5mm2	2	12	
Sleeving, Fiberglass 3mm2	2,52	15,12	
Sleeving, Fiberglass 6mm2	1,04	6,24	
Termopar s/isolamento	0,43	2,58	
Terra IGUS 1x1,5mm2	3,19	19,14	
TK C/Malha 2x0,22mm2	3,52	21,12	
TK IGUS 2x0,22mm2	3,69	22,14	

BM3			
Ref.	Qt.(m)/maq	Qt. usada produção	±
2x0,22mm2	0,89	0	
Castanho 0,25mm2	0,08	0	
Encarnado 1,0mm2	0,32	0	
Preto 1,0mm2	0,63	0	

Evo500			
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção	±
Azul 1,5mm2 A.T.	0,76	15,96	
Encarnado 0,5mm2	2,21	46,41	
Encarnado 1,0mm2	0,44	9,24	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,67	14,07	
IGUS	0,66	13,86	
Preto 0,5mm2	0,73	15,33	
Preto 1,0mm2	0,44	9,24	
Preto 1,5 mm2 A.T.	0,44	9,24	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,1	2,1	
TK IGUS 2x0,22mm2	0,48	10,08	

EVO500B			
Ref.	Qt.(m)	Qt. usada produção	±
2x1,5 IGUS	0,7	0	
Azul 1,5mm2 A.T.	0,96	0	
Castanho A.T. 1,5mm2	1,02	0	
Encarnado 0,5mm2	18,26	0	
Encarnado 1,0mm2	0,44	0	
Fio Terra 1,5mm2	0,25	0	
Fio Terra 1,5mm2 A.T.	0,55	0	
Preto 0,5mm2	4,39	0	
Preto 1,0mm2	0,44	0	
TK C/Malha 2x0,22mm2	0,36	0	
TK IGUS 2x0,22mm2	0,45	0	

8.8. Anexo VIII - Cálculo Consumo Médio Diário

Item	Consumo mensal de cabo						Consumo diário de cabo						Consumo médio diário
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	
Encarnado 0,5mm ²	731,9	565,5	629,3	175,5	236,5	341,6	36,6	29,8	33,1	9,2	13,9	20,1	23,8
Preto 0,5mm ²	262,4	191,6	212,8	39,5	67,0	85,2	13,1	10,1	11,2	2,1	3,9	5,0	7,6
Fio Terra 1,5mm ²	82,4	83,0	99,2	13,8	10,8	36,6	4,1	4,4	5,2	0,7	0,6	2,2	2,9
2x0,22mm ²	8,9	0,0	39,7	39,7	35,3	79,3	0,4	0,0	2,1	2,1	2,1	4,7	1,9
Cable 4x0,25	0,0	0,0	43,1	43,1	28,7	86,1	0,0	0,0	2,3	2,3	1,7	5,1	1,9
TK C/Malha 2x0,22mm ²	35,1	34,7	48,9	15,7	13,8	33,3	1,8	1,8	2,6	0,8	0,8	2,0	1,6
TK IGUS 2x0,22mm ²	37,5	15,5	31,1	22,1	22,3	38,5	1,9	0,8	1,6	1,2	1,3	2,3	1,5
Sleeving, Fiberglass 6mm ²	63,6	23,2	38,0	4,9	14,5	17,8	3,2	1,2	2,0	0,3	0,9	1,0	1,4
Fio Preto 2,5mm ²	64,1	24,7	40,2	1,9	17,1	14,1	3,2	1,3	2,1	0,1	1,0	0,8	1,4
Fio Terra 1,5mm ² A.T.	13,2	38,7	33,6	17,1	3,4	19,7	0,7	2,0	1,8	0,9	0,2	1,2	1,1
Fio Azul 2,5mm ²	47,1	20,9	32,1	1,6	12,0	10,8	2,4	1,1	1,7	0,1	0,7	0,6	1,1