



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

BRENO BEZERRA DE SOUZA

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA WCM PARA DESENVOLVIMENTO DE UM
PROJETO DE REDUÇÃO DE CUSTO EM UMA EMPRESA AUTOMOTIVA**

Recife

2021

BRENO BEZERRA DE SOUZA

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA WCM PARA DESENVOLVIMENTO DE UM
PROJETO DE REDUÇÃO DE CUSTO EM UMA EMPRESA AUTOMOTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Mecânica da Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e
Geociências, como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Marques da Costa Soares Júnior

Recife
2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

S729a Souza, Breno Bezerra de.
Aplicação de Metodologia WCM para desenvolvimento de um projeto de redução de custo em uma empresa automotiva / Breno Bezerra de Souza. – 2021.
73 f.: il., figs., quads, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Marques da Costa Soares Júnior.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Mecânica, Recife, 2021.
Inclui referências.

1. Engenharia mecânica. 2. World Class Manufacturing (WCM). 3. Desperdício produtivo e operacional. 4. Indústria automotiva. 5. Grommet. 6. Produtividade. I. Soares Júnior, Antônio Marques da Costa (Orientador). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-24

BRENO BEZERRA DE SOUZA

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA WCM PARA DESENVOLVIMENTO DE UM
PROJETO DE REDUÇÃO DE CUSTO EM UMA EMPRESA AUTOMOTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Mecânica da Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e
Geociências, como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica.

Aprovada em: 25/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Marques da Costa Soares Júnior (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Msc. Laertty M. Cavalcante (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Msc. Luiz Adeildo da Silva Júnior (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao maravilhoso Deus que sempre se fez presente na minha vida, me dando força para superar os obstáculos encontrados ao longo do caminho.

Agradeço também aos meus pais, por me darem todo apoio necessário ao longo da minha carreira acadêmica, sempre me apoiando nas momentos de dificuldade. Ao meu irmão, que apesar de morar em outro país sempre me motiva e me ajuda nas minhas principais dúvidas relacionada a assuntos técnicos. A minha namorada que foi a minha principal fonte de inspiração nesse momento árduo em ter que conciliar os estudos com a vida profissional.

Agradeço também ao meu orientador Antônio Soares pelos ensinamentos ao longo da graduação como também pelo acompanhamento, atenção e paciência no desenvolvimento desse projeto. Aos professores do DEMEC pelos ensinamentos ao longo dos 5 anos da graduação, sem dúvida, todos foram essenciais para minha formação acadêmica.

Agradeço também ao grupo FCA pela oportunidade de amadurecimento como pessoa e como profissional. Além de tornar possível esse trabalho, as experiências vividas nessa corporação me transformaram como profissional em busca constante da excelência.

Por fim e não menos importante agradeço aos meus amigos, da universidade, do trabalho e da vida pelo companheirismos, pelas noites mal dormidas e pelos momentos de diversão.

Com certeza todos esses momentos vividos com intensidade foram essenciais para minha formação como engenheiro mecânico, como profissional e sobretudo como pessoa.

RESUMO

O desenvolvimento industrial, com sua crescente competitividade e exigência que marcaram o mercado mundial no início dos anos 80, inaugurou de forma mais amplificada a adoção de metodologias de gerenciamento produtivo. Nesse sentido, uma manufatura bem fundamentada metodologicamente tornou-se não apenas fator diferencial na corrida por vantagens competitivas, mas essencial. Nesse âmbito, encontra-se o método World Class Manufacturing (WCM). Assim, buscando combater aos principais desperdícios produtivos e operacionais, foi desenvolvido um trabalho, pioneiro no segmento industrial de chicotes elétricos, visando a redução de custos e aumento de produtividade por meio da confecção de uma bancada expansora de grommet. Para atingir tais objetivos se fez necessário aprofundar o conhecimento nas principais ferramentas do World Class Manufacturing (WCM) e aplicar os 7 passos do pilar melhoria focada buscando com isso uma redução nos índices das atividades que não agregam valor ao produto final, um aumento da capacidade produtiva e acompanhar os principais indicadores de performance (KPI) aplicados na metodologia.

Palavras-chave: WCM; desperdício; indústria; grommet; produtividade.

ABSTRACT

Industrial development, with its growing competitiveness and demand that marked the world market in the early 1980s, inaugurated the adoption of production management methodologies in a more amplified way. In this sense, a manufacturing that is methodologically well-founded has become not only a differentiating factor in the race for competitive advantages, but an essential one. In this context, there is the World Class Manufacturing (WCM) method. Thus, seeking to combat the main productive and operational waste, a pioneer work was developed in the industrial segment of electrical harnesses, aimed at reducing costs and increasing productivity by making a grommet expander bench. To achieve these goals, it was necessary to deepen the knowledge of the main tools of World Class Manufacturing (WCM) and apply the 7 steps of the focused improvement pillar, thus seeking a reduction in the indexes of activities that do not add value to the final product, an increase in capacity productive and monitor the main performance indicators (KPI) applied in the methodology.

Keywords: WCM; waste; industry; grommet; productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração chicote elétrico de instrumento	16
Figura 2 - Ilustração chicote elétrico	17
Figura 3 - Circuito com terminais e conector e uma das extremidades	18
Figura 4 - Conector na mão do operador.....	18
Figura 5 - Kit da caixa de fusíveis.....	19
Figura 6 - Kit da motorização.....	19
Figura 7 - Rolinhos de kits diferentes	20
Figura 8 - Grommet	21
Figura 9 - Esquema metodologia WCM.....	23
Figura 10 - Pilares Gerencias da metodologia WCM.....	23
Figura 11 - Pilares Técnicos da metodologia WCM.....	24
Figura 12 - Estratificação das perdas da oficina a partir da matriz C.....	27
Figura 13 - Estratificação das perdas por unidade de trabalho produtiva.....	27
Figura 14 - Estratificação das perdas por posto de trabalho.....	28
Figura 15 - Estratificação da operação mais critica	28
Figura 16 - Esquema do diagrama de Ishikawa.....	32
Figura 17 - Esquema conceitual do Ciclo PDCA	33
Figura 18 - Esquema conceitual dos 7 passos do pilar Melhoria Focada (FI)	34
Figura 19 - Maiores perdas na matriz C	36
Figura 20 - Projetos com maiores perdas de NVAA e Dessaturação	37
Figura 21 - Unidade produtiva no projeto 551 com maior índice de NVAA e Dessaturação.....	37
Figura 22 - Gráfico de Balanceamento Operacional (GBO).....	38
Figura 23 - Estratificação do NVAA, SVAA, VAA e Dessaturação no 551 L1.....	38
Figura 24 - Estratificação por processo	39
Figura 25 - Radar Chart do time	40
Figura 26 - Radar Chart individual dos colaboradores.....	41
Figura 27 - Rolinhos e Processos de distribuição no carrossel	43
Figura 28 - Fotos da pré-montagem	43
Figura 29 - Layout 551 L1.....	46
Figura 30 - Estratificação de NVAA no 551 L1	48
Figura 31 - Kit com pontas abertas.....	50

Figura 32 - Principais kit's da linha 551 L1	50
Figura 33 - Redução de NVAA	51
Figura 34 - Spaguetti Chart linha de produção 551 L1	52
Figura 35 - Diagrama de Ishikawa	53
Figura 36 - Análise 5 Porquês	54
Figura 37 - Evidência de Roadblock	55
Figura 38 - Passagem de circuitos pelo grommet na pré-montagem	56
Figura 39 - Passagem de circuitos pelo grommet no carrossel	57
Figura 40 - Ilustração do grommet e posição na mesa do carrossel	57
Figura 41 - Desenvolvimento de agulhas para máquina expansora de grommet	60
Figura 42 - Definição dos sistemas pneumático, elétrico e mecânico	61
Figura 43 - Máquina finalizada disponível para testes iniciais	61
Figura 44 - Testes para validação da máquina e do processo	62
Figura 45 - Tempo (s) passagem de circuitos pelo grommet	63
Figura 46 - Estratificação do NVAA, SVAA, VAA e Dessaturação	64
Figura 47 - Folha de instrução de trabalho	64
Figura 48 - Ordem de produção	65
Figura 49 - Mapa de fonte de sujeira	65
Figura 50 - Mapa de locais de difícil acesso	66
Figura 51 - MOD antes x depois	66
Figura 52 - Produtividade – MOD e Custo do projeto	67
Figura 53 - Validação da máquina expansora de grommet	68
Figura 54 – Previsão de expansão	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos tipos de método Kaizen	30
Tabela 2 - Mapeamento da linha 551 L1	46
Tabela 3 - Mix produção 551 L1	47
Tabela 4 - Rolinhos por derivação no 551 L1	48
Tabela 5 - Inserções por PDT na pré-montagem.....	49
Tabela 6 - Total de inserções na pré-montagem e carrossel.....	49
Tabela 7 - Objetivo SMART	51
Tabela 8 - Passos na distribuição do 551 L1	52
Tabela 9 - Quantidades de circuitos que passam no grommet por PDT	58
Tabela 10 - Redefinição dos objetivos.....	58
Tabela 11 - Tabela comparativa antes x depois	62
Tabela 12 - Análise de B/C	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CD	Cost Deployment (Desdobramento de Custos)
DISTR	Distribuição
EEM/EPM	Early Equipment/Product(Gestão Preventiva Equipamento/produto)
ENV/ENE	Environment/Energy (Meio Ambiente e Energia)
FI	Focused Improvement (Melhoria Focada)
GBO	Gráfico de balanceamento operacional
JIT	Just in Time
KPIs	Key Performance Indicator (Indicador-chave de Desempenho)
LCS	Logistics & Customer Service (Logística e Atendimento ao Cliente)
NVAA	Atividades que não possuem valores agregados
PD	People Development (Desenvolvimento de pessoas)
PDT	Posto de trabalho
PM	Professional Maintenance (Manutenção Profissional)
PN	Part number
QC	Quality Control (Controle de Qualidade)
SAF	Safety (Segurança)
SVAA	Atividades com semi valor agregado
TIE	Total Industrial Engineering (Engenharia Industrial Total)
TPM	Total Productivity Maintenance (Manutenção Produtiva Total)
TQM	Total Quality Management (Controle da Qualidade Total)
VAA	Atividades com valor agregado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo geral.....	14
1.1.2	Objetivos específicos.....	14
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	CHICOTES ELÉTRICOS.....	16
2.1.1	Fluxograma do processo.....	17
2.1.2	Terminologia Técnica.....	17
2.1.2.1	Circuito.....	17
2.1.2.2	Conector	18
2.1.2.3	Kit.....	19
2.1.2.4	Rolinho.....	20
2.1.2.5	Grommet.....	20
2.2	METODOLOGIA WCM.....	21
2.2.1	Pilares.....	23
2.2.1.1	Pilares Gerenciais.....	23
2.2.1.2	Pilares Técnicos.....	24
2.2.2	Ferramentas de apoio	26
2.2.2.1	Direcionadores.....	26
2.2.2.2	Estratificação e Priorização.....	26
2.2.2.3	Radar chart	29
2.2.2.4	Kaizen	29
2.2.2.5	5 G	30
2.2.2.6	5W1H.....	31
2.2.2.7	4M.....	31
2.2.2.8	5 Porquês.....	32
2.2.2.9	Objetivo smart.....	32
2.2.2.10	Spaghetti Chart.....	33
2.3	PILAR MELHORIA FOCADA	33
3	METODOLOGIA	35
4	RESULTADO E DISCURSÃO	36

4.1	PASSO 1 - DEFINIÇÃO DE ÁREA /MATRIZ DIRECIONADORA	36
4.2	PASSO 2 - IDENTIFICAÇÃO DAS MAIORES PERDAS	36
4.3	PASSO 3 - DEFINIÇÃO DO TEMA	39
4.4	PASSO 4 - DEFINIÇÃO DO TIME.....	39
4.5	PASSO 5 - AÇÃO DO PROJETO /ESCOLHA DO MÉTODO PARA REALIZAÇÃO DO PROJETO	41
4.5.1	Passo 5.1 - Definição de fenômeno	42
4.5.1.1	5G.....	42
4.5.1.2	5W1H.....	44
4.5.2	Passo 5.2 - Estudo do Sistema.....	45
4.5.3	Passo 5.3 - Definição de Objetivo	51
4.5.4	Passo 5.4 - Análise de causa.....	52
4.5.5	Complemento do estudo de sistema	55
4.5.5.1	Relatório sobre a passagem de circuitos pelo grommet	56
4.5.6	Redefinição de objetivo para eliminar <i>roadblock</i> no processo.....	58
4.5.7	Passo 5.5 - Ações e medidas de combate.....	58
4.5.8	Passo 5.6 - Resultados	62
4.5.9	Passo 5.7 - Padronização e Sustentabilidade.....	64
4.6	PASSO 6 - ANÁLISE DE BENEFÍCIO/CUSTO (B/C).....	66
4.7	PASSO 7 - MONITORAMENTO E EXPANSÃO HORIZONTAL.....	68
5	CONCLUSÃO	69
5.1	TRABALHOS FUTUROS	69
	REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

O contexto de desenvolvimento industrial, com sua crescente competitividade e exigência que marcaram o mercado mundial no início dos anos 80, inaugurou de forma mais amplificada a adoção de metodologias de gerenciamento produtivo. Nesse sentido, uma manufatura bem fundamentada metodologicamente tornou-se não apenas fator diferencial na corrida por vantagens competitivas, mas essencial. Permitindo, desse modo, a otimização do processo de produção e demonstrando caminhos à obtenção de bons resultados, aumento de qualidade e redução de custos (PADDOCK, 1993 apud DE OLIVEIRA et al, 2015).

Este cenário foi, portanto, determinante para a difusão de inúmeras metodologias - *5S*, *5W1H*, *Total Productivity Maintenance (TPM)*, *Just in Time (JIT)*, *Total Quality Management (TQM)* - bem como para a sistematização, seleção e ordenamento de métodos pré-existentes. Nesse âmbito, encontra-se o método *World Class Manufacturing (WCM)*, buscando combater a ineficiência produtiva a partir da simplificação da manufatura e bloqueio de possíveis empecilhos à produção (SCHONBERGER, 1986 apud JOAQUIM, 2017).

Diante disso, a fim de obter melhores índices no mercado, buscou-se analisar o processo de produção de chicotes elétricos automotivos da Fiat Chrysler Automobiles (FCA) - grupo automobilístico que reúne marcas como Abarth, Alfa Romeo, Chrysler, Dodge, Fiat, Jeep, Lancia, Ram, Maserati. Sendo responsável desde o desenvolvimento à distribuição de veículos em mais de 130 países no mundo.

O trabalho desenvolvido concentra-se na planta FCA autopeças Jaboatão dos Guararapes, localizada no estado de Pernambuco, onde está concentrada a fabricação de chicotes elétricos dos veículos Fiat Argo (X6H), Fiat Toro (226), Jeep Compass (551), Jeep Renegade (521).

A necessidade em avaliar o processo de produção de chicotes elétricos automotivos justificou-se pelo expressivo índice de NVAA (atividades que não possuem valores agregados) e dessaturação (tempo de espera na operação), percebidos na linha de produção, o que apontou para a possibilidade de desenvolvimento de um trabalho pioneiro, de redução de custos e aumento de produtividade, na indústria automotiva, de chicotes elétricos.

A partir desse cenário surgiu então a questão: "Como desenvolver um trabalho de melhoria que fosse mais adequado à necessidade quanto ao baixo desempenho do setor de chicotes elétricos automotivos?" Neste sentido a hipótese considerada foi a de utilização da abordagem metodológica do *World Class Manufacturing (WCM)*.

A aplicação da metodologia WCM se justifica pela sua eficácia e eficiência nos problemas que envolvem NVAA na indústria automotiva. Vale ressaltar que a aplicação apresentada é pioneira no segmento por se tratar de uma indústria de chicotes elétricos, única do grupo Fiat/Jeep. Dentre os principais desafios na aplicação do WCM, destaca-se, também, a resistência à mudança dos colaboradores de todos níveis hierárquicos devido à cultura organizacional, desconfiança dos colaboradores da eficiência da metodologia e falta de comprometimento dos gestores.

Em termos metodológicos, esse trabalho enquadra-se como um relato de experiência do autor cujo o qual desenvolveu um trabalho, a partir da prática industrial desenvolvida na indústria automobilística de chicotes elétricos.

1.1 OBJETIVOS

Diante desses aspectos, o presente trabalho estruturou-se a partir dos objetivos geral e específicos que apresentam-se a seguir.

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver, a partir da abordagem metodológica do *World Class Manufacturing (WCM)*, um trabalho de redução de custos e aumento de produtividade na indústria automotiva, no que se refere ao processo de fabricação de chicotes elétricos.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Desenvolver os 7 passos do pilar melhoria focada, da metodologia WCM, no processo de fabricação de chicotes elétricos;
- b) Reduzir as atividades que não agregam valor ao produto final;
- c) Aumentar a capacidade produtiva de uma das linhas produtivas através da redução dos índices de NVAA e Dessaturação;

- d) Avaliar e apresentar os principais indicadores de performance (KPI).

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos que representam as diferentes etapas do seu desenvolvimento. O primeiro capítulo dedica-se a introdução do tema e definição dos objetivos gerais e específicos. O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica, relacionado aos principais conceitos e definições que fundamentam o tema abordado.

O terceiro capítulo refere-se a metodologia utilizada para desenvolvimento do trabalho e obtenção dos resultados. O quarto apresenta o desenvolvimento do trabalho e exibe os resultados que foram atingidos, como também suas respectivas análises.

O quinto capítulo expõe as principais conclusões a cerca do tema desenvolvido e apresenta sugestões de trabalhos futuros. Por fim, são apresentadas as referencias e os materiais utilizados para embasamento do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

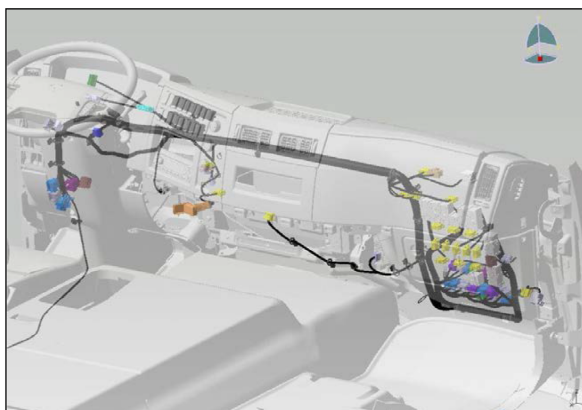
Frente a esses objetivos, entende-se pertinente a apresentação de um aporte teórico capaz de fundamentar o entendimento do conceito de chicote elétrico, bem como o fluxo de desenvolvimento do seu processo de fabricação.

2.1 CHICOTES ELÉTRICOS

Composto por um conjunto de fios condutores, os chicotes elétricos são responsáveis pela conexão entre os componentes eletroeletrônicos dos automóveis e podem ser classificados como de instrumentos - localizados ao longo do painel, à frente do veículo - ou de chassi - que atravessam toda a base interligando motor, baterias, válvulas.

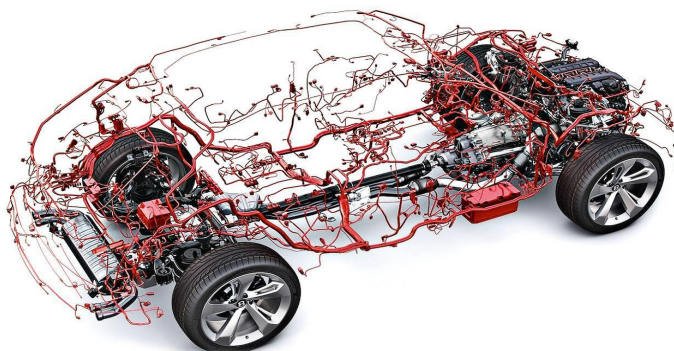
O processo de fabricação e montagem dos chicotes é feito em série, manualmente por operadores. Inicialmente é feito o corte dos cabos de acordo com as especificações do produto. Em seguida são realizadas as emendas por meio de soldas e conectores, para então, serem aplicados terminais nos circuitos que inicialmente foram cortados. Diante disso, tem-se as fases de pré-montagem, na qual são montados os kits; distribuição e acabamento - em que ocorre a montagem do chicote propriamente dito nas mesas padrões conforme desenho técnico - e a linha final, que abrange o posicionamento de presilhas, testes elétricos e embalagem. Está apresentado na Figura 1 uma ilustração do chicote elétrico distribuído na parte frontal do veículo e na Figura 2 uma ilustração da distribuição completa.

Figura 1 - Ilustração chicote elétrico de instrumento



Fonte - Volvo apud MARINHO et al, 2012

Figura 2 - Ilustração chicote elétrico



Fonte - Idaco¹, 2021

2.1.1 Fluxograma do processo

Neste trabalho será abordado apenas a etapa de montagem do chicote elétrico que são: Pré-montagem, Montagem, Acabamento, Posicionamento de Presilhas, Testes elétricos, Inspeção e Embalagem. Não será avaliado as etapas de recebimento de componentes, corte de circuitos, preparação de soldas, trançados e olhais visto que é uma etapa do processo produtivo que não terá relevância neste trabalho.

2.1.2 Terminologia Técnica

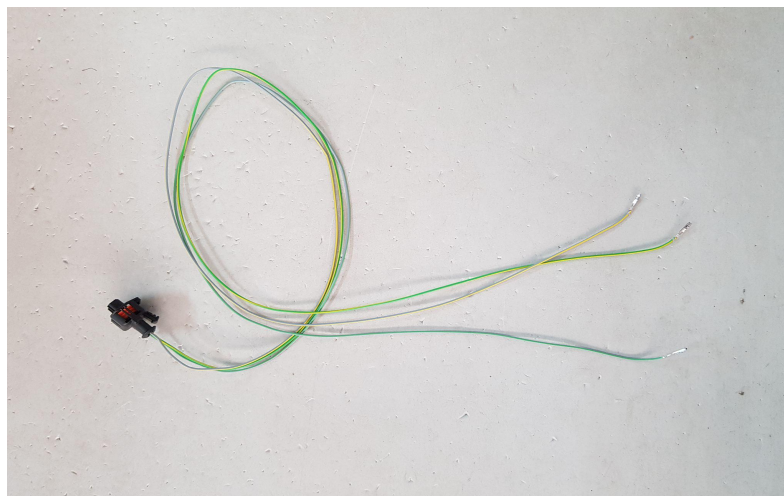
Ainda no que diz respeito aos chicotes elétricos, é válido explorar algumas das terminologias técnicas que serão abordadas neste desenvolvimento.

2.1.2.1 Circuito

Elemento chave para fazer a ligação da continuidade elétrica no veículo. Ele é composto por um cabo, fios condutores de cobre, com comprimento específico de acordo com sua aplicação no veículo, conforme está apresentado na Figura 3. Nas extremidades possuem terminais, que são os responsáveis por fazer a conexão elétrica com os conectores.

¹ Disponível em : < <http://www.idaco-egypt.com/index.php/products>>. Acesso em : 23 março 2021.

Figura 3 - Circuito com terminais e conector e uma das extremidades



Fonte: O autor (2021).

2.1.2.2 Conector

Componente responsável por acoplar o chicote no veículo. Todos os circuitos são inseridos nos conectores que por sua vez é conectado no veículo na posição específica. É apresentado na Figura 4 um conector sendo utilizado por um operador de produção.

Figura 4 - Conector na mão do operador

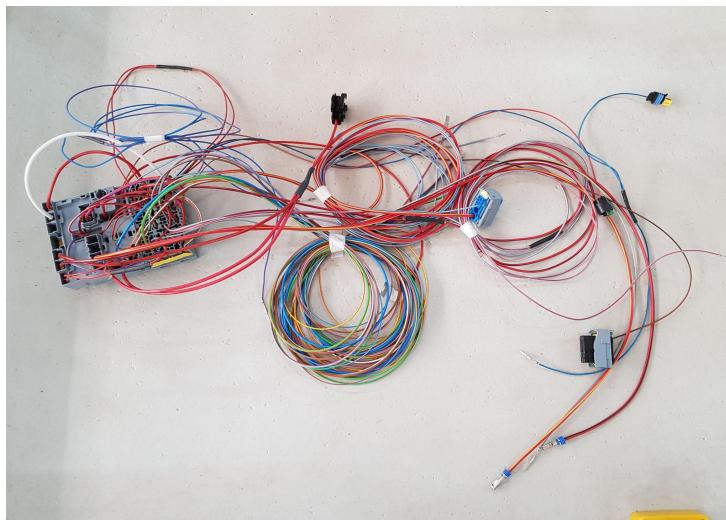


Fonte: O autor (2021).

2.1.2.3 Kit

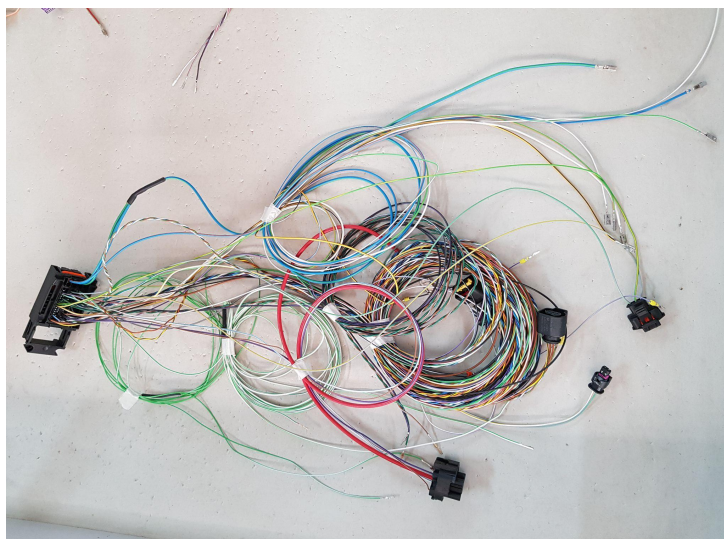
O kits é a união de vários circuitos em conectores específicos, geralmente os kits são montados por função no chicote. Por exemplo, todos os circuitos que vão para o conector do farol formam um kit, Figura 5 e Figura 6.

Figura 5 - Kit da caixa de fusíveis



Fonte: O autor (2021).

Figura 6 - Kit da motorização



Fonte: O autor (2021).

2.1.2.4 Rolinho

Os rolinhos são importantes nos casos em que se faz necessário o transporte de algum kit com circuitos de dimensões muito longas, acima de 1m, entre postos de trabalho. Na Figura 7 é apresentado um exemplo de rolinho posicionados em um suporte no posto de trabalho.

Figura 7 - Rolinhos de kits diferentes

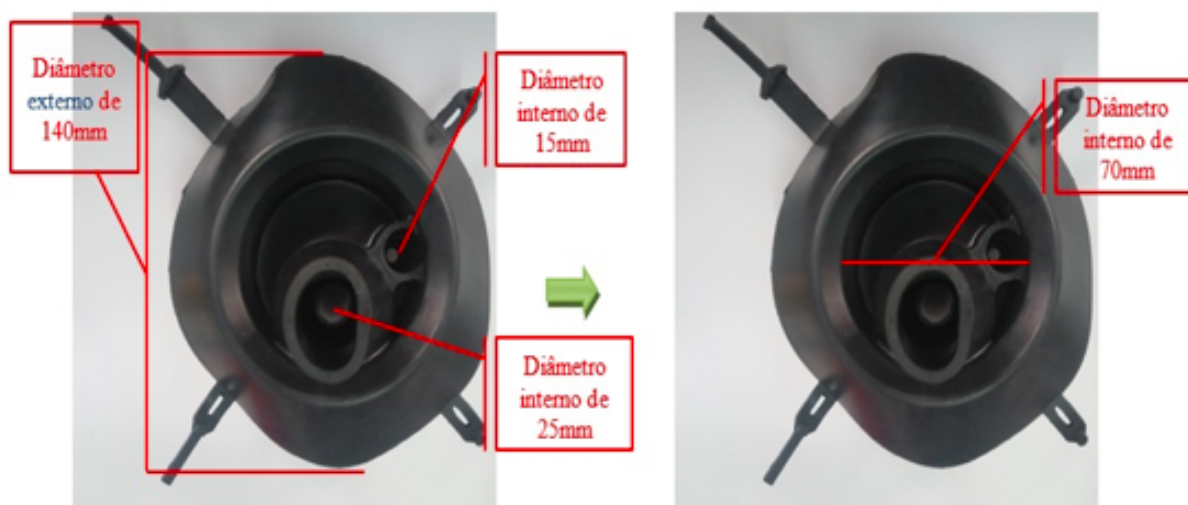


Fonte: O autor (2021).

2.1.2.5 Grommet

Elemento responsável pela vedação do veículo contra qualquer tipo de fluido. Ele fica localizado nas regiões que fazem interseção entre a parte interior e exterior, as mais comuns são nas portas e na parede corta fogo que fica entre o motor e a cabine de pilotagem. O grommet, Figura 8, é composto de borracha rígida e possui orifícios relativamente apertados para permitir apenas a passagem dos circuitos.

Figura 8 - Grommet



Fonte: O autor (2021).

2.2 METODOLOGIA WCM

Em síntese, a WCM reúne as mais relevantes metodologias propostas pela indústria do segundo pós-guerra, estruturando-se no modelo de atuação japonesa no gerenciamento da produção, a partir de seus princípios e técnicas focadas em uma manufatura enxuta, merecendo destaque as áreas automobilística, alimentícia e eletrônica.

Em 1986, Richard Schonberger fundiu três importantes métodos - JIT, TPM e TPQ - no termo *World Class Manufacturing*, o WCM, a fim de combater a ineficiência produtiva (SCHONBERGER, 1986 apud JOAQUIM, 2017). Nesse sentido o fundamento da metodologia WCM encontra-se na simplificação da manufatura, bloqueando possíveis empecilhos à produção.

Dispõe-se, portanto, em torno de identificar e conter de forma sistemática e progressiva as perdas e desperdícios no processo de produção, procurando mitigá-los ao máximo para que o desempenho da organização alcance melhores índices por meio da redução de custos. Para tal, segundo Martins (2016), utiliza-se da “priorização de atuação sustentada nos resultados esperados, atividades definidas, soluções focadas, padronização e abrangência”. Além disso, outro aspecto considerado é a integração organizacional a partir da utilização de ferramentas e estruturação de resultados.

A difusão da metodologia se dá especialmente através de Kyoto Yamashina a partir de suas proposições com relação a prioridades de ataque à determinadas perdas. Nesse âmbito, ele estabelece o uso do método *Cost Deployment* (CD) nos projetos melhoria contínua. Complementando, desse modo, a base WCM desenvolvida por Schonberger (1986). Em suma, são colocados em foco os objetivos “Zero Desperdício, Zero Defeito, Zero Quebras e Zero Estoque”. Isso relaciona de forma direta a metodologia WCM aos fundamentos do Engenharia Industrial Total (TIE), Just in Time (JIT), Controle da Qualidade Total (TQM) e Manutenção Produtiva Total (TPM).

TIE: Aborda os problemas de produção segundo diferentes aspectos integrados - Muri (sobrecarga), Mura (irregularidade) e Muda (atividades não agregadoras) - visando sempre a eliminação de desperdícios. Pautando-se na implementação de um sistema eficaz, “à prova de erros”, na diminuição do tempo das operações e na confiabilidade de seus equipamentos e ferramentas.

JIT: Cujo enfoque está no direcionamento preciso das ações, bem na utilização concisa de tempo, materiais e recursos.

TQM: Pautado na gestão da qualidade, estrutura a inspeção de produtos definindo e controlando seus padrões de qualidade, buscando a melhoria contínua.

TPM: Opera de forma preventiva na manutenção de equipamentos com o intuito de prevenir danos ou interrupções (JOAQUIM, 2017).

Isso posto, com base em Yamashina (2000), entende-se que a diminuição isolada de custos não é suficiente para alcançar status no mercado mundial. Esclarecendo, dessa maneira, a importância de perceber os problemas e pensar soluções de forma integrada e contínua. Sendo primordial, em todas as etapas do ciclo logístico-produtivo, a participação efetiva das pessoas, bem como a otimização de suas competências.

Nesse sentido, a importância da adoção de metodologias de gestão estratégica pode ser vista por meio da sua conversão em resultados positivos. Isso possibilita o melhoramento contínuo da performance da empresa. Observa-se na Figura 9 um esquema simplificado da metodologia WCM.

Figura 9 - Esquema metodologia WCM



Fonte: Adaptado de Gerberding (2009).

2.2.1 Pilares

O WCM constitui-se da aplicação de pilares que estabelecem métodos de combate a determinadas perdas no processo produtivo. Eles subdividem-se em Pilares Gerenciais, Figura 10, e Pilares Técnicos, Figura 11.

2.2.1.1 Pilares Gerenciais

Figura 10 - Pilares Gerenciais da metodologia WCM



Fonte: O autor (2021).

A base do WCM se estrutura a partir de dez pilares gerenciais, que atuam como suporte à prática dos seus dez pilares técnicos, atuando na avaliação de desempenho da direção da empresa, como explicita o esquema abaixo. São responsáveis por definir os níveis de comprometimento necessários à implementação do WCM bem como para atingir os objetivos de seus pilares técnicos.

2.2.1.2 Pilares Técnicos

Figura 11 - Pilares Técnicos da metodologia WCM



Fonte: O autor (2021).

Os pilares técnicos se desenvolvem em torno da investigação das perdas. Nesse sentido, propõem-se a conter desperdícios a partir de diferentes objetivos e métodos conforme especificados em cada um dos pilares.

Segurança (SAF): Com foco na redução de acidentes, estabelece um comportamento preventivo pautado em aspectos como segurança e ergonomia do ambiente de trabalho (FELICE et al, 2013).

Desdobramento de Custos (CD): Responsável por traçar um balanço entre perdas e ganhos a partir da análise matricial de custos, além de fornecer, aos demais pilares, dados referentes às principais perdas, listando as prioridades de ataque.

Melhoria Focada (FI): A partir das informações obtidas no Cost Deployment, dedica-se a mitigação das perdas em prioridade, eliminando ineficiências e atividades não agregadoras de valor. Outro aspecto relevante do FI trata-se da sua atuação como subsídio metodológico dos outros pilares (FELICE et al, 2013).

Atividades Autônomas (AM/WO): Atua diretamente na melhora do ambiente de trabalho com o intuito de promover um bom rendimento, funcionamento e eficiência dos equipamentos e pessoas. Evitando, nesse sentido, quebras ou rupturas no processo inesperadas (YAMASHINA, 2014).

Manutenção Profissional (PM): Com o intermédio de uma análise de falhas, propõe-se a prolongar o tempo de vida útil das ferramentas e maquinário desenvolvendo o hábito de manutenção. Desse modo, além de reduzir quebras, facilita a cooperação, compromisso e engajamento na relação manutentor-operador (FELICE et al, 2015).

Controle de Qualidade (QC): Visando o “zero defeito”, o QC atua dentro do processo de fabricação tanto no desenvolvimento das aptidões de operadores, quanto no aprimoramento do padrão de especificações de qualidade (FELICE et al, 2015).

Logística e Atendimento ao Cliente (LCS): Com foco no trânsito de materiais, tem o propósito de reduzir movimentações e estoque, traçando fluxos lógicos e eficientes e estratégias de reposição diária de matéria-prima nas linhas de produção (FELICE et al, 2015).

Gestão Preventiva Equipamento/produto (EEM/EPM): Esse pilar busca o melhoramento contínuo de novos projetos ou equipamentos/produtos existentes através da simplificação, padronização de componentes e redução de custos de produção. Isso propicia melhores desempenhos e manutenções mais práticas (YAMASHINA, 2014).

Desenvolvimento de pessoas (PD): Focado na melhoria de pessoas, o pilar PD busca desenvolver habilidades e atributos dos colaboradores a fim de não apenas conter o erro humano, mas também de permitir que cada um dos demais pilares possam ser implementados de maneira eficaz e estruturada. Nesse sentido, está pautado no desenvolvimento de cursos e treinamentos da equipe sempre em concordância com as competências-base de cada cargo (YAMASHINA, 2014).

Meio Ambiente e Energia (ENV/ENE): Pautado na ISO14001, o enfoque do pilar ENV está na gestão ambiental. Assim, busca pensar nos recursos de forma sustentável, protegendo o meio ambiente, reduzindo desperdícios e o consumo energético (FELICE et al, 2013)

2.2.2 Ferramentas de apoio

Para uma efetiva implementação da metodologia WCM são utilizadas diversas ferramentas de apoio, dentre as quais foram aplicadas no desenvolvimento deste trabalho: Direcionadores, Estratificação e Priorização, Radar Chart, Kaizen, 5G, 5W1H, 4M, 5 Porquês, Objetivo Smart e Spaghetti Chart.

2.2.2.1 Direcionadores

Na metodologia WCM denomina-se “direcionadores” os macro indicadores, assim temos: Matriz C, Matriz QA e Matriz S.

a) Matriz C

A matriz C valoriza as perdas da corporação em termos financeiros. Dessa forma as perdas operacionais são multiplicadas por taxas de custo para que seja possível quantificar e permitir comparar com as demais perdas da planta fabril. Os projetos que têm como direcionador a matriz C visam a redução de perdas e desperdícios.

b) Matriz QA

Projetos que têm como direcionador a matriz QA visam a redução/ eliminação de defeitos de qualidade.

c) Matriz S

Projetos que têm como direcionador a matriz S visam a redução/ eliminação de condições inseguras, que geram ou podem gerar um acidente.

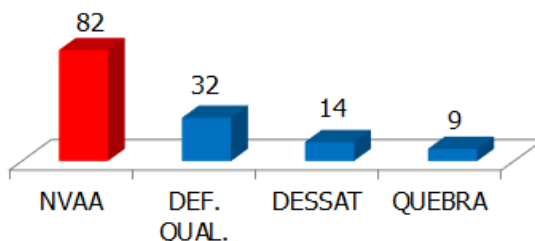
2.2.2.2 Estratificação e Priorização

Estratificação é o método que orienta e guia os projetos de melhoria focada e contínua, permitindo focar nas áreas onde estão presentes as maiores perdas. Fornece a possibilidade de maior eficiência e eficácia na redução/eliminação dos desperdícios. A priorização também auxilia na escolha das ferramentas e pilares técnicos mais adequados para o desenvolvimento do projeto.

a) Estratificação na Matriz C

Estratificação do desdobramento de custos até o nível mais profundo que se possa atingir para permitir uma análise clara do processo e da operação. Inicialmente a partir da matriz C estratifica-se as perdas da oficina destacando a maior perda como prioridade. Segue exemplo na Figura 12.

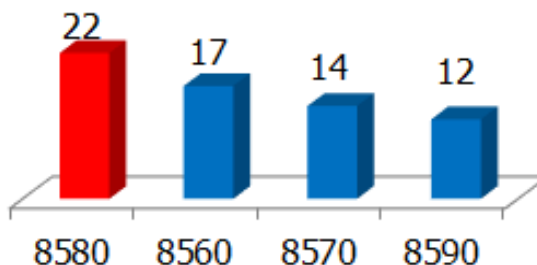
Figura 12 - Estratificação das perdas da oficina a partir da matriz C



Fonte: O autor (2021).

Em seguida, estratifica-se a principal perda pelas unidades de trabalho produtiva que compõem a oficina, Figura 13. O foco principal deve ser na primeira linha de produção.

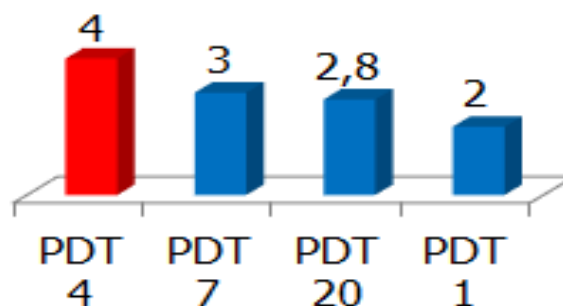
Figura 13 - Estratificação das perdas por unidade de trabalho produtiva



Fonte: O autor (2021).

Após essa etapa estratifica-se dentre a unidade de trabalho produtivo qual o posto de trabalho (PDT) é o mais crítico em relação à perda atacada, Figura 14.

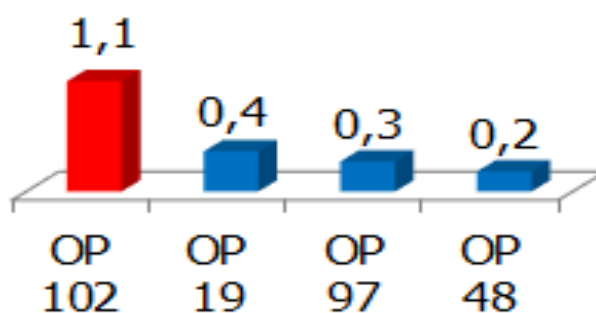
Figura 14 - Estratificação das perdas por posto de trabalho



Fonte: O autor (2021).

Por fim, dentro dos PDT's estratifica-se qual é a operação mais crítica conforme está apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Estratificação da operação mais crítica



Fonte: O autor (2021).

b) Estratificação na Matriz QA

Estratificação da matriz QA até o nível mais profundo que se possa atingir para que possa identificar a peça mais crítica. Inicialmente deve-se definir qual anomalia será atacada. Em seguida levantar com base na matriz QA qual a unidade de trabalho produtivo é a mais crítica dentre a anomalia avaliada. Após essa etapa, se faz necessário estratificar as peças em que a anomalia se apresenta. Por fim, com base nas informações adquiridas anteriormente deve-se definir qual a peça mais crítica em relação a anomalia avaliada.

c) Estratificação na Matriz S

Estratificação da matriz S até o nível mais profundo que se possa atingir para que possa identificar as maiores causas de acidente na planta fabril. Inicialmente deve-se identificar qual a gravidade dos acidentes. Em seguida identificar qual parte

do corpo se observa maior incidência dos acidentes. Após essa etapa, quais tipos de lesões mais ocorrem. Por fim, identificar a causa raiz dos acidentes.

2.2.2.3 Radar chart

No desenvolvimento de um projeto, se faz necessário uma avaliação entre o líder e o *coach* de quais serão as principais vozes do radar úteis ao desenvolvimento do projeto. Para que em seguida seja definido o time multifuncional com base nesses critérios técnicos de competências. Desse modo, o Radar Chart permite ponderar as habilidades do time de forma sintética e gráfica, apresentando quais pontos a serem melhorados a fim de alcançar a capacitação necessária a cada função. Assim, a aplicação dessa ferramenta tem relação direta com o desenvolvimento profissional da equipe, possibilitando uma melhor direcionamento de tarefas e adequação funcionário-cargo (MENDES, 2017).

2.2.2.4 Kaizen

De acordo com Deming (1990), a metodologia *Kaizen*, do japonês *kai* (mudança) e *zen* (melhor), trata-se de um processo diário de melhoria contínua gradual que, para além do aumento de produtividade, propõe a humanização do trabalho e seu ambiente. Nessa perspectiva, objetiva a simplificação, clareza e agilidade dos processos de gestão baseando-se na lógica do ciclo PDCA (DE QUEIROZ et al, 2018):

- a) **Plan (planejamento):** Compreensão efetiva do problema, causas e soluções para a partir de então estruturar-se metas e objetivos;
- b) **Do (execução):** Implementação do plano de melhoria segundo planejamento;
- c) **Check (verificação):** Comparação de dados de resultados previstos e obtidos;
- d) **Act (ação):** Desenvolvimento de um padrão a partir dos resultados alcançados e revisão do planejamento.

O tipo de abordagem segundo o método Kaizen subdivide-se em quatro frentes de ataque a depender de fatores como complexidade, natureza da causa raiz ou dimensão das perdas como se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos tipos de método Kaizen

	QUICK KAIZEN	STANDARD KAIZEN	MAJOR KAIZEN	ADVANCED KAIZEN
PERDA	< R\$500,00	R\$500,00 a R\$1500,00	R\$1500,00 a R\$6500,00	> R\$6500,00
FENÔMENO	Básico esporádico	Complexo esporádico	Complexo causas múltiplas	Crônico causas múltiplas
MELHORIAS	Pequenas	Médias	Grandes	Avançadas
CAUSA	Simples	Múltiplas	Múltiplas independentes	Múltiplas inter-relacionadas
TEMPO	Até 1 semana	Até 2 semanas	Até 3 meses	Acima de 3 meses
TIME	Operadores e manutentores	Operadores com manutentores líderes	Manutentores com analistas líderes e gestores	Analistas, gestores e especialistas

Fonte: O autor (2021).

2.2.2.5 5 G

Empregado tanto por operadores e difusores, quanto por líderes de equipe, analistas, técnicos, engenheiros e gerentes, o método 5G aplica-se no gerenciamento das perdas, detalhando e analisando danos, defeitos ou falhas tanto no que se refere a produção quanto a funcionamento. Nesse sentido, analisa o processo a fim de atestar sua concordância com o padrão e identificar caminhos à resolução dos problemas levantados. Para tal, utiliza-se da observação do fenômeno a partir dos cinco sentidos e determina o seguinte fluxo lógico de abordagem estruturada e científica:

- a) **GEMBA:** Lugar Real - deslocar-se até o lugar do problema, onde o evento ocorreu;
- b) **GEMBUTSU:** Fatos Efetivos - examinar a conjuntura;
- c) **GENJITSU:** Coisas verdadeiras - verificar informações, dados e fatos;
- d) **GENRI:** Princípios - observar e seguir a teoria;
- e) **GENSOKU:** Padrões e Parâmetros - acompanhamento dos padrões, seguir as normas operacionais.

2.2.2.6 5W1H

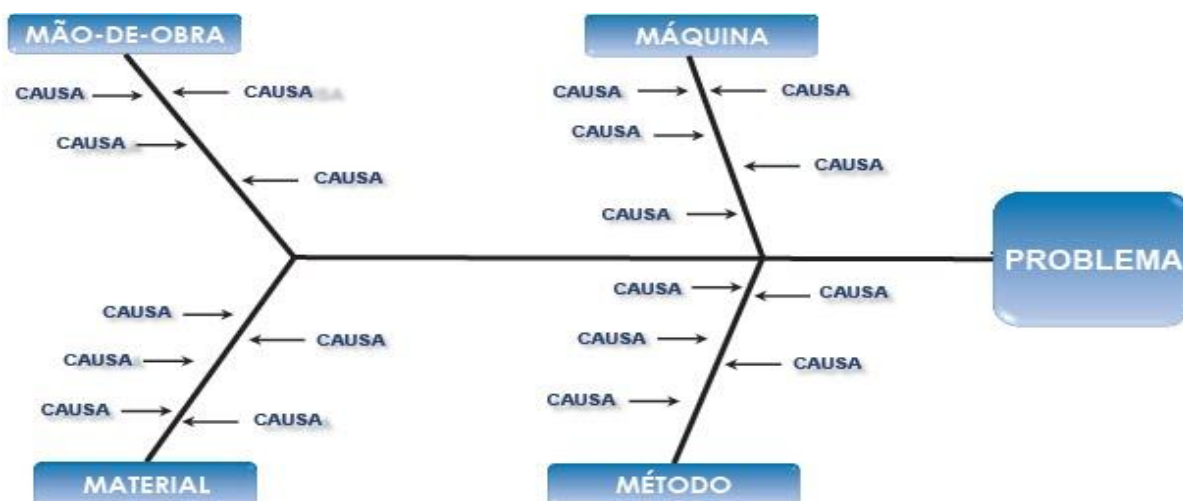
A ferramenta 5W1H atua focalizando problemas-chaves com o objetivo de aprofundar o entendimento de determinada situação. Estrutura-se em torno dos seis seguintes questionamentos: 1.WHAT? (O QUÊ?): o que é o problema?, 2.WHEN? (QUANDO?): quando, em que momento ou ponto do processo?, 3.WHERE? (ONDE?): onde foi identificado o problema?, 4.WHO? (QUEM?): quem causa ou afeta?, 5.WHICH? (QUAL?): qual tendência apresenta? com que circunstâncias? 6.HOW? (COMO?): como se expressa comparado a sua condição normal?

2.2.2.7 4M

A técnica 4M dispõe-se em torno da análise dos fenômenos a partir de uma abordagem pautada nas relações de causalidade. Apontando, assim, seus efeitos e causas, categorizando-os nos seguintes grupos: método, material, mão de obra e máquina. Trata-se de um método presente tanto em fases de diagnóstico e decisões, com a identificação de irregularidades e avaliação de riscos, quanto de planejamento, prevendo problemas em potencial. É aplicado com o subsídio do diagrama de Ishikawa ou simplesmente Espinha de Peixe,

Figura 16, desenvolvido originalmente pelo engenheiro Kaoru Ishikawa (1943), capaz de permitir representar sintética e graficamente a hierarquia das causas potenciais dos problemas abordados (SALVADOR, 2004).

Figura 16 - Esquema do diagrama de Ishikawa



Fonte: O autor (2021).

2.2.2.8 5 Porquês

O método '5 porquês' busca identificar a causa raiz do problema e a erradicar, abordando-o de forma contínua a partir de cinco ou mais perguntas consecutivas, a depender do nível de aprofundamento desejado. De acordo com Ohno (1997), trata-se da base metodológica da Toyota para análise de problemas, descrição precisa de suas causas e proposição de soluções efetivas. É válido destacar ainda a importância da utilização de dados na resolução desses questionamentos.

2.2.2.9 Objetivo smart

Esta ferramenta propõe a definição colaborativa das metas e objetivos com a participação não apenas de gestores, mas de todos aqueles que integram o processo de produção. Nessa concepção, há uma melhor estruturação dos objetivos, tornando sua execução mais simples e rápida (PAIVA, 2016).

S - Specific (Específico)

M - Measurable (Mensurável)

A - Achievable (Atingível)

R - Realistic (Realista)

T - Timely (Temporal)

2.2.2.10 Spaghetti Chart

A ferramenta Spaghetti Chart surge com o intuito de representar graficamente os fluxos de operadores nos postos de trabalho durante sua atividade de operação. O método se dispõe a analisar esse trânsito de pessoas. Permitindo, com isso, a proposição de deslocamentos concisos, eliminando fluxos supérfluos.

2.3 PILAR MELHORIA FOCADA

Direcionado ao combate de projeto da Matriz S (Segurança) e QA (Qualidade), além das perdas levantadas na aplicação do pilar Desdobramento de Custos (CD), o FI tem por objetivo solucionar, em prazos reduzidos, problemas específicos e identificáveis. Nesse sentido, parte da especificação de soluções, seguindo em direção à implementação e manutenção do ciclo de melhoria contínua, o PDCA, apresentado na Figura 17 um esquema referente ao ciclo PDCA. Ou seja, muito além de propor soluções, a Melhoria Focada examina as causas a fim de promover sua remoção definitiva e assim reformular o modelo já adotado ou propor novos padrões. Outro aspecto relevante do FI trata-se de sua atuação como subsídio metodológico e experiência prática do uso das ferramentas WCM para os demais pilares.

Figura 17 - Esquema conceitual do Ciclo PDCA

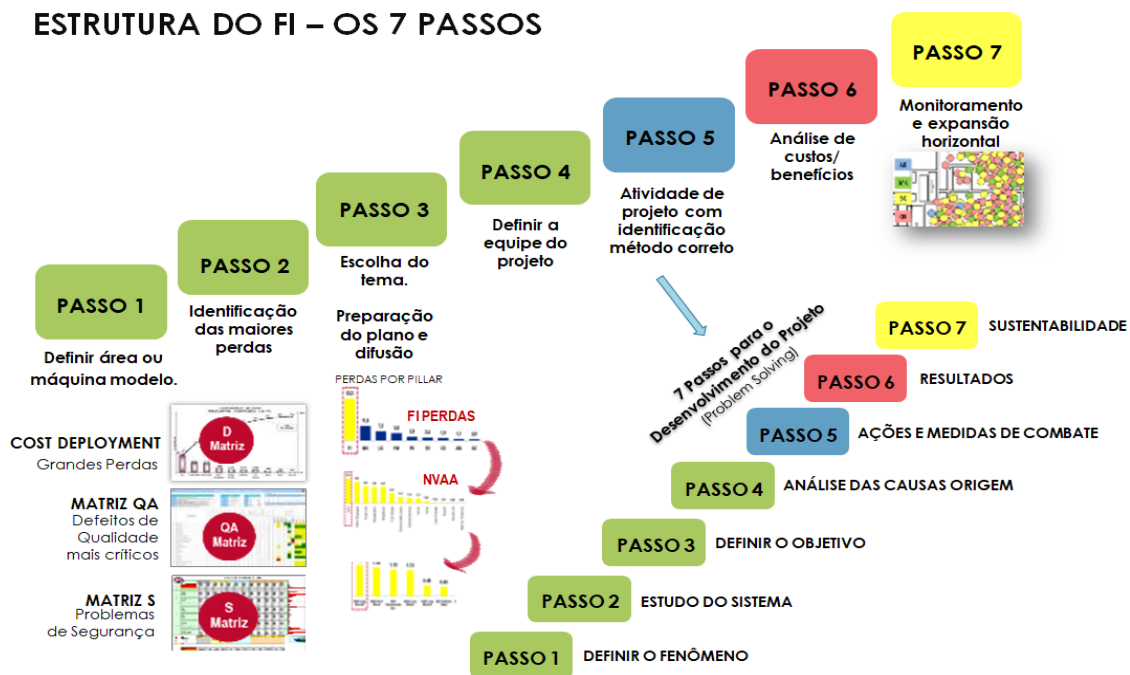


Fonte: O autor (2021).

Diante disso, a metodologia se estrutura em torno de sete passos que reúnem técnicas, métodos e ferramentas determinados para cada problemática abordada, observados aspectos tais quais complexidade das causas e recorrência do fenômeno, como mostra o diagrama apresentado na Figura 18.

Figura 18 - Esquema conceitual dos 7 passos do pilar Melhoria Focada (FI)

ESTRUTURA DO FI – OS 7 PASSOS



Fonte: O autor (2021).

3 METODOLOGIA

O trabalho teve por base a metodologia da abordagem WCM, sendo a sua aplicação dividida em três frentes. Na primeira, fundamentando-se em pesquisa bibliográfica, buscou-se apontar um breve panorama da linha de produção com vistas a produtividade e análise de perdas, tomando como base teórica a metodologia World Class Manufacturing (WCM) a partir de autores como Yamashina (2014), (2013), Paddock (1993), Schonberger (1986), entre outros.

Já na segunda frente, exploratória de base qualitativa e quantitativa, foram aplicados os sete passos do pilar Melhoria Focada (FI) do WCM na linha de produção, fundamentando-se no uso das seguintes ferramentas metodológicas: Direcionadores, Estratificação e Priorização, Radar Chart, Kaizen, 5 G, 5W1H, 4M, 5 Porquês, Objetivo Smart e Spaghetti Chart.

Por fim, no terceiro plano de abordagem estende-se em torno da apresentação dos principais resultados e seus respectivos indicadores atingidos. Os procedimentos técnicos utilizados no decorrer dessa pesquisa foram a análise documental, bibliográfica e pesquisa de campo.

Para desenvolvimento do projeto não se fez necessário o uso de nenhum software especial de engenharia, além dos tradicionais como o Microsoft Office.

4 RESULTADO E DISCURSÃO

Neste tópico acompanha-se a implementação dos passos de 1 ao 7 do pilar de melhoria focada da metodologia WCM em uma empresa multinacional automobilística de produção de chicotes elétricos.

4.1 PASSO 1 - DEFINIÇÃO DE ÁREA /MATRIZ DIRECIONADORA

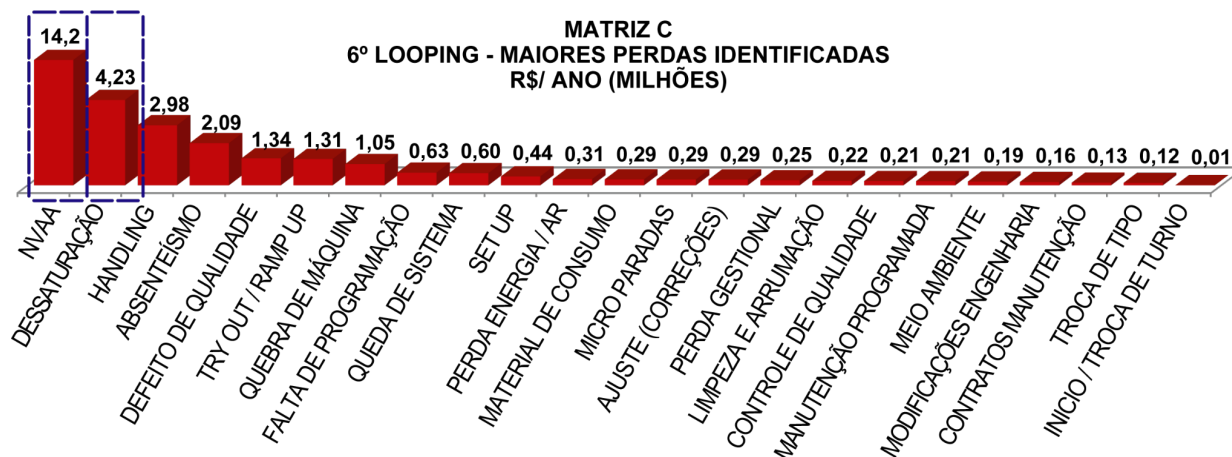
Na planta fabril, em que foi desenvolvido o trabalho, a definição da área a ser estudada seu deu por decisão gerencial. Anualmente todos os analistas e engenheiros, de acordo com os seus respectivos perfis profissionais, são divididos em projetos que atacam as maiores perdas da matriz C, Matriz QA e Matriz S com o objetivo de reduzir as perdas e desperdícios, os defeitos de qualidade e os riscos de acidente.

Portanto, para o projeto em questão foi utilizado a matriz C como direcionador principal. A partir dela foi dado início ao escopo e desenvolvimento do projeto.

4.2 PASSO 2 - IDENTIFICAÇÃO DAS MAIORES PERDAS

A partir dos dados disponíveis na matriz C 6º *Looping* foi realizada uma estratificação dos dados a fim de chegar a unidade produtiva que gera o maior índice de perdas e desperdícios da corporação, Figura 19.

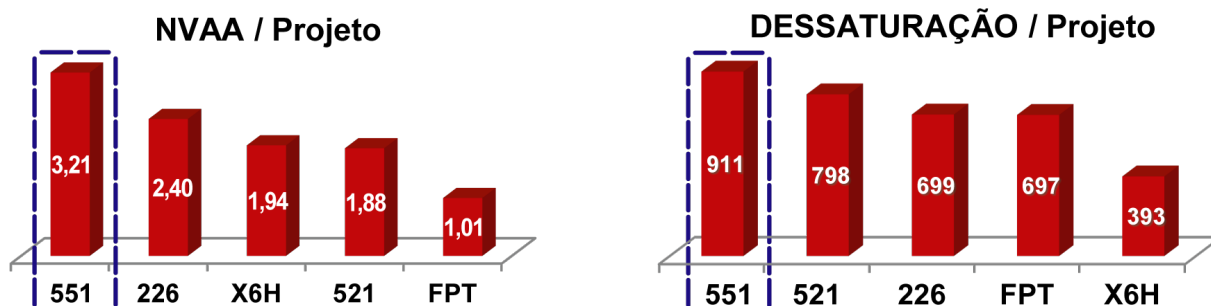
Figura 19 - Maiores perdas na matriz C



Fonte: O autor (2021).

Observa-se que as maiores perdas da fábrica correspondem ao NVAA e a dessaturação. Dessa forma foi estudado, mais a fundo, qual projeto está mais improdutivo nos quesitos de NVAA e dessaturação, Figura 20.

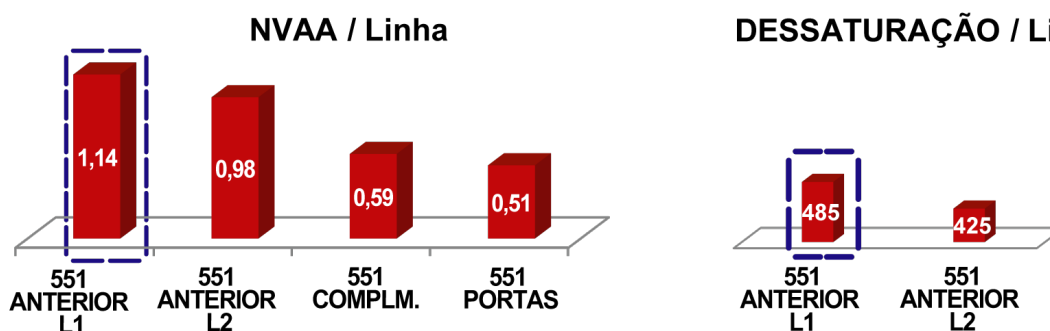
Figura 20 - Projetos com maiores perdas de NVAA e Dessaturação



Fonte: O autor (2021).

Nota-se que o projeto 551 é o projeto que representa as maiores perdas da fábrica nos quesitos de NVAA e dessaturação. Sendo assim, foi avaliada e apresentada na Figura 21, qual unidade produtiva do projeto 551 que está mais improdutiva nos requisitos avaliados acima.

Figura 21 - Unidade produtiva no projeto 551 com maior índice de NVAA e Dessaturação



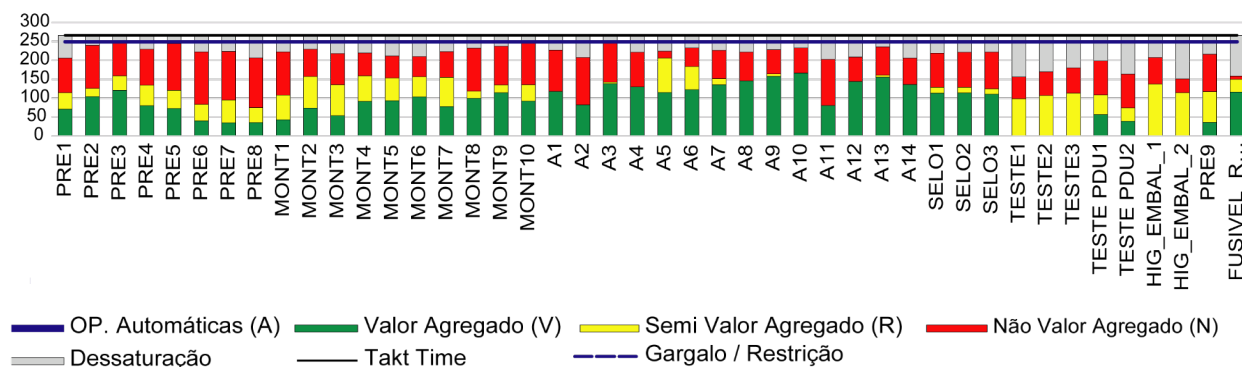
Fonte: O autor (2021).

Por fim, encontra-se que a unidade produtiva menos eficiente da fábrica é o 551 Anterior L1. Portanto foi definida essa linha produtiva para o desenvolvimento do estudo visando a melhoria quanto aos os maiores desperdícios da fábrica.

Após a definição do local de estudo, foi estratificado todas as atividades desenvolvidas na linha do 551 anterior L1, a fim de identificar os PDT's que proporcionam as maiores perdas e desperdícios da fábrica. Para isso, foram utilizados

os dados disponíveis no gráfico de balanceamento operacional (GBO) que está apresentado na Figura 22.

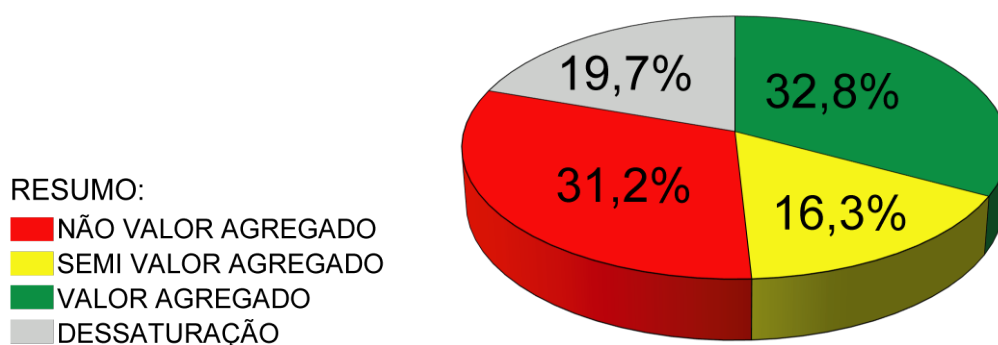
Figura 22 - Gráfico de Balanceamento Operacional (GBO)



Fonte - O autor (2021)

Por meio do GBO fica explícito que a linha possui um alto índice de NVVA em todos os PDT's e um alto índice de dessaturação na linha final, últimos 9 PDT's. A partir da análise do GBO foi realizado um estudo proporcional para entender qual das perdas gerava mais impacto na linha. Foi constatado, como mostra na Figura 23, que 31,2 % de todas as atividades que são desempenhadas na linha do 551 Anterior L1 não agregam valor ao produto final (NVVA).

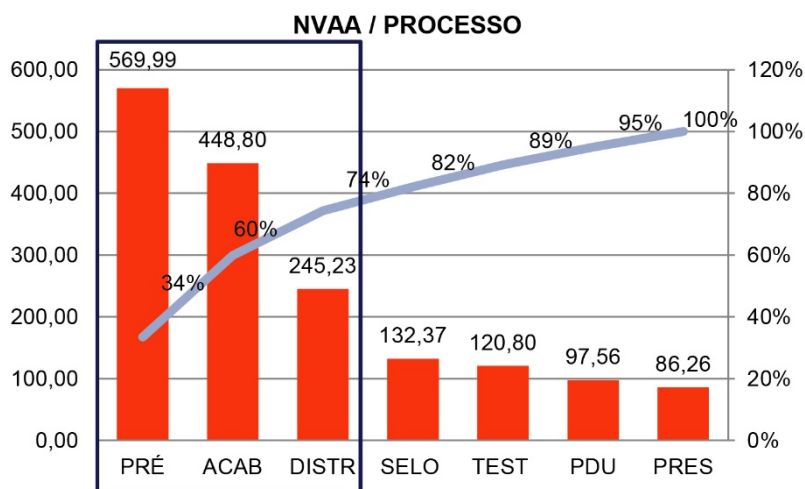
Figura 23 - Estratificação do NVAA, SVAA, VAA e Dessaturação no 551 L1



Fonte: O autor (2021).

Por fim, foi feita uma estratificação, conforme Figura 24, com o objetivo de identificar quais PDT's deverão ser atacados para eliminação ou diminuição dos níveis de NVAA.

Figura 24 - Estratificação por processo



Fonte: O autor (2021).

Por meio do gráfico de pareto é possível observar que os PDT's de Pré-montagem (PRÉ), Acabamento (ACAB) e Distribuição (DISTR) somados, representam 74% das atividades não produtivas da linha do 551 anterior L1. Portanto representam uma parcela significativa no NVAA da fábrica.

4.3 PASSO 3 - DEFINIÇÃO DO TEMA

Para escolha do tema não há uma regra ou definição para que seja seguida. Porém existem boas práticas que sugerem que o tema seja as principais perdas ou desperdícios identificados na matriz C, seguidos da unidade produtiva na qual essas perdas ou desperdício são mais expressivos. Sendo assim, seguindo as boas práticas o tema do projeto foi definido como: **Redução do NVAA e Dessaturação na linha do 551 Anterior L1.**

4.4 PASSO 4 - DEFINIÇÃO DO TIME

Para enfrentar o projeto definido no passo 3, foi necessário montar um time multifuncional que seja capaz minimizar ao máximo as principais perdas e desperdícios da planta fabril.

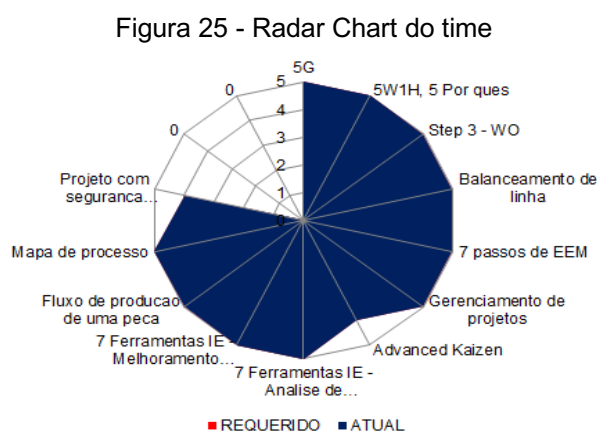
Assim como sugere a metodologia WCM, para tal definição inicialmente foram avaliadas as habilidades e competências necessárias para desenvolvimento do projeto. Em seguida, foi avaliado individualmente junto ao pilar de (PD) os

colaboradores, técnicos, analistas e engenheiros que possuem características que mais se aproximam das competências necessárias ao desenvolvimento do projeto.

Além das habilidades e competências técnicas, assim como no passo 3, também será levado em consideração as boas práticas para formação de uma equipe multidisciplinar, são elas: Conhecimento sobre o processo a ser estudado, conhecimento operacional, conhecimento da máquina ou PDT, conhecimento dos softwares necessários ao estudo do projeto, conhecimento das principais ferramentas e metodologia WCM, conhecimento sobre gerenciamento de projetos, e conhecimento sobre planejamento e implementação de soluções inovadoras.

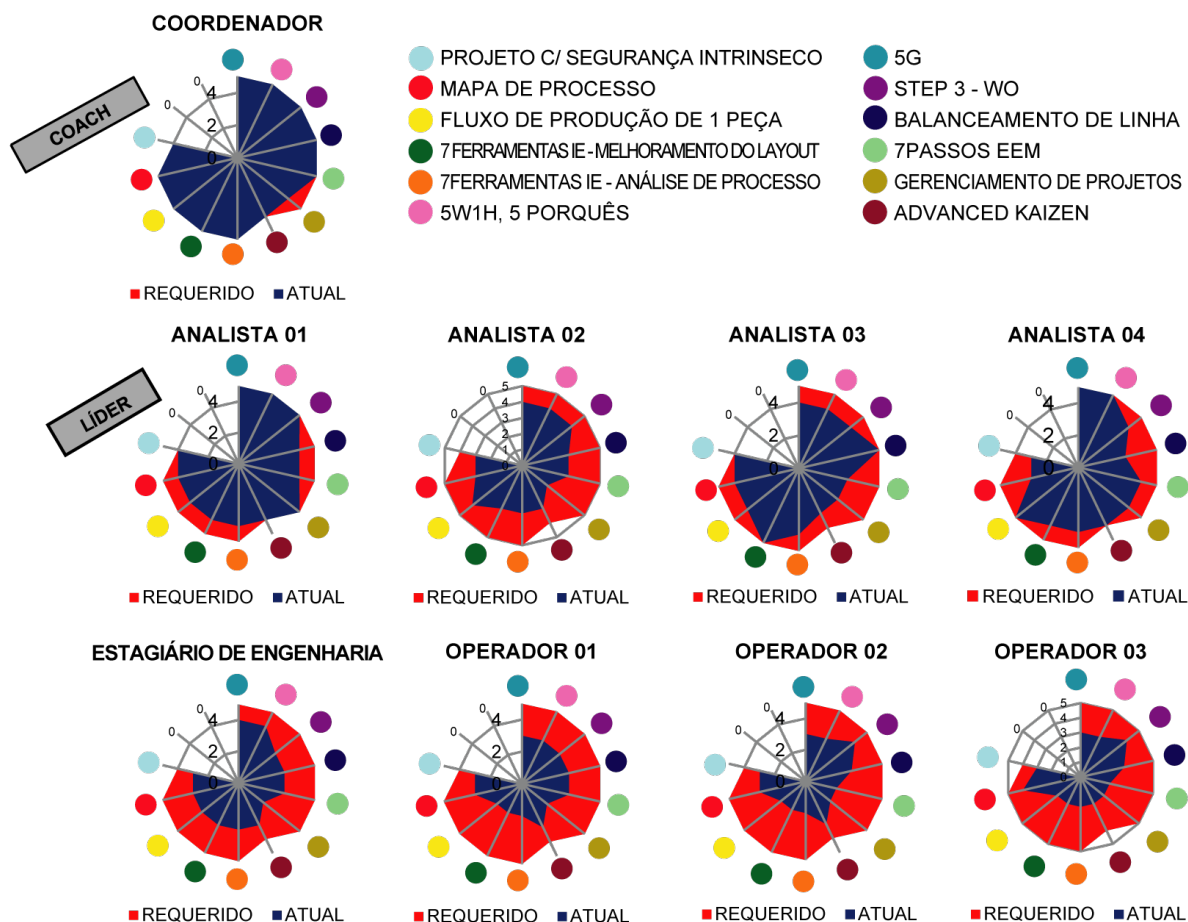
Um tema bastante relevante no desenvolvimento de projeto são as tomadas de decisões em grupos. Para tal, os grupos devem possuir um número ímpar de participantes. Isto evita empates e melhora as chances de tomar uma decisão acertada quando a maioria prevalece.

Levando em consideração todos os atributos discutidos no decorrer deste tópico, definiu-se o time com 9 colaboradores, na qual tem-se um *coach*, um líder e 7 colaboradores. O *coach* é o elemento do time que detém o maior conhecimento técnico e gerencial, o líder é o responsável por guiar o time ao longo de todo desenvolvimento e fazer os devidos acompanhamentos individuais e em grupo com o objetivo de garantir que o resultado final seja atingido, os colaboradores foram os responsáveis por aplicarem as ferramentas metodológicas, coletar os dados e realizar os teste e validação de resultados. Em seguida é apresentado na Figura 25 e na Figura 26 o Radar Chart do time e também individual de cada colaborador.



Fonte: O autor (2021).

Figura 26 - Radar Chart individual dos colaboradores



Fonte: O autor (2021).

É função do coach e líder fornecer treinamentos ao longo do desenvolvimento do projeto a fim de diminuir os *gaps* do time e proporcionar que ao fim do ciclo todos possam evoluir suas capacidades técnicas e gerenciais.

4.5 PASSO 5 - AÇÃO DO PROJETO /ESCOLHA DO MÉTODO PARA REALIZAÇÃO DO PROJETO

A partir do passo 5 foi dado início ao estudo focado no referido tema já definido no passo 3. Para tal, se fez necessário a definição do tipo de kaizen que será aplicado ao longo do desenvolvimento. Para sua definição foram seguidas as principais diretrizes apresentadas no tópico 2.2.2.4, cruzando-as com as informações que já foram obtidas acerca do tema até o presente momento.

Tendo em vista que a perda atacada, conforme apresentada no tópico 2.2.2.4, é superior a R\$ 650.000,00 o tempo estimado para conclusão é superior a 3 meses

de trabalho e o projeto é de natureza crônica, o tipo de Kaizen aplicado será o **Advanced Kaizen**.

Ao longo dos passos 5.1 a 5.7 foram aplicados os 7 passos do *problem solving* para um projeto Advanced kaizen visando compreender de forma clara os principais problemas identificados como também solucioná-los.

4.5.1 Passo 5.1 - Definição de fenômeno

Para definição do fenômeno foram aplicadas as ferramentas do 5G e 5W1H, apresentadas nos tópicos 2.2.2.5 e 2.2.2.6. Conforme já visto, o 5G busca entender de forma clara o problema, já o 5W1H busca compreender o fenômeno pelo qual o problema se propaga. Em seguida serão apresentadas as ferramentas 5G e 5W1H respectivamente.

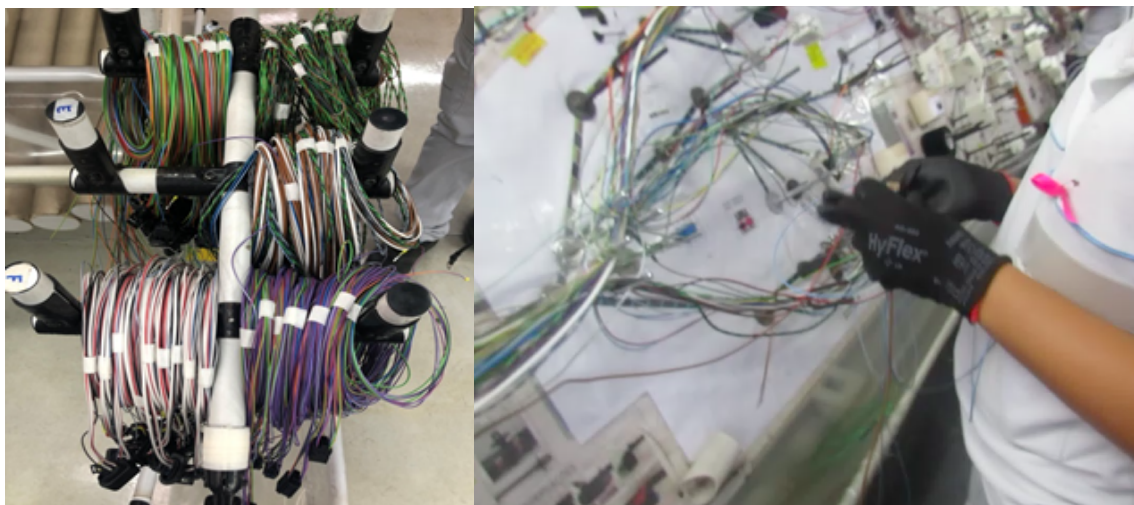
4.5.1.1 5G

a) GEMBA - VÁ AO LOCAL:

- Local: Projeto 551 Anterior L1, Estações de pré-montagem, Carrossel,
- Processos de distribuição e acabamento;
- Data: 03/09/2020 às 8:00 horas;
- Condições observadas: Foi observado a movimentação excessiva dos operadores na distribuição dos kits;
- Relato do operador: Existem muitos rolinhos a serem feitos para montagem dos kits.

Tem-se a representação na Figura 27 do gemba realizado na linha.

Figura 27 - Rolinhos e Processos de distribuição no carrossel

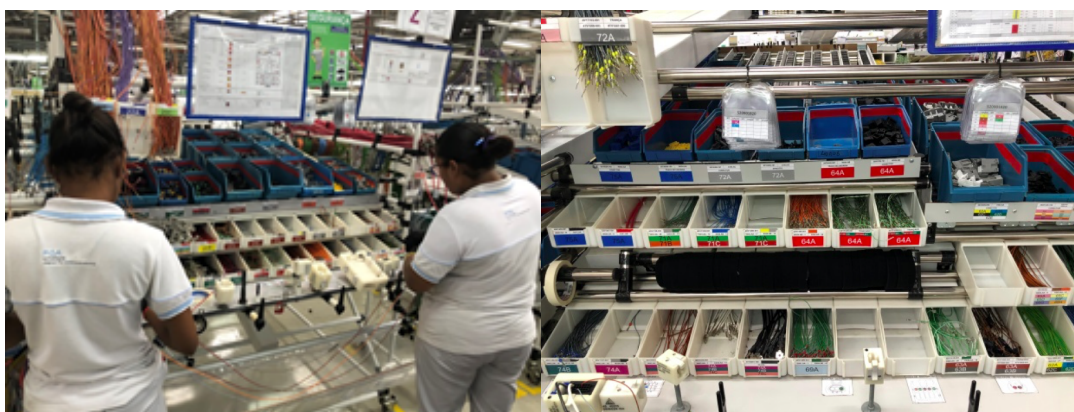


Fonte - O autor (2021)

b) GEMBUTSU - EXAMINE O PROBLEMA/ (OBSERVÁ-LO):

- Dimensões: Pré-montagens: 1950x2900x1900mm, Figura 28;
- Mesa de montagem: 4200x900mm;
- Carrossel : 31200mm;
- Posição: Estações de pré-montagem e carrossel posicionados no lado esquerdo da planta, ocupando uma área de : 295,7 m².

Figura 28 - Fotos da pré-montagem



Fonte: O autor (2021).

c) GENJITSU - OBSERVAR OS FATOS / USAR OS SENTIDOS:

- Descrição dos padrões: Modo operacionais, auxílios visuais e GBO estão na gestão à vista do processo.

- Meios: As principais estruturas e dispositivos apesar da aparência antiga, não apresentam nenhum risco à operação nem à qualidade do produto. Não há ruídos excessivos nem odores estranhos, que sejam diferentes das condições normais do ambiente fabril.
- Identificação das variações: Variação das operações na montagem dos kits e do chicote de acordo com o *Part Number* (PN) solicitado pelo cliente.

d) GENRI - COMPARAR COM A TEORIA:

- Comparação com desenhos, normas e procedimentos: Ajuda visual e modos operacionais estão de acordo com cada operação.

e) GENSOKU - SEGUIR OS PADRÕES OPERACIONAIS:

- Há padrão? Qual? Modo operacional, folha de instrução de trabalho e auxílio visual
- A anomalia é reproduzida com o processo no padrão? Sim
- Quem realiza o padrão, sempre o segue? Sim
- O padrão pode ser melhorado? Sim

Após a análise de cada um dos G's concluiu-se que no projeto 551 Anterior L1, no dia 03 de setembro de 2020, foi identificado uma movimentação excessiva dos operadores na montagem dos kits, os mesmos relataram que existem muitos rolinhos a serem feitos na construção dos chicotes. Também foi observado que há variação das operações na montagem dos kits e do chicote de acordo com o PN solicitado pelo cliente.

4.5.1.2 5W1H

Para total compreensão do fenômeno foi necessário aplicar a ferramenta 5W1H que consiste em fazer 6 perguntas para a descrição do problema encontrado no 5G.

- a) O QUE ? O problema ocorre no processo de pré-montagem, distribuição e acabamento do 551 anterior L1 e se assemelha com excesso de movimentos e dessaturação;

- b) QUANDO ? O fenômeno ocorre durante o funcionamento normal da linha independente do turno, em todos os PDT's de pré-montagem, distribuição e acabamento;
- c) ONDE ? O problema ocorre no 551 anterior L1 nos processos de submontagem, distribuição e acabamento;
- d) QUEM ? Operadores da pré-montagem, distribuição e acabamento.
- e) Qual ? O fenômeno ocorre frequentemente durante o turno, e pode evoluir com o aumento do volume da solicitado;
- f) COMO ? Nos processos de pré-montagem, distribuição e acabamento, os operadores fazem e desfazem rolinhos para construção e distribuição dos kits.

Com a aplicação das ferramentas 5G e 5W1H concluiu-se que a ação de fazer e desfazer rolinhos é a principal causa para o elevado índice de NVAA na linha de produção estudada. Essa operação piora à medida que o cliente solicita um volume maior de chicotes mais complexos, que por consequência possuem mais rolinhos em sua composição.

4.5.2 Passo 5.2 - Estudo do Sistema

Para estudar detalhadamente o problema, foi necessário ter um bom entendimento de como o sistema funciona. Para isso foram coletados os dados mais relevantes referente ao funcionamento do sistema, lista de componentes ou meios que deveriam ser analisados e também um estudo sobre o funcionamento real do sistema que estava sendo analisado.

O estudo do sistema foi iniciado pela avaliação do layout, apresentado na Figura 29, a fim de compreender como funciona o fluxo de montagem da linha de produção no 551 anterior L1.

Figura 29 - Layout 551 L1



Fonte: O autor (2021).

Por meio do layout apresentado, Figura 29, tem-se o fluxo de processo da seguinte forma. Se inicia a produção nas estações de pré-montagem na qual são feitos os kits de pré e os rolinhos. Em seguida passa pela distribuição, região na qual os kits são distribuídos nas mesas de montagem em seguida tem-se a fase acabamento, na qual todo o corpo do chicote é enfitado e adicionado o tubo corrugado nas regiões que ficam na parte externa da carroceria. Por fim chega-se a linha final, onde é realizado o teste elétrico, adição de presilha e inspeção visual do produto acabado, em seguida ainda na linha final é feita a embalagem e expedição do produto final para o cliente. Todo o layout apresentado ocupa uma área de 295,7 m².

A composição da unidade produtiva se dá da seguinte forma. Existem 7 estações de pré-montagem que são manipuladas por 12 colaboradores; Existe um carrossel com 12 mesas de montagem na qual 10 colaboradores são destinados à distribuição e 14 são destinados à fase de acabamento; Na linha final existe uma mesa de teste elétrico sendo operada por 3 colaboradores, uma mesa de presilha também operada por 3 colaboradores, uma estação de inserção de fusíveis e relés que é gerida por 1 colaboradores, um PDT de testes (elétrico e de visão) e fechamento da caixa de fusíveis composto por 2 colaboradores; Por fim uma mesa de inspeção e embalagem operada 2 colaboradores. Além dos colaboradores que atuam diretamente na confecção do chicote, também compõem a linha produtiva os *team leaders*, que são responsáveis por guiar o time de operadores, e multiplicador, que tem como sua principal função suportar a linha em caso de falta não planejada e retrabalhos inesperados. Segue abaixo, Tabela 2, o mapeamento e da linha do 551 L1.

Tabela 2 - Mapeamento da linha 551 L1

MAPA DA LINHA - 551 L1		
ESTAÇÃO (PDT)	MEIOS	MOD ²
Pré-montagem	7	12
Distribuição	5	10
Acabamento	7	14
Teste elétrico	1	3
Mesa de presilha	1	3
Mesa de Fusíveis e relés	1	1
Control vision	1	2
Embalagem/Expedição	1	2
Multiplicador	0	2
Team leader	0	4
Total	24	53

Fonte: O autor (2021).

Tabela 3 - Mix produção 551 L1

MIX DE PRODUÇÃO - 551 L1		
PN	%	MOTORIZAÇÃO
534785690	6,00%	2.0 DIESEL
534785700	10,00%	2.0 FELX
534785710	11,00%	2.4 FLEX
534785720	7,00%	2.0 DIESEL
534785730	0,00%	2.0 FELX
534785740	26,00%	2.4 FLEX
534785750	0,00%	2.0 DIESEL
534785760	11,00%	2.0 FELX
534785770	0,00%	2.4 FLEX
534785780	22,00%	2.0 DIESEL
534785790	0,00%	2.0 FELX
534785800	7,00%	2.4 FLEX
534785810	0,00%	2.0 DIESEL
534813190	0,00%	2.0 FELX
TOTAL	100,00%	-

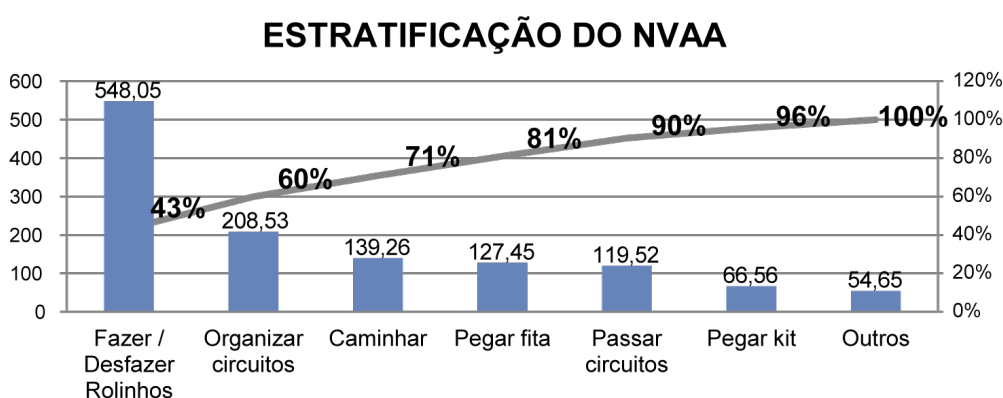
Fonte: O autor (2021).

² Mão de Obra

As variações dos PN se dá devido aos tipos de motorizações que são produzidas, são elas em ordem de complexidade : 2.0 flex, 2.4 flex e 2.0 diesel. Com base nos últimos 6 meses produtivos e com a visão dos próximos 6 meses, tem-se a variação de tipos peças (mix de produção) solicitada pelo cliente, Tabela 3.

Foi realizado um estudo mais aprofundado a respeito do NVAA da linha do 551 Anterior L1. Para isso foi realizada uma estratificação, Figura 30, para entender como se comporta o NVAA dentro da linha de montagem.

Figura 30 - Estratificação de NVAA no 551 L1



Fonte: O autor (2021).

Nota-se que fazer/desfazer rolinho, organizar circuitos, caminhar e pegar fita somados representam 81% do NVAA na linha produtiva. Com isso, fica claro a necessidade de diminuir a quantidade de rolinhos na linha produtiva. As tabelas Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6 apresentam um mapeamento de rolinhos por derivação e as inserções por PDT.

Tabela 4 - Rolinhos por derivação no 551 L1

KIT	ROLINHOS
W007	7
C001	1
I001	1
MOTOR	6
Y003	6
H003	1

EMENDAS SOLTAS	4
CABO 1000	3
TOTAL	29

Fonte: O autor (2021).

Tabela 5 - Inserções por PDT na pré-montagem

POSTO	INSERÇÃO	P/TURNO
1	48	7680
2	18	2880
3	30	4800
4	60	9600
5	26	4160
6	50	8000
7	32	5120
TOTAL	264	42240

Fonte: O autor (2021).

Tabela 6 - Total de inserções na pré-montagem e carrossel

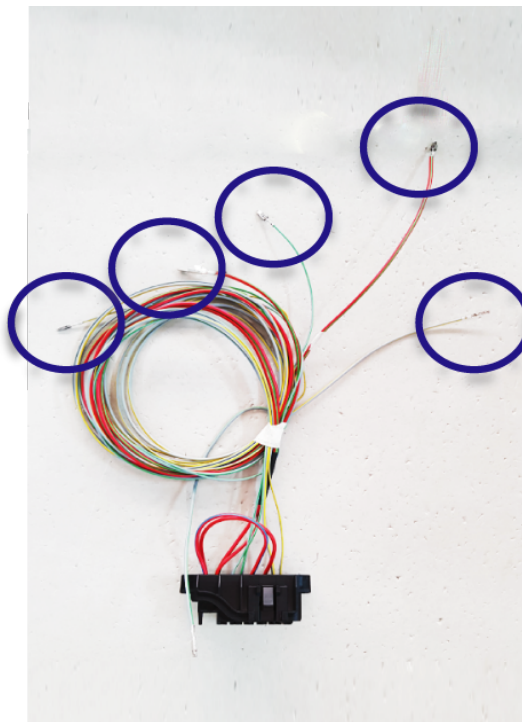
TIPO	Nº TOTAL CARR. PRÉ. CARR PRÉ.				
2.0/2.4 DIESEL	597	202	395	34%	66%
2.0 FLEX	399	135	264	34%	66%

Fonte - O autor (2021)

A principal ação a ser realizada com o intuito de diminuir os rolinhos na linha de montagem é a diminuição das inserções na fase de distribuição porque com os kits fechados seria possível fazer apenas um rolinho por cada PDT. Na Figura 31 é observado o modelo de um kit com pontas abertas, o que não favorece a diminuição de rolinhos. Já na Figura 32 é possível observar os principais kits que são

confeccionados nas estações de pré-montagem do 551 anterior L1. Foi, então, identificado a oportunidade de unir alguns kits tanto para diminuir as inserções nos PDT's de distribuição como também diminuir a ação de fazer e desfazer os rolinhos.

Figura 31 - Kit com pontas abertas



Fonte: O autor (2021).

Figura 32 - Principais kit's da linha 551 L1



Fonte: O autor (2021).

4.5.3 Passo 5.3 - Definição de Objetivo

A definição do objetivo é a fase onde será quantificado o percentual que será reduzido do problema e o prazo para que isso aconteça. Para definição de forma clara e objetiva, será utilizada a técnica de objetivo SMART (PAIVA, 2016), Tabela 7.

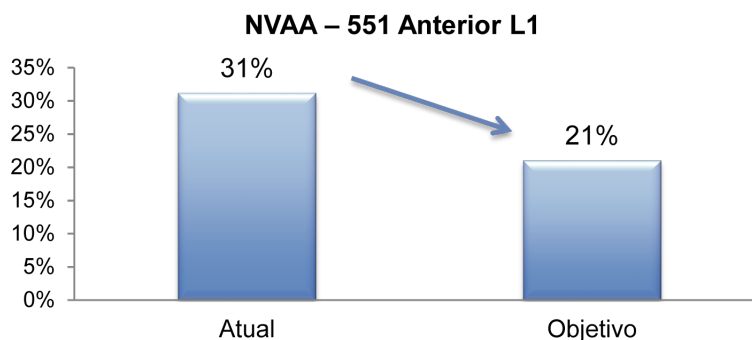
Tabela 7 - Objetivo SMART

Específico	Mensurável	Atingível	Realista	Temporal
Reduzir o número de rolinhos	Reduzir 21% o número de rolinhos	De 29 para 23	Representa o maior motivo do NVAA no processo	Em 2 meses
Reduzir o número de pontos para organização de circuitos	Reduzir 50% o número de pontos	De 18 pontos para 9	Representa o segundo maior motivo do NVAA no processo	Em 2 meses
Reduzir o deslocamento durante operação	Reduzir 50% o deslocamento	De 140s para 70s	Representa o terceiro maior motivo do NVAA no processo	Em 3 meses
Reduzir a troca de fita no acabamento do chicote	Reduzir 50% a ação de pegar fita	De 127s para 64s	Representa o quarto maior motivo do NVAA no processo	Em 1 mês

Fonte: O autor (2021).

Após definição SMART para atacar as 4 principais perdas na linha de produção por por NVAA tem-se como objetivo uma redução média de 42,75% das principais perdas. Esse percentual representa diminuir o NVAA geral da linha em 9,87%, como mostra a Figura 33.

Figura 33 - Redução de NVAA



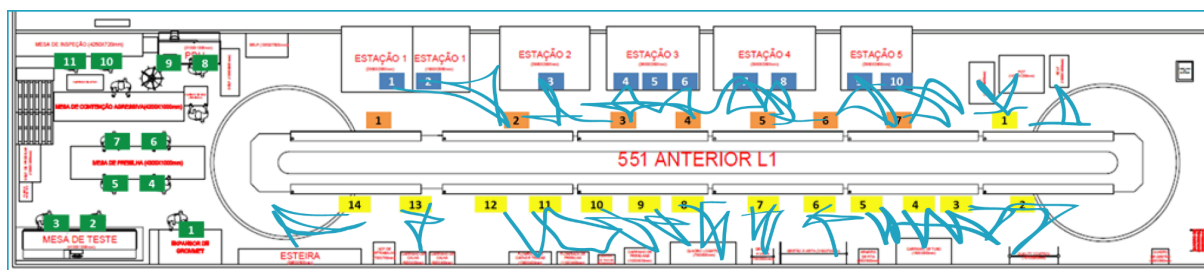
Fonte: O autor (2021).

4.5.4 Passo 5.4 - Análise de causa

Após a etapa de definição dos objetivos foram analisadas as causas raízes com o objetivo de fornecer subsídio de informações para que seja desenhado um plano de ação para atacar os problemas definidos no objetivo SMART. Para análise de causa raiz foram utilizadas as ferramentas do Spaghetti chart, Diagrama de Ishikawa/4M e 5 porquês.

O Spaghetti apresenta o layout da linha e as principais movimentações realizadas. Como no processo analisado o grupo que mais exerce deslocamento são os colaboradores da distribuição, esse setor é o que foi avaliado no spaghetti chart, Figura 34.

Figura 34 - Spaguetti Chart linha de produção 551 L1



Fonte: O autor (2021).

Tabela 8 - Passos na distribuição do 551 L1

Setor	Posto	Atividades	Passos	P/Turno
Distribuição	1	Pegar a pré e distribui na mesa	13	1820
Distribuição	2	Pegar PDU e distribui na mesa	25	3500
Distribuição	3	Pegar o M104 e distribuir na mesa	22	3080
Distribuição	4	Pegar o Y003.AA e distribuir na mesa	23	3220

Distribuição	5	Pegar componentes (alguns cabos) e distribuir na mesa	20	2800
Distribuição	6	Pegar Trançado, olhal e C010 e distribuir na mesa	11	1540
Distribuição	7	Pegar emendas e distribuir na mesa	8	1120
Distribuição	8	Pegar 3 olhais distribuir nas mesas	23	3220
Distribuição	9	Pegar Cabo 1000 e trançado e distribuir na mesa	18	2520

Fonte: O autor (2021).

Portanto nota-se através da Tabela 8, que o colaborador 2 é o que mais se desloca ao longo do dia na linha de produção acarretando um desgaste físico acima do normal para o colaborador.

O diagrama de Ishikawa visa avaliar os 4 principais M's para direcionar com qual deles o problema está diretamente relacionado, conforme apresentado na Figura 35.

Figura 35 - Diagrama de Ishikawa



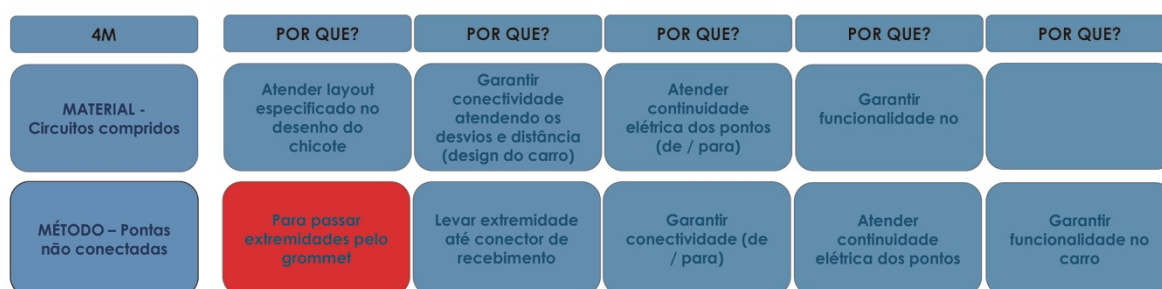
Fonte: O autor (2021).

Após a análise identificou-se que o problema está diretamente relacionado ao material e ao método nas seguintes vozes: Circuitos muito compridos, o que é uma

característica do produto; Pontas não conectadas, que está relacionado ao método definido. Já foi visto no passo 5.2, 4.5.2, que pontas abertas não favorecem para diminuição dos rolinhos. Portanto, uma das possíveis ações que foi avaliada em seguida foi rever os métodos para diminuir as pontas abertas e consequentemente diminuir os rolinhos.

Para análise final da causa raiz se foi utilizado o método dos 5 porquê, Figura 36, com as hipóteses identificadas na análise anterior dos 4M's.

Figura 36 - Análise 5 Porquês

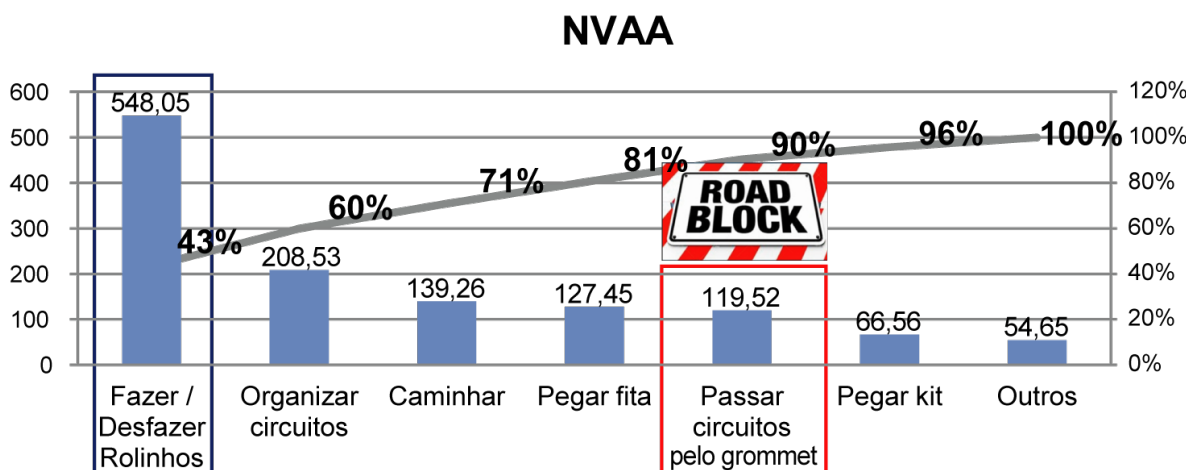


Fonte: O autor (2021).

Para primeira análise é observado que o comprimento longo dos circuitos se deve a uma necessidade específica do veículo, visto que pontos elétricos ao longo do automóvel são necessários para garantir sua funcionalidade. Porém na segunda análise, na resposta do primeiro porque se identifica um *roadblock*³ que é a passagem de circuitos pelo grommet. Na Figura 37 está apresentado o gráfico de pareto que demonstra as dificuldades encontradas no desenvolvimento do trabalho.

³ Bloqueio de Percurso/estrada. No contexto do trabalho representa um bloqueio no desenvolvimento.

Figura 37 - Evidência de roadblock



Fonte: O autor (2021).

Pelo fato do grommet possuir um orifício de entrada e saída pequenos e rígidos, essa situação favorece que o método de montagem especifique as pontas dos kits sejam abertas visto que os conectores são bem maiores que a abertura do orifício do grommet. Logo, para que seja possível reduzir a quantidade de rolinhos, é necessário eliminar esse *Roadblock* do caminho, caso contrário não será possível desenvolver um novo método de pré-montagem e distribuição que favoreça a diminuição dos rolinhos.

Portanto, devido ao fato identificado que o grommet impede a continuidade do desenvolvimento do projeto, foi necessário retomar ao passo 5.2 para que fosse possível realizar um complemento no estudo do sistema focalizado, na atividade de passar circuitos pelo grommet e também ao passo 5.3 para que fosse possível definir um novo objetivo SMART.

4.5.5 Complemento do estudo de sistema

Devido ao roadblock encontrado no passo anterior se fez necessário um complemento ao passo 5.2 visto que foi necessário entender, um pouco mais, sobre a passagem de circuitos pelo grommet.

O time multidisciplinar destinado ao desenvolvimento do projeto realizou uma nova verificação, *in loco*, focalizando nas atividades relacionadas a passagem de circuitos pelo grommet. Segue relatório obtido através de dados técnicos e também obtido por meio de *relatos* dos operadores que executam essa atividade.

4.5.5.1 Relatório sobre a passagem de circuitos pelo grommet

Linha: 551 Anterior L1. Os operadores foram entrevistados em sequência a partir do primeiro PDT que trabalha com o grommet. Ao todo foram avaliados 10 PDT's, dentre eles 1 de pré-montagem e os demais de distribuição.

Pré-montagem 1: Operação cansativa aos ombros, visto que a atividade se repete quantas vezes seja a meta de produção que no momento é de 130 chicotes por dia. O processo de passagem de circuitos pelo grommet, apresentado na Figura 38, é considerado muito chato.

Figura 38 - Passagem de circuitos pelo grommet na pré-montagem



Fonte: O autor (2021).

Distribuição (PDT 1 ao 9): Muita dor no ombro, principalmente no PDT 2, pois é a região que mais passa circuitos pelo grommet, dessa forma o operador necessita exercer uma força relativamente alta. Todos os rolinhos preparados na pré-montagem são desfeitos (abertos) em todos os PDT's de distribuição para passagem pelo grommet

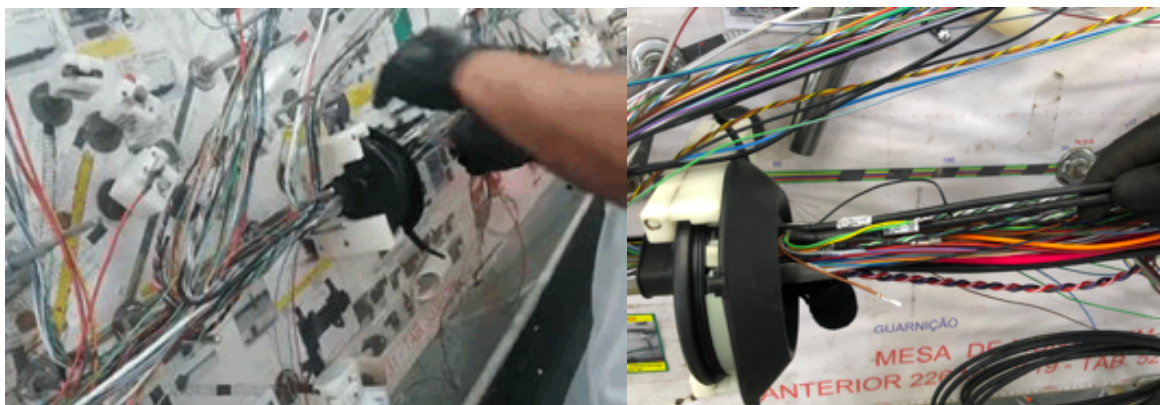
É muito comum que os circuitos mais finos se enrosquem entre si, atrasando e atrapalhando todo o processo, isto é algo inclusive relatado em todos os postos de distribuição. É muito comum também os circuitos se enroscarem na ferramenta utilizada para passagem dos circuitos (casquilho), na região da maçaneta. O circuito é danificado, principalmente no fim da montagem, pois o grommet já possui diversos circuitos acoplados e ainda é preciso passar mais alguns.

Nesse processo, quando os novos circuitos são adicionados e puxados para passar pelo grommet seus terminais danificam os circuitos que já estão localizados no grommet. Isso se potencializa quando é utilizado um circuito com olhal. No último posto (PDT 9) o operador precisa retirar o castilho existente e utilizar um menor para passar alguns cabos, visto que, se ele não fizer esta operação, os novos circuitos realmente não irão passar.

Devido a todas as dificuldades envolvidas, o processo se torna chato e cansativo. Na Figura 39 e Figura 40 é apresentado o processo de passagem de circuitos pelo grommet no carrossel. Na

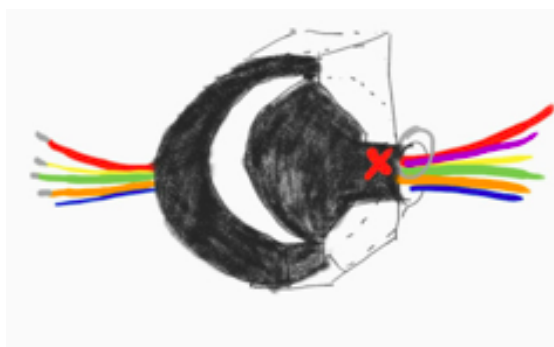
Tabela 9 é apresentado a quantidade de circuitos que passam pelo grommet por PDT por chicote produzido.

Figura 39 - Passagem de circuitos pelo grommet no carrossel



Fonte: O autor (2021).

Figura 40 - Ilustração do grommet e posição na mesa do carrossel



Fonte: O autor (2021).

Tabela 9 - Quantidades de circuitos que passam no grommet por PDT

Pré1	Pdt2	Pdt3	Pdt4	Pdt5	Pdt6	Pd7	Pdt8	Pdt9	Total
28	14	6	12	7	9	3	3	6	88

Fonte: O autor (2021).

Nota-se que a passagem de circuitos pelo grommet realmente é um uma atividade roadblock no processo, visto que ela limita que otimizações sejam realizadas, a fim de diminuir o NVAA da linha.

4.5.6 Redefinição de objetivo para eliminar *roadblock* no processo

Após uma maior clareza sobre a atividade de passagem de circuitos pelo grommet, que é considerada um *roadblock* no processo produtivo, foi definido um novo objetivo SMART, Tabela 10, para ser atacado pelo time visto que essa limitação no processo impede o prosseguimento do desenvolvimento sem a eliminação do *roadblock*.

Tabela 10 - Redefinição dos objetivos

Específico	Mensurável	Atingível	Realista	Temporal
Reduzir a passagem dos circuitos pelo grommet	Reduzir 50%	De 120s de NVAA para 60s.	Representa o quinto maior motivo de NVAA no processo Representa um RoadBlock no processo.	Em 2 meses

Fonte: O autor (2021).

4.5.7 Passo 5.5 - Ações e medidas de combate

Com base nos objetivos definidos pela equipe, a ação e medidas de combate foram desenvolvidas focando inicialmente em reduzir a passagem dos circuitos pelo grommet e em seguida focando na diminuição do NAA e dessaturação da linha.

Após um *brainstorm*⁴, foram levantadas algumas possibilidades para evitar passar circuitos pelo grommet de posto a posto da pré-montagem e distribuição como é feito no processo atual. Seguem as propostas:

- a) Solução 1: Retirar o grommet do veículo, conseqüentemente da estrutura chicotes elétricos;
- b) Solução 2: Expandir os orifícios do grommet ou torná-los menos rígidos;
- c) Solução 3: Centralizar os PDT's de passagem de circuitos pelo grommet em apenas um PDT.

A solução 1 foi descartada logo no início das análises pois conforme visto no projeto do veículo o grommet é um elemento indispensável, logo o mesmo não pode ser retirado da estrutura do chicote elétrico. Para solução 2, foi avaliado com o time de projetos, a possibilidade de alterar a matéria prima da composição do grommet, para assim os orifícios se tornarem mais flexíveis, porém, essa possibilidade também foi descartada, pelo fato de que a matéria prima do grommet é consolidada de forma global e todos os veículos fazem o uso do mesmo material.

Por fim, foi avaliada a solução 3 que diferentemente das outras duas soluções, que recomenda alteração na composição do produto, ela propõe um reposicionamento dos PDT's de passagem do grommet, essa ação está relacionada apenas ao método de montagem definido pela planta. Portanto a solução escolhida por todos os integrantes como factível foi a 3, logo ela que será executada no desenvolvimento do projeto.

Como já é sabido os PDT's de pré-montagem e distribuição sofrem com a passagem dos circuitos pelo grommet. Dessa forma, distribuir entre eles a quantidade de circuitos não traria nenhum benefício ao processo nem aos colaboradores. Sendo assim, foi proposto passar todos os circuitos de uma única vez pelo grommet. Para tal proposta, existem duas possibilidades:

- a) Opção 1: Passar todos os circuitos soltos, pontas abertas, na fase de pré-montagem;
- b) Opção 2: Montar todo o chicote elétrico sem o grommet e após o acabamento na fase na qual o chicote já está pronto, realizar a passagem do grommet.

⁴ Tempestade de ideia. Termo, em inglês, utilizado para se referir a reuniões em grupo na qual são apresentadas varias ideias a cerca do tema tratado.

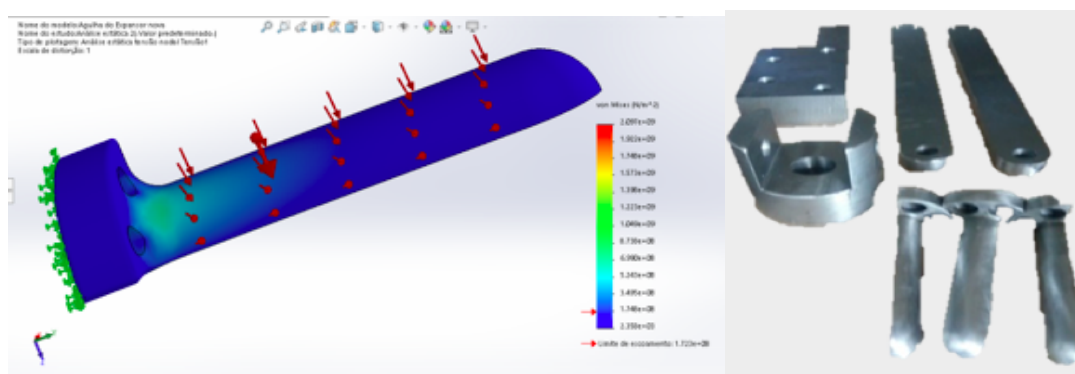
A opção 1 seria ótima no que diz respeito à passagem dos circuitos pelo grommet, visto que, todos seriam passados de uma única vez, porém, essa opção é ruim ao processo de montagem pois iria aumentar consideravelmente a quantidade de rolinhos e, conseqüentemente, o tempo de produção de cada chicote, fazendo com que a capacidade da planta fosse reduzida.

A opção 2 também traz o benefício da passagem dos circuitos pelo grommet em um único PDT, porém o fato de alguns conectores serem maiores que os orifícios do grommet limita essa opção a menos que seja desenvolvido algum dispositivo capaz de alargar os orifícios em um estágio suficientemente necessário a passagem dos conectores.

Apesar de difícil, a opção 2 foi a escolhida pelo time multifuncional para ser implementada. Decidiu-se, portanto, que seria criada uma máquina expansora de grommet no final do processo que fosse capaz de alargar os orifícios e conseqüentemente permitir a passagem dos conectores. Para o desenvolvimento da máquina expansora de grommet foi contratada uma empresa terceirizada capaz de executar tal atividade no tempo estabelecido de projeto.

A primeira fase do desenvolvimento da máquina foi a concepção de agulhas que fossem capazes de superar a rigidez do grommet e expandi-lo de forma segura, conforme é apresentado na Figura 41.

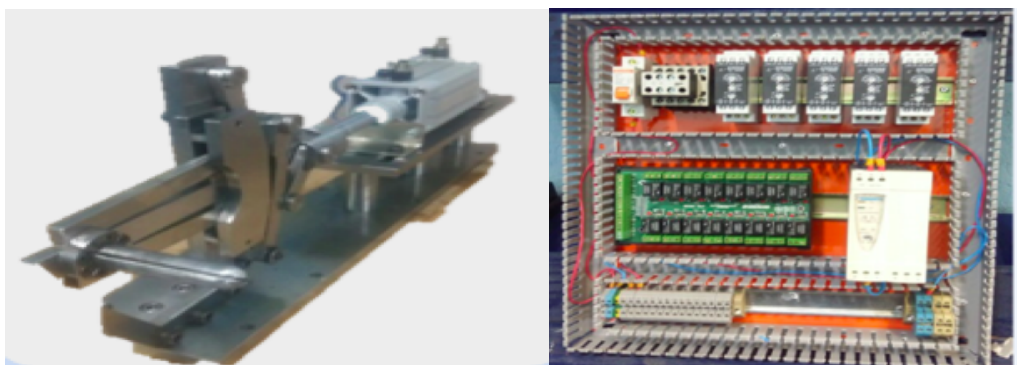
Figura 41 - Desenvolvimento de agulhas para máquina expansora de grommet



Fonte: O autor (2021).

Após a definição das agulhas, seguiu-se para a concepção do funcionamento da máquina. Nessa fase foram definidos o sistema pneumático, elétrico e mecânico de acionamento das agulhas conforme apresentado na Figura 42.

Figura 42 - Definição dos sistemas pneumático, elétrico e mecânico



Fonte: O autor (2021).

Em seguida a máquina expansora de grommet foi finalizada e disponibilizada a planta, Figura 43.

Figura 43 - Máquina finalizada disponível para testes iniciais



Fonte: O autor (2021).

Por fim, se iniciaram os testes de validação da máquina expansora de grommet, Figura 44.

Figura 44 - Testes para validação da máquina e do processo



Fonte: O autor (2021).

4.5.8 Passo 5.6 - Resultados

Ao fim da fase de validação de teste a máquina foi incorporada a linha de produção. Na Tabela 11 é apresentado o antes e o depois no processo produtivo.

Tabela 11 - Tabela comparativa antes x depois

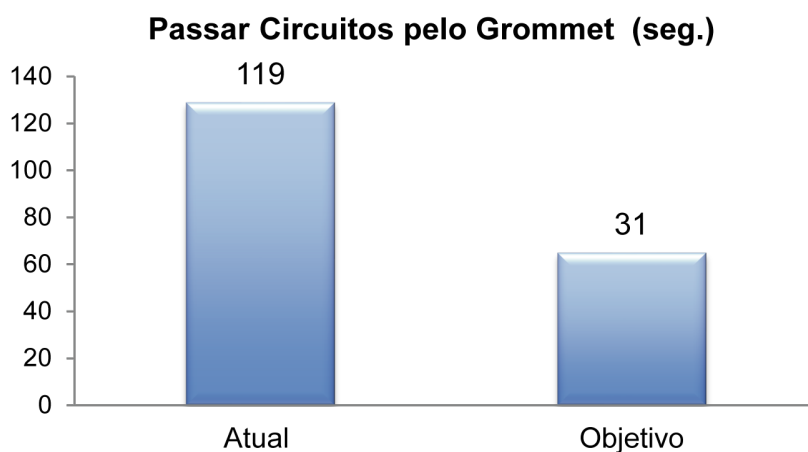
ANTES	DEPOIS
	
Passagem de circuitos distribuídos por 9 PDT's;	Passagem de circuitos distribuídos por apenas 1 PDT's;
Total de 88 Circuitos passados pelo grommet;	Total de 0 Circuitos passados pelo grommet;

Total de 119,52 segundos de NVAA especificamente da passagem de circuitos pelo grommet;	Total de 31,44 segundos de NVAA especificamente da passagem de circuitos pelo grommet;
Total de 29 Rolinhos;	Total de 11 Rolinhos ;
Total de 106 colaboradores (2 Turnos)	Total de 97 colaboradores (2 Turnos)

Fonte: O autor (2021).

A partir dos resultados obtidos, é possível avaliar se os objetivos definidos para o projeto foram cumpridos. Primeiramente será avaliado com respeito ao *roadblock* identificado no processo, que limitava todas as outras ações.

Figura 45 - Tempo (s) passagem de circuitos pelo grommet



Fonte: O autor (2021).

Por meio da Figura 45 nota-se uma redução de 73,9% do tempo de passagem dos circuitos pelo grommet, cumprindo assim com as expectativas delineadas inicialmente que eram de 50% de redução e eliminando o *roadblock* do processo, Tabela 10.

Em seguida foi avaliado a redução do NVAA, conforme objetivo apresentado no tópico 4.5.3, reduzir em no mínimo 9,87% do NVVA da linha de produção do 551 Anterior L1. O resultado pode ser visto no Figura 46.

Figura 48 - Ordem de produção

PDT 01 551992760						PDT 01 551992770						PDT 01 551992780						PDT 01 551992790					
551		Anterior				551		Anterior				551		Anterior				551		Anterior			
KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO
6	A					6	A					6	B					6	B				
7	A					7	A					7	B					7	B				
8	A					8	A					8	B					8	B				
9	A					9	A					9	B					9	B				
PDT 01 551992820						PDT 01 551992830						PDT 01 551992840						PDT 01 551992850					
551		Anterior				551		Anterior				551		Anterior				551		Anterior			
KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO	KIT	OPÇÃO
6	B					6	B					6	B					6	A				
7	B					7	B					7	B					7	D				
8	B					8	B					8	B					8	A				
9	B					9	B					9	B					9	A				

Fonte: O autor (2021).

Nas Figuras 49 e 50, são apresentados os mapas de fonte de sujeira da máquina, que tem como objetivo auxiliar ao operador na limpeza e manutenção autônoma da máquina.

Figura 49 - Mapa de fonte de sujeira



Fonte: O autor (2021).

Figura 50 - Mapa de locais de difícil acesso



EXPANSOR DE GROMMET

Fonte: O autor (2021).

4.6 PASSO 6 - ANÁLISE DE BENEFÍCIO/CUSTO (B/C)

O principal objetivo do passo 6 é avaliar se o projeto foi rentável para a planta fabril no quesito financeiro. Para isso se avalia quantas vezes o benefício é superior ao custo principal do projeto. Para que um projeto seja considerado rentável o B/C deve ser maior do que 1 ($B/C > 1$). A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os resultados financeiros que foram atingidos neste trabalho.

Figura 51 - MOD antes x depois

Cálculo do Ganho	ANTES	DEPOIS
1º Turno - Operadores	100	100
2º Turno - Operadores	25	0
Quantidade de Peças (Total - 1º Turno + 2º Turno)	320	320
Custo Hora	R\$18.22	
Horas trabalhadas (total)	1005.25	813
HPP (Horas por peça)	3.141	2.541
Delta (Ganho)	0.601	
Ganho R\$	R\$441,352.17	

Fonte: O autor (2021).

Figura 52 - Produtividade – MOD e Custo do projeto

CÁLCULO DE PRODUTIVIDADE			
Qtd de Peças (Inicial)	Qtd Operadores (inicial)	Chicote / operador	Delta
320	125	2.560	0.640
Qtd de Peças (Final)	Qtd Operadores (final)	Chicote / operador	
320	100	3.200	

CUSTO DO PROJETO	
EXPANSOR	R\$14.560,00
TOTAL	R\$14.560,00

Fonte: O autor (2021).

Portanto, segue análise de B/C, Tabela 12:

Tabela 12 - Análise de B/C

BENEFÍCIO	R\$ 441.352,17
CUSTO	R\$ 14.560,00
SAVING	R\$ 426.792,17
B/C	30

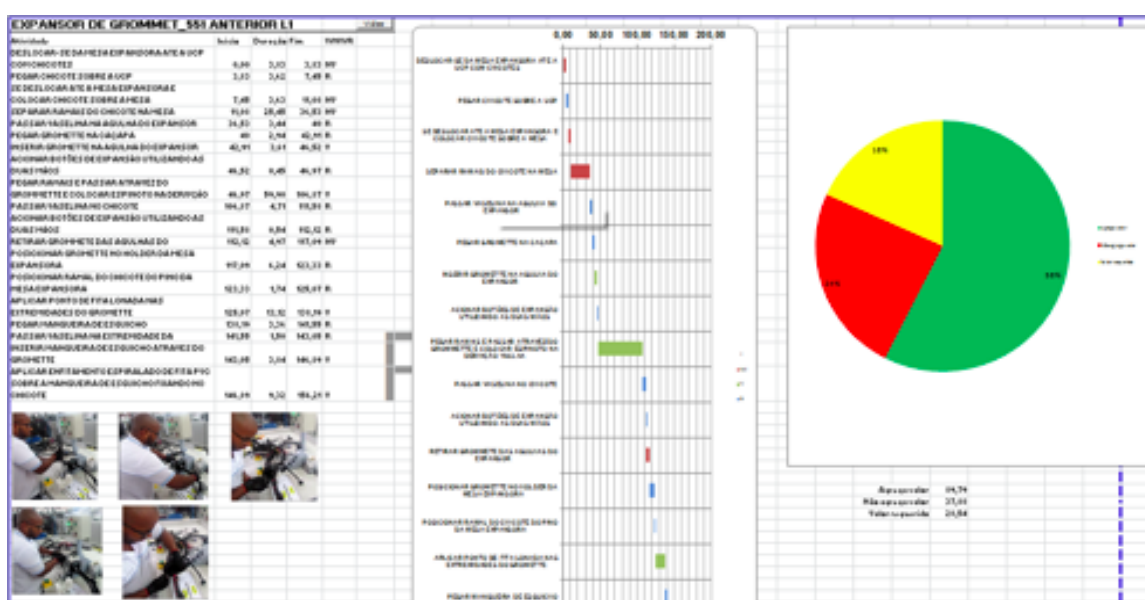
Fonte: O autor (2021).

4.7 PASSO 7 - MONITORAMENTO E EXPANSÃO HORIZONTAL

Após a implantação das melhorias é importante um acompanhamento dos KPIs considerados no projeto por no mínimo 3 meses, a fim de analisar algum possível distúrbio não percebido durante a análise da causa raiz ou na implantação da solução.

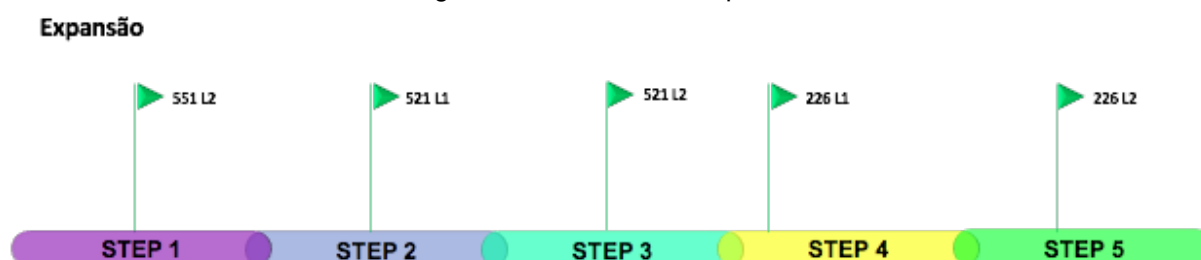
Além disso, é importante analisar a possibilidade de aplicar a mesma solução em situações semelhantes para outros processos ou modelos. Na tem-se a validação do uso da máquina expansora de grommet no processo produtivo, na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é visto a previsão de expansão do trabalho para as demais linha produtivas.

Figura 53 - Validação da máquina expansora de grommet



Fonte: O autor (2021).

Figura 54 - Previsão de expansão



Fonte: O autor (2021).

5 CONCLUSÃO

Tendo como base os resultados conquistados, pode-se informar que o principal objetivo deste trabalho, a redução das atividades que não agregam valor e dessaturação foram alcançados. Além disso, também foi possível aprofundar os conhecimentos na metodologia WCM e sobre a indústria automotiva no panorama Brasileiro.

Para cumprir esse objetivo foi necessário aplicar de maneira consistente os 7 passos da metodologia WCM, do pilar FI. Durante a aplicação da metodologia foi possível expandir alguns conhecimentos chaves no que diz respeito ao desenvolvimento de projetos de melhorias. Dentre eles, estratificação e priorização com base em dados financeiros, análise de causa raiz, análise de causa e efeito (Ishikawa), definição de objetivos.

Segundo a metodologia após a fase do planejamento, vem a fase do fazer (do). Nela foram discutidos possibilidades de solução ao problema proposto, passagem de circuitos pelo grommet. Nesta fase foi desenvolvido junto a um fornecedor um dispositivo semiautomático para auxílio na passagem dos circuitos, bancada expansora de grommet, com isso o uso do dispositivo foi essencial na redução de 13% de NVAA e 9,2 de dessaturação na linha de produção.

Por ser um trabalho pioneiro em uma indústria de chicotes elétricos os resultados atingidos tem potencial de expandir os conhecimentos e ideias para futuras aplicações, não sendo restrito ao mesmo tipo de processo produtivo.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Trabalhos subsequentes referentes ao problema de passagem de circuitos pelo grommet, poderão abordar os seguintes assuntos para desenvolvimento de um sistema ou máquina mais robusta:

- a) Desenvolvimento junto ao fornecedor de uma estufa, para que seja possível expandir o grommet pela sua dilatação e consequentemente passar os circuitos com facilidade.
- b) Fazer uma análise completa da concepção e aplicação do grommet no veículo, buscando avaliar a possibilidade de alterar a composição da

borracha, para diminuir a rigidez e consequentemente melhorar a passagem dos circuitos.

- c) Utilização de GPS e acelerômetros nos operadores para entender melhor os deslocamentos e atividades que não agregam valor ao produto.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. V.; A aplicação da metodologia world class manufacturing - WCM em processo de fabricação de amortecedores automotivos, 2017.

DE OLIVEIRA, Ana Carolina Melega Duarte et al. Estudo de Implantação do Pilar de Melhoria Focada da Metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma empresa do setor automotivo do interior de São Paulo. Revista ESPACIOS| Vol. 36 (Nº 10) Año 2015, 2015.

FELICE, F.; PETRILLO, A. Optimization of manufacturing system through World Class Manufaturig. International Federation of Automatic Control – IFAC, v. 48, n. 3, p. 741-746. 2015.

FELICE, F.; PETRILLO, A.; MONFREDA, S. Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry. InTech - Open Science Open Minds, p. 1–30, 2013.

GARBERDING, Scott. World Class Manufacturing. Chrysler Group LLC 2010-14 Business Plan, 2009. Disponível em <http://www.fcausllc.com/Investor/presentations/other/ChryslerDocuments/World_Class_Manufacturing.pdf> Acesso em: 17, maio, 2021

JOAQUIM, A. L. V. Case study on the implementation of Autonomous Maintenance pillar from World Class Manufacturing (WCM) methodology in a multinational company from consumer goods sector. 2017. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017

MARTINS, Fernando Luiz. Eficiência energética: gestão metodológica para a redução de energia elétrica na indústria. Florianópolis, 04 de novembro de 2016.

PAIVA, Edson de Carvalho. A utilização do método smart para redefinir os objetivos estratégicos da liderança: Um estudo de caso aplicado em um fornecedor de peças plásticas da indústria automobilística. 2016.

QUEIROZ, Matheus Dantas de. Estudo de caso da implantação do pilar de controle da qualidade da metodologia WCM. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SALVADOR, C.G. Ishikawa Cause and Effect Diagrams: A useful tool in designing economic analyses. Value in Health. v. 7, n 3, pp 301-302, 2004.

YAMASHINA, H. Challenge to World Class Manufacturing. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 17, n. 2, p. 132-143. 2000.

YAMASHINA, Hajime. WCM Introduction. Material interno da empresa em estudo, 2014.

MENDES, Rafael de Carvalho. Gestão do Conhecimento aplicada ao Modelo de World Class Manufacturing: proposta de método que suporte a gestão de quick-kaizens. 2017. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Centro Universitário Una Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Administração, Una, Belo Horizonte, 2017.

PAIVA, Edson de Carvalho. A utilização do método smart para redefinir os objetivos estratégicos da liderança: Um estudo de caso aplicado em um fornecedor de peças plásticas da indústria automobilística. 2016.