

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

LOGÍSTICA DE UTILIZAÇÃO DE TERMINAIS ELÉTRICOS

Segmento ferroviário

Pedro Rezende do Espírito Santo

**Pindamonhangaba - SP
2024**

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

LOGÍSTICA DE UTILIZAÇÃO DE TERMINAIS ELÉTRICOS

Segmento ferroviário

Pedro Rezende do Espírito Santo

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.

Orientador(a): Prof.a Ma.Lúcia de Almeida Ribeiro.

**Pindamonhangaba - SP
2024**

E77l Espírito Santo, Pedro Rezende do.
Logística de utilização de terminais elétricos: segmento ferroviário / Pedro Rezende do Espírito Santo / FATEC Pindamonhangaba, 2024.
48f.; il.

Orientadora: Professora Me. Lucia de Almeida Ribeiro
Monografia (Graduação) - FATEC - Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. 2024

1. Crimpagem. 2. Terminais elétricos. 3. Logística reversa. 4. Desperdício. 5. Gestão de materiais. I. Espírito Santo, Pedro Rezende do. II. Ribeiro, Lucia de Almeida. IV. Título.

CDD 658

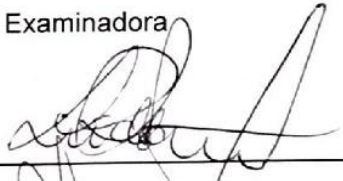
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

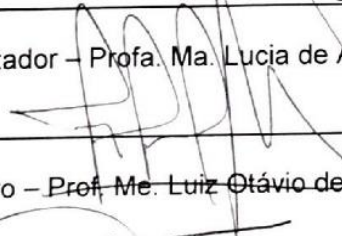
“LOGÍSTICA DE UTILIZAÇÃO DE TERMINAIS ELÉTRICOS - SEGMENTO FERROVIÁRIO”.

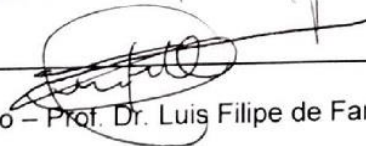
Pedro Rezende do Espirito Santo

Monografia apresentada à
Faculdade de Tecnologia de
Pindamonhangaba, para graduação
no Curso Superior de Tecnologia em
Manutenção Industrial.

Comissão Examinadora


Orientador – Profa. Ma. Lucia de Almeida Ribeiro


Membro – Prof. Me. Luiz Otávio de Oliveira Arouca


Membro – Prof. Dr. Luis Filipe de Faria Pereira Wiltgen Barbosa

Pindamonhangaba, 26 de junho de 2024.

DEDICATÓRIA

A minha mãe, por todas as noites em que esperou acordada, até eu retornar da aula, seu amor e cuidado foram minha luz guia.

AGRADECIMENTO

Hoje, ao concluir esta etapa significativa da minha jornada acadêmica, não posso deixar de expressar minha profunda gratidão a cada pessoa que desempenhou um papel crucial em minha jornada e contribuiu de maneira única para o meu sucesso.

À minha querida família, meu porto seguro e fonte inesgotável de amor e apoio, agradeço por estarem sempre ao meu lado, incentivando-me a alcançar os meus objetivos e dando-me forças nos momentos de dificuldade. Seu apoio incondicional foi a âncora que me sustentou durante todo este percurso.

Aos meus amigos, verdadeiros companheiros de jornada, agradeço por cada risada compartilhada, cada palavra de encorajamento e por estarem sempre presentes, mesmo nos momentos mais desafiadores. Suas amizades são tesouros que guardarei para sempre em meu coração.

Aos meus colegas de faculdade, com quem compartilhei não apenas salas de aula, mas também risos, ideias, debates e aprendizados inestimáveis, agradeço por cada colaboração, por desafiarem meu pensamento e por tornarem esta jornada ainda mais enriquecedora.

Aos meus colegas de trabalho, cujo apoio e compreensão foram fundamentais para conciliar os compromissos profissionais com os acadêmicos, expresso minha sincera gratidão. Sua flexibilidade e colaboração tornaram possível equilibrar ambas as esferas da minha vida de forma harmoniosa.

À minha estimada professora orientadora Lúcia de Almeida Ribeiro, cuja orientação sábia e *expertise* foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, expresso minha mais profunda gratidão. Suas orientações não apenas aprimoraram meu projeto, mas também contribuíram significativamente para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Por fim, gostaria de estender meu agradecimento à empresa em que trabalhei, por reconhecer o valor da educação continuada e por oferecer o suporte necessário para que eu pudesse conciliar trabalho e estudos de forma eficaz. Sua visão progressista e apoio contínuo foram fundamentais para o sucesso deste projeto.

A cada um de vocês, minha mais sincera gratidão. Este trabalho não é apenas meu, mas de todos que estiveram ao meu lado, apoiando-me e inspirando-me ao longo do caminho. Que este seja apenas o início de muitas conquistas que celebraremos juntos.

Com todo o meu carinho e gratidão,

Pedro Rezende

As grandes ideias surgem da observação dos
pequenos detalhes

(Augusto Cury)

SANTO, P. R. E. **Logística reversa de terminais elétricos - Segmento ferroviário.** 2024. 48p. Trabalho de Graduação do Curso de Manutenção Industrial. Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2024.

RESUMO

O estudo detalha a importância da correta montagem e gestão dos terminais elétricos na indústria ferroviária, destacando como a integridade dessas conexões é crucial para a segurança e eficiência dos sistemas elétricos dos trens. A operação de crimpagem, que fixa os cabos aos terminais, é particularmente crítica, e a utilização incorreta de terminais pode levar a falhas graves e acidentes. A complexidade do processo é exacerbada pela variedade de terminais, que muitas vezes são semelhantes, mas possuem especificações distintas, resultando em problemas de funcionalidade, manutenção não planejada, e custos elevados devido a erros de montagem e desperdício de materiais. Para abordar esses problemas, o estudo propõe um plano de ação focado na coleta, separação e identificação dos terminais misturados utilizando ferramentas como paquímetros e tabelas de referência. Este processo de reorganização visa melhorar a gestão dos terminais, facilitando seu retorno ao ponto de armazenamento correto e evitando o descarte inadequado de terminais ainda utilizáveis. A implementação de sistemas como o Kanban, alinhado com os princípios do Lean Manufacturing e do 5S, é sugerida para otimizar o fluxo de trabalho, reduzir desperdícios e melhorar a eficiência operacional. Os resultados esperados incluem uma organização aprimorada do estoque de terminais, redução de erros de montagem, aumento da produtividade e redução de custos. A proposta de melhoria contínua também é incentivada, promovendo uma cultura de eficiência e qualidade. Em última análise, o estudo não só visa a eficiência operacional, mas também a segurança e confiabilidade dos veículos ferroviários, impactando positivamente a competitividade da empresa no mercado.

Palavras-chave: Crimpagem. Terminais elétricos. Logística reversa. Desperdício. Gestão de materiais.

SANTO, P. R. E. **Reverse logistics of electrical terminals - railway segment**. 2024. 48p. Graduation Project in Industrial Maintenance course. Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2024.

ABSTRACT

The study details the importance of proper assembly and management of electrical terminals in the railway industry, highlighting how the integrity of these connections is crucial for the safety and efficiency of train electrical systems. The crimping operation, which attaches cables to terminals, is particularly critical, and the incorrect use of terminals can lead to serious failures and accidents. The complexity of the process is exacerbated by the variety of terminals, which are often similar but have different specifications, resulting in functionality problems, unplanned maintenance, and high costs due to assembly errors and material waste. To address these issues, the study proposes an action plan focused on the collection, separation, and identification of mixed terminals using tools such as calipers and reference tables. This reorganization process aims to improve terminal management, facilitating their return to the correct storage point and avoiding the improper disposal of still usable terminals. The implementation of systems like Kanban, aligned with the principles of Lean Manufacturing and 5S, is suggested to optimize workflow, reduce waste, and improve operational efficiency. The expected results include improved organization of the terminal inventory, reduction of assembly errors, increased productivity, and cost reduction. Continuous improvement is also encouraged, promoting a culture of efficiency and quality. Ultimately, the study aims not only for operational efficiency but also for the safety and reliability of railway vehicles, positively impacting the company's competitiveness in the market.

Keywords: Crimping. Electrical terminals. Reverse logistics. Waste. Material Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Placas de conexão pré-montadas	12
Figura 2- Conector Han Modular	13
Figura 3- Terminais misturados.....	14
Figura 4 - Local para armazenamento dos terminais.....	15
Figura 5- Técnico realizando manutenção em um painel elétrico	16
Figura 6- Técnico realizando inspeção de um equipamento	17
Figura 7- Técnico realizando o acompanhamento do funcionamento de um motor	18
Figura 8- Conector elétrico básico	19
Figura 9- Processo de crimpagem com alicate manual	20
Figura 10- Processo de crimpagem de terminal de compressão	21
Figura 11- Critérios de aceitação de terminais pré-isolados	21
Figura 12- Critérios de aceitação de terminais tubulares.....	22
Figura 13- Alicates de crimpagem manual.....	23
Figura 14- Alicate de crimpagem hidráulico.....	24
Figura 15- Alicate de crimpagem elétrico a bateria.....	25
Figura 16- Prensa de crimpagem hidráulico	25
Figura 17- Matriz de crimpagem	26
Figura 18- Terminal de Compressão.....	27
Figura 19- Terminais anel e olhal	27
Figura 20- Terminais Harting banhados a ouro e prata	28
Figura 21.1- Terminal tubular Harting	37
Figura 21.2- Terminal tubular Harting	37
Figura 21.3- Terminal tubular Harting	38
Figura 22- desenho técnico terminal Harting.....	38
Figura 23- Caixa de materiais elétricos.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA	13
1.2 OBJETIVO	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVA	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	Erro! Indicador não definido.16
2.1.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO	16
2.2 CRIMPAGEM	18
2.2.1 PROCESSO DE CRIMPAGEM	18
2.2.1 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO CONFORME NORMAS	21
2.2.3 FERRAMENTAS DE CRIMPAGEM	23
2.3 TERMINAIS ELÉTRICOS	26
2.4 LOGÍSTICA REVERSA	28
2.5 CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS	29
2.5.1 CODIFICAÇÃO DE MATERIAIS	30
2.6 SISTEMA KANBAN	31
2.6.1 ORIGENS E PRINCÍPIOS DO KANBAN	31
2.6.2 APLICAÇÕES DO KANBAN	32
2.6.2.1 KANBAN NA MANUFATURA	32
2.6.2.2 KANBAN NO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE	32
2.6.2.3 KANBAN EM OUTRAS ÁREAS	32
2.6.3 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DO KANBAN	32
2.6.3.1 BENEFÍCIOS	32
2.6.3.1 DESAFIOS	33
2.7 LEAN MANUFACTURING	33
2.7.1 ORIGENS DO LEAN MANUFACTURING	33
2.7.2 PRINCÍPIOS DO LEAN MANUFACTURING	34

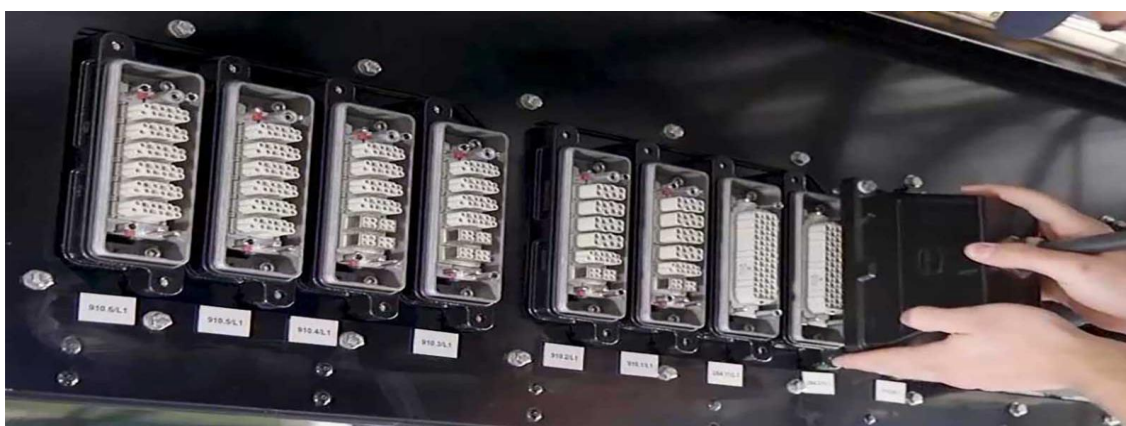
2.7.3 APLICAÇÕES DO LEAN MANUFACTURING	34
2.7.3.1 LEAN NA MANUFATURA BRASILEIRA.....	34
2.7.3.2 LEAN EM OUTROS SETORES.....	34
2.7.4 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DO LEAN MANUFACTURING	35
2.7.4.1 BENEFÍCIOS	35
2.7.4.2 DESAFIOS	35
3 METODOLOGIA	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Na indústria de transporte ferroviário de passageiros, a integridade da estrutura elétrica é de suma importância para o funcionamento eficaz de todos os dispositivos, equipamentos e sensores. Dentro dessa estrutura, a montagem dos conectores é um processo de especial relevância devido à necessidade de garantir uma qualidade excepcional em todas as etapas.

A operação realizada para a utilização desses terminais/conectores é chamada de Crimpagem (processo de fixação dos cabos em um terminal). Uma montagem inadequada representa um sério risco à segurança do produto, potencialmente resultando em falhas e acidentes durante sua operação. A complexidade da montagem dos conectores é agravada pelo fato de que são utilizados numerosos tipos de terminais elétricos, muitos dos quais são semelhantes, mas apresentam particularidades e finalidades distintas. Isso gera problemas de funcionabilidade e conseqüentemente falhas e manutenções não previstas, além de desafios logísticos e desperdício, resultando em custos elevados. Conforme a Figura 1 é possível observar um painel elétrico de terminais elétricos.

Figura 1- Placas de conexão pré-montadas.



Fonte: Site oficial da Harting (2024).

Devido às semelhanças entre os terminais utilizados no painel elétrico é muito comum, eles serem misturados durante o setor produtivo, o que pode ocasionar em

uma crimpagem utilizando um terminal de diâmetro nominal incorreto para a bitola do cabo, o que pode causar uma possível falha de contato, ou pode ocorrer uma crimpagem de um terminal que não será adequado ao ponto em que ele será conectado, ou serem descartadas ainda em condição de uso, devido à falta de tempo para separá-los e redistribuí-los em seus pontos de armazenamento.

Os terminais devido ao seu tamanho, passam a impressão de ter um custo relativamente baixo para o projeto, esse argumento é utilizado para justificar o incorreto descarte desses terminais ainda em condições de uso. Para uma melhor condutividade, esses terminais são banhados a ouro ou prata. E por ter diversas dimensões, e especificações, o seu custo de produção também é elevado. O descarte incorreto desses terminais, ainda em condição de uso, gera um problema financeiro para a empresa.

A Figura 2 é possível ver uma tomada elétrica no qual tem-se diferentes módulos com diversos tipos de terminais elétricos.

Figura 2- Conector Han Modular.



Fonte: Site oficial da Isotron (2024)

1.1 PROBLEMA

Os terminais elétricos utilizados na montagem do painel são facilmente descartados de forma errada, mesmo estando em condições de uso. A identificação desses terminais é prejudicada devido à variedade de dimensões e especificações. Após a retirada de maneira descontrolada dos terminais dos pontos de

armazenamento, corre o risco de acabarem misturados, o que ocasionaria em uma possível montagem incorreta, fora que as sobras acabam não sendo devolvidos aos pontos de armazenamento originais, sendo misturados entre si. Conforme Figura 3, é possível observar os terminais misturados, dificultando sua identificação.

Diante dessa complexidade na gestão de uso destes materiais, como é possível garantir uma montagem eficiente e segura dos painéis elétricos?

Figura 3- Terminais misturados.



Fonte: Próprio autor.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

A pesquisa tem como objetivo desenvolver um plano de ação afim de eliminar problemas logísticos com terminais elétricos, visando uma correta crimpagem que evitaria manutenções corretivas, desperdício, desorganização e redução de custos.

1.2.2 Objetivos Específicos

Será realizado um recolhimento dos terminais misturados nas áreas no qual são utilizados, e com esse material um colaborador será instruído a separá-los em caixas plásticas, por suas características físicas, e com um paquímetro e cabos elétricos para auxílio. Feita a separação, ele utilizará de uma tabela fornecida pela empresa que classifica os terminais por suas características com um código de identificação. Após estas etapas, os terminais poderão retornar ao seu ponto de armazenamento original.

A Figura 4 demonstra o objetivo final da pesquisa, que é o retorno dos terminais misturas aos pontos de armazenamento.

Figura 4 - Local para armazenamento dos terminais.



Fonte: Próprio autor.

1.3 JUSTIFICATIVA

Terminais elétricos embora sejam materiais pequenos, não aparentam ter muito valor, mas por se tratar de um item que envolve segurança do produto, sua qualidade é excepcional, logo, sua produção é delicada e caro. E por se tratar de um material de fim elétrico, é necessário que tenha boa condutividade, com isso são realizados tratamentos de superfície, banhando-os a ouro ou prata, dependendo da finalidade.

Caso seja utilizado de forma incorreta, pode causar falhas elétricas, curtos e pequenos incidentes a grandes acidentes, além de o descarte incorreto deste material é muito dispendioso, impactando negativamente no lucro da empresa. Lucro este que poderia ser revertido na compra de ferramentas novas, ou na realização de melhoria contínua, aumentando o bem-estar dos funcionários.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

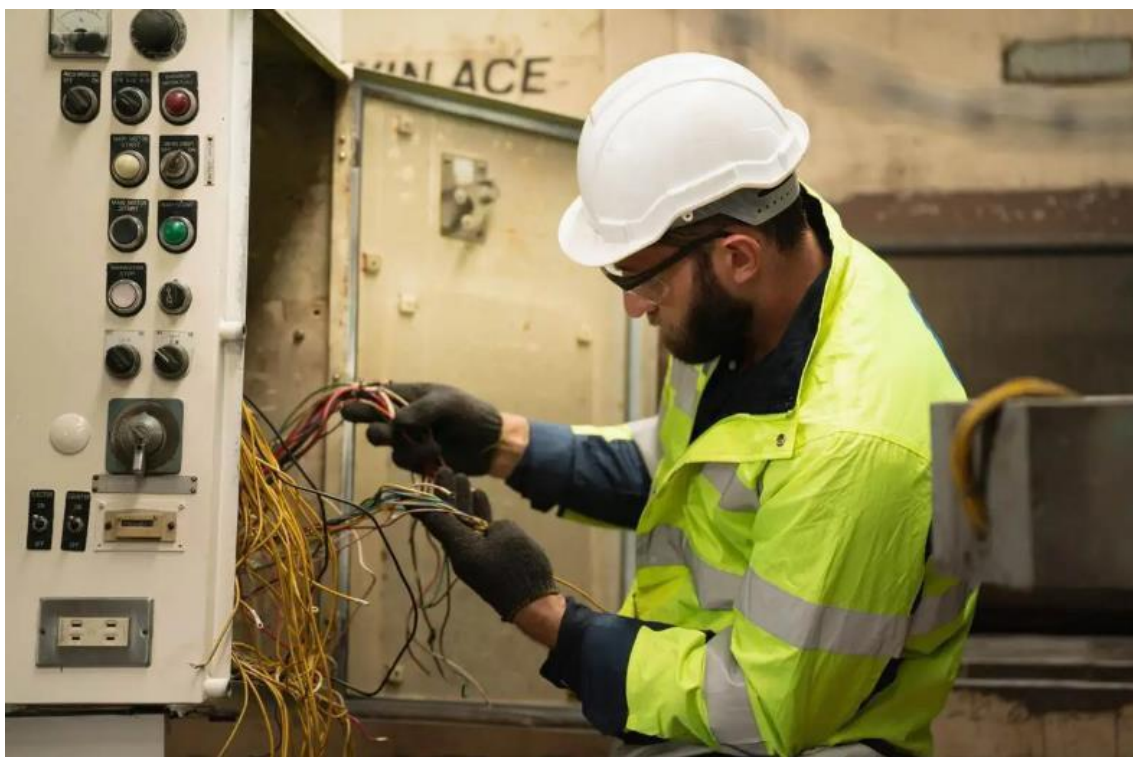
De acordo com o serviço nacional de aprendizagem industrial, manutenção é “um processo que se destina a conservação dos bens (instalações ou equipamentos), mantendo suas características técnicas funcionais e de segurança (SENAI, 2014).

2.1.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Segundo a Norma Brasileira NBR 5462, a manutenção é categorizada em quatro tipos principais, sendo elas:

Manutenção Corretiva: Conforme a Figura 5, é realizada após a ocorrência de uma falha ou quebra de equipamento, com o objetivo de restaurar o sistema ao seu estado de funcionamento normal.

Figura 5- Técnico realizando manutenção em um painel elétrico.



Fonte: Blog Antares Acoplamentos (2021).

Manutenção Preventiva: É uma abordagem proativa, na qual as atividades de manutenção são programadas antecipadamente para evitar falhas ou reduzir sua probabilidade. Isso envolve inspeções regulares, substituição de peças desgastadas e ajustes preventivos, conforme a Figura 6 em que um técnico realiza o acompanhamento de um equipamento.

Figura 6- Técnico realizando inspeção de um equipamento.



Fonte: Site da Abecom (2021).

Manutenção Preditiva: Baseada no monitoramento contínuo do desempenho e das condições dos equipamentos, conforme a Figura 7 em que o técnico realiza um acompanhamento em tempo real de um motor, utiliza-se técnicas como análise de vibração, termografia, ultrassom, entre outras. O objetivo é prever falhas antes que elas ocorram, permitindo a intervenção no momento certo.

Figura 7- Técnico realizando o acompanhamento do funcionamento de um motor.



Fonte: Blog da Engeteles (2017).

Manutenção Detectiva: Consiste na identificação de falhas que não foram previstas pelas estratégias de manutenção preventiva e preditiva. É realizada após a detecção de sintomas de problemas, mas antes que a falha total ocorra.

2.2 CRIMPAGEM

Crimpagem é o processo de unir um cabo elétrico com um terminal por meio de compressão mecânica, gerado por uma ferramenta específica para o tipo de terminal.

Essa compressão gera uma deformação plástica no barril do terminal, fazendo a união com o filamento do cabo condutor.

É um processo que sua eficácia não pode ser totalmente garantida, exceto por ensaio destrutivo, mas é garantido por meio de validação de parâmetros estabelecidos por norma.

A Norma Europeia EN 60352, estabelece requisitos e métodos de testes para conectores de equipamentos elétricos, incluindo conectores de crimpagem. Esta norma especifica requisitos como materiais, dimensões e características elétricas e mecânicas.

2.2.1 PROCESSO DE CRIMPAGEM

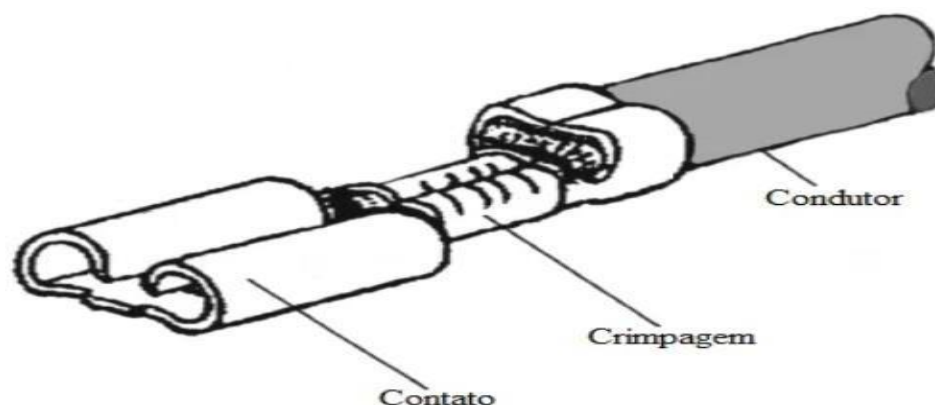
Inicialmente, para o processo de crimpagem deve-se levar em conta alguns aspectos, tais como:

- Uma terminação de crimpagem de qualidade adequada a aplicação;
- Um cabo elétrico compatível a aplicação;
- Uma ferramenta de crimpagem de qualidade, aferida e validada por um técnico da área, e compatível com as terminações;
- Um operador qualificado com experiência em técnicas de crimpagem.

Para o processo de crimpagem, primeiro deve-se colocar o terminal no alicate específico para o tipo de terminal; em seguida fechar o alicate para que o terminal fique travado na posição correta sem sofrer deformação; depois inserir o cabo decapado no terminal até a posição final, sempre respeitando o comprimento de decapagem; então mantém-se o cabo em posição e pressiona o alicate de crimpagem até o final, quando ele se desbloqueia sozinho; após isso, retira-se o cabo crimpado do alicate e realiza a inspeção visual da crimpagem.

Conforme a Figura 8, em que temos o desenho de como é um cabo crimpado com terminal tipo lingueta, e a Figura 9 demonstrando o processo sendo realizado com um alicate manual. Esse processo aplica-se em terminais do tipo anel, garfo lingueta ou tubulares.

Figura 8- Conector elétrico básico.



Fonte: ABBAS *et al.*, 2003, p. 242

Figura 9- Processo de crimpagem com alicate manual.

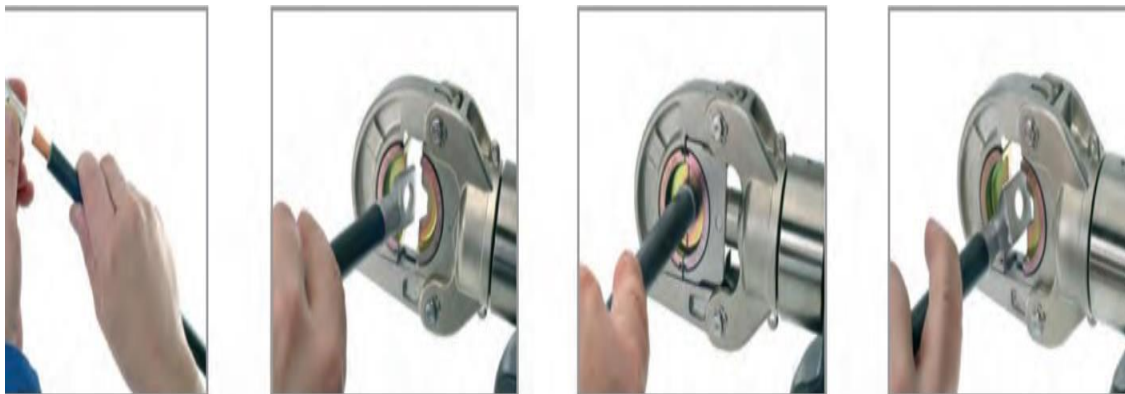


Fonte: Blog Phoenix Contact (2017).

No caso dos terminais de compressão para cabos de alta tensão, onde sua seção nominal intercala entre 10mm^2 a 240mm^2 , deve-se inserir o cabo desencapado no terminal, garantindo que todos os fios do condutor entrem corretamente e que o cabo esteja completamente inserido no terminal; certificar-se que a extremidade do terminal está nivelada com o isolamento do cabo, sem fios expostos; usa-se uma ferramenta apropriada para a seção do cabo e tipo de terminal, preferencialmente hidráulica ou elétrica para seções grandes; também se usa matrizes móveis que realizarão a deformação do terminal, e elas devem ser selecionadas de acordo com a seção do cabo e tipo de terminal; coloca-se o terminal com o cabo na matriz da ferramenta, assegurando o posicionamento correto; depois aciona-se a ferramenta até completar a crimpagem, verificando se está uniforme e sem danos; depois da crimpagem, deve-se isolar o cabo e o barril do terminal utilizando borracha termo retrátil; após estas etapas, realiza-se a inspeção visual.

A Figura 10 exemplifica o processo de crimpagem de um terminal de compressão.

Figura 10- Processo de crimpagem de terminal de compressão.



Fonte: Mecatraccion railway catalog (2016).

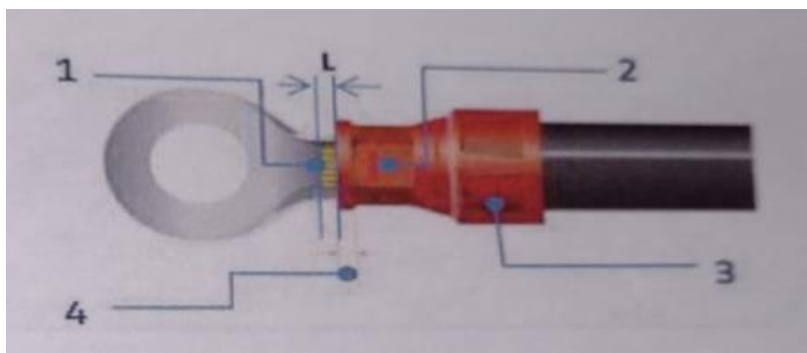
Todo o processo de crimpagem é regido pelas normas EN61238-1, EN60352-2, EN60999-1.

2.2.2 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO CONFORME NORMAS

Segundo a norma EN60352-2, os critérios de aceitação para uma crimpagem de qualidade consistem no caso de terminais pré-isolados do tipo olhal, anel ou lingueta em, conforme a Figura 11 os seguintes pontos:

1. Todos os fios de cabos sempre visíveis perpendicularmente;
2. No corpo pré-isolado deve haver marcas dedicadas de ferramentas;
3. Crimpagem do isolamento na saia da argola;
4. Rebarba cerca de 1 a 1,5 mm;

Figura 11- Critérios de aceitação de terminais pré-isolados.



Fonte: Próprio autor.

Em terminais tubulares, os critérios de aceitação da crimpagem são, conforme a Figura 12, os seguintes pontos:

1. 1mm distância máxima entre isolamento do cabo e barril de contato;
2. Contatos corretamente posicionados dentro do alicate/Marcas corretamente posicionadas A mesma distância antes e depois da crimpagem;
3. Fios de cabos sempre visíveis no orifício de inspeção. Fios de cabos sempre visíveis no orifício de inspeção.

Figura 12- Critérios de aceitação de terminais tubulares.



Fonte: Próprio autor.

No caso dos terminais de compressão, os critérios são:

1. Verificar se não há sinais de danos mecânicos, como rachaduras, dobras excessivas ou deformações nos terminais;
2. Garantir que a isolação do cabo não foi danificada durante o processo de crimpagem;
3. A crimpagem deve ser uniforme ao longo de todo o terminal, sem áreas onde o material esteja excessivamente comprimido ou insuficientemente comprimido;
4. Verificar se o terminal está corretamente posicionado no cabo, com a área de crimpagem alinhada conforme especificado pelo fabricante;
5. As marcas de crimpagem da ferramenta devem estar presentes e claramente visíveis, indicando que a ferramenta adequada foi usada;
6. O terminal deve estar firmemente fixado ao cabo, sem movimento perceptível quando puxado ou girado manualmente;

7. Não deve haver lacunas ou espaços entre o cabo e o terminal dentro da área de crimpagem;
8. Não deve haver rebarbas ou arestas cortantes no terminal ou na área de crimpagem que possam comprometer a segurança ou causar danos durante a instalação;
9. Fios de cabos sempre visíveis no orifício de inspeção.

2.2.3 FERRAMENTAS DE CRIMPAGEM

As ferramentas de crimpagem são essenciais para garantir conexões seguras e eficientes entre terminais e cabos. Elas variam em complexidade e aplicação, dependendo do tipo de cabo e terminal utilizados. As mais utilizadas no setor de transporte ferroviário são:

- Alicate de Crimpagem Manual: Conforme a Figura 13, são ferramentas de mão usada para crimpagem de terminais de pequeno a médio porte. Possui mandíbulas que aplicam pressão ao terminal para fixá-lo ao cabo. Adequado para trabalhos leves a moderados. São de fácil de uso, portátil e econômica.

Figura 13- Alicates de crimpagem manual.



Fonte: Mecatraccion railway catalog (2016).

- Alicate de Crimpagem Hidráulico: Utiliza pressão hidráulica para realizar a crimpagem, proporcionando uma força maior com menos esforço manual. É ideal para cabos de maior diâmetro e terminais de alta resistência, comumente usados em instalações industriais e de alta tensão. Suas

vantagens são que tem maior força de crimpagem, adequada para cabos e terminais grandes. Na Figura 14 temos um exemplo de um alicate hidráulico.

Figura 14- Alicate de crimpagem hidráulico.



Fonte: *Mecatraction railway catalog* (2016).

- Alicate de Crimpagem Elétrico ou a Bateria: Alimentado por energia elétrica ou bateria, automatiza o processo de crimpagem, reduzindo o esforço e aumentando a eficiência. É usado em situações que requerem muitas crimpagens consecutivas, como instalações comerciais e industriais. Suas vantagens são rapidez, consistência na qualidade da crimpagem e redução de esforço físico. Na Figura 15 temos um exemplo de um alicate a bateria.

Figura 15- Alicates de crimpagem elétrico a bateria.



Fonte: Mecatraccion railway catalog (2016).

- Prensas de Crimpagem Hidráulicas: Conforme a Figura 16, é um equipamento estacionário ou portátil que utiliza um sistema hidráulico para aplicar pressão sobre o terminal. Usado para crimpar terminais em cabos de grande diâmetro e em aplicações de alta tensão. Tem capacidade de crimpagem muito alta, ideal para aplicações de alta tensão e uso industrial pesado.

Figura 16- Prensa de crimpagem hidráulico.

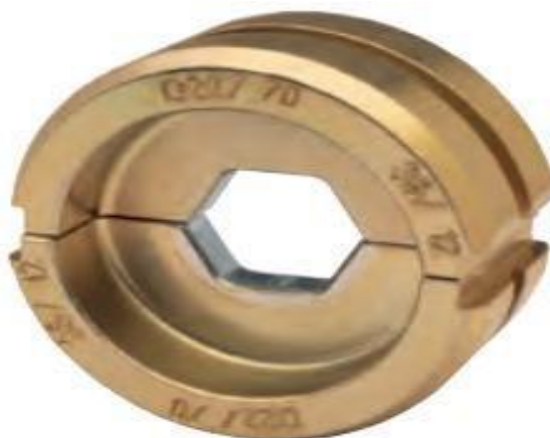


Fonte: Mecatraccion railway catalog (2016).

- Matriz de Crimpagem: Conforme a Figura 17, são componentes intercambiáveis que são usados em ferramentas de crimpagem para adaptar a ferramenta ao tipo específico de terminal e cabo. Permite o uso

de uma única ferramenta de crimpagem para múltiplos tipos de crimpagens, aumentando a versatilidade. Tem flexibilidade e custo-benefício, pois uma única ferramenta pode ser usada para diferentes crimpagens com a troca das matrizes.

Figura 17- Matriz de crimpagem



Fonte: *Harting user's guide Transportation*.

2.3 TERMINAIS ELÉTRICOS

Terminais elétricos são componentes usados em sistemas elétricos para conectar fios ou cabos elétricos a outros dispositivos ou componentes, como interruptores, tomadas, dispositivos de controle, ou mesmo a outros fios. Eles fornecem uma conexão segura e confiável para garantir a passagem eficiente de eletricidade de um ponto a outro.

É uma ligação entre dois componentes metálicos que podem ser acoplados e desacoplados, existem dois gêneros de terminais, feminino e masculino. Para cada gênero de terminais existem requisitos gerais (características do material, funcionalidade e design) para cumprir o seu papel principal (F. J. G. Silva, 2020, pág.209).

No segmento ferroviário os principais tipos de terminais utilizados são: terminal de compressão, terminal anel, terminal garfo, terminal lingueta, terminal tubular.

Segundo a fabricante AXT Industrial Ltda. que é uma empresa especializada

na fabricação de terminais e conectores elétricos, os terminais de compressão têm seção para cabos de 10mm até 500mm, seu material é de cobre, e recebem um banho de estanho. Na Figura 18 tem-se um exemplo de um terminal de compressão.

Figura 18- Terminal de Compressão.



Fonte: Catálogo AXT Industrial Ltda.

Já os terminais olhal, garfo e lingueta fazem parte de uma linha que contém um pré-isolamento de pvc. O material de contato é cobre eletrolítico e são banhados em estanho. Sua seção transversal do condutor é entre 0,5mm a 35mm. No caso dos terminais olhal e garfo, que são projetados para uso com parafusos roscados, o diâmetro do furo de inserção varia para parafusos de tamanho M3 a M12. Conforme Figura 19 tem-se exemplos destes terminais.

Figura 19- Terminais anel e olhal.



FONTE: Catálogo AXT Industrial Ltda.

A fabricante alemã *Harting*, em seu portfólio de terminais tubulares, trabalha com seções transversais do condutor de 0,5mm a 4mm. O material é cobre e eles

são banhados a prata ou a ouro, conforme figura 20.

Figura 20- Terminais Harting banhados a ouro e prata.



Fonte: *TME Electronic components*

2.4 LOGÍSTICA REVERSA

A logística empresarial é o processo de planejamento, implementação e controle eficiente do fluxo e armazenamento de produtos, bem como dos serviços e informações associados, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender às necessidades dos clientes de forma eficaz.

A *Association for Operations Management* reforça isso ao definir logística como a „arte e ciência de obter, produzir e distribuir materiais e produtos no lugar certo e nas quantidades certas”.

Estes conceitos são importantes para criação de uma cadeia de suprimentos eficiente, seja na indústria ou no comércio.

Por outro lado, temos a logística reversa que em contraste com a tradicional, trabalha com o fluxo inverso, lidando com devoluções de produtos, recuperação de materiais, reciclagem e outros aspectos relacionados à gestão pós-consumo.

Em seu livro “Logística Reversa: Sustentabilidade e Competitividade”, Leite pontua que a área da logística reversa agrega valores de diversas naturezas, como econômicas, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entres outros, logo, empresas que investem em uma logística reversa

eficiente obtém uma maior vantagem competitiva sustentável e melhorias de produtividade.

São questões estratégicas que de acordo com Walters e Rainbird (2004), a integração entre a eficiência da cadeia de suprimentos e uma gestão eficaz da demanda capacita a empresa a se posicionar estrategicamente para proporcionar valor aos clientes e aproveitar oportunidades de negócio.

2.5 CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS

Segundo o artigo “CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS: aplicação prática em uma indústria alimentícia”, a classificação de materiais é um aspecto crucial da gestão de materiais que impacta diretamente as etapas dos processos produtivos. A classificação eficiente de materiais pode melhorar a competitividade da empresa, otimizar custos e tempo, e consequentemente, melhorar o atendimento ao cliente.

O estudo destaca que a utilização dos conceitos de classificação de materiais permite à empresa organizar melhor seus processos de entrada, saída e armazenamento de materiais. Isso evita desorganização, falta de administração e ausência de uma política de padronização, que são fatores críticos para manter a competitividade no mercado.

Além disso, o artigo menciona que a classificação de materiais atua como um elemento preventivo contra o desbalanceamento do estoque, baixo giro de estoque ou excesso de peças obsoletas, que podem afetar negativamente o fluxo de caixa e a capacidade de resposta da empresa às demandas do mercado.

A classificação de materiais nas indústrias é um processo que envolve a organização e identificação dos materiais de acordo com suas características e aplicações. Tradicionalmente, os materiais são classificados em quatro grandes grupos:

- **Metais:** Geralmente resistentes e dúcteis, são muito utilizados para aplicações estruturais.
- **Cerâmicos:** Incluem materiais como óxidos, silicatos e nitretos, conhecidos por sua dureza e resistência a altas temperaturas, mas também por serem frágeis.
- **Polímeros:** Abrangem materiais como plásticos e borrachas, que são

tipicamente flexíveis e com baixa densidade.

- **Compósitos:** Combinam dois ou mais materiais distintos para criar um produto que possui propriedades superiores às dos materiais individuais.

Além dessas categorias principais, a classificação pode ser feita com base em outros critérios, como:

- **Catálogo:** Ordenar todos os dados dos itens em estoque.
- **Simplificação:** Reduzir a diversidade dos itens destinados ao mesmo fim.
- **Identificação ou especificação:** Descrição detalhada do material.

Esses métodos de classificação ajudam as indústrias a gerenciar melhor seus recursos, otimizar processos de produção e manutenção, e facilitar a logística e o controle de estoque.

2.5.1 CODIFICAÇÃO DE MATERIAIS

A codificação de materiais é uma prática fundamental na gestão de estoques e operações logísticas, pois facilita a organização, identificação e rastreamento dos itens. Existem vários métodos de codificação, e cada um tem suas vantagens dependendo das necessidades específicas da indústria. De acordo com o livro „Operações Logísticas” do SENAI-SP, esses são os principais tipos de codificação utilizados nas indústrias:

- **Codificação Numérica ou Decimal:** Este método utiliza apenas números para identificar os itens. É um dos sistemas mais simples e amplamente utilizados devido à sua facilidade de implementação e uso.
- **Codificação Alfabética:** Emprega um conjunto de letras para a identificação dos materiais. Embora possa ser simples, pode tornar-se limitado se houver muitos itens para codificar.
- **Codificação Alfanumérica:** Combina letras e números, permitindo uma maior variedade de combinações e a capacidade de incorporar mais informações no código.
- **Código de Barras:** Utiliza barras e espaços de diferentes larguras para

representar dados visuais que podem ser lidos por scanners. É muito eficiente para a automação do processo de rastreamento e verificação de estoque.

2.6 SISTEMA KANBAN

O *Kanban* é uma metodologia de gerenciamento de trabalho visual que visa aumentar a eficiência, melhorar a produtividade e facilitar a comunicação dentro das equipes. Originalmente desenvolvido pela Toyota na década de 1940 para melhorar os processos de fabricação, o *Kanban* tem sido amplamente adotado em diversos setores, incluindo desenvolvimento de software, atendimento ao cliente, e outras áreas de serviços (Anderson, 2010; Silva & Soares, 2016).

2.6.1 ORIGENS E PRINCIPIOS DO KANBAN

O *Kanban* foi introduzido pela Toyota como parte de seu sistema de produção enxuta (*Lean Production*). O objetivo principal era otimizar a produção e minimizar os desperdícios. Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, foi uma figura central na criação do *Kanban*, que se baseava em cartões físicos ("*kanban*" significa "cartão" ou "sinal visual" em japonês) para sinalizar etapas no processo de produção (Pagnoncelli, 2017).

Os princípios fundamentais do *Kanban* incluem:

1. **Visualização do trabalho:** Usar cartões para representar itens de trabalho e quadros para organizar as etapas do processo;
2. **Limitar o trabalho em progresso (WIP):** Estabelecer limites para a quantidade de trabalho em andamento em cada etapa do processo, o que ajuda a identificar gargalos e melhorar o fluxo de trabalho;
3. **Gerenciamento de fluxo:** Monitorar e gerenciar o fluxo de trabalho para garantir que os itens se movam de maneira contínua e eficiente através do sistema;
4. **Tornar explícitas as políticas de processo:** Definir e comunicar claramente as regras e normas para como o trabalho deve ser realizado;
5. **Feedback loops:** Estabelecer mecanismos regulares para revisar e melhorar continuamente o processo;

6. **Melhoria contínua:** Encorajar a equipe a fazer ajustes incrementais para melhorar a eficiência e a qualidade do trabalho

2.6.2 APLICAÇÕES DO KANBAN

2.6.2.1 KANBAN NA MANUFATURA

Na manufatura, o *Kanban* é utilizado para controlar a logística da cadeia de suprimentos e a produção. Ele ajuda a garantir que os componentes necessários estejam disponíveis exatamente quando necessários, evitando excesso de estoque e falta de materiais. O sistema clássico de três binários é um exemplo prático: um binário na linha de produção, um na loja de suprimentos e um no fornecedor, todos conectados pelo fluxo contínuo de cartões *Kanban* (Silva & Soares, 2016).

2.6.2.2 KANBAN NO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

No desenvolvimento de *software*, o *Kanban* tem se mostrado particularmente eficaz. Ele permite que as equipes de desenvolvimento gerenciem e priorizem tarefas, identifiquem gargalos no processo e garantam entregas contínuas de valor. Em comparação com outras metodologias ágeis, como *Scrum*, o *Kanban* é mais flexível, permitindo mudanças constantes e adaptações sem a necessidade de *sprints* fixos (Magalhães, 2014).

2.6.2.3 KANBAN EM OUTRAS ÁREAS

Outras áreas que têm se beneficiado do *Kanban* incluem o atendimento ao cliente, onde ele ajuda a gerenciar e resolver *tickets* de suporte, e o *marketing*, onde facilita a gestão de campanhas e tarefas de criação de conteúdo. Em todos esses contextos, a visualização e a limitação do WIP são essenciais para melhorar a eficiência e reduzir o tempo de ciclo.

2.6.3 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DO KANBAN

2.6.3.1 BENEFÍCIOS

Os principais benefícios do *Kanban* incluem:

- **Maior visibilidade do trabalho:** A visualização das tarefas em um quadro *Kanban* ajuda as equipes a entender o status e o progresso do trabalho;
- **Redução de gargalos:** A limitação do WIP permite identificar rapidamente os gargalos no processo e tomar medidas corretivas;
- **Flexibilidade e adaptabilidade:** Diferentemente de metodologias que exigem ciclos de trabalho rígidos, o *Kanban* permite ajustes contínuos;
- **Melhoria contínua:** As revisões regulares promovem a melhoria constante dos processos e das práticas de trabalho.

2.6.3.1 DESAFIOS

No entanto, a implementação do *Kanban* não é isenta de desafios. Alguns dos principais incluem:

- **Resistência à mudança:** A adoção de uma nova metodologia pode encontrar resistência dentro da organização;
- **Necessidade de disciplina:** Manter os limites de WIP e seguir as políticas de processo requer muita disciplina e compromisso por parte da equipe;
- **Monitoramento contínuo:** O *Kanban* exige monitoramento e ajustes contínuos, o que pode ser demandante em termos de tempo e recursos.

2.7 LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing, ou manufatura enxuta, é uma filosofia de gerenciamento focada na redução de desperdícios e na melhoria contínua dos processos produtivos. Originado no Sistema Toyota de Produção, o *Lean Manufacturing* tem sido amplamente adotado em indústrias ao redor do mundo para aumentar a eficiência e a produtividade (Womack & Jones, 2003; Silva & Soares, 2016).

2.7.1 ORIGENS DO LEAN MANUFACTURING

O conceito de *Lean Manufacturing* surgiu no Japão, desenvolvido pela Toyota sob a liderança de Taiichi Ohno e Eiji Toyoda. Eles introduziram práticas que visavam eliminar desperdícios (*muda*), irregularidades (*mura*) e sobrecargas (*muri*) nos processos de produção. O sucesso do Sistema Toyota de Produção (TPS) impulsionou a adoção do *Lean* em diversas indústrias ao redor do mundo

(Pagnoncelli, 2017).

2.7.2 PRINCÍPIOS DO LEAN MANUFACTURING

Os princípios fundamentais do *Lean Manufacturing* incluem:

1. **Definição de Valor:** Identificar o que é valor do ponto de vista do cliente e focar na criação desse valor (Silva & Soares, 2016).
2. **Mapeamento do Fluxo de Valor:** Analisar todas as etapas do processo produtivo e identificar atividades que não agregam valor, eliminando-as ou minimizando-as (Magalhães, 2014).
3. **Criação de Fluxo Contínuo:** Organizar o processo de produção de forma que os produtos se movam continuamente e de maneira suave pelo sistema, sem interrupções (Pagnoncelli, 2017).
4. **Produção Puxada:** Produzir apenas o que é necessário, quando é necessário, e na quantidade necessária, utilizando sistemas como *Kanban* para controlar o fluxo de produção (Silva & Soares, 2016).
5. **Perfeição:** Buscar a melhoria contínua em todos os aspectos da produção, envolvendo todos os funcionários na identificação de problemas e na implementação de soluções (Pagnoncelli, 2017).

2.7.3 APLICAÇÕES DO LEAN MANUFACTURING

2.7.3.1 LEAN NA MANUFATURA BRASILEIRA

No Brasil, várias indústrias adotaram o *Lean Manufacturing* para melhorar seus processos produtivos. Um exemplo é a indústria automotiva, onde empresas como a Fiat e a *General Motors* implementaram práticas *lean* para aumentar a eficiência e reduzir custos (Silva & Soares, 2016).

2.7.3.2 LEAN EM OUTROS SETORES

Além da manufatura, o *Lean* tem sido aplicado em outros setores, como serviços de saúde, construção civil e setores públicos. Em hospitais, por exemplo, o *Lean* ajuda a reduzir o tempo de espera dos pacientes e a otimizar a utilização de

recursos (Pagnoncelli, 2017).

2.7.4 BENEFÍCIOS E DESAFIOS DO LEAN MANUFACTURING

2.7.4.1 BENEFÍCIOS

Os principais benefícios do *Lean Manufacturing* incluem:

1. **Redução de Desperdícios:** Eliminação de atividades que não agregam valor, resultando em redução de custos e aumento da eficiência (Silva & Soares, 2016).
2. **Melhoria da Qualidade:** Processos mais controlados e eficientes resultam em produtos de maior qualidade (Pagnoncelli, 2017).
3. **Maior Flexibilidade:** Capacidade de responder rapidamente às mudanças na demanda do mercado (Magalhães, 2014).
4. **Envolvimento dos Funcionários:** Colaboração e engajamento dos funcionários na busca por melhorias contínuas (Pagnoncelli, 2017).

2.7.4.2 DESAFIOS

Implementar o *Lean Manufacturing* também apresenta desafios, tais como:

1. **Resistência à Mudança:** Mudanças culturais e organizacionais podem encontrar resistência por parte dos funcionários e gestores (Magalhães, 2014).
2. **Necessidade de Treinamento:** Implementação eficaz do *Lean* requer treinamento extensivo e contínuo dos funcionários (Silva & Soares, 2016).
3. **Sustentação de Melhorias:** Manter as melhorias alcançadas e continuar a buscar novas oportunidades de melhoria contínua é um desafio constante (Pagnoncelli, 2017).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em um estudo de caso realizado nos setores de montagens elétricas de uma montadora de veículos ferroviários localizada no Vale do Paraíba, no estado de São Paulo.

Nestes setores, existem pontos de armazenamento de terminais elétricos, e eles são codificados usando um sistema alfanumérico. Nas instruções de trabalho das montagens, há a indicação do código dos terminais que devem ser utilizados nos conectores que estão sendo montados. A montadora também fornece uma tabela com todas as informações dos terminais. Os terminais são identificados por meio do código alfanumérico, e ao procurar na tabela utilizando o código, você encontra todas as informações do terminal. É por meio desta tabela que iremos „descobrir“ o código do terminal separado e realocá-los ao seu ponto de armazenamento correto.

O processo consiste primeiramente em uma coleta de terminais misturados que sobram após a produção de conectores elétricos e que não são retornados aos pontos de armazenamento, nos setores de montagens elétricas.

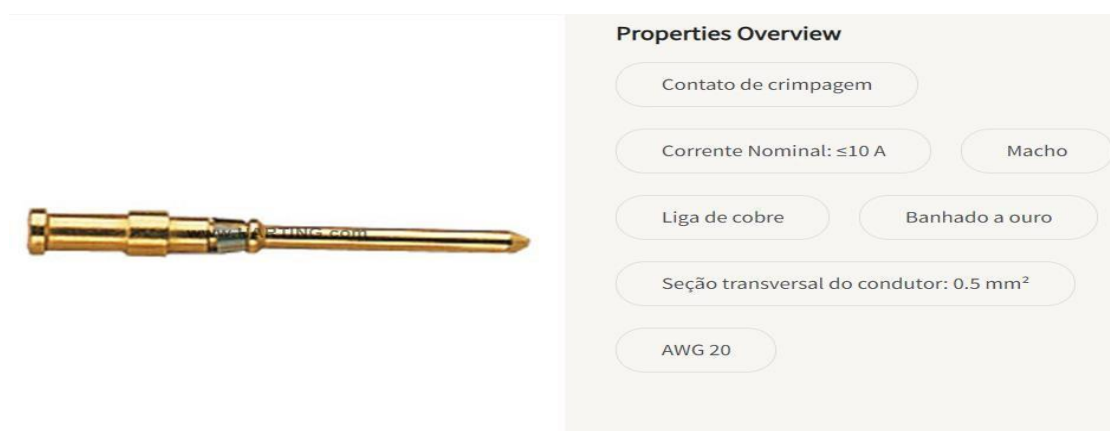
Após o recolhimento, utilizando de caixas plásticas é realizada uma separação por tipo de terminal. Primeiro separa-se os terminais de compressão para cabos de alta tensão, segundo os terminais pré-isolados, terceiro os terminais tubulares.

Em uma segunda separação, desta vez voltado para os terminais pré-isolados, eles são separados por seu tipo: olhal, lingueta e garfo. Após essa separação, eles são novamente separados, mas pela cor do seu isolamento: a cor do isolamento indica a seção nominal do cabo que ele é indicado (exemplo: isolamento vermelho, seção nominal de 0,5-1,5mm; isolamento azul, seção nominal de 1,5-2,5mm; isolamento amarelo, seção nominal de 4,0-6,0mm). Após essa separação por cores, o que conseqüentemente também é uma separação por seção nominal, os terminais do tipo lingueta e garfo, por meio da tabela fornecida, localizamos seu código de identificação, utilizando das informações: tipo de terminal e seção nominal. Assim podem ser retornados para seus pontos de armazenamento nos setores de montagens elétricas.

Finalizada essa separação, realizamos uma outra separação dos terminais pré-isolados do tipo olhal. Com o auxílio de um paquímetro, mede-se o diâmetro dos furos e realiza-se a separação por tamanho do furo. Realizada a separação e identificação dos códigos usando a tabela, retornamos aos pontos de armazenamento.

Depois de separados os terminais pré-isolados, começamos a separação dos terminais tubulares: terminais tubulares harting são semelhantes uns aos outros, conforme as Figura 21.1, 21.2 e 21.3 onde podemos observar que são semelhantes e a única diferença é a seção transversal do condutor, isto é o que gera a maior parte da mistura. Neste caso devemos nos atentar ao detalhe do diâmetro do furo onde se insere o cabo. Detalhe este que se comprova no desenho técnico do terminal (Figura 22), onde nos mostra que a única diferença dimensional é o diâmetro do furo onde se insere o condutor, enquanto o design se mantém o mesmo.

Figura 21.1- Terminal tubular *Harting*.



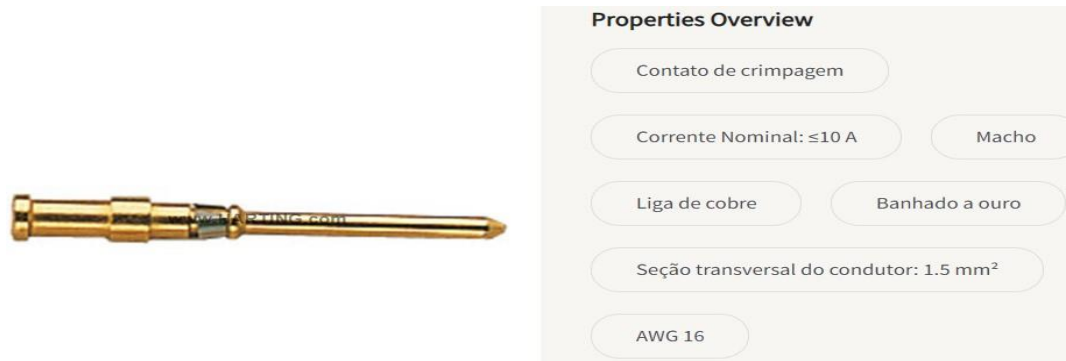
Fonte: Site oficial da Harting Brasil.

Figura 21.2- Terminal tubular *Harting*.



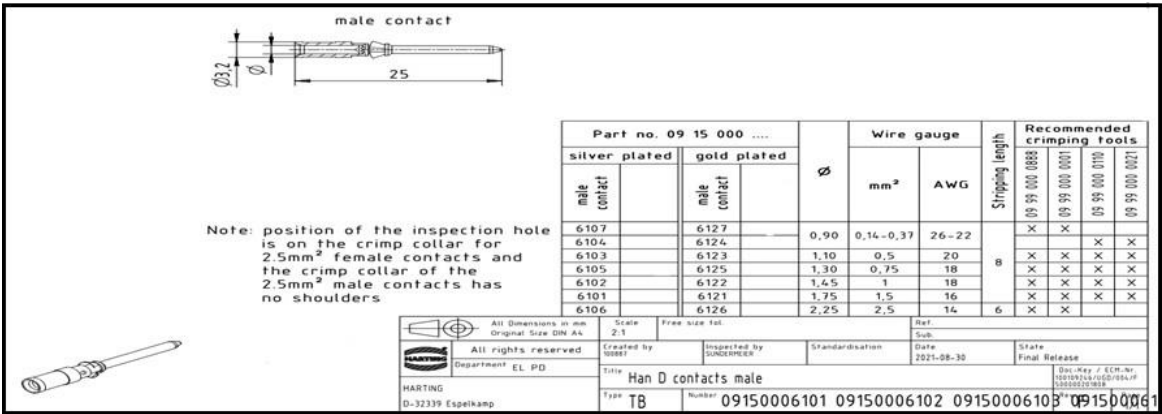
Fonte: Site oficial da Harting Brasil.

Figura 21.3- Terminal tubular *Harting*.



Fonte: site oficial da Harting Brasil.

Figura 22- desenho técnico terminal *Harting*.



neste caso também utilizamos cabos elétricos para separar os terminais por seção nominal e após essa primeira separação, com o auxílio de um paquímetro conferimos o diâmetro do furo do olhal. Neste caso utilizamos dos dois métodos que foram utilizados nos cabos de baixa tensão. Separados os terminais pela sua seção nominal e diâmetro do furo, retornamos a tabela, para encontrarmos seu código de identificação de acordo com as suas características. Feito isto é só realizar o retorno até o ponto de armazenamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa apresentada tem como resultados uma melhoria na organização e armazenamento: com a separação e identificação correta dos terminais, a organização do estoque de terminais elétricos nos setores de montagens elétricas será significativamente aprimorada. Isso facilitará a localização e o acesso aos terminais necessários para a produção de conectores, otimizando o processo de montagem.

Outro resultado é uma redução de erros de montagens, pois a correta identificação e o armazenamento dos terminais elétricos reduzem a probabilidade de erros durante a montagem dos conectores, considerando a semelhança entre muitos terminais. Isso é crucial, pois o uso de terminais errados pode levar a falhas nos produtos, afetando a qualidade e a segurança dos veículos ferroviários, além de evitar manutenções corretivas constantes.

A eficiência operacional também foi um ponto positivo, considerando a implementação de um sistema de logística reversa a separação e armazenamento dos terminais permitirá uma gestão mais eficiente dos recursos materiais e do tempo. Os funcionários poderão localizar e utilizar os terminais corretos mais rapidamente, aumentando a produtividade e reduzindo o tempo ocioso. Assim como a redução de perdas e desperdícios, ao garantir que todos os terminais sejam corretamente identificados e retornados aos seus pontos de armazenamento, o estudo reduzirá a perda de componentes e o desperdício de materiais. Isso resultará em economia de custos para a montadora, além de promover práticas de trabalho mais sustentáveis.

A qualidade do produto também será beneficiada com este estudo, no qual a precisão na utilização dos terminais corretos e a redução de erros de montagem contribuirão para a melhoria da qualidade dos produtos. Os conectores elétricos serão montados conforme as especificações, garantindo seu desempenho adequado e aumentando a satisfação dos clientes.

O estudo também abre uma possibilidade para futuras melhorias. A montadora poderá analisar os resultados e identificar áreas onde o processo pode ser ainda mais otimizado, promovendo uma cultura de melhoria contínua dentro da organização. Por exemplo, trabalhar com um sistema *Kanban* originado da metodologia de produção enxuta desenvolvida pela Toyota, apresentando uma

abordagem estruturada e visualmente orientada para o gerenciamento de fluxo de trabalho e inventário, juntamente com os princípios do *Lean Manufacturing* e do 5S teríamos enormes vantagens sobre o atual sistema de livre acesso a materiais produtivos.

No atual sistema o operador precisa se deslocar até os pontos de armazenamento de terminais. Foi cronometrado que ele perde em média 20 minutos apenas procurando um tipo de terminal, tempo este que pode ser maior caso ele, o terminal, esteja em falta em um ponto de armazenamento. Fazendo com que o operador procure em outros pontos de armazenamento, o que é um claro desperdício de tempo. O *Lean Manufacturing* enfatiza a eliminação de qualquer atividade que não agregue valor ao produto. Implementar o *Kanban* reduz esse desperdício, pois o operador recebe a quantidade correta de materiais diretamente. Há também o desperdício de movimentação, já que o operador precisa se deslocar até vários pontos de armazenamento. No *Kanban*, essa movimentação é minimizada.

Em um sistema *kanban*, o operador recebe do setor da logística uma caixa com os tipos de terminais que ele utiliza na sua montagem, e na quantidade correta exigida pelo projeto, conforme a Figura 23.

A caixa com terminais utilizados em uma montagem elétrica específica da montadora ferroviária, nesta caixa contém a quantidade correta dos diversos tipos de terminais utilizados na montagem em questão.

Figura 23- Caixa de materiais elétricos.



Fonte: Próprio autor

Como *Kanban* funciona como um sistema de "puxar", no qual os materiais são entregues ao operador exatamente quando necessários e na quantidade exata, conforme a demanda. Isso está alinhado com o princípio *JIT do Lean Manufacturing*, que visa produzir apenas o que é necessário, quando é necessário, e na quantidade necessária, desta forma haverá uma significativa redução na perda de tempo do operador ao procurar por todo o setor os materiais que precisa, também uma redução do desperdício que ele receberá a quantidade exata, além de que isso abre precedentes para identificar possíveis falhas, por exemplo: erros por parte da logística, caso eles estejam enviando material a mais e gerando excedente na linha de produção.

Alinhado com os princípios do 5S, o trabalho proposto teria também como resultados esperados: identificar e separar os materiais necessários dos desnecessários. No sistema atual, o operador perde tempo procurando terminais, muitos dos quais podem não ser necessários.

Com o *Kanban*, apenas os terminais necessários para a montagem específica são fornecidos, eliminando itens desnecessários, também organizar de forma eficiente e acessível. No *Kanban*, os terminais são entregues em uma caixa organizada, com a quantidade correta e de fácil acesso, facilitando o trabalho do operador e melhorando a eficiência, além de manter o local de trabalho limpo e arrumado.

Um sistema *Kanban* bem implementado evita a desordem, pois os materiais não necessários não se acumulam, mantendo o local de trabalho limpo e organizado. E como os processos e as práticas seriam padronizados, o uso do *Kanban* padroniza o fornecimento de materiais, garantindo que todos os operadores recebam os materiais de forma consistente e na quantidade correta. Além de que manter e revisar os padrões assegura uma disciplina em seguir o sistema *Kanban* e os princípios do 5S garantindo que a organização e a eficiência sejam mantidas a longo prazo, promovendo uma cultura de melhoria contínua.

Em suma, o sistema *Kanban* oferece uma alternativa superior aos sistemas de livre acesso a materiais produtivos, ao proporcionar um controle mais eficaz de estoque, aumentar a eficiência e produtividade, melhorar a comunicação e transparência, e oferecer flexibilidade e qualidade aprimorada. Sua abordagem visual e estruturada torna-o ideal para organizações que buscam otimizar seus processos produtivos e alcançar melhores resultados operacionais e de satisfação

do cliente, assim todos os resultados esperados, contribuirão para a eficácia geral da produção e para a competitividade da montadora no mercado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre a crimpagem e gestão de terminais elétricos na indústria ferroviária está diretamente ligado às práticas de manutenção, pois aborda problemas que impactam diretamente a confiabilidade e a segurança dos sistemas elétricos.

Entre eles, a correta identificação e separação dos terminais elétricos que evita erros na montagem dos conectores, que são uma das principais causas de falhas elétricas. Isso reduz a necessidade de manutenções corretivas frequentes, que são mais custosas e disruptivas.

Além de que a precisão na crimpagem e uso dos terminais adequados assegura a integridade das conexões elétricas, prevenindo problemas como falhas de contato e curtos-circuitos. Isso contribui para a qualidade e confiabilidade dos sistemas elétricos e reduz a incidência de falhas que requerem intervenções de manutenção.

Outro ponto importante é a otimização dos recursos da produção: o descarte correto e a reutilização de terminais ainda em condições de uso diminuem o desperdício de materiais e os custos associados à compra de novos componentes. Isso libera recursos financeiros e materiais que podem ser utilizados em outras atividades de produção.

Além disso, a organização eficiente dos terminais facilita o trabalho dos montadores, permitindo que eles encontrem rapidamente os componentes necessários e minimizando o tempo de montagem dos conectores elétricos. Isso otimiza os recursos de produção e aumenta a eficiência operacional.

O estudo também auxilia na implementação de práticas de produção preventiva, no sistema de logística reversa proposto para a separação e realocação dos terminais pode ser integrado às práticas de produção preventiva, assegurando que os componentes utilizados estejam sempre em boas condições e adequadamente identificados. Isso contribui para a prevenção de falhas antes que elas ocorram.

Implementar sistemas como *Kanban* e princípios do *Lean Manufacturing* pode melhorar a gestão de inventário e a alocação de recursos na produção. Isso promove uma produção preventiva mais eficaz, eliminando atividades que não agregam valor e focando na prevenção de problemas.

Por outro lado, o estudo abre espaço para programas de treinamento contínuo para os funcionários sobre melhores práticas de gestão de terminais e princípios de produção que podem elevar a qualidade das intervenções, promovendo uma cultura de melhoria contínua. E um sistema de *feedback* pode ajudar a identificar problemas recorrentes e ajustar os processos de produção, garantindo que as práticas adotadas estejam sempre atualizadas e eficientes.

O estudo não só aborda a otimização dos processos de montagem de terminais elétricos e logística reversa do material excedente, mas também traz implicações significativas tanto para a produção quanto para a manutenção na indústria ferroviária. Ao prevenir falhas, reduzir custos e melhorar a organização e eficiência dos recursos, as práticas propostas contribuem para uma produção e manutenção mais eficazes e proativas, assegurando a confiabilidade e segurança dos sistemas elétricos. Implementar essas práticas pode transformar a abordagem de produção e manutenção, movendo-as de um modelo reativo para um preventivo e sustentável.

REFERÊNCIAS

A young dynamic company Quality and Environment Connecting Solutions. [s.l.: 2016.].Disponível em:
<https://www.mecatraction.com/sites/default/files/catalogue/fichiercatalogue/mecatraction_railway_catalog_2016_en.pdf>.

Conexão por crimpagem | Phoenix Contact. Disponível em:
<<https://www.phoenixcontact.com/pt-br/tecnologias/tecnologias-de-conexao/conexao-por-crimpagem>>.

EN60352-2. [s.l: s.n.].

EN61238-1. [s.l: s.n.].

EN60999-1. [s.l: s.n.].

HARTING User's Guide Transportation. [s.l: s.n.]. Disponível em:
<<https://www.precimech.com.br/downloads/Transportation.pdf>>.

LEITE, P. R. 1.ed. **Logística reversa** / Paulo Roberto Leite. - 1.ed. -São Paulo: Saraiva, 2017.

MAGALHÃES, E. F. (2014a). **Kanban: Práticas Ágeis para Sucesso em Projetos.** In: Projetos Ágeis (pp. 125-142). Rio de Janeiro: Elsevier.

MAGALHÃES, E. F. (2014b). **Lean Manufacturing: Práticas Ágeis para Sucesso em Projetos.** In: Projetos Ágeis (pp. 125-142). Rio de Janeiro: Elsevier.

OLIVEIRA, T. T. de. **Sistema KANBAN: estudo de caso aplicado em planejamento e controle da manutenção**/Thiago Tavares de Oliveira, 2019.

PAGNONCELLI, B. (2017a). **Kanban: Como Adoção de Metodologias Ágeis Pode Mudar sua Vida e os Resultados de sua Empresa.** São Paulo: Novatec Editora.

PAGNONCELLI, B. (2017b). **Lean Manufacturing: Como Adoção de Metodologias Ágeis Pode Mudar sua Vida e os Resultados de sua Empresa.** São Paulo: Novatec Editora.

SENAI-SP EDITORA. **Sistemas elétricos prediais: Manutenção.** [s.l.] SESI SENAI Editora, 2015.

SILVA, F. J. G., MORGADO, L., TEIXEIRA, A., SÁ, J. C., FERREIRA, L. P., & ALMEIDA, F. (2021). **Analysis and Development of a Failure Prediction Model for Electrical Terminals Used in the Automotive Industry.** *ISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto*, R. Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal. *IPVC – School of Business Sciences, Polytechnic Institute of Viana do Castelo*, Av. Pinto da Mota, Valença 4930-600, Portugal.

SILVA, R. A., & SOARES, C. A. P. (2016). **Kanban e sistemas puxados na gestão de produção e estoques**. In: Gestão de Operações e Logística (pp. 327-350). São Paulo: Atlas.

Terminais elétricos: para que servem e quais as suas funcionalidades? Disponível em: <<https://nortel.com.br/blog/terminais-eletricos/>>.

WOMACK, J. P., & Jones, D. T. (2003). **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza**. São Paulo: Campus.