

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

LUIZ GUSTAVO PRESTES STOCCO PIRES
NICOLLE KUZMICZ

**PROPOSTA DE MELHORIA DE *LAYOUT* EM UMA
MONTADORA DE VEÍCULOS UTILITÁRIOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
(Tcc2)

CURITIBA

2018

LUIZ GUSTAVO PRESTES STOCCO PIRES
NICOLLE KUZMICZ

**PROPOSTA DE MELHORIA DE *LAYOUT* EM UMA
MONTADORA DE VEÍCULOS UTILITÁRIOS**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes
Coorientador: Msc. Marcelo Silva Meira

CURITIBA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa “PROPOSTA DE MELHORIA DE LAYOUT EM UMA MONTADORA DE VEÍCULOS UTILITÁRIOS”, realizado pelos alunos LUIZ GUSTAVO PRESTES STOCCO PIRES e NICOLLE KUZMICZ, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes

DAMEC, UTFPR

Orientador

Prof. Dr. Cleina Yayoe Okoshi

DAMEC, UTFPR

Coorientador

Prof. Dr. Osvaldo Verussa Junior

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 06 de dezembro de 2018.

AGRADECIMENTOS (Nicolle Kuzmicz)

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, que são meu tudo, e se não fosse por eles não estaria aqui hoje. Obrigada por sempre me suportarem de todas as maneiras possíveis e nunca deixaram de acreditar em mim mesmo após tantos anos na graduação.

À minha família, de maneira geral, que sempre, ou quase sempre, foi compreensiva quanto à minha ausência nos eventos de família em decorrência dos estudos.

Aos meus amigos, por todo a parceria e apoio emocional cedido. Obrigada por, apesar dos xingamentos, não desistirem de mim mesmo após meu período de reclusão social, vocês sabem que foram sacrifícios em prol de um bem maior.

Ao Jonathan, meu amor e parceiro de todas as horas, por nunca ter saído do meu lado, mesmo quando 100% do meu tempo e atenção estavam sendo dedicados às minhas atividades acadêmicas. Obrigada pela compreensão e por tolerar todo e qualquer estresse que possa ter sido canalizado em cima de você durante este período conturbado que estou vivenciando.

Ao LG, que topou mergulhar de cara neste desafio que foi desenvolver um TCC de tamanha responsabilidade com base num projeto a ser implementado na empresa em que trabalhamos. Obrigada por aguentar com maestria todos meus surtos e desesperos relacionados a todas as pedras nas quais tropeçamos pelo caminho e desculpa por não conseguir escrever duas linhas sem desformatar o trabalho inteiro.

Ao meu supervisor e mestre Marcelo Meira, que foi meu tutor durante meu período de estágio e proporcionou praticamente toda a base necessária para confecção deste trabalho.

A todos meus colegas de trabalho que contribuíram transmitindo seus conhecimentos, sem os quais não seria possível escrever este trabalho.

Ao professor Reaes que aceitou nos orientar e acreditou no potencial do nosso trabalho e, mesmo após tantos contratemplos, sempre nos motivou a alcançar os melhores resultados possíveis.

Por fim, a todos que depositaram a confiança em mim e de alguma maneira contribuíram para minha formação pessoal, acadêmica ou profissional, saibam que foi com ajuda de vocês que eu cheguei até aqui. Vocês têm um lugar especial guardado no meu coração.

AGRADECIMENTOS (Luiz Gustavo Prestes Stocco Pires)

Agradeço primeiramente a minha mãe Gisele Prestes Stocco, que durante toda a vida se esforçou ao máximo para investir seu tempo e dinheiro no meu futuro, sendo de grande importância para a formação de quem sou hoje. Todos os momentos difíceis desde o início da graduação até o presente momento obtive suporte para passar de maneira mais leve e produtiva.

A minha namorada, Ana Luiza Lenz, que esteve presente desde 2011 em minha vida, me ensinando a ser mais paciente, menos metódico e muito mais feliz. Sua companhia me fez atingir os momentos finais da graduação com a saúde mental estável e com grandes planos para o que nos aguarda nos anos seguintes.

A minha família que foi tolerante e presente durante este percurso, me ajudando a enxergar o próximo com mais sabedoria e ética, formando meu caráter.

A empresa que se demonstrou aberta a iniciativas acadêmicas oferecendo todo o suporte solicitado para a realização do presente trabalho evitando burocracias desnecessárias e incentivando o desenvolvimento produtivo.

Ao professor orientador Paulo Reaes que sempre esteve disponível para tirar dúvidas sobre o presente TCC, além das disciplinas ministradas ao decorrer da graduação. Sua paciência e ética ao ensinar é exemplar e vou levar comigo para a vida profissional.

Por fim agradeço a UTFPR como um todo, a qual estudo desde 2008, onde me formei técnico, formarei engenheiro, conheci minha atual namorada, onde passei incontáveis horas da minha vida focado em me tornar um ser humano melhor. Conheci amigos, melhorei minhas habilidades futebolísticas, aprendi como bons professores trabalham, e também como os não tão bons falham. Com todas as vivências ali passadas, recomendo a instituição para todos e provavelmente voltarei a frequentar aulas ministradas na UTFPR em um futuro não tão distante.

RESUMO

PIRES, L. G. P.S; KUZMICZ, N. PROPOSTA DE MELHORIA DE *LAYOUT* EM UMA MONTADORA DE VEÍCULOS UTILITÁRIOS. 98 f. Trabalho de conclusão de curso – Tcc2, Bacharelado em Engenharia Mecânica, Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Esta pesquisa apresenta uma aplicação prática de um estudo de caso de gargalo em uma linha de montagem de um setor de carroceria. Os postos não possuem os mesmos tempos e não atendem o tempo *takt* da fábrica, além de possuírem estoques em borda de linha. Estes fatores acarretam problemas para o *layout*, contribuindo para o aumento de tempo de deslocamento e de seleção das peças pelo operador. O estudo apresenta conceitos de gestão da produção, balanceamento de linha e análise de gargalo. O trabalho traz como resultado uma proposta de aplicação de um projeto de sistema *kitting* como ferramenta da manufatura enxuta e da automatização de operações. Portanto demonstra novas possibilidades para indústrias com problemas semelhantes e necessidades de atualizações fabris.

Palavras-chave: Gestão Da Produção, *Kitting*, Produção Enxuta, Balanceamento de Linha, *Layout*, Gargalo.

ABSTRACT

PIRES, L. G. P.S; KUZMICZ, N. Proposal of improvent of layout in a automaker of utility vehicles. 98 f. Undergraduate Thesis, Mechanical Engineering, Academic Mechanical Engineering Department, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

This research presents a theoretical approach with practical application of a bottleneck case study in an assembly line of an automotive bodywork sector. The stations have different times, which do not meet the takt time of the factory, in addition to having row-edge stocks. These facts lead problems for the *layout*, increasing the operator's travel time and parts selection time. These activities does not add value to the final product, representing waste, in lean production theory. This study presents concepts of production management, line balancing and bottleneck analysis. The study brings results reached by the implementation of the kitting system as a lean manufacturing tool and by the automation of operations. Therefore, the study demonstrates new possibilities for industries with similar problems and needs for updates factory.

Keywords: Production Management, Kitting, Lean Manufacturing, Line Balancing, Layout, Bottleneck.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Capacidade de Produção	32
Equação 2 - Percentagem de Ociosidade	32
Equação 3 – Cálculo de DSTR	42
Equação 4 – DSTR	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplificação de Tamanho de Modelos	18
Figura 2 - Montagem do Enquadramento no Posto G01.....	19
Figura 3 - Montagem da Lateral Esquerda de um Modelo X1 no posto G01. ..	20
Figura 4 - Soldagem de Componentes em um Modelo X3 no Posto G02.....	20
Figura 5 - Soldagem de Componentes de um Modelo X2 no Posto G03.....	21
Figura 6 - Soldagem de Componentes de um Modelo X3 no Posto G04.....	21
Figura 7 - Postos de Preparação.....	22
Figura 8 - Área de Furação.	22
Figura 9 - Fluxo de Processos.....	23
Figura 10 - Sinóptico Representando o <i>Layout</i> Atual da Linha Estudada	25
Figura 11 - <i>Layout</i> Poluído Devido ao Volumoso Estoque em Borda de Linha.27	
Figura 12 – <i>Kitting</i>	34
Figura 13 - Os Sete Tipos de Desperdícios	40
Figura 14 - Dispositivo Utilizado Nos Postos G01 e G02 Para Montagem da Lateral no Enquadramento	45
Figura 15 - Novo Dispositivo Feito Para o Posto G00 Para Montagem de Enquadramentos e Coluna Traseira do CC	46
Figura 16 - <i>Layout</i> Atual da Área de Furação. Excesso de Estoque em Borda de Linha e Arranjo Mal Aproveitado: Alta Capacidade Ociosa	47
Figura 17 - Fluxo de Processos Após a Mudança de <i>Layout</i>	47
Figura 18 - Picking By Ligth.....	50
Figura 19 – AGV Transportando Dois Carrinhos Simultaneamente	53
Figura 20 – Carrinho <i>Kitting</i> Sendo Conduzido por Trilhos Laterais Elétricos..	54
Figura 21 – Representação da Hipótese 1 (<i>Layout</i> 1).....	56
Figura 22 - Célula Robótica com Mesas Horizontais.....	57
Figura 23 – Representação Alternativa da Hipótese 1 (<i>Layout</i> 2).....	58
Figura 24 – Representação da Hipótese 2 (<i>Layout</i> 3).....	59
Figura 25 – <i>Layout</i> Otimizado	63
Figura 26 – Representação da Atividade de Listagem de Peças.....	66
Figura 27 – Carrinhos <i>Kitting</i> dos postos G01 e G02 abastecidos.....	66
Figura 28 – Borda de Linha Antes da Implementação do Projeto	67
Figura 29 – Fixação Ergonômica de Componentes Grandes.....	68

Figura 30 - Peças a serem retiradas do carrinho com gestos simultâneos.	69
Figura 31 – Necessidade de Dois Operadores para Alimentar o Dispositivo de Solda com um Painel	69
Figura 32 - Exemplo de Sistema de Elevação Tesoura	70
Figura 33 - Mecanismo de Deslizamento dos Painéis até o Dispositivo	70
Figura 34 - Carrinho <i>kitting</i> com Sistema de Elevação Embutido.....	71
Figura 35 – Assistência de Posicionamento para o Operador.....	72
Figura 36 – Comparação de Ergonomia	75
Figura 37 - Diagrama de Espaguete Posto G02 Antes da Melhoria.....	78
Figura 38 - Diagrama de Espaguete Posto G02 Após a Melhoria.....	78
Figura 39 - Gráficos de pizza de VA/NVA G01 Antes da Mudança de Layout .	82
Figura 40 - Gráficos de pizza de VA/NVA G02 Antes da Mudança de Layout .	82
Figura 41 - Gráficos de pizza de VA/NVA G01 Após da Mudança de Layout ..	83
Figura 42 - Gráficos de pizza de VA/NVA G02 Após da Mudança de Layout ..	83
Figura 43 - Layout de postos e engajamento da Lateral Esquerda	95
Figura 44 Layout dos Postos G01, G02 e posto de furação.....	96
Figura 45 Layout dos Postos G03, G04 e posto da célula robótica.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de DST	43
Tabela 2 - Tempo do Circuito <i>Layout 1</i>	56
Tabela 3 - Tempo do Circuito <i>Layout 2</i>	58
Tabela 4 – Investimento Previsto para o <i>Layout 1</i>	60
Tabela 5 – Investimento Previsto para o <i>Layout 2</i>	60
Tabela 6 - Investimento Previsto para o <i>Layout 3</i>	61
Tabela 7 – Vantagens e Desvantagens das Propostas de <i>Layout</i>	62
Tabela 8 – Investimento Previsto Layout Otimizado.....	63
Tabela 9 - Redução de Passos.....	76
Tabela 10 – Valor do ganho financeiro por passos economizados.....	79
Tabela 11 - Resultados da Contagem	79
Tabela 12 - Economia Proporcionada R\$/Passo	80
Tabela 13 - Economia Anual.....	80
Tabela 14 - Valores de DST	85
Tabela 15 - Novos Valores de DST	85
Tabela 16 - TC Antigo.....	85
Tabela 17 - TC Novo.....	86
Tabela 18 - Redução de Efetivos.....	86
Tabela 19 - Síntese dos Valores Alcançados	86
Tabela 20 - Tempo de Retorno.....	87

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E ANACRÔNIMOS

AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i>
CC	Modelo Utilitário 4
DST	<i>Design Standard Time</i>
DSTR	<i>Design Standard Time Ratio</i>
F0	Posto de Furação
G01	Posto de Montagem de Enquadramento
G02	Posto de Montagem da Lateral Esquerda
G03	Posto de Operações Gerais
G04	Posto de Operações Finais
JIT	<i>Just In Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MTM	Medição de Tempo de Método
NVA	Valor Não Agregado
P0	Posto de Preparação
TCY	Tempo de Ciclo
VA	Valor Agregado
X1	Modelo Utilitário 1
X2	Modelo Utilitário 2
X3	Modelo Utilitário 3

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
1.1.	CONTEXTO DO TEMA.....	18
1.2.	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	19
1.2.1.	Desbalanceamento dos Postos	19
1.2.2.	Estoque em Borda de Linha	27
1.3.	OBJETIVOS.....	28
1.3.1.	Objetivo Geral.....	28
1.3.2.	Objetivos Específicos	28
1.4.	JUSTIFICATIVA.....	28
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	30
2.1.	BALANCEAMENTO DE LINHA	30
2.1.1.	Capacidade de Produção	32
2.1.2.	Índice de Ociosidade	32
2.1.3.	Planejamento de Capacidade.....	32
2.1.4.	<i>Layout</i>	33
2.2.	<i>KITTING</i>	34
2.3.	PRODUÇÃO ENXUTA.....	35
2.3.4.	Pilares da Produção Enxuta	38
2.3.4.1.	<i>Just in Time - JIT</i>	38
2.3.4.2.	<i>Jidoka</i>	38
2.3.5.	Os Cinco Princípios da Produção Enxuta.....	38
2.3.5.1.	Valor.....	38
2.3.5.2.	Fluxo de Valor	39
2.3.5.3.	Fluxo Contínuo.....	39
2.3.5.4.	Sistema Puxado	39
2.3.5.5.	Melhoria Contínua.....	39
2.3.6.	Os Sete Desperdícios da Produção Enxuta	39
2.3.6.1.	Superprodução.....	40
2.3.6.2.	Tempo de Espera.....	40
2.3.6.3.	Transporte.....	40
2.3.6.4.	Excesso de Processamento.....	41
2.3.6.5.	Estoque	41
2.3.6.6.	Deslocamento	41
2.3.6.7.	Defeitos	41

2.4 INDICADORES DE PERFORMANCE E COTAÇÃO DE VALOR AGREGADO E VALOR NÃO AGREGADO	42
3. METODOLOGIA.....	44
3.1 MUDANÇA NO <i>LAYOUT</i> DOS POSTOS E BALANCEAMENTO DA LINHA 45	
3.2 IMPLANTAÇÃO DE <i>KITTING</i>	48
3.2.1 Implantação de Robôs	51
4. DESENVOLVIMENTO	52
4.1 HIPÓTESES COM RELAÇÃO AO NÚMERO DE AGVs	52
4.1.1 Hipótese 1 – Investimento de Dois AGVs.....	52
4.1.2 Hipótese 2 – Investimento de Um AGV	58
4.2 SELEÇÃO DO <i>LAYOUT</i>	59
4.2.1 <i>Layout</i> 1.....	59
4.2.2 <i>Layout</i> 2.....	60
4.2.3 <i>Layout</i> 3.....	61
4.2.3.1 <i>Criação de um Novo Layout a Partir das Vantagens e Desvantagens</i>	61
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DO <i>KITTING</i>	64
4.3.1 Descrição detalhada do Ciclo do <i>Kitting</i>	64
4.3.2 Modelagem do <i>Kitting</i>	65
4.4 ERGONOMIA DO OPERADOR.....	67
4.4.1 Posicionamento dos Componentes	67
4.4.2 Sistema de Elevação do Carrinho de Painéis	69
4.4.3 Assistência para Manuseio.....	72
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	74
5.1 QUALIDADE DE TRABALHO	74
5.1.1 Segurança do Trabalho	74
5.1.2 Ergonomia	74
5.2 IMPACTO NO INDICADOR DSTR	75
5.2.1 Redução de Passos.....	75
5.2.2 Redução de NVA	81
5.2.3 Redução no Indicador DSTR.....	84
5.2.4 Modificação no DST	85
5.2.4.1 Modificação do Tempo de Ciclo.....	85
5.2.4.2 Redução de Efetivos.....	86

5.2.4.3 Impacto no Indicador DSTR nos Postos G01 e G02	86
5.3 <i>Payback</i> Estimado	87
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
REFERÊNCIAS	92
ANEXO A.....	95

1. INTRODUÇÃO

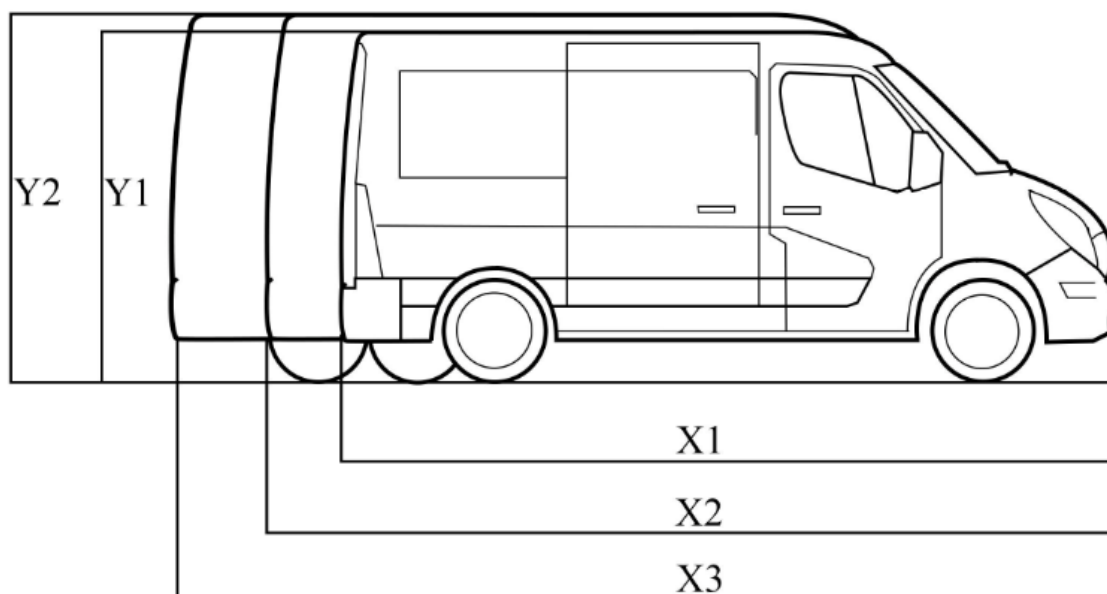
O mercado automobilístico desde seu surgimento é concorrido, com grandes produções e empresas de grandes investimentos, porém as pesquisas recentes apontam maiores demandas para a engenharia e design (SAVEGNAGO, 2017), devido a clientes cada vez mais exigentes e a valorização monetária. A tecnologia que envolve a indústria automobilística tende a crescer até 2034 (SEBRAE, 2015), o que incentiva o envolvimento de engenheiros mecânicos, acompanhando esta tendência, a acrescentar melhorias no cenário de investimentos, com aumento de capitais internacionais. Segundo o jornal online Estado Braziliense (CORREIO BRAZILIENSE, 2015), as vendas da indústria automobilística no primeiro semestre aumentaram 3,7% em relação ao mesmo período do ano passado, com um total de 1.019,4 milhão de automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus. Devido a esta demanda, as indústrias investem substancialmente na otimização das linhas de produção e montagem, caracterizando uma atividade muito valorizada dentro da engenharia mecânica. Um dos focos de melhoria é a organização dos postos de trabalho, que tem influência direta na produtividade e na qualidade dos produtos ofertados, impactando também na qualidade do trabalho do operador (VENKI, 2017).

O presente trabalho está dividido em sete capítulos. O primeiro, a introdução, abordará o caso a ser estudado e a contextualização do tema. O segundo, a revisão bibliográfica, trará os temas que servirão como base para o desenvolvimento do trabalho. No terceiro capítulo, a metodologia, serão aplicados os conhecimentos desenvolvidos durante a revisão bibliográfica visando a resolução da situação problema. O quarto capítulo apresenta os resultados parciais atingidos a partir do desenvolvimento do estudo. O quinto capítulo traz os resultados e discussões obtidos após o desenvolvimento. No sexto capítulo são apresentadas as considerações finais do projeto. Por fim, apresentam-se as referências bibliográficas utilizadas como base para o desenvolvimento do presente estudo.

1.1. CONTEXTO DO TEMA

O presente estudo de caso abordará uma linha de montagem com quatro postos de uma montadora de veículos utilitários, denominada empresa “R” devido a questões de confidencialidade. Os postos em análise são responsáveis por toda montagem da carroceria da lateral esquerda dos veículos. Para a família de veículos utilitários existem quatro modelos, que serão aqui denominadas X1Y1, X2Y2, X3Y2 e CC (este último, consiste no modelo X2Y1 adaptado como chassi-cabine), sendo que para cada um destes, exceto o CC, existem as versões Tole e Vitre. Para as versões X2Y2 e X3Y2 Vitre ainda existe a ramificação Trabus e, exclusivamente para o X3Y2 Vitre, a ramificação Bus. Deste modo, existem até 10 diversidades para a família de veículos abordada. A denominação dos veículos segue a regra de que X se refere ao seu comprimento e Y à sua altura, sendo uma ordem crescente ($X3 > X2 > X1$ e $Y2 > Y1$), como exemplifica a Figura 1.

Figura 1 - Exemplificação de Tamanho de Modelos



Fonte: Os Autores

É importante ressaltar que a montagem das laterais esquerda e direita dos veículos utilitários possuem complexidade diferente, tendo em vista que ao lado direito é montada a porta lateral corrediça. Ou seja, na montagem da

lateral esquerda as operações são mais complexas, envolvendo numerosos pontos de solda, enquanto do lado direito basta a aplicação de *mastic* (silicone de vedação) e operações de sertissagem (dobramento de bordas das chapas) ao redor da região vazada que é reservada para a montagem da porta.

1.2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Este trabalho visa o estudo de dois problemas centrais na linha anteriormente citada, sendo: falta de balanceamento na linha e estoque na ponta dos postos. Com esse estudo pretende-se identificar as oportunidades de melhorias que visam garantir melhor qualidade e lucratividade para a indústria R.

1.2.1. Desbalanceamento dos Postos

A linha de montagem da lateral esquerda apresenta diversas dificuldades caracterizando-se como o gargalo da fábrica. Para facilitar a compreensão do problema como um todo, é descrito a seguir as atividades desenvolvidas nos postos desta linha:

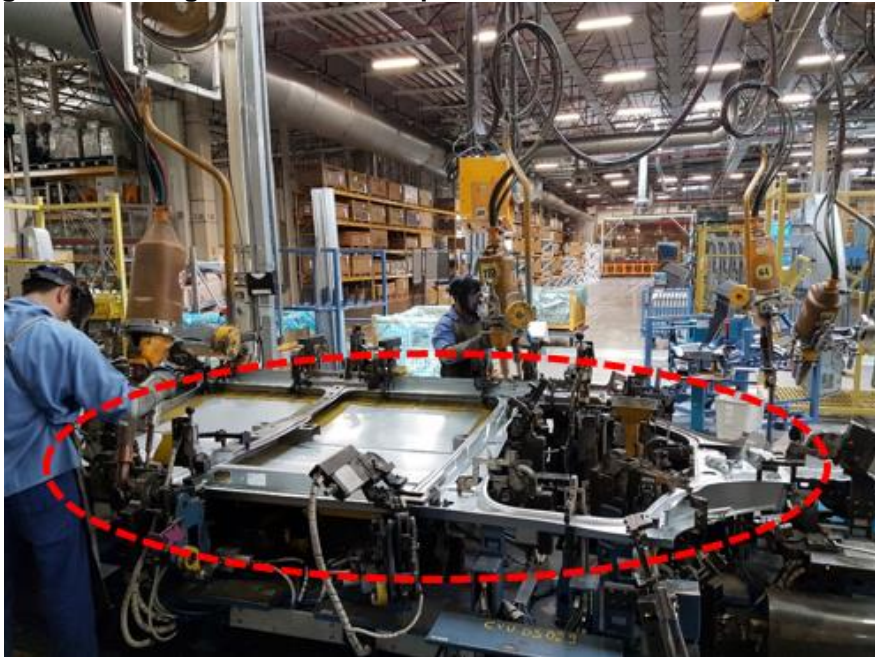
- O posto G01 realiza operações referentes a montagem do enquadramento de todos os modelos e da lateral esquerda do modelo X1, conforme visto nas Figuras 2 e 3, respectivamente;

Figura 2 - Montagem do Enquadramento no Posto G01.



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

Figura 3 - Montagem da Lateral Esquerda de um Modelo X1 no posto G01.



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

- O posto G02 realiza operações de soldagem referentes à montagem da lateral esquerda dos veículos X2 e X3, conforme Figura 4;

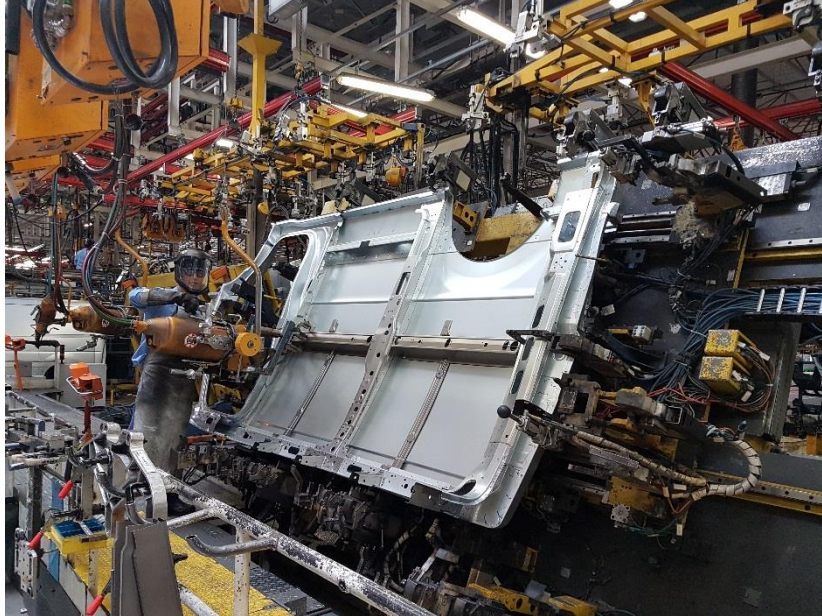
Figura 4 - Soldagem de Componentes em um Modelo X3 no Posto G02.



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

- O posto G03 é responsável por operações de soldagem nos modelos X1, X2 e X3, como mostrado na Figura 5;

Figura 5 - Soldagem de Componentes de um Modelo X2 no Posto G03.



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

- O posto G04 realiza as operações finais de soldagem nos modelos X1, X2 e X3, além da montagem da coluna traseira do modelo CC, como pode ser visto na Figura 6;

Figura 6 - Soldagem de Componentes de um Modelo X3 no Posto G04.



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

- Há postos voltados apenas à preparação de peças que formarão submontagens para abastecer os postos G03 e G04, como mostra a Figura 7;

Figura 7 - Postos de Preparação.



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

- A área de furação é uma região contendo 3 postos voltados à furação de peças, que são majoritariamente do modelo Bus, como pode ser visto na Figura 8;

Figura 8 - Área de Furação.

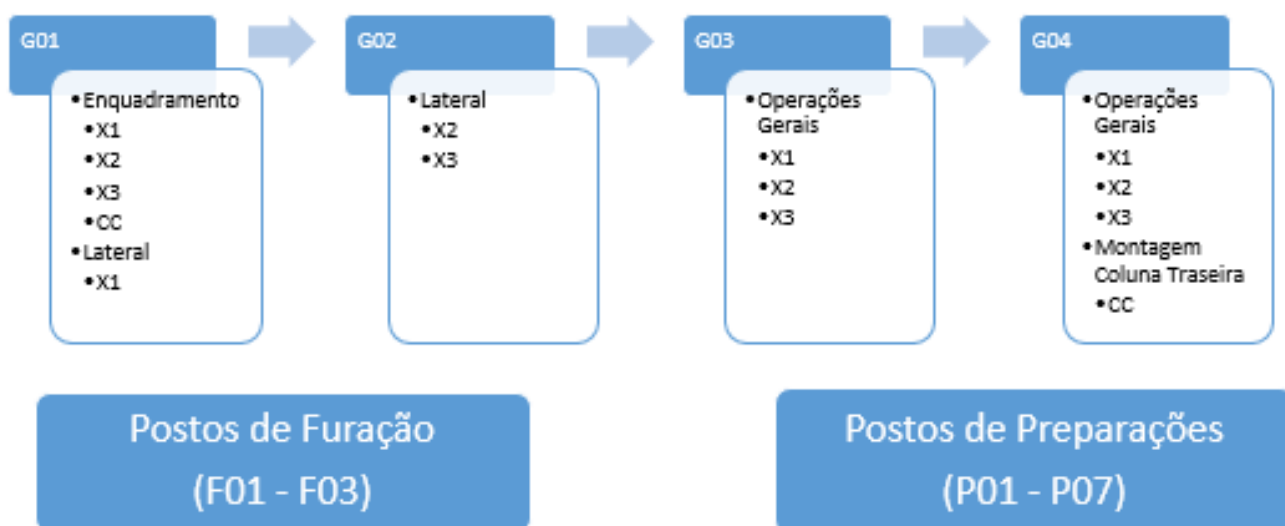


Fonte: (EMPRESA R, 2017)

Com relação ao número de operadores dos postos dispostos na Figura 9, tem-se:

- 2 Operadores no posto G01;
- 2 Operadores no posto G02;
- 2 Operadores no posto G03;
- 1 Operador no posto G04;
- 2 Operadores que cobrem os postos de preparação;
- 1 Operador que cobre os postos de furação.

Figura 9 - Fluxo de Processos.



Fonte: Os Autores

Além das operações fixas, há mudanças no engajamento para atender as diversidades de cada modelo, como é mostrado na Figura 10. Por exemplo, no posto G01 dois operadores trabalham no momento de montar a lateral do modelo X1, porém no momento de montar o enquadramento, que é uma operação mais simples e exige apenas um operador, o segundo operador “migra” para auxiliar nas operações do posto G02. Um dos operadores das preparações também é engajado constantemente nas operações do posto G02. Se estas mudanças de engajamento não forem realizadas, o tempo de ciclo não é atendido. Esta configuração apresenta conturbações na linha lateral esquerda, pois provoca deslocamentos excessivos por parte dos operadores,

uma atividade de valor não agregado (NVA). Algumas restrições também poder ser observadas em decorrência das constantes mudanças de engajamento:

1) Como apenas os modelos X2 e X3 passam pelo posto G02, durante a passagem do modelo X1 ou CC este posto permanece inativo;

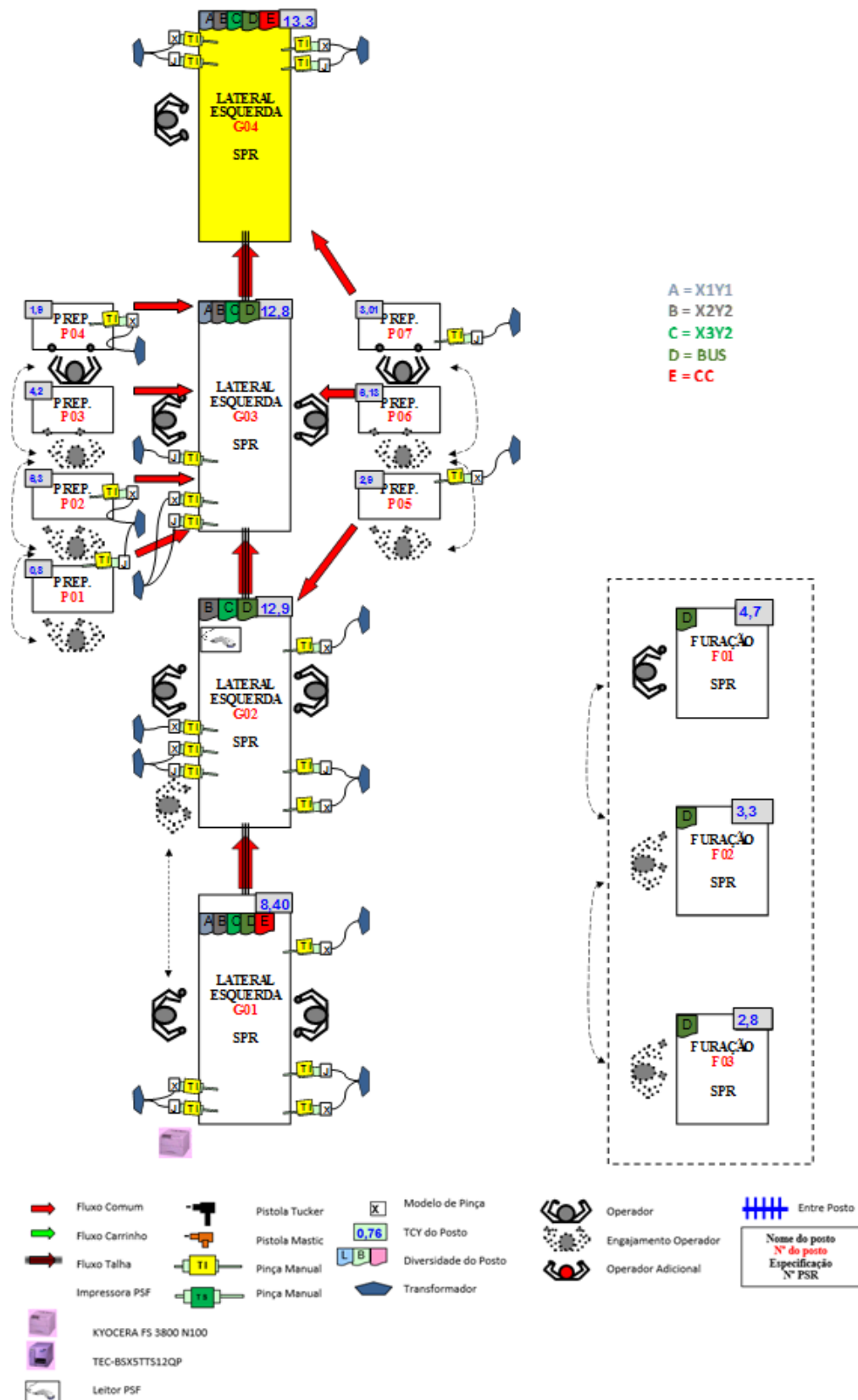
2) Para atender o tempo de ciclo, é ideal que 4 operadores trabalhem simultaneamente no posto G02, no entanto, no caso de haver um modelo X1 no posto G01, o que exige o trabalho de dois operadores, o posto G02 só poderá contar com três operadores.

Como medida de segurança, o posto G02 é equipado com quatro botoeiras bimanuais que devem ter seus botões pressionados simultaneamente pelos operadores no momento de abrir e fechar os mecanismos responsáveis pela fixação das peças no dispositivo de soldagem

Sendo assim, além de dificultar o atendimento ao tempo, o operador responsável por cobrir os dois postos deverá realizar um deslocamento extra em decorrência da necessidade de apertar várias vezes a botoeira bi-manual do posto G02.

3) O modelo CC passa apenas pelos postos G01 e G04, de modo que após serem realizadas as operações necessárias no posto G01 o mesmo passa a frente e é movido diretamente para o posto G04. Dessa forma, esse modelo causa uma desestruturação na fila e na cadência normal da produção, comprometendo toda a linha. Neste cenário fica muito problemático balancear a linha de produção pelo *Takt time* da fábrica, isto é, tempo disponível para a produção ditado pela demanda, uma vez que o modelo CC causa uma significativa perturbação nos demais postos. Esse movimento do modelo CC saindo do posto G01 e indo diretamente para o G04, impede que os demais modelos que se encontram nos postos G02 e G03 possam seguir adiante no seu roteiro de fabricação. Dessa forma há um aumento do NVA e queda no indicador de performance da fábrica.

Figura 10 - Sinóptico Representando o *Layout* Atual da Linha Estudada



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

A figura 10 apresenta o sinóptico atual da linha, com todos os postos de trabalho e operadores nela presentes. As flechas e representações de operadores em linhas tracejadas servem para demonstrar a movimentação realizada pelos operadores entre os postos e dispositivos da linha.

1.2.2. Estoque em Borda de Linha

O sistema de estocagem adotado atualmente na linha estudada é o de estoque em borda de linha. Neste sistema são disponibilizadas várias caixas, *pallets* e *racks* contendo as peças necessárias para a montagem de um determinado número de conjuntos nos postos. A quantidade de componentes neste estoque não possui um planejamento rigoroso, de modo que os estoques de cada peça podem se esgotar em momentos diversos, o que provoca uma logística de abastecimento conturbada. A Figura 11 demonstra estoques volumosos, que são considerados uma forma de desperdício pois significam ocupação desnecessária de espaço e capital parado, mas principalmente devido ao risco do produto não obter o giro esperado. Também há o risco de ser proposta uma melhoria de produto, e neste caso aqueles que estão armazenados tornam-se obsoletos e inutilizáveis (OLIVEIRA, 2003).

Figura 11 - Layout Poluído Devido ao Volumoso Estoque em Borda de Linha.



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

Ao analisar minuciosamente os postos de trabalho, não é difícil de perceber que a atividade de deslocamento do operador possui grande contribuição para as atividades caracterizadas como NVA. Isto se deve em parte à manipulação e realização de operações manuais de peças muito grandes que demandam muita locomoção para serem trabalhadas. Porém se deve majoritariamente à disposição das caixas, *racks* e *pallets* que comprometem a organização e dificultam a locomoção do operador pelo posto.

1.3. OBJETIVOS

Os objetivos estão divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

1.3.1. Objetivo Geral

Otimizar a performance da fábrica através da aplicação das ferramentas da Produção Enxuta e *Kitting*.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Propor sistema que elimine ou reduza o estoque na borda de linha;
- Propor soluções que reduzam as atividades que não agregam valor ao produto (NVA) e prejudicam o balanceamento da linha;
- Melhorar o indicador de performance da empresa (DST);
- Realizar as novas propostas a partir de conceitos da filosofia da Manufatura Enxuta;
- Propor um novo *layout* que inclua as melhorias propostas;

1.4. JUSTIFICATIVA

Com a alta complexidade de linha junto com a competitividade que a empresa estudada busca, o trabalho contempla interesse pelas partes envolvidas em seu desenvolvimento.

A ideia deste estudo surgiu do setor de Engenharia de Processos da empresa R, preocupado com a restrição ligada ao grande tempo de gargalo atrelada a linha de montagem da lateral esquerda da carroceria. No caso de uma possível necessidade de aumento de cadência de produção, se torna necessária a diminuição do gargalo para que a empresa mantenha sua competitividade e lucratividade.

O conhecimento de diversas disciplinas ministradas no decorrer da carreira acadêmica do estudante de Engenharia Mecânica demanda aprofundamento para a realização deste estudo, sendo algumas delas: Gestão da Produção, Produção Enxuta, Qualidade e Gestão de Projetos.

A apresentação dos dados coletados e das propostas de soluções de melhoria será benéfica tanto para a empresa, que terá a chance de implementar o que foi proposto, quanto para a universidade, que agrega novos conhecimentos condizentes com os interesses do meio acadêmico.

Levando-se em conta que a empresa R possui indústrias em diversos países com dificuldades semelhantes à esta linha de produção, este estudo pode gerar uma contribuição para outras plantas da empresa, e conseqüentemente valorizar o trabalho de engenharia dos autores, com ganhos em empregabilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem como objetivo obter uma base para os assuntos a serem abordados no projeto. Os temas tratados nesta seção são: Balanceamento de Linha, Ferramenta *Kitting* e Produção Enxuta.

2.1. BALANCEAMENTO DE LINHA

Segundo Peinado e Graeml (2011), o balanceamento de linha consiste na atribuição de tarefas às estações de trabalho que formam a linha, de forma que todas as estações demandem aproximadamente o mesmo tempo para execução da tarefa. Pode-se extrapolar o balanceamento para os operadores do posto, onde todos terão carga de trabalho semelhante, assegurando qualidade de trabalho e produto. Os autores reiteram diversos problemas do desbalanceamento, sendo a sobrecarga de trabalho de algum operador, que tenta compensar acelerando as atividades, causando problemas de saúde e aumentando a probabilidade de falhas de operação. Existe também a soma do tempo ocioso dos demais operadores, que não gera proveito à linha.

A velocidade da linha sempre será igual a do posto mais lento, que conseqüentemente estará atrelado ao trabalho desbalanceado, conhecido como operação gargalo. Peinado e Graeml (2011) indicam um pequeno passo a passo para balanceamento de linha, que consiste em inicialmente dividir as operações de trabalho em elementos de trabalho de execução independente, posteriormente levantar o tempo padrão de cada elemento por cronoanálise, definir a sequência e, finalmente, fazer as contas para o planejamento da linha. Mesmo ao fim da análise, reiteram que uma revisão dos passos e uma tentativa de homogeneização dos tempos ociosos em todas as estações de trabalho ainda são necessárias, elucidando que os meios dos cálculos necessitam de reiteração.

Oliveira (2003) afirma que o estudo de tempos possibilita a empresa conhecer o tempo utilizado para produzir uma peça, ou seja, a sua capacidade. O estudo dos métodos consiste em analisar e supor melhorias, que em alguns momentos envolvem inclusive substituições de máquinas caso o gargalo não consiga ser superado com mudanças de *layout*.

Balancear a linha consiste em um conjunto de atividades que serão executadas de forma a garantir um tempo de processamento aproximadamente igual entre os postos (TUBINO, 2009), o que envolve minuciosidades das operações e dos operadores, garantindo uma boa qualidade de trabalho e conseqüentemente melhores produções. A melhoria da eficiência da linha de produção tem como grande desafio juntar mais de uma atividade, agrupando postos de trabalho com equilíbrio de carga e tempo, onde com esta harmonia seja possível melhores resultados fabris (FUSCO, 2004).

Ângelo Ferreira (2007) acrescenta que nas etapas de fabricação do produto, cada posto ou estação de trabalho gasta determinado tempo para executar a sua tarefa proposta e se este tempo for igual entre as estações, significa que existe um bom balanceamento e que as melhorias são possíveis, porém dispensáveis. Entretanto quando os tempos são diferentes, um estudo adicional é necessário, além dos ócios entre as operações que é levado em consideração neste tipo de pesquisa.

Deve ser dada a máxima atenção aos recursos gargalos, uma vez que determinam a capacidade produtiva. A fila de produtos que é gerado por este fenômeno dentro da produção acumula um montante e ociosidade nos recursos à jusante, significando além de perdas produtivas, gastos com estocagem e horas homem, tanto da produção parada, como da engenharia que terão que solucionar estes problemas derivados dos acúmulos junto aos demais serviços impactados (FILHO, 2007).

Existem diversos métodos para executar o balanceamento de linha. O método mais utilizado na prática é o de simulação, que consiste em alocar as tarefas aos operadores por meio de observação visual, onde o trabalhador que aparenta estar sobrecarregado vai ter suas atividades diminuídas e balanceadas com o operador de maior ócio. Apesar de não ser o método mais eficaz em termos de melhorias em menos tentativas, ainda é usual devido a sua fácil aplicação e estudo de caso aplicado (ZILBOVICIUS, 1999).

2.1.1. Capacidade de Produção

Como é necessário saber qual é o gargalo para fazer um bom balanceamento, precisamos quantificar alguns dos indicadores da linha de produção, por exemplo a capacidade de produção é calculada pela Equação 1:

Equação 1- Capacidade de Produção

$$\text{Capacidade de produção} = \frac{\text{Capacidade Disponível}}{\text{Tempo de Ciclo}} \quad (1)$$

Fonte: (PEINADO; GRAEML, 2011)

Representando o tempo de trabalho dividido pelo tempo necessário para produzir uma peça na linha.

2.1.2. Índice de Ociosidade

Independente do processo e do produto, sempre existirão estações de trabalho com atividades ociosas (PEINADO; GRAEML, 2011). A Equação 2 ilustra o cálculo do índice de ociosidade. Entender os tempos ociosos individualmente e a formação das somas, tal qual o seu índice, se torna imprescindível quando se trata de balanceamento de linha, pois estes fatores estão atrelados ao rendimento dos operadores, estações e consequentemente da linha.

Equação 2 - Percentagem de Ociosidade

$$\% \text{ de ociosidade} = \frac{\sum \text{Tempos Ociosos das Estações}}{\text{Número de Estações} \times \text{Tempo de Ciclo}} \quad (2)$$

Fonte: (PEINADO; GRAEML, 2011)

2.1.3. Planejamento de Capacidade

O dimensionamento adequado da capacidade é essencial para atender demandas, objetivos e metas de grandes organizações. A habilidade de aumentar ou diminuir rapidamente os níveis de produção ou transferir a capacidade de produção de um produto ou serviço é fornecida por um bom balanceamento e planejamento, o qual impacta diretamente a manufatura flexível, com operadores multifuncionais e técnicas de adaptação de recursos, o que demanda alta coordenação de operadores e da fábrica como um todo.

A falta de flexibilidade pode ocasionar perda de ordens de produção, atraso nas entregas e migração de clientes para empresas concorrentes. No panorama industrial mundial existe uma imensa necessidade de atuar com flexibilidade, pois os clientes demandam alterações e versatilidade em seus produtos.

No ramo automobilístico cada vez mais cresce o número de séries derivadas e limitadas, buscando um público diferenciado com interesses que demandam uma produção de curta escala para alguns componentes, porém larga escala para os padrões, exemplificando a necessidade da flexibilidade industrial (ARAÚJO, 2009).

2.1.4. Layout

O *layout* de instalações é relativo à distribuição física de um número de máquinas, equipamentos e estoques sobre uma região plana, é o que afirma Oliveira (2003), completando que suas nuances e complexidades envolvem vários contextos que incluem planejamento de espaços em arquitetura, arranjo de células manufatureiras, e pode ser aplicado em todo tipo de gama, incluindo hospitais ou teclas de teclados industriais. A melhoria das condições de trabalho e redução de acidentes compreende algumas das razões de trabalhar e pesquisar sobre o *layout*. A mudança no projeto do produto ou inclusão de novos, compreendido em ascensão nas indústrias mundiais, exige uma adequação maior dos produtos às suas necessidades, implicando na redução do ciclo de vida econômica de um produto e acrescenta a necessidade de readequações mais frequentes na planta (OLIVEIRA, 2003).

Para introduzir novos produtos haverá necessidade de novos espaços para armazenagem de materiais, novas células e novos operadores, que conseqüentemente necessitam de maior planejamento, mas não obrigatoriamente mais espaço. Muitas vezes na otimização de *layout* é possível a criação de caminhos novos nos processos, acrescentando qualidade de dinamismo à produção, capacitando melhor a indústria e atendendo melhor ao mercado (APARECIDO, 2010).

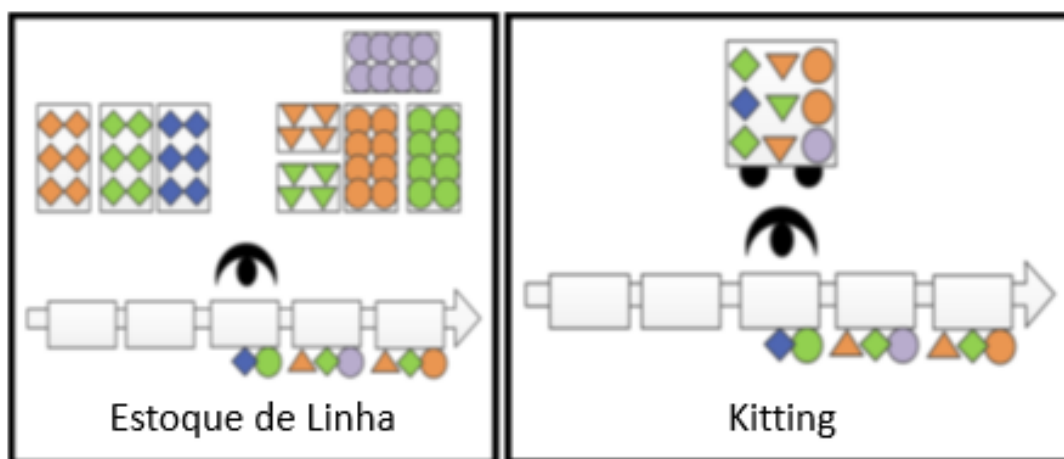
2.2. KITTING

De acordo com Bozer (1992) um *kit* pode ser visto como um reservatório que contém uma combinação específica de peças a serem usadas em uma operação de montagem. Cada *kit* possui apenas a quantidade exata de componentes que serão usadas na operação. Neste caso os reservatórios no qual serão colocadas as peças são preparados na sala de estoque principal e enviados até os postos ou linhas nos quais serão feitas as montagens dos componentes de cada *kit*. Esta ferramenta é vantajosa se for comparada com o tradicional modelo de estoque em borda de linha, no qual são disponibilizados *pallets*, caixas e *hacks* contendo enormes quantidades das peças necessárias ao longo da linha de produção, pois elimina parcial ou totalmente o inventário de peças estocadas na borda de linha.

Esta disposição permite ainda a redução do tempo e da distância de deslocamento do operador para manejar as peças. Além destas vantagens quantitativas, o desempenho do modo de alimentação da linha também varia com base em critérios qualitativos, como condições ergonômicas do operador, produção flexível em casos de defeitos ou mudança do *mix* produtivo, ou seja, mudanças ou atualizações de itens na linha de produção (SALI; SAHIN, 2016).

Para o sistema *kitting*, apresentado na Figura 12, apenas as peças a serem utilizadas na composição atual estão disponibilizadas no reservatório, o que impede que um componente errado seja inserido na montagem (HANSON; MEDBO, 2006).

Figura 12 – *Kitting*



Fonte: (KESHEH, 2016)

Hanson (2006) cita que um dos problemas da ferramenta *kitting* é o elevado tempo de preparação dos *kits* e o risco de ser enviado um ou mais componentes incorretos no reservatório, o que resultaria num atraso na produção, já que não haveria outra peça no posto para substituí-la.

2.3. PRODUÇÃO ENXUTA

A produção enxuta, também chamada manufatura enxuta, vinda do termo em inglês *Lean Manufacturing* é uma prática originada a partir do Sistema Toyota de Produção (STP) e tem como objetivo principal a ampliação dos lucros da empresa por meio da eliminação dos desperdícios (SHINGO, 1996)

De acordo com Bhasin e Burcher (2005) há uma série de práticas que podem ser aplicadas em um ambiente que se deseja enquadrar na filosofia enxuta, sendo algumas delas:

2.3.1. Kanban

A palavra *Kaban* vem do japonês e significa cartão ou sinal. O sistema *Kanban* é utilizado como método para atingir os objetivos do Just In Time (JIT), pois controla o fluxo de material de um estágio a outro, pois o “cliente” notifica o “fornecedor” da necessidade de envio de mais material (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

De acordo com Smalley (2017) há três tipos de *kanban* de sinalização:

- 1) *Kanban* de produção padrão: Estabelece uma ordem de sequência de produção fixa, a ser repetida continuamente (Peça 1 → Peça 2 → Peça 3... Peça N°). Impõe regras quanto ao tamanho do lote, que pode variar de acordo com a necessidade de produção.
 - Vantagem: Estabelece uma ordem onde antes não existia; permite a melhor sequência de produção para facilitar a troca, se necessário.

- Desvantagem: Não é um sistema *just in time*, uma vez que a produção depende do andamento da fila, podendo ocasionar atrasos. Também não pressiona o sistema a reduzir os tempos de troca, tempo de estoque ou *lead time* (exceto por intervenção gerencial).
- 2) *Kanban* fabricação em lotes: Cria-se um *kanban* físico para cada container de peças no sistema. Quando o material é consumido do supermercado o cartão *kanban* é destacado e periodicamente trazido de volta para o processo de produção em lote anterior em um quadro que destaca todas as peças e mostra o espaço vazio entre cada *kanban* no sistema. Enquanto o *kanban* não retorna, ainda há estoque no supermercado. Quando o ponto de disparo é atingido, o operador precisa reabastecer o material no supermercado.
- Vantagens: Sequência de produção mais flexível que o do *kanban* de produção padrão; permite melhor visualização do consumo de estoque e dos problemas emergentes no supermercado central
 - Desvantagens: Requer muitos *kanbans* no caso de haver muitas peças disponíveis, e trazê-los a tempo e de maneira segura para o quadro de controle pode ser um problema; várias peças podem atingir o ponto de disparo simultaneamente, acumulando o número de peças a ser produzidas no mesmo prazo.
- 3) *Kanban* triangular: O sistema consiste em pendurar um único *kanban* triangular no ponto de disparo no estoque. Um exemplo do uso do *kanban* triangular seria em uma tornearia. Ao ponto de disparo ser atingido, o sinalizador *kanban* deve voltar para o torno juntamente à matéria prima necessária, com as informações de peça a ser produzida e tamanho do lote inclusas.
- Vantagens: Funciona de maneira autônoma uma vez que a demanda média seja estabelecida e não mude. No caso de mudança, basta reajustar o tamanho do lote de acordo com a necessidade; estabelece qualidade já que o produto é

dedicado a uma máquina, absorvendo alguma variação, no entanto ainda há a possibilidade de fazer o produto em outras máquinas

- Desvantagens: O estoque não é visível o tempo todo, já que não há quadro de controle dos lotes com cartões, no entanto é possível ver e utilizar os *kanbans* pendurados nas máquinas como ferramenta de controle visual e indicador de estoque. Lembrando que há apenas um *kanban* por peça para controlar; estabelecer data limite para a programação da manutenção e seus impactos pode ser um desafio para este sistema; deve-se atentar aos sinais para alimentar as máquinas com a matéria prima necessária.

2.3.2. 5s

5S é uma metodologia utilizada no *Lean Manufacturing* que tem como objetivo promover maior organização no ambiente de trabalho, de modo a tornar o ambiente mais produtivo. O processo possui 5 etapas com a inicial “S”, de termos vindos do japonês, sendo elas (NASCIMENTO, 2017):

- *Seiri* (separar)
- *Seiton* (organizar)
- *Seiso* (limpar)
- *Seiketsu* (padronizar)
- *Shitsuke* (respeitar)

2.3.3. Poka-Yoke

Poka-Yoke é definido como um mecanismo a prova de erros. São utilizados com o objetivo de eliminar defeitos oriundos de possíveis descuidos por parte do operador (GHINATO, 2000).

Hines e Taylor (2000) reiteram que além da aplicação das ferramentas do *Lean*, também é necessário estimular uma mudança na cultura corporativista para que haja sucesso em sua implantação,

2.3.4. Pilares da Produção Enxuta

O Sistema Toyota de Produção é estruturado sobre dois pilares: Just In Time e Jidoka.

2.3.4.1. *Just in Time* - JIT

O JIT é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade necessária de componentes, na qualidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do balanço entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado através da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia chave do JIT é a simplificação (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

É importante ressaltar que o JIT é apenas um “meio” para alcançar o verdadeiro objetivo da manufatura enxuta, que é maximizar os lucros por meio da eliminação total de perdas (GHINATO, 2000).

2.3.4.2. *Jidoka*

Jidoka, ou autonomia, é um termo do *Lean Manufacturing* que tem como definição “automação com um toque humano” (GHINATO, 2000).

O objetivo do *Jidoka* é garantir autonomia tanto ao operador quanto ao maquinário no caso de uma parada na linha devido a qualquer anomalia. Apesar do *Jidoka* não ter como objetivo reduzir a mão de obra humana, este acaba sendo um dos resultados de sua aplicação.

2.3.5. Os Cinco Princípios da Produção Enxuta

De acordo com as definições feitas por Womack, Jone e Ross (1990):

2.3.5.1. Valor

O valor deve ser definido a partir da necessidade do cliente, no tempo certo e a um preço apropriado e jamais deve ser ignorado.

2.3.5.2. Fluxo de Valor

São relatados três tipos de atividades:

- 1) Atividades que agregam valor ao produto
- 2) Atividades que não agregam valor ao produto
- 3) Atividades que não agregam valor ao produto, mas são indispensáveis ao processo

2.3.5.3. Fluxo Contínuo

A produção tem como necessidade a sincronização do fluxo do processo e dos estoques de modo a eliminar as esperas entre processos através da eliminação de estoques intermediários.

2.3.5.4. Sistema Puxado

Realizar a produção através da solicitação do cliente, ao invés de produzir conforme a capacidade produtiva, isto é, o sistema empurrado.

2.3.5.5. Melhoria Contínua

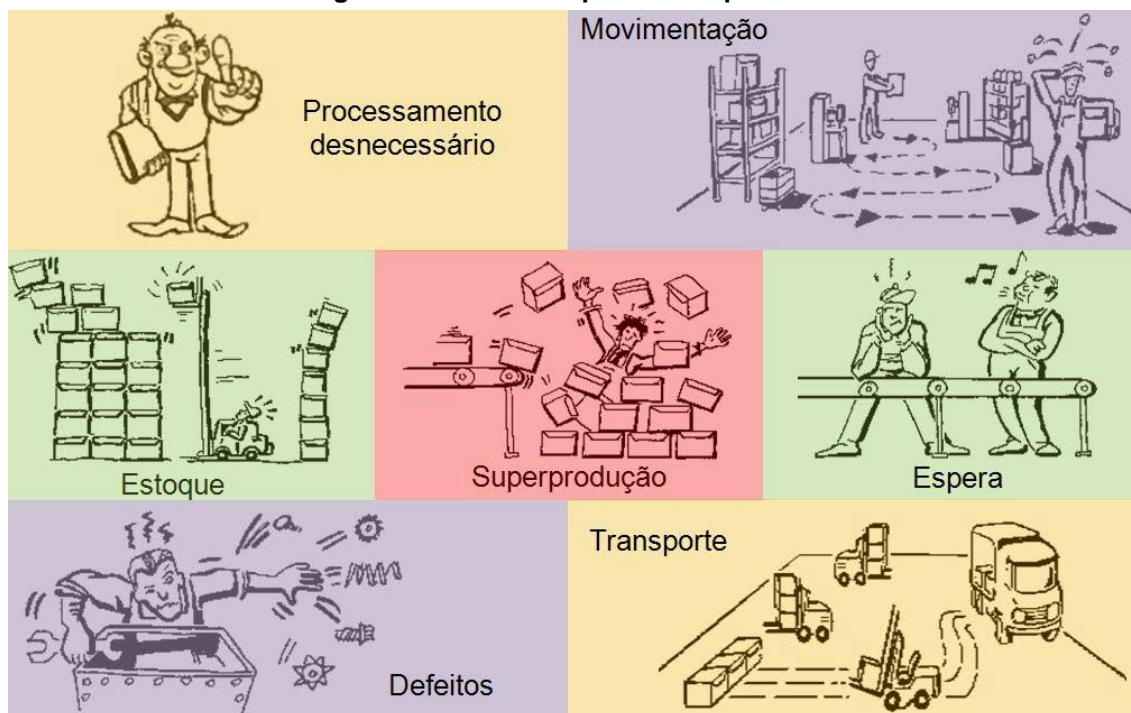
Transformar a eliminação de defeitos em uma prática constante.

2.3.6. Os Sete Desperdícios da Produção Enxuta

Qualquer modificação que aumente o custo do produto sem que agregue valor.

De acordo com a literatura os desperdícios são apresentados na Figura 13 (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009) e nos sub itens a seguir.

Figura 13 - Os Sete Tipos de Desperdícios



Fonte: (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

2.3.6.1. Superprodução

Produzir mais do que é imediatamente necessário para o próximo processo na produção é a maior das fontes de desperdício, de acordo com a Toyota. Esta fonte de desperdício é coerente com a definição inicial de JIT, a qual diz que é preciso “produzir apenas no momento necessário”, ou seja, apenas quando a demanda do cliente for lançada.

2.3.6.2. Tempo de Espera

A maioria das empresas está consciente de que o tempo de espera constitui uma fonte de desperdício. Eficiência de máquina e eficiência de mão-de-obra são duas medidas comuns e são largamente utilizadas para avaliar os tempos de espera de máquina e mão-de-obra, respectivamente. Menos óbvio é o montante de tempo de espera que ocorre quando os operadores estão ocupados produzindo estoque em processo, que não é necessário naquele momento.

2.3.6.3. Transporte

Embora o transporte claramente não agregue valor ao produto, as empresas normalmente aceitam esta atividade em seu processo como um “dado”. A movimentação de materiais dentro da fábrica, assim como a dupla ou

tripla movimentação do estoque em processo entre vários pontos de estocagem, pode tornar-se parte da prática padrão. Mudanças no *layout* que aproximem os estágios do processo, aprimoramento nos métodos de transporte e na organização no local de trabalho são fatores importantes na redução de desperdícios.

2.3.6.4. Excesso de Processamento

No próprio processo, pode haver fonte de desperdício. Algumas operações existem apenas em função do projeto ruim, podendo, portanto, ser eliminadas, enquanto outros realmente representam desperdícios.

2.3.6.5. Estoque

Dentro da filosofia JIT, todo estoque se torna um alvo para eliminação. Pode-se distinguir uma companhia excelente de uma medíocre através do montante de estoque que ela carrega. Entretanto, somente podem-se reduzir os estoques através da eliminação das causas.

2.3.6.6. Deslocamento

Um operador pode parecer ocupado enquanto procura uma caixa de componentes desaparecida ou se desloca até o escritório do supervisor para receber outra ordem de produção. O valor agregado dessas atividades é nulo. A simplificação do trabalho através do aprimoramento de moldes e dispositivos é uma rica fonte de redução de desperdício de movimentação.

2.3.6.7. Defeitos

O desperdício de qualidade é normalmente bastante significativo nas empresas, mesmo que as medidas reais de qualidade sejam limitadas. Os indicadores de refugo mostram os custos de material e talvez parte do custo da mão-de-obra envolvidos na produção com qualidade ruim. Distúrbios no sistema de controle de produção, ações no apressamento de ordens, assim como a falha em fornecer como o prometido, entretanto são menos visíveis.

2.4 INDICADORES DE PERFORMANCE E COTAÇÃO DE VALOR AGREGADO E VALOR NÃO AGREGADO

Os indicadores de desempenho de processos são ferramentas utilizadas para o monitoramento de certa atividade de uma empresa, serve para rastrear e seguir o andamento do processo, coletar informações relevantes e disponibiliza-las de forma acessível para que os gestores as analisem e tomem as decisões corretas, trazendo eficiência e eficácia aos processos e, conseqüentemente, resultados positivos. Há vários tipos de indicadores, como por exemplo KPI (do inglês *Key Performance Indicator*), *Balanced Scorecard* (Indicador de desempenho estratégico), indicadores de Capacidade, Indicadores de Produtividade, Indicadores de Qualidade, Indicadores de Lucratividade dentre outros (VENKI, 2017).

A empresa em questão utiliza amplamente os conceitos DST (*Design Standard Time*) e DSTR (*Design Standard Time Ratio*) como indicadores de performance. O DST é um indicador que mostra as horas de mão-de-obra calculadas a partir dos tempos de referência da concepção produto/processo (EMPRESA R, 2017). Contudo, há uma tabela de referência que possui todas as atividades exercidas nos postos da fábrica da qual são retirados dados tais como o tempo teórico necessário para realizar cada operação. O manual da empresa R (EMPRESA R, 2017), mostra um exemplo de análise de DST. Porém o indicador de performance de fato, é o DSTR, que avalia o nível de produtividade atual por meio da Equação 3, analisado na Tabela 1. Esses dois fatores são baseados nos cálculos do MTM (Medição de Tempo de Método).

Equação 3 – Cálculo de DSTR

$$DSTR = \frac{\text{Horas de Trabalho Reais em um Produto}}{DST} \quad (3)$$

Fonte: (EMPRESA R, 2017)

Tabela 1 – Análise de DST

Operação	DST
Pegar Peças (N = número de peças)	0,03 min*N
Pegar, Engatar, Desengatar e Retirar Pinça de Solda	0,055 min*N
Soldar porca com ponto em pinça fixa	0,025 min*N
Pegar ferramenta, porca, parafuso e prender	0,05 min*N
Cordão de solda por arco $2,5 \leq L < 8,3$ cm (comprimento em cm)	0,10 min*L

Fonte: (EMPRESA R, 2017)

A interpretação do conceito de DSTR pode ser vista como a razão entre as horas efetivamente trabalhadas e as horas que são pagas. Ou seja, se o DSTR for de 1,3, por exemplo, significa que há uma divergência de 30% entre o tempo realmente gasto no processo e o tempo teórico, então é como se o operador estivesse recebendo 30% a mais do que ele realmente trabalhou. Esta divergência está diretamente ligada aos conceitos de valor agregado (VA) e valor não agregado (NVA), segundo o manual da empresa R. (EMPRESA R, 2017)

São caracterizadas como atividades de VA aquelas que agregam valor ao processo de fabricação, ou seja, aquilo pelo que o cliente está disposto a pagar, como operações de soldagem, aplicação de dispositivos de fixação, colocação de adesivos, operações de montagem, etc. Já as atividades de NVA são compostas por atividades que não agregam valor ao produto, como deslocamento, necessidade de retrabalho (lixamento, retirada de rebarba, polimento), inatividade, atividade logística, entre outras. (OLIVEIRA, 2003)

A confiabilidade dos valores de DST e DSTR está ligado aos esforços redobrados para determinar exatamente qual é o VA que o cliente está disposto a pagar, identificar e eliminar as atividades, operações, processos, instalações, equipamentos e materiais sem valor agregado, utilizar concepções otimizadas e novas tecnologias para melhorar as atividades que possuem valor

agregado e ter em mente que a quantidade de atividades NVA é o que mais compromete o DSTR da empresa. O DST também quantifica a produtividade na fase de desenvolvimento, o que nos permite identificar melhorias na fase de concepção, que é igualmente uma atividade importante (EMPRESA R, 2017).

Visando fornecer um produto ajustado, com baixo custo, é necessário eliminar todos os desperdícios que o cliente não está disposto a pagar. É essencial medir a competitividade de produtividade do trabalho atual, do ponto de vista do cliente. O DSTR mede a produtividade do trabalho atual através do DST, que corresponde ao tempo atribuído aos métodos e processos de produção. Os resultados DSTR devem ser utilizados para identificar oportunidades de melhoria e em paralelo usados para fazer comparações com os parceiros de benchmark da empresa. O estudo do tempo de transformação torna-se mais útil em complemento do estudo do DST como forma de avaliar a produtividade na concepção dos produtos e dos processos.

Para que o indicador de performance da empresa, o DSTR, obtenha melhores resultados, é preciso focar em diminuir o máximo possível as atividades classificadas como NVA. Isto significa também melhorar o engajamento dos operadores nos postos. Há postos que são grandes demais ou possuem demasiadas atividades para um escasso número de operadores, de modo que o tempo NVA é alto devido ao deslocamento necessário para realizar as operações. Outro caso é quando há operadores demais no mesmo posto de modo que a capacidade de engajamento também é comprometida devido a dificuldade de locomoção no decorrer do processo.

Estima-se que na indústria cerca de 5% das atividades agregam valor, 60% das atividades não agregam valor e 35% das atividades não agregam valor, mas são necessárias. (KESHEH, 2016)

3. METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho e resolução do problema, consistindo essencialmente na mudança no *layout* dos postos para melhor balanceamento

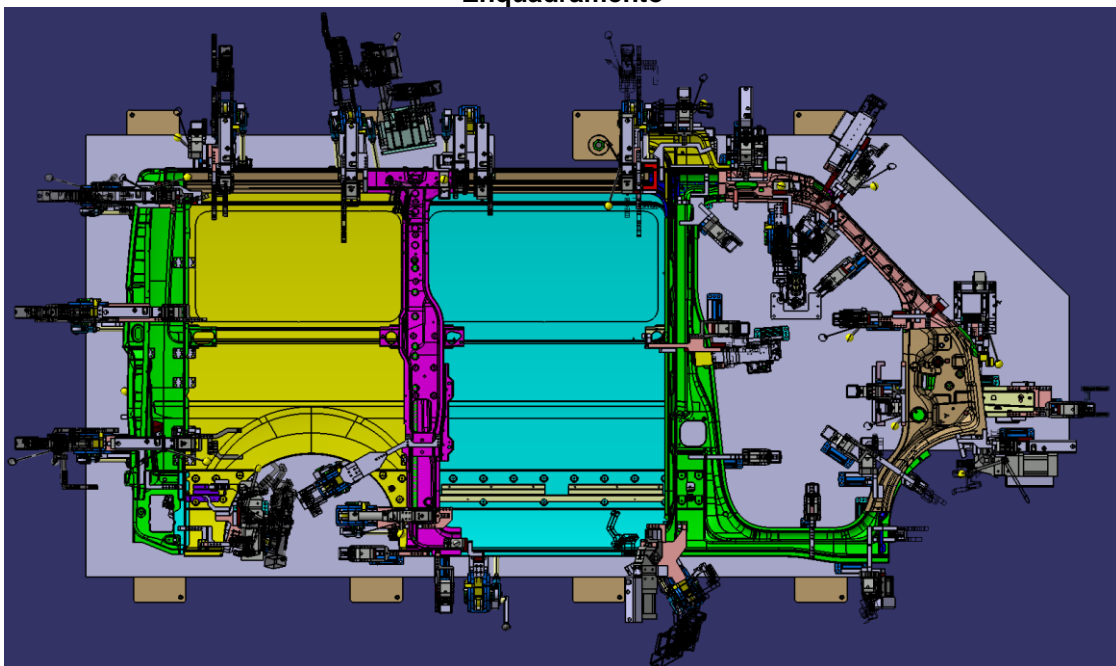
da linha e na implantação do sistema *Kitting* auxiliado por AGVs para redução do estoque de borda de linha.

3.1 MUDANÇA NO LAYOUT DOS POSTOS E BALANCEAMENTO DA LINHA

No estado atual a linha não se encontra cadenciada, ou seja, não é obedecida a filosofia JIT. A proposta inicial é reestruturar o *layout* dos postos de modo a proporcionar um melhor balanceamento da linha. A seguir são descritas as soluções que tornariam o balanceamento viável.

A transferência das operações de enquadramento para um novo posto, denominado G00, viabilizaria a transformação dos postos G01 e G02 em paralelos. Ao passar um veículo do modelo X1 os operadores trabalhariam no posto G01 e ao passar um veículo X2 ou X3 os operadores migrariam para o posto G02, conforme Figura 14.

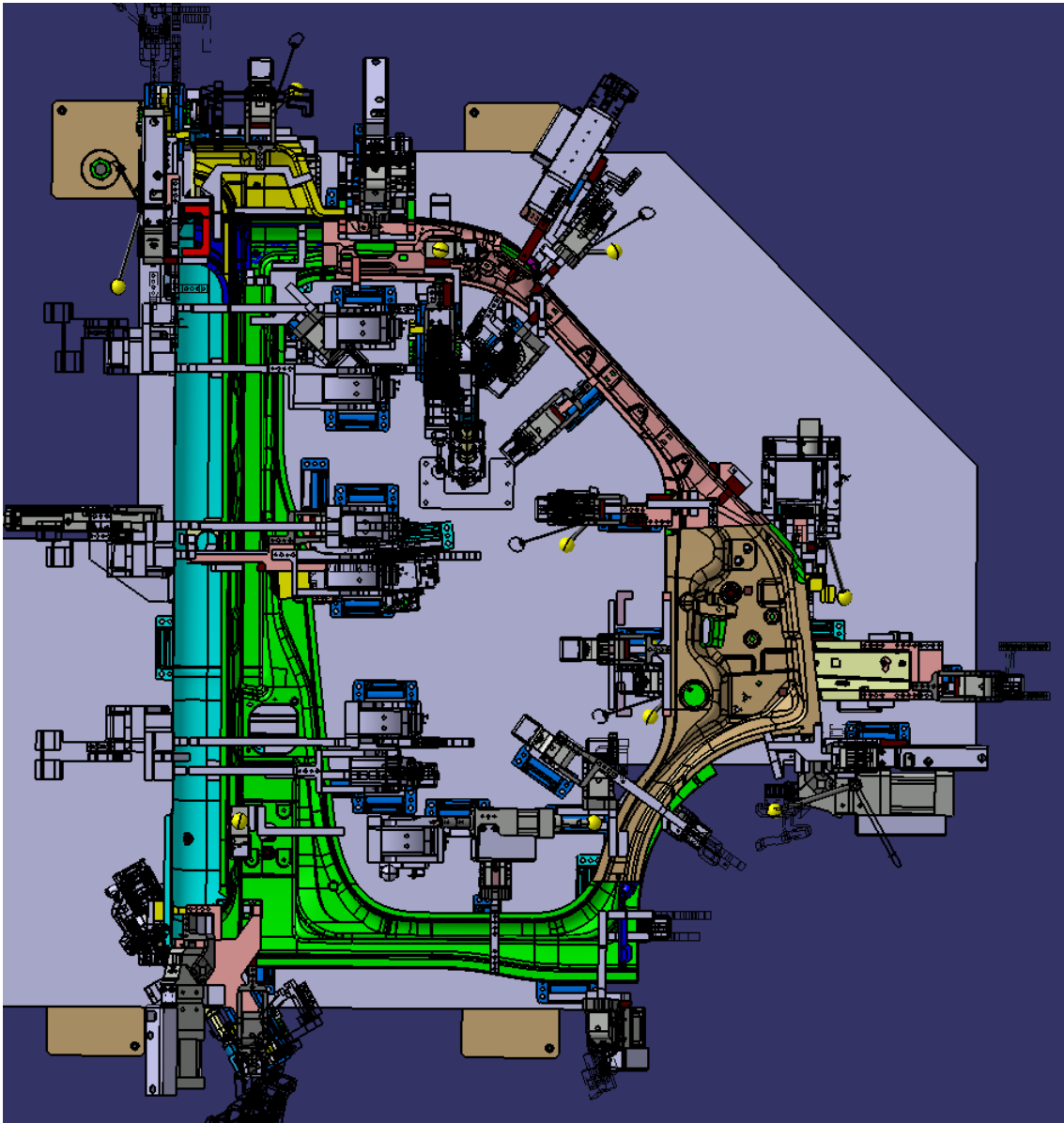
Figura 14 - Dispositivo Utilizado Nos Postos G01 e G02 Para Montagem da Lateral no Enquadramento



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

Outra proposta é transferir a montagem da coluna traseira do modelo CC também para o posto G00. Deste modo não haverá mais obstrução na linha em decorrência da passagem deste modelo, conforme Figura 15.

Figura 15 - Novo Dispositivo Feito Para o Posto G00 Para Montagem de Enquadramentos e Coluna Traseira do CC



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

Todas estas operações podem ser unidas na área de Furação, demonstrado na Figura 16, tendo em vista que esta região possui bastante capacidade ociosa, já que nela são realizadas apenas operações de furação voltadas exclusivamente ao modelo Bus, uma ramificação do modelo X3.

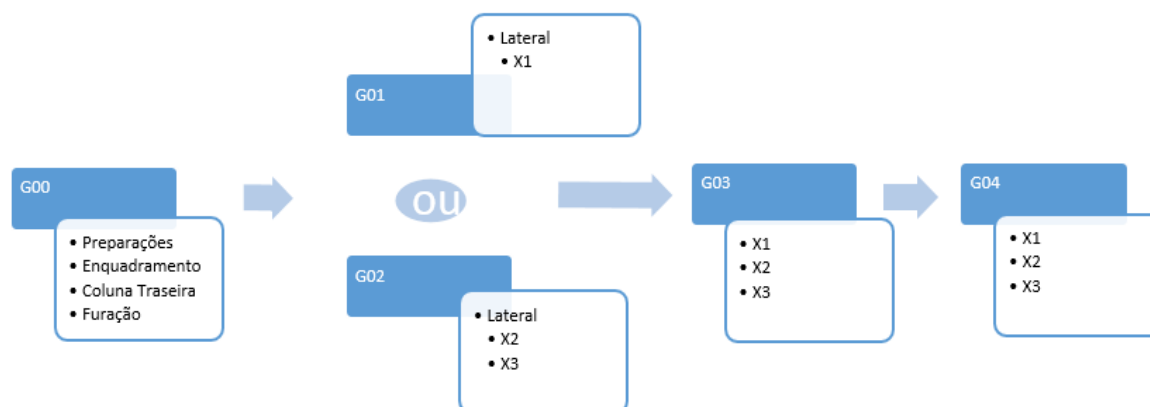
Figura 16 - *Layout* Atual da Área de Furação. Excesso de Estoque em Borda de Linha e Arranjo Mal Aproveitado: Alta Capacidade Ociosa



Fonte: (EMPRESA R, 2017)

Ainda na área da furação, torna-se interessante transferir as operações de preparação, conforme demonstrado na Figura 17 de modo a limpar a lateral da borda de linha. Esta modificação é pré-requisito para a implantação do *kitting*, fato que será abordado mais a fundo no próximo item deste capítulo. Uma solução para esta modificação é automatizar estas operações de preparação, tendo em vista que em caso de pane no sistema, a não execução das preparações não resulta em parada da linha.

Figura 17 - Fluxo de Processos Após a Mudança de *Layout*.



Fonte: Os Autores

3.2 IMPLANTAÇÃO DE *KITTING*

Ao analisar minuciosamente os postos de trabalho, não é difícil de perceber que a atividade de deslocamento é em parte devido a operações manuais de peças muito grandes que demandam muita locomoção para serem trabalhadas. A disposição de caixas, *hacks* e pallets dentro da linha também compromete a organização e dificulta a locomoção do operador pelo posto.

Uma das alternativas para aprimorar a performance de uma fábrica é adotar o sistema *Kanban*. Este sistema tem como objetivo principal reduzir custos e aumentar a produtividade por meio da eliminação de estoques desnecessários. Para requisição interna, como é utilizado na empresa R, são disponibilizadas caixas contendo o estoque necessário para suprir a carência de peças necessárias para o *mix* de produção por tempo determinado.

A medida que produtos são montados e o estoque vai sendo esgotado, são emitidos avisos para o fornecedor de estoque. Dessa maneira, uma nova alimentação de peças é programada para cada posto em questão. No entanto, esta prática é melhor aproveitada para montagens menores, no caso da montagem de um veículo utilitário o *layout* do posto continua bastante poluído em decorrência de ainda possuir várias caixas grandes dispostas ao longo do posto de trabalho, ocupando boa parte do posto e não obedecendo à prática do 5S proposta pelo *Lean Manufacturing*, o que traz desperdícios à empresa.

Uma maneira eficiente de aprimorar o sistema *Kanban* é atrelá-lo à implementação do sistema *kitting*. Este método consiste no abastecimento de um *kit* contendo apenas a quantidade exata das peças necessárias para a montagem de um único produto. Em resumo, a implantação do sistema de *kitting* tem como objetivos:

- Limpar a borda de linha;
- Reduzir o NVA atrelado ao tempo de deslocamento;
- Função *poka-yoke*: reduzir o tempo que o operador demora para selecionar as peças adequadas à montagem atual;

Para que a implementação do sistema seja viável, alguns pré-requisitos precisam ser preenchidos (SMALLEY, 2017):

- A empresa precisa ser adepta à filosofia de produção enxuta;
- Ter um sistema *Kanban* bem consolidado com o abastecimento de peças;
- Peças com identificação;
- Disponibilizar de uma área para a montagem dos *kits*;
- Um sistema de abastecimento de *kits* na linha;
- Definir o tamanho do *kit*;
- Definir a disposição das peças no *kit*;
- Definir a quantidade de *kits* necessários;
- Definir ponto(s) de entrada/saída do(s) *kitting(s)*;
- Definir localização do *picking*;
- Definir trajeto dos carrinhos automotriz;
- Treinamento da equipe.

A análise permite concluir que as condições necessárias são viáveis de ser atendidas.

Embora o *kitting* supostamente exija um excesso de logística e outras complicações que resultariam em mais NVA, a empresa R já possui alternativas para contornar esta situação. Na empresa analisada são empregados veículos autoguiados (AGV), que podem ser utilizados na operação de logística entre o abastecimento do carrinho e o descarregamento deste estoque no posto. Estes veículos têm seu trajeto planejado para fazer o percurso do fornecedor até a linha de maneira que o segundo AGV já esteja disponível no posto assim que o primeiro for liberado. Deste modo, o método se mostra bastante eficiente considerando a filosofia JIT, já que o tempo ocioso entre as operações é mínimo, ou seja, o NVA é reduzido de maneira eficaz.

Para que se torne ainda mais eficiente, a concepção do carrinho a ser construído deve-se levar em consideração a ordem de montagem e o posicionamento da retirada das peças em questão, de modo a otimizar o tempo da operação e o espaço útil do posto, já que as peças serão direcionadas diretamente do carrinho às estações de trabalho em que serão trabalhadas, não havendo a necessidade de haver caixas, pallets e racks no posto voltados

ao depósito das peças antes da operação. A ergonomia do operador para a retirada das peças também deve ser observada.

Para o caso em questão é recomendado o uso de um *kitting* viajante, que traria peças para abastecer todos os postos da lateral esquerda. Para aprimorar o sistema é possível ainda implementar trilhos elétricos que guiem os AGVs pelas laterais da linha. Adicionalmente, a alimentação de algumas peças pode se dar através de *karakuri*, isto é, termo japonês para reaproveitamento de energia em linhas de fabricação, de modo que elas deslizam por rolinhos implementados no carrinho até o operador, porém não sendo aplicável para todas as peças. Deve-se levar em consideração as condições adequadas de transporte e armazenamento da peça.

O conceito de *kitting*, no entanto, vem atrelado ao risco de atraso na linha a produção, já que este sistema não prevê a existência de um estoque para o caso de emergências, como no caso do fornecedor enviar uma peça incorreta para o produto em questão no meio do *kit* ou a peça vir defeituosa ou na ocorrência de uma peça ser inutilizada devido a algum defeito decorrente de algum problema/erro no meio de alguma das operações. Uma maneira de amenizar este problema é adotar o sistema de *picking by light* no estoque logístico. O *picking by light* (Figura 18) é um sistema automatizado que consiste em lâmpadas que são posicionadas acima de cada caixa de componentes contida na sala de estoques.

Figura 18 - Picking By Ligth



Fonte: (BRINT, 2016)

Um computador contendo todos os dados referente ao *mix* de produção diária é conectado as lâmpadas e indica qual será o próximo conjunto a ser montado. Para cada configuração de *kit* a ser montado, o sistema envia um sinal para que acendem as luzes apenas acima dos produtos que devem abastecer o carrinho, além de ativar alarme sonoro no caso de ser coletada uma peça incorreta. Desta maneira o *picking by light* funciona como um *poka-yoke*, impedindo que haja falhas relacionadas ao envio de componentes errados, além de agilizar a localização das peças e, conseqüentemente, diminuir o tempo necessário de montagem do *kit*.

3.2.1 Implantação de Robôs

Para que seja possível aplicar o *kitting* em toda a linha de montagem lateral esquerda, é necessário que ocorra a transferência dos postos de preparações para outro local, pois estes ocupam o corredor que permitiria a passagem dos AGVs contendo os *kittings*. Como citado no item 3.1, a transferência pode ser para a área de furação, que mesmo com a transferência das operações de enquadramento e montagem da coluna traseira ainda conta com espaço ocioso na célula, sendo que, considerando a implantação do *kitting*, este espaço ocioso se tornaria ainda maior, tendo em vista que limparia o estoque em borda de linha. Por se tratar de operações simples e extremamente rápidas, a utilização convencional do *kitting* viajante não seria muito interessante para o caso da montagem das preparações, pois demandaria logística excessiva. Porém uma solução interessante seria implantar uma célula com robô no posto de furação para realizar as operações de preparação. Para aproveitar os dispositivos já existentes, é possível fazer um sistema de *kittings* no qual cada um carregue um dispositivo contendo as respectivas peças e as leve para a célula do robô. Cada *kitting* será dotado da gravação de um *QR code*, que consiste em uma marcação em sua estrutura contendo a identificação de qual é o dispositivo de preparação em questão para que o robô possa interpretar quais operações devem ser realizadas no momento. As operações serão realizadas na própria base de cada *kitting*, que sairá do posto pronto para alimentar a linha.

4. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo se descrevem as tarefas desenvolvidas conforme a metodologia estabelecida no capítulo anterior, com o respaldo das revisões bibliográficas.

4.1 HIPÓTESES COM RELAÇÃO AO NÚMERO DE AGVs

Devido ao custo do investimento, alguns fatores que devem ser previamente acordados entre os departamentos de engenharia, performance e financeiro ainda não haviam sido totalmente determinados até o momento do encerramento desse trabalho de Conclusão de Curso. Cada situação demanda uma diferente solução. A definição do trajeto do AGV, tal qual sua alimentação e transferência de peças para o posto são de suma importância para alcançar de maneira eficiente o melhor resultado possível em termos de performance, viabilidade econômica e melhoria do processo. Sendo assim foram levantadas duas hipóteses para possibilitar o seguimento do trabalho. Cada hipótese resulta no desenvolvimento de uma ou mais opções de *layout* a partir das condições por ela impostas, e a partir destas hipóteses e conclusão do presente trabalho, proporcionando decisões assertivas por parte dos departamentos de engenharia e financeiro.

4.1.1 Hipótese 1 – Investimento de Dois AGVs

A primeira hipótese considera que a empresa, acreditando na necessidade de maior investimento, disponibiliza o dinheiro necessário para aquisição de dois AGVs. Para esta situação é possível utilizar os carrinhos de diversas maneiras. A opção mais intuitiva é utilizar cada AGV para carregar um carrinho *kitting* para alimentar um lado diferente da linha, assim o funcionamento se dá de forma independente, e o carrinho não precisa dar voltas pelo posto, fazendo um trajeto mais simples. Neste cenário é preciso delimitar corretamente quais componentes são dispostos em cada *kitting*, para evitar movimentos desnecessários dos operadores, criando um sistema robusto e eficiente.

No entanto, o uso do segundo AGV pode ser realizado de diversas formas além da citada anteriormente, por exemplo, otimizando o sistema

contemplando um mesmo AGV para transportar ambos os carrinhos *kitting*, conforme Figura 19, até um ponto escolhido de maneira estratégica.

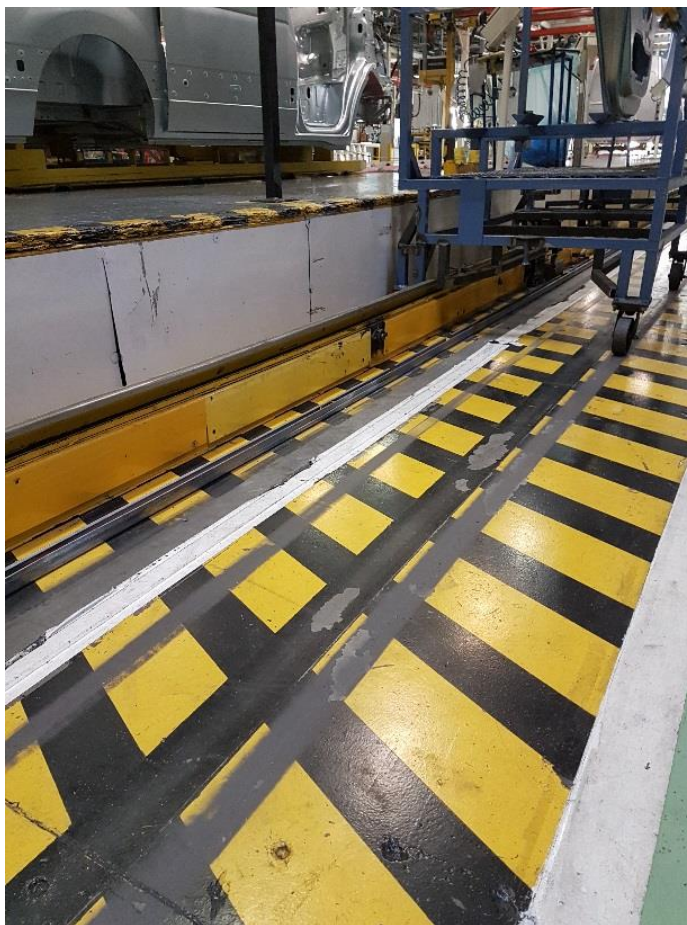
Figura 19 – AGV Transportando Dois Carrinhos Simultaneamente



Fonte: Os Autores

Neste ponto haveria uma bifurcação contendo dois trilhos elétricos. Através de um sensor, o AGV liberaria o pino que o conecta ao carrinho e o liberaria no trilho. Após a liberação do carrinho pelo AGV, sensor emite o sinal necessário para que seja acionado o pino que conectará o carrinho ao trilho. Um leitor de *QRCode* (do inglês, *Quick Response Code*, em tradução livre “código de resposta rápida” é um código fácil de ser lido e interpretado por sistemas dotados de câmeras) localizado no ponto de bifurcação reconhece através do código localizado no carrinho de qual modelo e lado da linha o *kit* sendo transportado pertence. Cada carrinho seria engatado em seu trilho (Figura 20) correspondente e transportado até o lado da linha ao qual pertence, de modo que ambos os lados da linha sejam alimentados simultaneamente.

Figura 20 – Carrinho *Kitting* Sendo Conduzido por Trilhos Laterais Elétricos



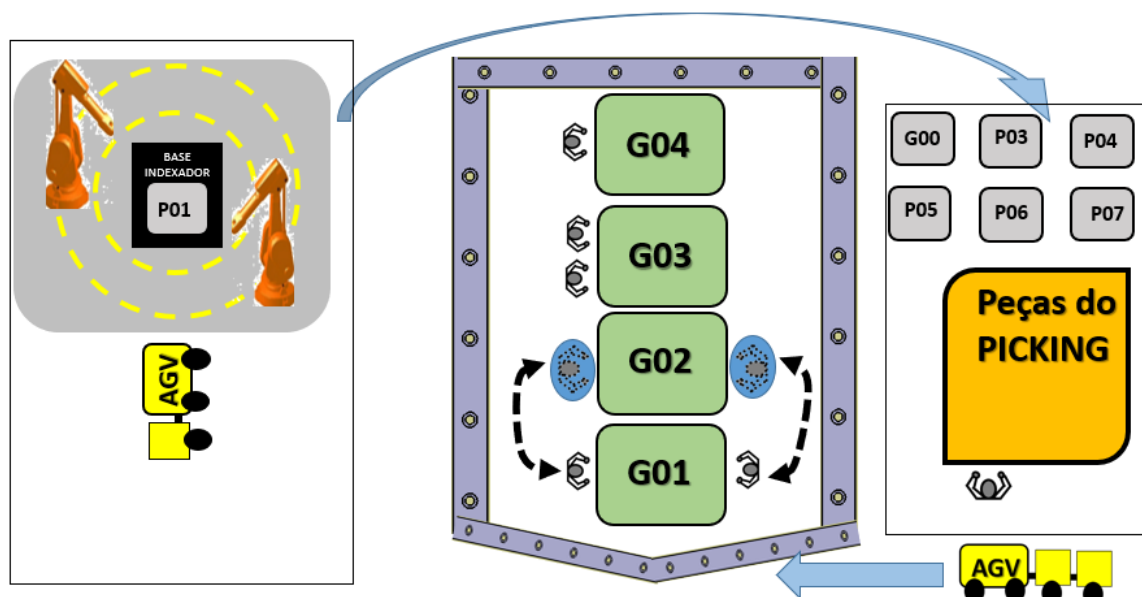
Fonte: Os Autores

Desta maneira, após os carrinhos serem devidamente engatados nos trilhos, o AGV já estaria liberado para retornar ao *picking* e carregar os próximos *kits*. Após realizar o carregamento de *kits* nos trilhos, o AGV recolhe e retorna os carrinhos vazios para o *picking* para que possam ser reabastecidos de peças para um novo *kit*.

Para esta condição, é possível utilizar o AGV remanescente da maneira exposta na seção 3.2.1: dotar cada dispositivo de preparação de rodinhas para que possam ser carregados pelo AGV. Os carrinhos seriam levados um a um, de modo a seguir um rodízio, para a célula robótica na qual os componentes serão soldados. Todavia, após estudos realizados pelo setor responsável pela manutenção e automação da fábrica, definiu-se que a área de furação não comportaria a célula robótica e uma região de *picking* simultaneamente de modo que para viabilizar a execução do projeto estas operações deveriam ser alocadas em diferentes áreas. A célula robótica pode ser alocada numa

segunda região próxima à linha lateral esquerda, que no momento estava sendo apenas parcialmente utilizada para armazenamento de estoque.

O operador do *picking*, além de carregar as peças no carrinho *kitting*, fica responsável por carregar os dispositivos de preparação. O AGV secundário, então, inicia o ciclo levando os dispositivos do *picking* até a base indexadora contida na célula robótica. Dispositivos menores são enviados em conjuntos para serem soldados simultaneamente na célula robótica, enquanto dispositivos maiores devem ser enviados separadamente, totalizando um trio e um par de dispositivos menores e 2 dispositivos a serem enviados avulsamente. À medida que as preparações são soldadas, o AGV secundário conduz os dispositivos novamente ao *picking*, aonde as peças são descarregadas pelo operador prontas para serem enviadas no *kitting*. O AGV secundário descarrega o dispositivo contendo um conjunto soldado e leva o próximo dispositivo a ser soldado. Este ciclo se repete continuamente, e o tempo para que um conjunto completo de preparações seja soldado e alocado no seu respectivo *kit* deve ser inferior ao tempo *takt*, possibilitando atender à demanda da fábrica. Um *layout* esquemático para esta hipótese está representado na Figura 21. Vale ressaltar que o número de operadores observado nas imagens é meramente ilustrativo, não representando a quantidade real de operadores necessária para cada situação. A quantidade de operadores necessários será discutida mais a frente, após a definição do *layout*, na seção 5.2.1.

Figura 21 – Representação da Hipótese 1 (*Layout 1*)

Fonte: Os Autores

Considerando que o AGV se locomove a uma média de 25 metros por minuto e que a distância total a ser percorrida até que todas as preparações estejam prontas é de 224 metros (28 metros de distância entre *picking* e célula robótica x 8 viagens de ida/volta), resulta-se num tempo de operação logística de 8,96 minutos. O tempo estimado por automatistas para que todas as preparações sejam soldadas pelos robôs é de 2,6 minutos. Resultando em um tempo total de 11,56 minutos conclui-se que o projeto é factível para a demanda atual da fábrica (40 veículos por turno, tempo *takt* de 12 minutos). Não obstante, se for considerado o aumento de cadência previsto após implementação de novo projeto de produto a ser realizado na fábrica (novo tempo *takt* de 9 minutos para uma nova demanda de 53 veículos por turno), o projeto se torna infactível devido à impossibilidade do AGV secundário cumprir o trajeto a tempo. A Tabela 2 exhibe os tempos relacionados ao circuito dentro do *layout 1*.

Tabela 2 - Tempo do Circuito *Layout 1*

Velocidade AGV (m/min)	25
Distancia Total a ser percorrida (m)	224
Tempo Logistico (min)	8,96
Tempo robô (min)	2,6
Tempo total(min)	11,56

Fonte: Os Autores

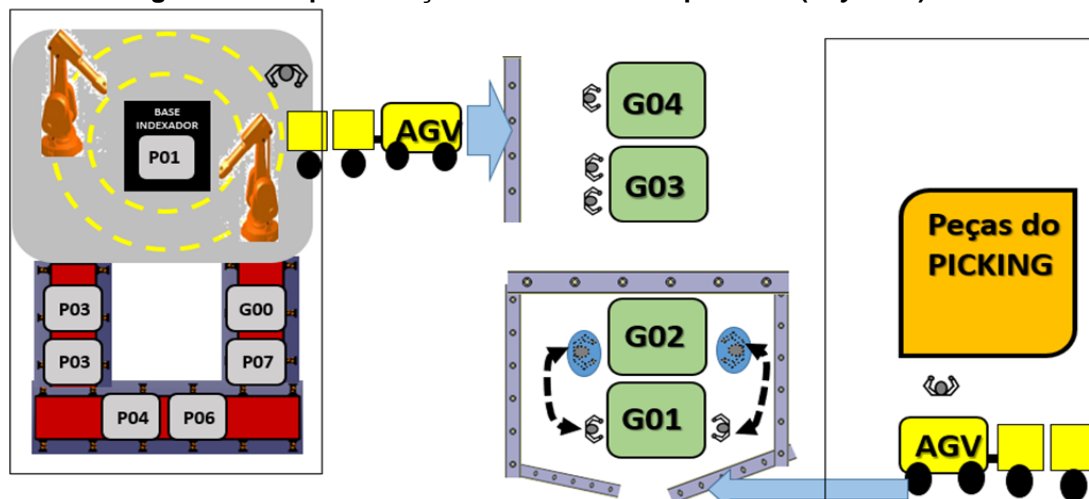
Tendo em mente esta situação, foi prevista uma segunda proposta de layout que não envolve o uso do AGV para o transporte das preparações até o robô. Para este caso as preparações poderiam ser transferidas até o robô por um sistema de mesas rotativas com rolos horizontais, conforme Figura 22, sendo o círculo amarelo a mesa rotativa e o círculo azul o robô.

Figura 22 - Célula Robótica com Mesas Horizontais



Fonte: Os Autores

Desta maneira o segundo AGV permanece livre, podendo ser utilizado para a montagem de dois kits contendo apenas preparações. Sendo assim, dois sistemas *kitting* seriam aplicados, um para transportar os carrinhos com as preparações e um para transferir as demais peças da linha (Figura 23).

Figura 23 – Representação Alternativa da Hipótese 1 (*Layout 2*)

Fonte: Os Autores

Este sistema permite que a alimentação da linha seja realizada dentro do tempo *takt*, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tempo do Circuito *Layout 2*

Velocidade AGV (m/min)	25
Distancia Total a ser percorrida (m)	48
Tempo Logístico (min)	1,92
Tempo robô (min)	2,6
Tempo de troca de dispositivos pelas mesas	3,7
Tempo total(min)	8,22

Fonte: Os Autores

4.1.2 Hipótese 2 – Investimento de Um AGV

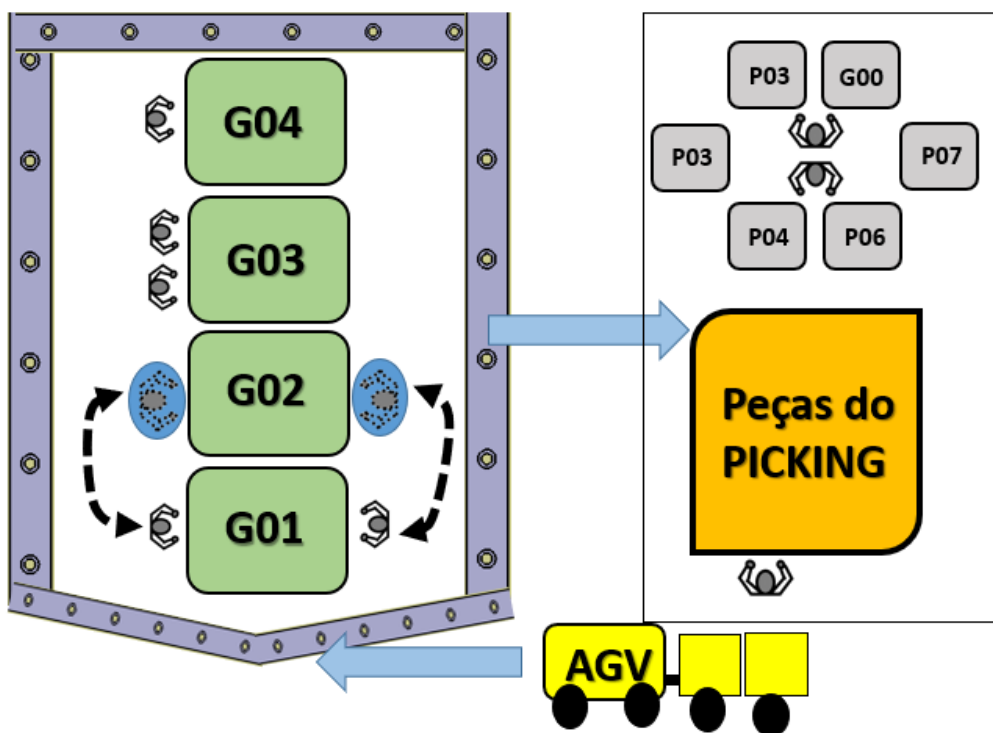
Esta hipótese tem como maior desafio prever uma forma de realizar as operações e alimentar ambos os lados da linha estudado sem que o tempo *takt* seja prejudicado. O mesmo sistema de alimentação utilizando AGV e trilhos elétricos proposto na 1ª hipótese poderia ser utilizado novamente neste cenário.

A ausência de outros AGVs impossibilitaria que a ideia exposta no item 3.2.1 fosse colocada em prática, no entanto a desocupação da atual área dos postos de preparação continua sendo uma necessidade, pois somente assim a borda de linha ficará livre para a locomoção dos carrinhos de *kitting*. Desta maneira, o ideal é colocar em prática a solução proposta no item 3.1, manter as operações de preparação manuais e transferi-las, juntamente com as

operações de montagem do enquadramento e da coluna traseira do CC, para o antigo posto de furação, que será o novo *picking* da lateral esquerda. Para este modelo proposto, a realização das operações no *picking* se torna conveniente por estarem localizadas na mesma área em que o *kitting* é abastecido, economizando em termos de fluxo logístico.

Sendo assim, o AGV será alimentado no posto de furação próximo ao posto de trabalho, passará pelo posto deixando o kit específico para o próximo veículo a ser montado. Em seguida o AGV coleta o kit vazio da operação anterior e retorna para o *picking*, fechando o ciclo, conforme Figura 24.

Figura 24 – Representação da Hipótese 2 (*Layout 3*)



Fonte: Os Autores

4.2 SELEÇÃO DO LAYOUT

Para as duas hipóteses levantadas foram elaborados 3 *layouts*, dentre eles 2 para a primeira hipótese e uma para a segunda.

4.2.1 *Layout 1*

Consiste em um sistema de alta flexibilidade, sendo receptivo a futuras necessidades de inserir mais dispositivos para serem soldados na mesma

célula robótica além dos de preparações. O investimento previsto está demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Investimento Previsto para o *Layout 1*

Ação	Valor do Investimento
Compra de 2 AGVs	R\$ 360.000,00
Instalação de célula robótica e modificações de infraestrutura necessárias	R\$ 350.000,00
Total	R\$ 710.000,00

Fonte: Os Autores

Além disso, o sistema permite que as operações sejam feitas a partir de qualquer ordem programada no sistema. Apesar destas vantagens, o sistema sugerido possui um grave problema em potencial: no caso de haver o aumento de cadência previsto (25%), o AGV não teria tempo hábil para realizar o trajeto até o *picking*.

4.2.2 *Layout 2*

Possui um sistema de mesas rotativas para conduzir os dispositivos de preparação até a célula robótica, deixando o segundo AGV liberado para apenas conduzir as preparações até os trilhos que conduzem os kits de preparações até os postos de trabalho G03 e G04. Este sistema economiza o tempo que seria gasto no trajeto até o *picking*, no entanto um sistema contendo mesas horizontais rotativas é um projeto de alto investimento, conforme demonstrado na Tabela 5, além de não possuir a mesma flexibilidade do *Layout 1*.

Tabela 5 – Investimento Previsto para o *Layout 2*

Ação	Valor do Investimento
Compra de 2 AGVs	R\$ 360.000,00
Pacote de instalação de célula robótica contendo mesas rotativas e todas as modificações de infraestrutura e automação necessárias	R\$ 1.500.000,00

Total	R\$ 1.680.000,00
--------------	------------------

Fonte: Os Autores

Além disso, o fato do AGV dedicado às preparações percorrer um trajeto curto e ficar longos períodos parado, não explorando todo seu potencial, não justifica o alto valor de investimento na visão da diretoria de fabricação.

4.2.3 *Layout 3*

Embora o *layout 3* seja de simples implantação e demande menor investimento, como mostrado na Tabela 6, não haveria ganhos quantitativos para justificar a execução do projeto, pois não possibilitaria redução no número de operadores, que é uma condição necessária para haver *payback*.

Tabela 6 - Investimento Previsto para o *Layout 3*

Ação	Valor do Investimento
Compra de 1 AGV	R\$ 180.000,00
Total	R\$ 180.000,00

Fonte: Os Autores

O único ganho seria em termos de redução de NVA devido à redução do número de passos para realizar o carregamento de componentes, reduzindo o tempo de ciclo e melhorando a situação do gargalo. Este ganho é mínimo se comparado às primeiras opções, que além de contar com a redução de NVA, também propiciam a redução no número de efetivos e aumentam o nível de automação da fábrica. O nível de automação da fábrica é um indicador muito almejado pela fábrica de veículos utilitários, que possui um indicador significativamente mais baixo que a fábrica de veículos de passeio localizada no mesmo complexo.

4.2.3.1 *Criação de um Novo Layout a Partir das Vantagens e Desvantagens*

A Tabela 7, constando as vantagens e desvantagem apresentadas no texto foi elaborada para permitir uma visão geral e procurar considerar e obter alguma outra opção factível.

Tabela 7 – Vantagens e Desvantagens das Propostas de *Layout*

Proposta	Vantagens	Desvantagens
Layout 1	<ul style="list-style-type: none"> • Opção barata se comparada com o Layout 2 • Flexibilidade do processo • Bom nível de automação • Possibilidade de redução de até 4 efetivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Não atende ao tempo <i>takt</i> caso haja aumento na cadência de produção da fábrica

Fonte: Os Autores

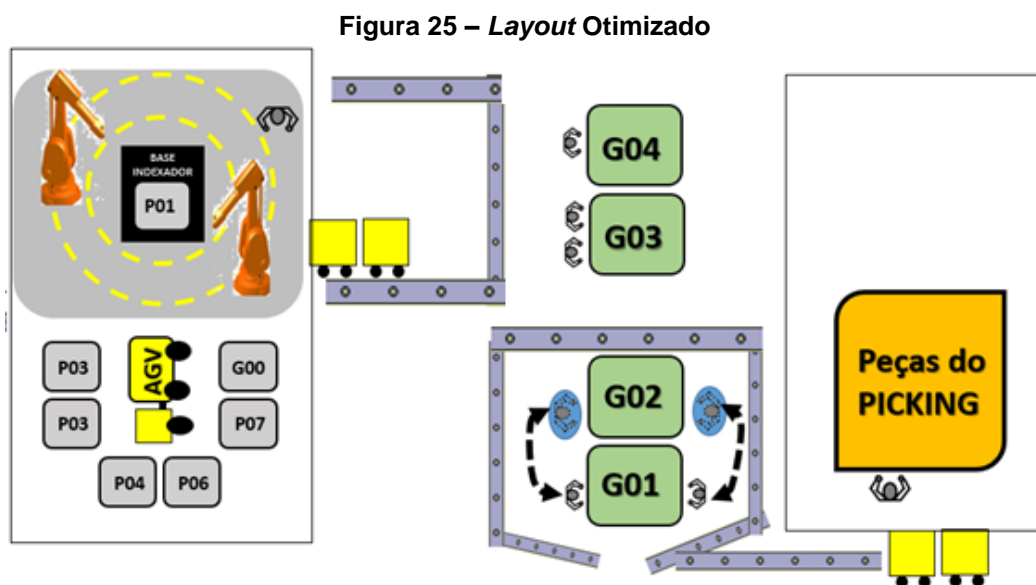
Tabela 7 – Vantagens e Desvantagens das Propostas de *Layout*

Layout 2	<ul style="list-style-type: none"> • Atendimento ao tempo <i>takt</i> • Possibilidade de redução de até 4 efetivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de alto investimento • Baixa flexibilidade • Necessidade de implementar dois sistemas <i>kitting</i>
Layout 3	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto de menor investimento • Fácil implantação 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo nível de automação • Não há ganhos relativos à redução do número de efetivos

Fonte: Os Autores

A avaliação da Tabela 7, tendo em conta as vantagens e desvantagens de cada *layout* anterior, procurando mesclar o que há de melhor em cada proposta, permitiu formular outra opção com considerável robustez. Por outro lado, considerando que a hipótese 2 vigore e haja investimento apenas para a aquisição de um AGV, ainda assim é possível conseguir a flexibilidade e menor

valor de investimento do *Layout 1* com o atendimento ao tempo *takt* do *Layout 2* ao utilizar o *layout* da Figura 25.



Fonte: Os Autores

Para esta nova proposta, haveria um AGV dedicado apenas a levar os dispositivos até a base indexadora localizada na célula robótica. Ao finalizar a soldagem em um dispositivo, o AGV descarregaria o presente dispositivo numa região de descarregamento, na qual haveria um operador responsável pela montagem dos carrinhos *kitting*. Após o descarregamento, o AGV já estaria pronto para levar o próximo dispositivo da fila para a célula robótica e repetir o processo. Devido à proximidade da área da célula robótica e a linha lateral esquerda, um trilho estaria disposto na região de montagem do kit localizada no posto da célula robótica, de modo a levar até os postos G03 e G04 que recebem as preparações. Para as preparações, um carrinho é o suficiente para alimentar os postos, pois nestes postos a alimentação é realizada apenas por um lado da linha. O investimento previsto é demonstrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Investimento Previsto Layout Otimizado

Ação	Valor do Investimento
Compra de 1 AGV	R\$ 180.000,00

Instalação de célula robótica e modificações de infraestrutura necessárias	R\$ 350.000,00
Total	R\$ 530.000,00

Fonte: Os Autores

A modificação para este *layout* propicia a redução de 4 operadores na linha, conforme cálculos detalhados na seção 5.2.1 do presente trabalho. O valor de investimento para a implementação deste *layout* é relativamente acessível se comparado aos demais, sendo superior apenas ao valor do *layout* 3.

Devido aos ganhos estimados, deste ponto em diante considera-se que este é o *layout* selecionado para ser implementado.

Infelizmente, por motivo de falta de autorização da diretoria, o *layout* oficial da fábrica não pôde ser utilizado para se ter uma ideia mais clara do projeto e localização das estruturas a serem realizadas, sendo necessário demonstrar as modificações apenas por meio de sinópticos e *layouts* esquemáticos.

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DO KITTING

Como o objetivo do presente trabalho é modificar o *layout* de modo a reduzir a borda de linha utilizando a ferramenta de *kitting*, a eficiente implementação do mesmo representa grande parcela do sucesso do projeto.

4.3.1 Descrição detalhada do Ciclo do *Kitting*

O ciclo começaria na antiga área de furação, que será destinada ao *picking* das peças que alimentam os postos G01 e G02. O *picking* deve ser dotado do sistema *picking by light*, permitindo que o carrinho seja alimentado com os componentes corretos de acordo com a sequência de produção previamente definida e configurada no sistema. Após a alimentação dos carrinhos ser feita pelo operador, os carrinhos serão engatados em trilhos que os conduzirão aos dois lados da borda de linha. Cada carrinho será conduzido por um caminho e após chegar ao posto será submetido a um sistema *stop and go*, ou seja, só partirá ao próximo posto após botões localizados em ambos os lados da linha sejam pressionados. Esse sistema garante que os carrinhos





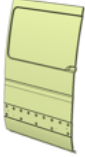
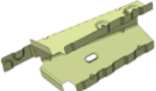
kitting só serão liberados após todas as operações terem sido finalizadas, também permitindo a alimentação simultânea dos dois lados da linha. Este processo é realizado de maneira cíclica, de modo a alimentar a linha de maneira contínua, nunca havendo estoque parado na borda de linha. O único estoque mantido na linha é o de pequenas peças, como parafusos, rebites e alguns outros componentes pequenos, que não compensam ser alimentados continuamente pelo *kitting* pois resultariam em deslocamentos que podem ser evitados. Estes pequenos componentes serão levados pelo primeiro kit do dia em caixas de pequeno porte. Estas caixas disponibilizarão o número necessário de componentes para atender à demanda do dia e serão dispostas em suportes presentes nos próprios dispositivos de soldagem, de modo a não poluir a borda de linha ou interferir na operação do posto.

Os dispositivos das preparações serão mantidos no posto que contem a célula robótica, juntamente a um *picking* das peças de preparação. Neste posto o AGV disponibilizado é responsável por levar os dispositivos de preparação, previamente abastecido por um operador, até a base indexadora na qual serão realizadas as operações de soldagem. A cada preparação pronta, o AGV leva o dispositivo até o operador para que ele faça o desabastecimento das peças nos carrinhos *kitting* e logo em seguida o AGV busca o próximo dispositivo que está na fila para receber a solda. Os dispositivos menores podem ser fixados juntos na base indexadora, podendo ser trazidos em par pelo AGV para economizar tempo, conforme ilustrado anteriormente na Figura 19. Este ciclo se repete até que os kits das preparações que abastecem ambos os lados dos postos G03 e G04 estejam completos. Quando completos, os carrinhos são engatados nos trilhos que os levarão até a borda de linha desses dois postos de trabalho, sendo submetidos ao mesmo sistema *stop and go* dos postos que os antecedem.

4.3.2 Modelagem do *Kitting*

Para realização da modelagem, primeiramente foram listados todos os componentes que serão movimentados pelo carrinho, conforme a Figura 26.

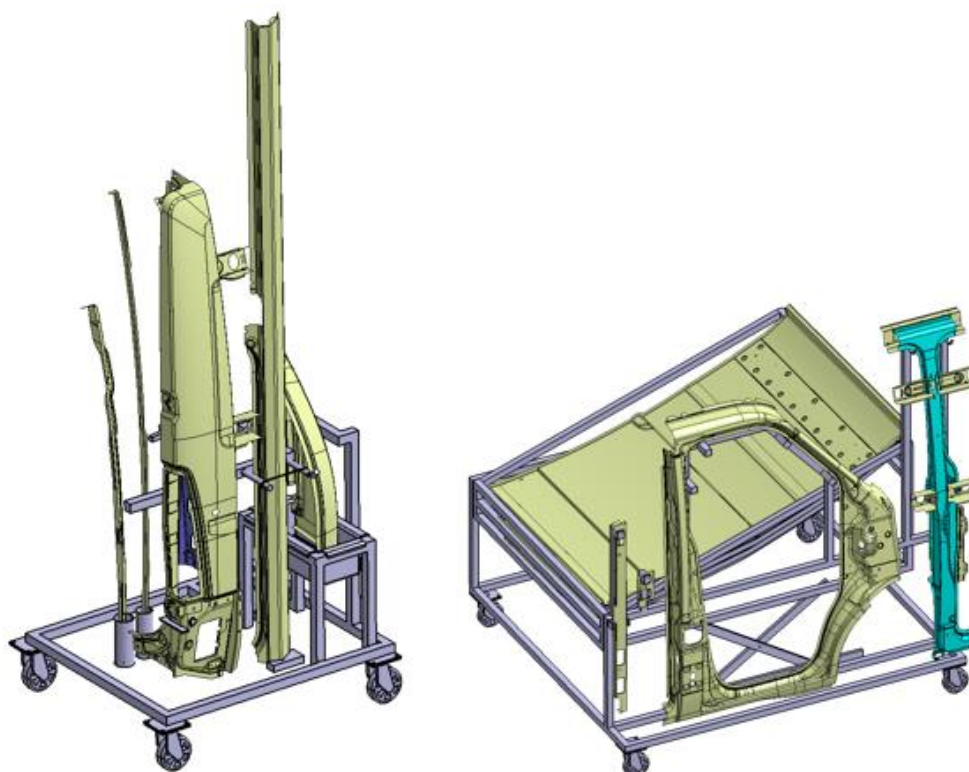
Figura 26 – Representação da Atividade de Listagem de Peças

LADO DIREITO			LADO ESQUERDO		
PEÇA	REFERÊNCIA		PEÇA	REFERÊNCIA	
ENCADREMENT PORTE AV G	760132486R		RENFORT PIED AVG ASS	8200784271	
PASSAGE ROUE EXT AV G	8200658529		DOUBLURE MONTANT BAIE G	8200656498	
PANNEAU LT AV TOLE	774330981R		RENFORT DE DOUBLURE DE PIED AV G	641967455R	

Fonte: Os Autores

Com o total de 10 a 13 componentes principais dependendo do modelo, a modelagem foi focada em eficiência de transporte e ergonomia de trabalho, discutida no próximo subitem. Na figura 27 temos a conclusão da modelagem do carrinho *kitting* com os componentes posicionados para transporte.

Figura 27 – Carrinhos *Kitting* dos postos G01 e G02 abastecidos



Fonte: Os Autores

4.4 ERGONOMIA DO OPERADOR

O trabalho do operador no posto de montagem possui complicações devido ao tamanho dos componentes, ocasionando dificuldades de manuseamento e esforços físicos excedentes, possibilitando acidentes de trabalho. Para atender a esta demanda foram instalados assistentes pneumáticos, além do planejamento do *kitting*, a fim de permitir que os painéis laterais do veículo sejam posicionados com segurança e sem o trabalho conjunto dos dois operadores, ganhando qualidade e segurança o processo.

4.4.1 Posicionamento dos Componentes

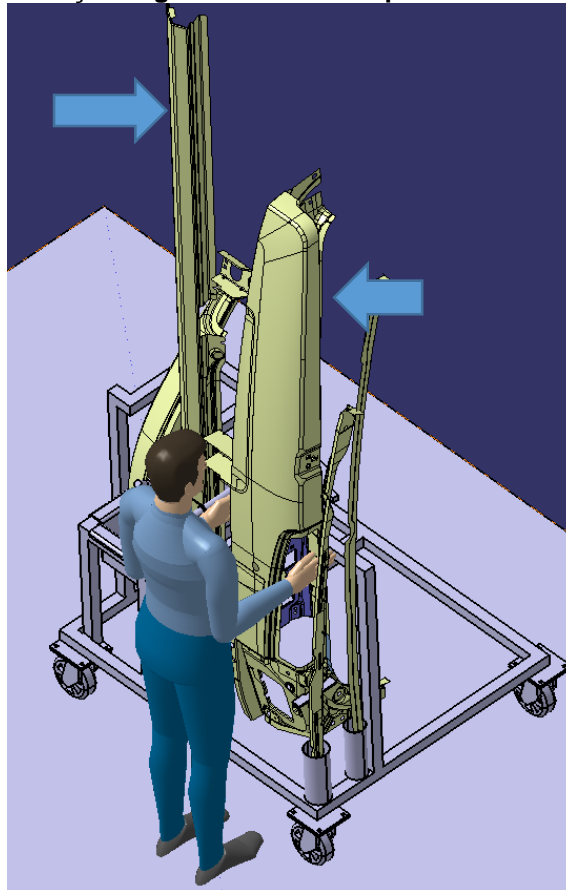
Antes da implementação do presente projeto os componentes eram manuseados pelo operador de forma livre e intuitiva, pois os componentes eram agrupados com o objetivo de maior quantidade por lote (Figura 28), portanto a sua disposição não visava o maior conforto de trabalho.

Figura 28 – Borda de Linha Antes da Implementação do Projeto



Fonte: Os Autores

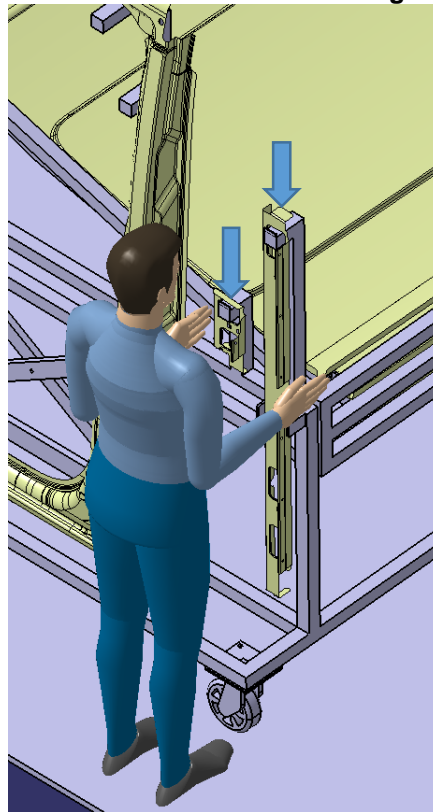
Os carrinhos foram desenhados objetivando a facilidade de manuseio do operador, o preparo de fácil acesso e a fixação dos componentes (Figura 29).

Figura 29 – Fixação Ergonômica de Componentes Grandes

Fonte: Os Autores

A altura de fixação e posicionamento dos componentes de maiores dimensões e pesos foram tomados como prioridade para a garantia da melhor ergonomia para o operador. Embora algumas peças sejam grandes, a boa ergonomia no momento da retirada de cada uma do *kitting* e do posicionamento no dispositivo de soldagem garantem que o risco de acidentes seja muito próximo a zero, pois o maior risco se dava no momento de transferir a peça da borda de linha até o dispositivo. Com a implementação do *kitting* o carrinho é posicionado rente ao dispositivo, eliminando os riscos ergonômicos referentes ao deslocamento de peças grandes. Além disso, os carrinhos foram planejados para que peças menores pudessem ser retiradas do carrinho com gestos simultâneos, reduzindo movimentos desnecessários, conforme Figura 30.

Figura 30 - Peças a serem retiradas do carrinho com gestos simultâneos.

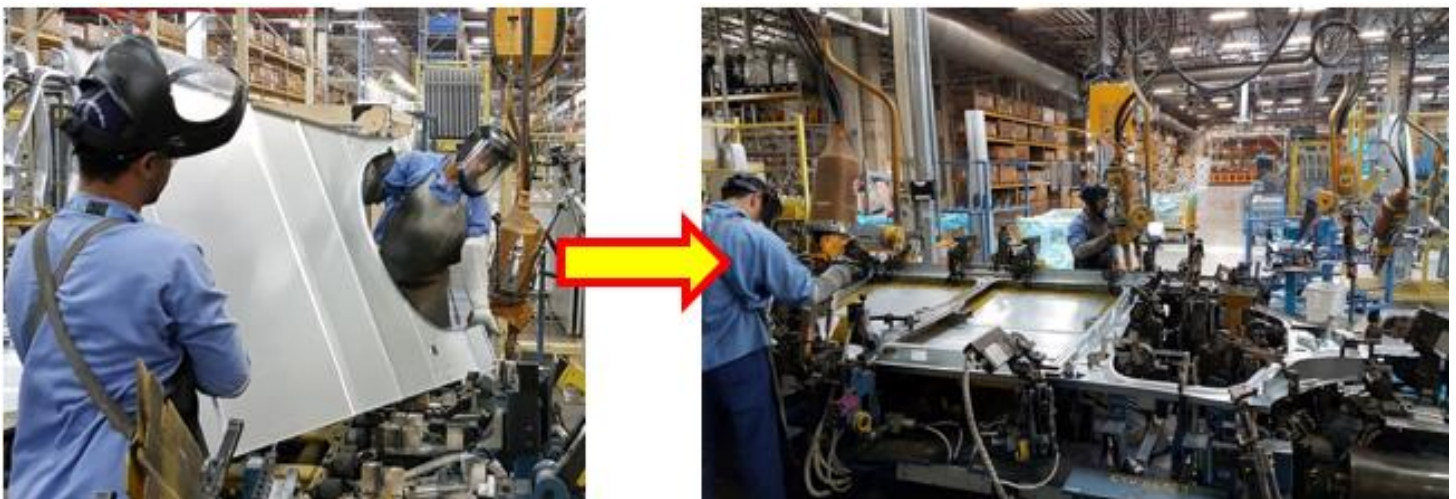


Fonte: Os Autores

4.4.2 Sistema de Elevação do Carrinho de Painéis

Antes da implementação do projeto, os operadores necessitavam de trabalho em equipe para equilibrar e posicionar o componente a ser soldado dentro do posto de trabalho antes de realizar a operação (Figura 31).

Figura 31 – Necessidade de Dois Operadores para Alimentar o Dispositivo de Solda com



um Painel

Fonte: Os Autores

Visando a melhoria do processo, o carrinho *kitting* que passa pelo lado direito da borda de linha e carrega os painéis foi desenvolvido com o intuito de eliminar a necessidade de dois operadores para carregar os painéis e agilizar a operação. Para isto, o carrinho é provido de um sistema de elevação do tipo tesoura, como o exemplo da Figura 32.

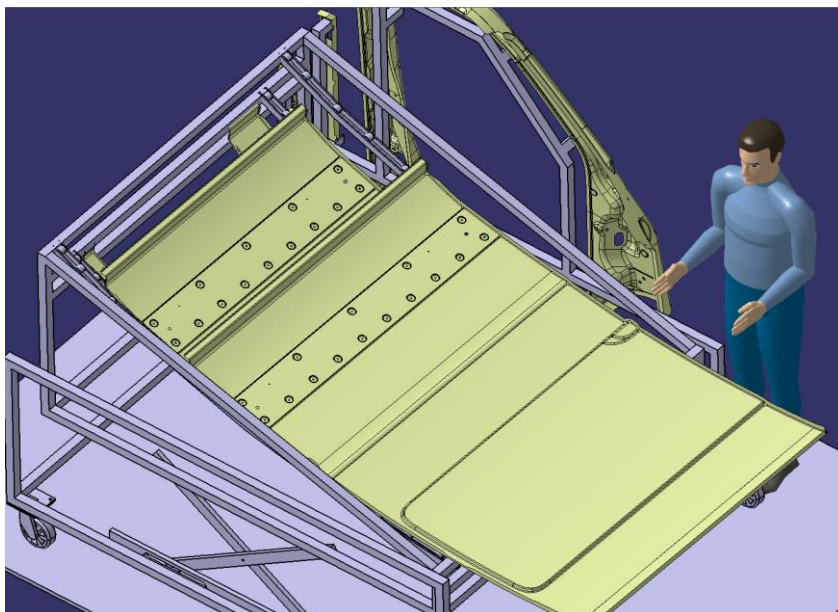
Figura 32 - Exemplo de Sistema de Elevação Tesoura



Fonte: (Liftruck, 2018)

O mecanismo de tesoura sustentará uma estrutura de 3 níveis, cada qual contendo o compartimento para um painel. Os compartimentos são dotados de rolinhos que permitem o deslize fácil do painel até o dispositivo de solda, além de serem arquitetados com inclinação e curvatura que respeitam o formato das peças e não permitam sua deformação no momento de serem retiradas do carrinho (Figura 33).

Figura 33 - Mecanismo de Deslizamento dos Painéis até o Dispositivo



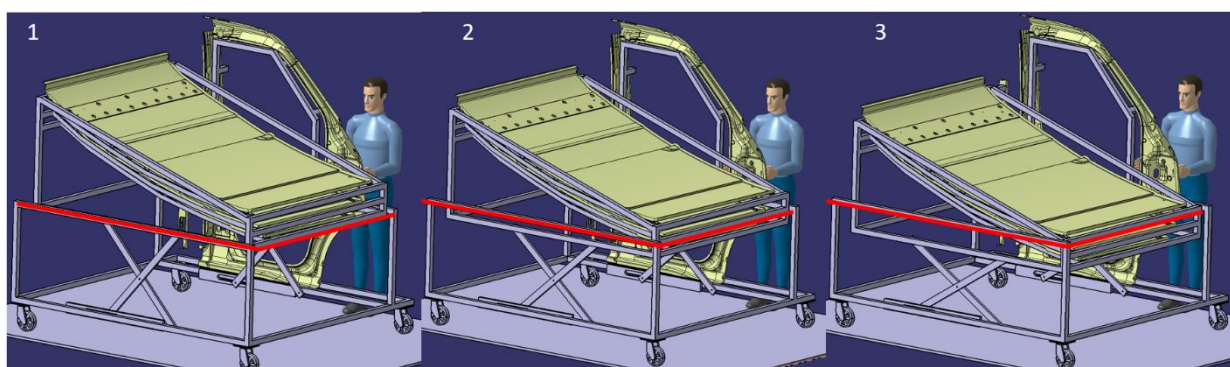
Fonte: Os Autores

Os dispositivos de solda dos postos G01 e G02 possuem rolos destinados a auxiliar no posicionamento dos painéis durante sua colocação. A altura em que os painéis são retirados do carrinho foi projetada para coincidir com a altura que os rolos estão posicionados no dispositivo, de modo que o único esforço necessário do operador será liberar o mecanismo de trava que mantém os painéis fixos no carrinho e guiar o painel até o dispositivo.

Diferente do exemplificado na Figura 32, por não haver a necessidade de um controle fino da elevação a ser selecionada, sendo necessário apenas o controle de três níveis de altura, o sistema de elevação do carrinho será realizado por alavanca de três posições ao invés de manivela.

A Figura 34 expõe os três níveis de elevação do carrinho. O mecanismo de alavanca e trava dos painéis foi oculto da imagem para uma melhor visualização do sistema de deslize das peças.

Figura 34 - Carrinho *kitting* com Sistema de Elevação Embutido



Fonte: Os Autores

4.4.3 Assistência para Manuseio

Embora a concepção do carrinho *kitting* da borda direita permita que a alimentação dos painéis seja feita por um único operador, não se pode esquecer que ainda é necessário realizar no *picking* a transferência dos painéis para o carrinho antes deste ir para o posto. Ou seja, o problema de ergonomia não pode simplesmente ser transferido dos operadores de solda para o operador logístico, o problema deve ser resolvido como um todo.

O assistente pneumático tem o objetivo de diminuir o esforço que o operador precisa realizar para equilibrar a peça devido ao momento que ela oferece, considerando sua dimensão e peso.

Com a implementação do atuador pneumático demonstrado na Figura 35, o esforço é reduzido e o operador possui mais firmeza nos movimentos, não sendo necessário o auxílio do outro operador.

Figura 35 – Assistência de Posicionamento para o Operador



Fonte: Os Autores

O atuador pneumático, além de diminuir esforços de sustentação do componente por parte do operador, auxilia também a rotacionar o componente da posição de armazenamento para a posição que o componente deverá ser depositado no carrinho *kitting*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo tem como objetivo trazer a análise dos resultados obtidos em decorrência das modificações propostas no capítulo anterior. Além dos aspectos quantitativos, discussões qualitativas foram necessárias para demonstrar o impacto da melhoria implementada.

5.1 QUALIDADE DE TRABALHO

Com as dificuldades levantadas no capítulo anterior, a tratativa para aumento da qualidade de trabalho do operador dos postos de trabalho analisados surtiu efeitos significativos, discutidos em seguida.

5.1.1 Segurança do Trabalho

A instalação do *kitting* substituindo a borda de linha trouxe redução de passos dos operadores, reduzindo também as ocasiões de acidentes dentro do posto de trabalho, pois a movimentação com as peças em mãos se tornou menor e mais eficiente.

A implementação do atuador pneumático no *picking* e do sistema de deslize dos painéis no carrinho *kitting* auxilia na segurança do trabalho, pois o risco de derrubar os componentes e causar algum tipo de ferimento no operador é reduzido. Esta melhoria no posto de trabalho possibilita o manuseio dos componentes de grandes dimensões sem o trabalho simultâneo de dois operadores, como mostra na Figura 31 em comparação com a Figura 35, evitando movimentações descoordenadas o que acarreta risco de segurança a operação.

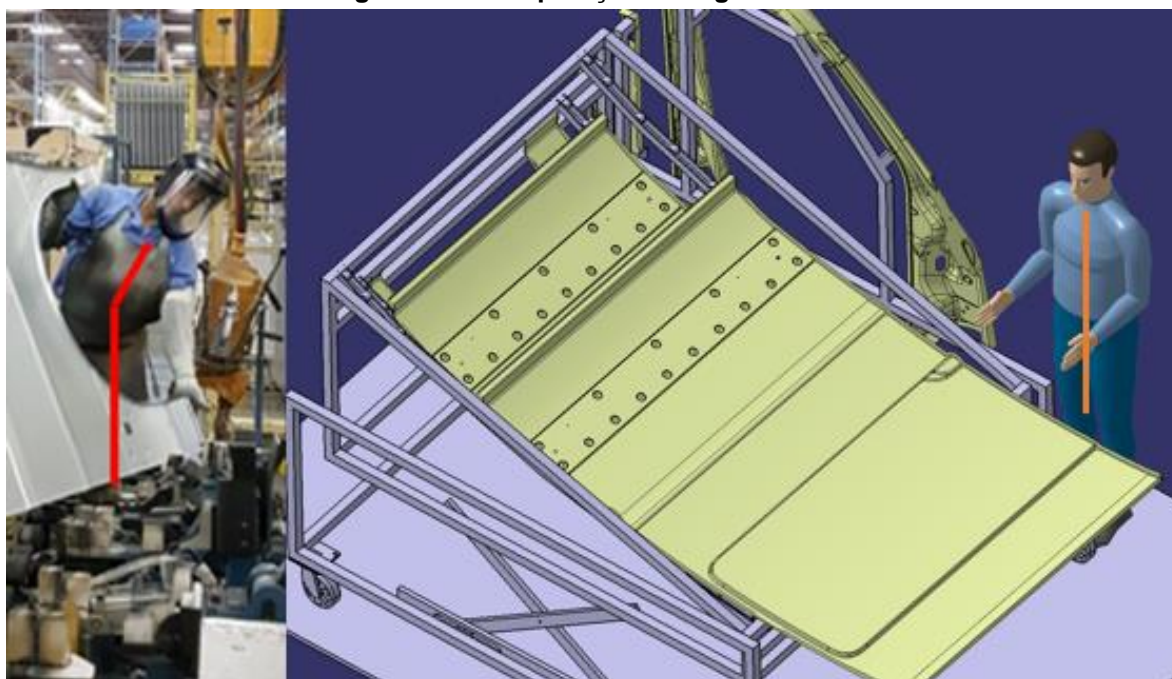
5.1.2 Ergonomia

Conforme demonstrado no capítulo de desenvolvimento, os kits foram pensados de forma a reduzir o esforço dos operadores no manuseio dos componentes. A otimização do trabalho humano perante a máquina é de suma importância para o cotidiano do colaborador, sendo um fator relevante nas tratativas que envolvem a empresa que o projeto será implementado.

Por não se tratar do objetivo principal do trabalho, não foram coletados dados quantitativos das melhorias ergonômicas para o operador, porém na Figura 36 visualiza-se uma significativa diferença qualitativa. Dentre as

motivações para o presente trabalho se encontra a necessidade futura de aumento de produção do posto de trabalho analisado, justificando, portanto, os cuidados com esforços repetitivos e qualidade de trabalho.

Figura 36 – Comparação de Ergonomia



Fonte: Os Autores

5.2 IMPACTO NO INDICADOR DSTR

A coleta de dados permitiu o cálculo do indicador DSTR juntamente ao setor de performance. O indicador permite avaliar quanto o tempo real de processo se aproxima do tempo teórico, permitindo avaliar a eficiência do processo.

5.2.1 Redução de Passos

Para o seguinte demonstrativo foi realizada a vídeo-análise de 5 amostras de cada modelo do veículo, assim como do enquadramento. A partir da vídeo-análise foi realizada a contagem de passos gastos na montagem de cada veículo/enquadramento. Esta contagem considera tanto o deslocamento gasto para ir até os *racks*, aprovisionar peças e leva-las ao dispositivo, como também os passos dados em função de atividade logística (troca dos *racks* vazios por cheios), idas até as botoeiras para manipulação dos dispositivos de soldagem, e ainda o deslocamento inerente ao processo (número mínimo de

passos necessários durante a operação de soldagem). Dessa forma, foram contabilizados apenas os passos dados em função do aprovisionamento de peças, ou seja, o caminho de ida e volta até os *racks* para abastecer o dispositivo de soldagem. Feito isso, foram tiradas as médias dos valores da contagem geral de passos e dos passos dados apenas em função do aprovisionamento. O objetivo da implementação do *kitting* é eliminar os passos provenientes do aprovisionamento de peças e das atividades logísticas, portanto estes passos foram subtraídos do total de passos para que fosse possível estimar qual o ganho percentual de passos por posto e veículo. O resultado da redução percentual pode ser observado na tabela 9.

Tabela 9 - Redução de Passos

Posto – Veículo	Operador	Passos Geral	Passos após Kitting	Redução de Passos
G01 - Enquadramento	Op1	172	0	100%
	Total	172	0	100%
G01 - Lateral X1	Op1	156	86	45%
	Op2	160	116	28%
	Total	316	202	36%
G02 - Lateral X2	Op3	64	58	9%
	Op4	154	108	30%
	Op5	132	82	38%
	Op6	110	107	3%
	Total	460	355	23%
G02 - Lateral X3	Op3	68	59	13%
	Op4	150	106	29%
	Op5	122	73	40%
	Op6	98	85	13%
	Total	438	323	26%

Fonte: Os Autores

O enquadramento, tal como as demais preparações que não estão expostas na tabela, sofreram uma redução de 100% dos passos, pois suas operações foram 100% transferidas para o robô, não havendo mais deslocamentos inerentes da operação manual. Pelo fato das preparações serem feitas por lote, a contagem de passos foi feita de maneira diferente: em 5 amostragens, foi contado o número de passos dado pelos dois operadores responsáveis pelas preparações após passado um ciclo do tempo *takt* (9 minutos, já considerando aumento de cadência) e retirada a média dos passos.

Esta média foi de aproximadamente 57 passos que serão eliminados após a transferência das preparações para o robô.

Os valores referentes ao deslocamento nos postos G03 e G04 não foi exposto na tabela pois, diferente dos postos G01 e G02 que possuem um grande volume de peças a serem montadas, estes postos são responsáveis pela montagem de apenas 6 e 3 peças, respectivamente, vindas diretamente dos postos de preparação. Os cabides nos quais as peças de preparação prontas eram disponibilizadas aos postos também é consideravelmente perto do dispositivo de soldagem, unindo ao fato de serem poucas peças, estes dois últimos postos não caracterizam um ganho significativo de passos. Não obstante, a necessidade de implementação de *kitting* continua relevante devido ao fato de que as preparações serão realizadas na célula robótica, não havendo mais a possibilidade de disponibiliza-las nos cabides localizados na borda de linha, dado que a ideia é eliminar este *layout* poluído.

A Figura 37 e a Figura 38 mostram respectivamente um diagrama de espaguete simplificado para exemplificar todas as peças e trajetórias que eram realizadas antes da alteração de *layout* e outro diagrama contendo a simplificação do processo após a implementação do *kitting*.

Utilizando como exemplo o posto G02, devido à complexidade ser semelhante entre os postos, visando trazer somente informações pertinentes. O objetivo do diagrama é quantificar a dificuldade de trabalho deste posto demonstrando o número de componentes posicionados (tendo a quantidade exibida dentro do círculo amarelo) ao redor dos operadores e a quantidade de operações a serem realizadas, indicadas pelas flechas (cada cor de flecha representa a movimentação do operador de cor correspondente).

Além de diminuir o NVA, como será demonstrado na próxima seção, a redução de passos permite a mudança de *layout* e de engajamento de operadores. Estas modificações tem um impacto financeiro positivo. O setor de performance da empresa cedeu as planilhas que calculam o ganho financeiro em função do número de passos economizados. Este indicador representa a economia gerada pela redução no *headcount* (do inglês, “contagem de cabeças”, é o indicador que representa a quantidade de colaboradores em uma empresa) proporcionada pela redução de passos. O valor do indicador é demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Valor do ganho financeiro por passos economizados

Indicador	Valor
R\$/passo	0,082

Fonte: Os Autores

A soma dos passos para realização do cálculo de economia se deu da seguinte maneira:

- Foram considerados 57 passos para as preparações, como citado anteriormente;
- Para o posto G01 foi considerada a redução de passos devido a montagem de enquadramento + lateral do modelo X1
- Para o posto G02 foi feita a média de passos reduzidos para os modelos X2 e X3.

Os resultados da contagem são expostos na Tabela 11:

Tabela 11 - Resultados da Contagem

Posto de Trabalho – Produto	Passos
Preparações	57
G01 lateral E1 + Enquadramento	286
G02 lateral E2/E3	110
Total	453

Fonte: Os Autores

Com o total de passos economizados, o valor de R\$/passo e considerando a futura cadência de 53 veículos por turno, a economia proporcionada é conforme a Tabela 12.

Tabela 12 - Economia Proporcionada R\$/Passo

Período	Passos	Ganho
Diário	23608	R\$ 1.930,88
Mensal	519376	R\$ 42.479,28
Anual	6232512	R\$ 509.751,31

Fonte: Os Autores

Informações obtidas considerando:

- Economia diária = cadência de veículos x passos economizados;
- Economia mensal = Economia diária x 22 dias úteis;
- Economia anual = Economia mensal x 12.

A partir do valor de economia anual e do valor que um efetivo custa para a empresa, é possível definir quantos efetivos poderão ser reduzidos após a mudança, como é demonstrado na Tabela 13, sendo:

- Quantidade FTE (*Full Time Employee*, em tradução livre do inglês: trabalhador em tempo integral. Ou seja, equivale a um operador em turno integral) igual a economia anual/(valor FTE anual);
- FTE anual igual a 13 vezes FTE mensal, pois considera o recebimento de 13^o;

Tabela 13 - Economia Anual

Economia Anual	R\$ 509.751,31
Valor FTE Mensal	R\$9.735,00
Valor FTE Anual	R\$125.555,00
Quantidade FTE	4,03

Fonte: Os Autores

A proposta de redução destes 4 efetivos é dada da seguinte maneira:

- Não haverá mais os dois operadores responsáveis pelas preparações, pois estas serão realizadas pelo robô;
- Considerando a redução de passos/tempo proporcionada pelo *kitting*, o posto G02 poderá operar com apenas 3 operadores e

atender o tempo de ciclo, eliminando a necessidade anterior de 4 operadores;

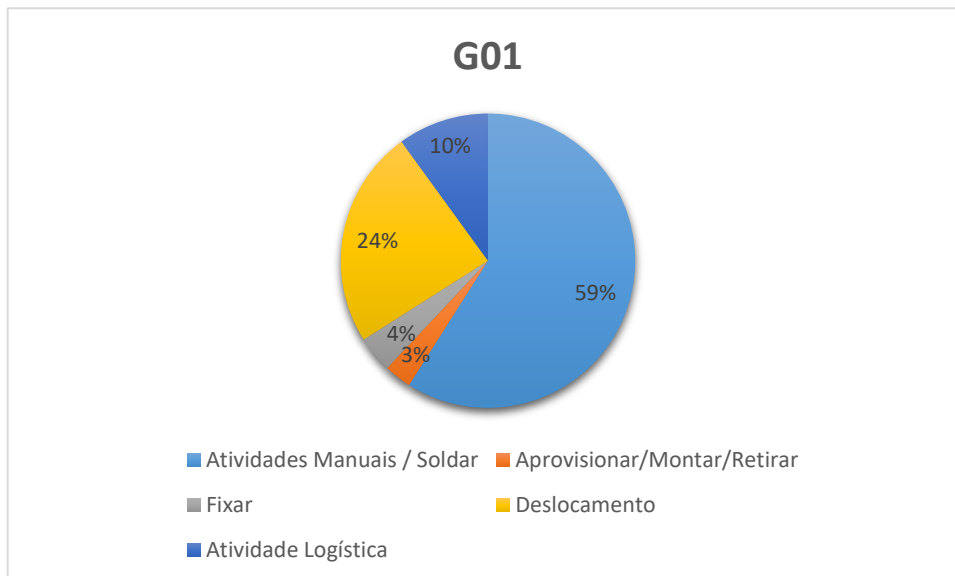
- Considerando que os postos G01 e G02 são paralelos, no momento de passagem do modelo X1 apenas dois operadores são necessários. Neste momento, o terceiro operador poderá ser engajado nas operações do posto de furação, descartando a necessidade de um operador dedicado exclusivamente a estas operações.

Um layout contendo o engajamento a partir do novo *layout* está disponibilizado no Anexo A.

5.2.2 Redução de NVA

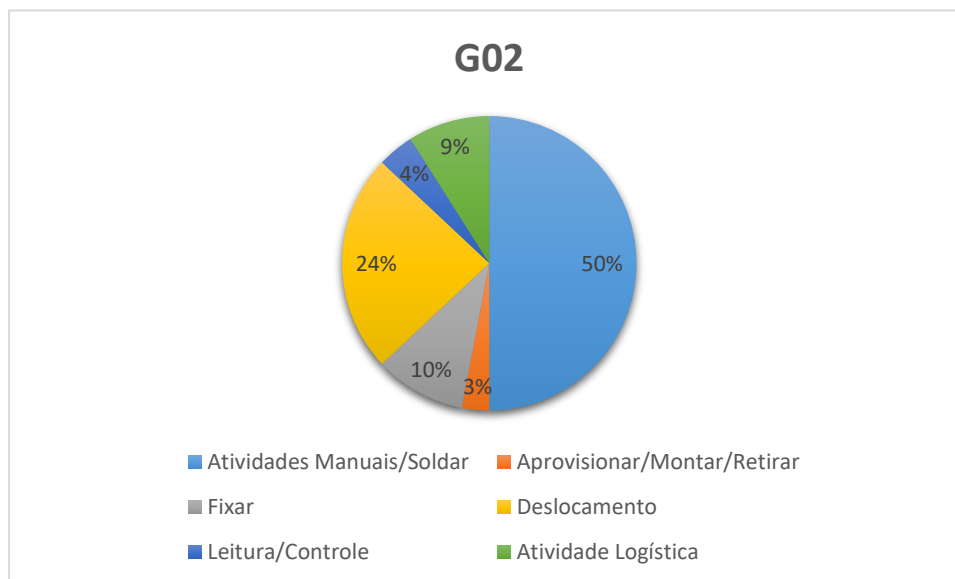
Para estipular o percentual de atividades consideradas VA e NVA, a empresa R adota o seguinte método: um grupo de aproximadamente 5 pessoas se direciona à linha de produção a ser estudada portando uma ficha contendo uma tabela na qual estão listadas as atividades na horizontal e a identificação do operador na vertical. Estas atividades são divididas em atividades que agregam valor, como atividades manuais, soldar, fixar, aprovisionar, montar e retirar, e atividades que não agregam valor, como atividade logística, deslocamento, leitura/controle, inatividade, espera e retoques. O grupo com a ficha então é orientado a permanecer observando aleatoriamente cada operador e anotando qual atividade está sendo executada no momento. Para obter um valor mais próximo da realidade, orienta-se aos observadores coletar o máximo possível de amostras de atividades, sendo que o mínimo necessário é de 200 amostras para o grupo. A partir dos dados coletados é plotada uma série de gráficos: gráficos de coluna empilhada de VA/NVA por operador, gráfico de pizza de VA/NVA por posto e gráfico de pizza de VA/NVA da situação geral da linha de produção. Para os objetivos do presente trabalho, os gráficos de pizza de VA/NVA por posto foram considerados os mais relevantes a serem expostos e podem ser visualizados em seguida, na Figura 39 e na Figura 40.

Figura 39 - Gráficos de pizza de VA/NVA G01 Antes da Mudança de Layout



Fonte: Os Autores

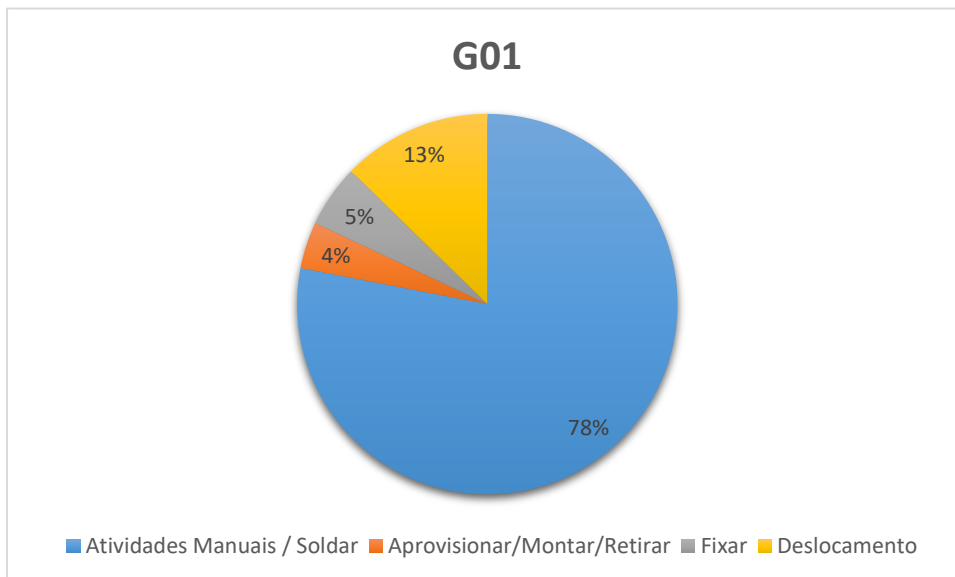
Figura 40 - Gráficos de pizza de VA/NVA G02 Antes da Mudança de Layout



Fonte: Os Autores

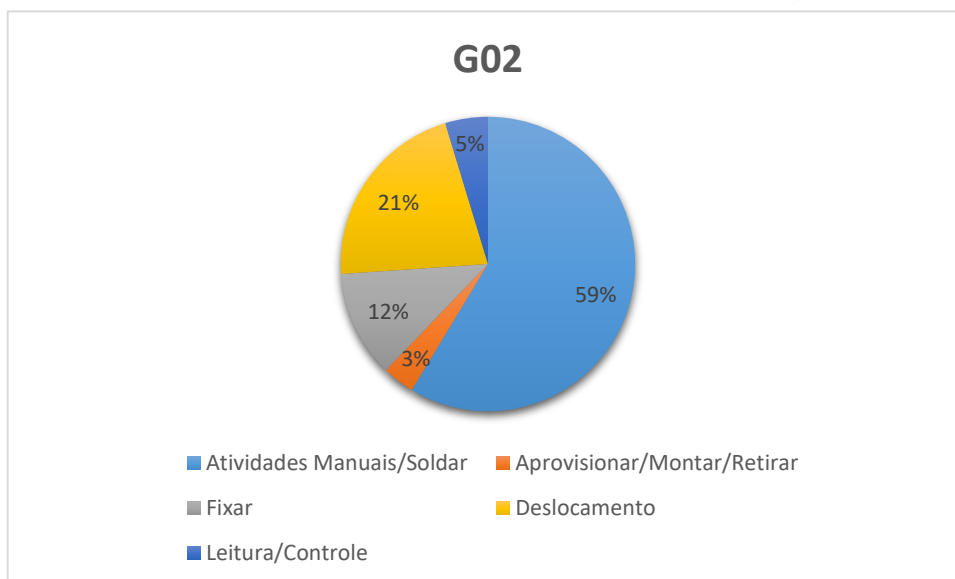
A partir da contagem de passos antes e após a implementação de *kitting*, foi realizada uma conversão de passos para tempo de atividade, permitindo a plotagem de novos gráficos de VA/NVA, que podem ser observados na Figura 41 e Figura 42.

Figura 41 - Gráficos de pizza de VA/NVA G01 Após da Mudança de Layout



Fonte: Os Autores

Figura 42 - Gráficos de pizza de VA/NVA G02 Após da Mudança de Layout



Fonte: Os Autores

Com a implementação de *kitting*, o deslocamento, que antes representava aproximadamente um quarto das atividades realizadas no posto, foi reduzido para 13% no caso do posto G01 e 21% no posto G02. O posto G01 apresentou uma mudança mais significativa devido à transferência total das operações realizadas no enquadramento para os robôs. O posto G02, por sua vez, dá a falsa impressão de não ter sofrido uma alteração tão drástica pois o deslocamento necessário para soldar o veículo inteiro continua sendo alto,

tendo em vista o comprimento de 5,5m para o modelo X2 e 6,2m para o modelo X3 que devem ser percorridas várias vezes. Não obstante, vale ressaltar que, houve uma redução percentual de 23% de passos para o modelo X2 e 26% para o modelo X3. Outro valor a ser observado é o de atividades logísticas, que foi completamente eliminado, dado que após a implementação do *kitting* não há mais a necessidade dos operadores se dedicarem a trocar os *racks* vazios pelos abastecidos pela empilhadeira. Como saldo geral, os resultados foram satisfatórios, obtendo-se 87% de VA para o posto G01 e 74% para o posto G02 contra os valores 66% e 63% anteriores à implementação.

5.2.3 Redução no Indicador DSTR

O indicador DSTR atual da fábrica de veículos está cotado em 2,31. De acordo a informação passada pelo setor de performance, a redução de cada operador representa uma diminuição de 0,02 no indicador. Desta maneira, a eliminação de 4 efetivos, abordada na seção 5.2.1, resultará num novo DSTR de 2,23 representando uma redução de 3% do indicador. Embora este valor pareça irrisório, todo e qualquer ganho no DSTR é significativo.

Para ter uma melhor noção do ganho de performance, uma prática usual adotada no setor de engenharia é calcular o DSTR de cada posto individualmente. Este cálculo é feito de maneira simplificada, desconsiderando diversas variáveis que apenas o setor de performance tem acesso. Não obstante, os valores são suficientemente próximos da realidade para viabilizar a análise dos resultados. O cálculo de DSTR simplificado, derivado da Equação 3, é exposto na Equação 4.

Equação 4 – DSTR

$$DSTR = \frac{\text{Horas de Trabalho Reais em um Produto}}{DST} = \frac{TC \times n^{\circ} FTE}{DST} \quad (4)$$

Fonte: (EMPRESA R, 2017)

Onde TC = tempo de ciclo, n° FTE é o número de efetivos trabalhando no posto analisado e o DST analisado é o tempo de referência para a realização das operações do posto.

5.2.4 Modificação no DST

Os valores de DST dos postos G01 e G02 para os modelos X1, X2 e X3 foram retirados das Folhas de Operação Padrão (FOP). As FOPs são documentos oficiais da empresa emitidos pelo do setor de engenharia. Há uma FOP para cada posto de trabalho e nela são especificadas todas as operações a serem realizadas por modelo. Ao final da FOP se encontra uma ficha na qual o DST é contabilizado a partir da descrição das atividades. Os valores de DST do modelo X1 e dos modelos X2 e X3, foram retirados das FOPs dos postos G01 e G02 respectivamente, e estão disponibilizados na Tabela 14.

Tabela 14 - Valores de DST

Posto	DST X1	DST X2	DST X3
G01	13,141	3,757	3,757
G02	-	10,856	14,38

Fonte: Os Autores

Os valores de DST que aparecem para os modelos X2 e X3 no posto G01 são referentes às operações de enquadramento. Este valor também está incluso para o modelo X1. Sendo assim, o valor de 3,757 deverá ser subtraído de toda a linha do posto G01 da tabela para que o DSTR de cada posto possa ser recalculado. Os novos valores de DST estão expostos na Tabela 15.

Tabela 15 - Novos Valores de DST

Posto	DST X1	DST X2	DST X3
G01	9,384	-	-
G02	-	10,856	14,38

Fonte: Os Autores

5.2.4.1 Modificação do Tempo de Ciclo

Os tempos de ciclo padrão fornecidos pela fábrica para os postos G01 e G02 estão expostos na Tabela 16.

Tabela 16 - TC Antigo

Posto	Modelo	TC Antigo
G01	X1 lateral	11,19
	Enquadramento	7,36
G02	X2	12,65
	X3	15,09

Fonte: Os Autores

Através da vídeo-análise, da mesma maneira que foi realizada a contagem de passos, foi estipulada a redução de tempo de ciclo. Os novos valores de tempo ciclo podem ser vistos na Tabela 17, a seguir.

Tabela 17 - TC Novo

Posto	Modelo	TC Novo
G01	X1 lateral	7,15
	Enquadramento	-
G02	X2	9,77
	X3	11,13

Fonte: Os Autores

5.2.4.2 Redução de Efetivos

Como citado na seção 5.2.1, a relação do número de efetivos antes e após a implementação do *kitting* está disposta na Tabela 18.

Tabela 18 - Redução de Efetivos

Nº operadores	G01	G02
Antes do <i>kitting</i>	2	4
Após <i>kitting</i>	2	3

Fonte: Os Autores

5.2.4.3 Impacto no Indicador DSTR nos Postos G01 e G02

Tendo conhecimento sobre os valores de tempo de ciclo, DST e número de operadores nos postos G01 e G02 antes e após a implementação do *kitting*, é possível calcular os novos valores de DSTR a partir da Equação 4 e compará-los com os antigos. Os valores alcançados estão sintetizados na Tabela 19.

Tabela 19 - Síntese dos Valores Alcançados

	DSTR Antigo	DSTR Novo	Redução Percentual
G01 X1	1,703066738	1,5245314	10%
G02 X2	4,661016949	2,6978169	42%
G03 X3	4,197496523	2,3215606	45%

Fonte: Os Autores

O posto G01 já possuía uma cotação boa, abaixo do valor de DSTR geral da fábrica e melhorou ainda mais após as modificações propostas.

O posto G02 contou com uma redução percentual significativa em decorrência da diminuição do tempo de ciclo concomitante à redução de um efetivo, atingindo valores muito mais próximos ao DSTR geral da fábrica do que anteriormente.

5.3 *Payback* Estimado

A partir do valor de investimento estimado na seção 4.2.4 e da economia gerada devido à redução do número de efetivos exposta na seção 5.2.1, é possível estimar o tempo de retorno do investimento, considerando que o tempo de retorno do investimento é o quociente do investimento total pela economia anual, disposto na Tabela 20.

Tabela 20 - Tempo de Retorno

Investimento	R\$530.000
Economia Anual	R\$509.751,31
Tempo de retorno	1,039722684 Anos

Fonte: Os Autores

O resultado gerado permite a interpretação de que aproximadamente um ano após a implementação o projeto passa a ser rentável. Passado este ano, haverá *payback* equivalente aos R\$509.751,31 que serão economizados anualmente devido à redução de operadores proporcionada. É necessário ressaltar que este valor de *payback* é estimado e serve como base para discussões entre os setores pertinentes, contudo é necessário antes da implementação uma aferição de *payback* completa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se ao final deste trabalho que os objetivos gerais desse trabalho foram atingidos, ou seja, otimizar a performance da fábrica através da aplicação das ferramentas da Produção Enxuta e *Kitting*. Promover a instalação e monitoramento do provisionamento do conjunto de peças para montagem da lateral do veículo somente no momento de montagem, verificando melhorias de tempo e processo e eliminação do estoque na borda de linha

Igualmente foram atingidos os objetivos específicos. Realizar revisão bibliográfica sobre os temas abordados. Propor um sistema que eliminasse ou reduzisse o estoque na borda de linha. Propor soluções que reduzissem as atividades que não agregavam valor ao produto (NVA) e prejudicavam o balanceamento da linha. Melhorar o indicador de performance da empresa (DSTR). Realizar as novas propostas a partir de conceitos da filosofia da Manufatura Enxuta. Propor um novo layout que incluísse as melhorias propostas.

Com base no estudo realizado e análise dos problemas de não otimização da linha lateral esquerda da montagem da empresa R, foi possível traçar metas e elaborar propostas de soluções para estas dificuldades com base na literatura de engenharia. A metodologia de aplicação de mudança de *layout*, organização de postos de trabalho, balanceamento de linha e produção enxuta com introdução do sistema *kitting*, possuem diversas abordagens e interesses por parte da comunidade científica na literatura, o que possibilita uma consistente base de informação para desenvolvimento da proposta de solução.

Conforme abordado no início deste documento, o objetivo do presente trabalho consistiu em obter um aumento da performance e diminuição da restrição na linha de produção. O antigo fluxo dos componentes pela linha analisada estava causando um gargalo crítico, o que prejudicava a visibilidade para investimentos futuros, necessários devido ao aumento de cadência da fábrica de veículos utilitários. Estes objetivos foram alcançados, fornecendo

informações de como realizar uma melhoria na borda de linha através de uma proposta e de implementação de *kitting*.

Desde o início da proposta da melhoria de borda de linha, o espaço necessário para implementação do estoque que alimentaria o *kitting* estava alocado aguardando o desenvolvimento do presente trabalho, devido a necessidade da implementação, portanto as dimensões possíveis de serem trabalhadas estavam claras, sendo um facilitador do projeto.

A análise ergonômica dos operadores constituiu um acréscimo aos objetivos iniciais do trabalho, e devido à grande importância do tema, agregou mais valor para a empresa R e foi um ganho na formação dos autores uma vez que ganhos nas condições de trabalho refletem na qualidade do produto. Concretamente, possibilitará implementar kits e mecanismos auxiliares mais consistentes, conferindo maior durabilidade ao investimento.

Agrupando as referências bibliográficas, com o objetivo coeso e o desenvolvimento do trabalho seguindo um planejamento semanal foi possível superar as expectativas neste trabalho de TCC.

As visitas constantes na linha analisada foram importantes para o levantamento dos detalhes necessários para a implementação da melhoria com qualidade. A consulta à opinião dos operadores que trabalham na linha e possuem experiência diária com o gargalo conferiram informações as quais não existiam histórico de análise na fábrica, possibilitando a criação de novas demandas de indicadores.

O procedimento para desenvolvimento e modelagem do carrinho *kitting* foi complexo pela quantidade de detalhes que tiveram que ser abordados. De início, foi necessário consultar a fábrica e os setores pertinentes para conseguir as referências de todos os componentes montados por esta linha lateral esquerda, contemplando todos os modelos e variações. Na sequência foram acessadas via *New Product Data Management* (sistema de gestão de componentes 3D da empresa R) todas as modelagens, e verificado a boa qualidade da modelagem, conferindo com a realidade, pois existem pequenas inconsistências na matemática virtual devido a evoluções dos sistemas internos da empresa.

Obtendo a lista de componentes e suas modelagens, foi possível dar início a criação virtual do carrinho *kitting*, tendo em vista diversas possibilidades variando altura das prateleiras, agrupamentos de componentes, orientações das peças, observando constantemente como seria o manuseio do operador no momento real de montagem, buscando maneiras mais ergonômicas e simples, além do melhor agrupamento possível do *kitting* para maior eficiência da melhoria. A grande variedade de componentes e produtos finais se mostraram um grande desafio para modelagem dos carrinhos, contudo a consistência dos dados e os softwares disponíveis possibilitaram a criação de diversos modelos para análise.

Ao término de cada alternativa o design era disponibilizado a um circuito de validação o qual conferia algumas mudanças, culminando nos carrinhos apresentados neste documento.

Com os carrinhos determinados, a análise dos *layouts* descrita em detalhes no capítulo 4 apresentou resultado satisfatório, com uma análise flexível permitindo mudanças características de projetos desta dimensão.

Devido a necessidade da empresa R e a abordagem de engenharia, este trabalho se torna pertinente, sendo útil para os autores e leitores, concluindo um projeto vantajoso para o âmbito empresarial e acadêmico.

Com a empresa R em foco, o desenvolvimento do presente trabalho expôs novas necessidades que puderam ser sanadas, como acréscimo da qualidade do projeto, além das análises ergonômicas e de performance que poderão ser promovidas em projetos futuros com diversos objetivos. A presença de diversos indicadores e tabelas fornecem as informações pertinentes para a empresa acionar os setores de compras e cotação e assim contabilizarem o *payback* real, tendo em conta que o *payback* demonstrado neste documento serve como aferição e não é um valor definitivo, pois ainda é necessário calcular o impacto efetivo da implementação, o que não contempla o escopo da engenharia da empresa e conseqüentemente deste trabalho. Reiteramos que além da engenharia e compras, as informações fornecidas serão úteis para os setores de manutenção, setor de performance e

fornecedores externos, contemplados pela versatilidade das informações e escopo deste documento.

Para os autores a permanência constante na linha de produção, tal qual a reunião com diversos setores da engenharia, com especialidades diferentes, culminou em grande aprendizado e capacitação, conferindo grande interdisciplinaridade e possibilitando a tratativa de problemas complexos com eficiência.

Como sugestão de trabalhos futuros, uma abordagem focada em lucratividade, tendo contato com fornecedores e setores de logística, conferem uma etapa importante e pertinente a implementação da melhoria da borda de linha. Cotação de serviços, produtos e materiais possibilitam uma análise crítica de *payback* e fornecem informações para a quantidade dos investimentos possíveis, os quais foram discutidos nas propostas diferentes de *layouts*, contudo o custo eminente é um dado importante para a definição final da forma de implementação.

REFERÊNCIAS

- APARECIDO, R. (2010). **Sistemas e Técnicas de Armazenagem**. IMAM.
- ARAÚJO, M. A. (2009). **Administração de Produção e Operações**. Rio de Janeiro: Brasport.
- BHASIN, S., BURCHER, P. (2005). **Lean viewed as a philosophy**. Journal of Manufacturing Technology Management, 1-28.
- BOZER Y. A., M. L. (1992). **Kitting versus line stocking: A conceptual**. International Journal of Production Economics, 1-19.
- BRINT. (2016). **Fonte: Brintinralog: <http://www.brintinralog.com/solucoes/man-to-goods/pbl-brint-picking-by-light/>**
- CORREIO BRAZILIENSE. (21 de Outubro de 2015). **Automobilística**. Fonte: <http://www.correio braziliense.com.br/>
- EMPRESA R, M. (2017). **Manual da Empresa R**. São José.
- FERREIRA, J. Â. (2007). **Custos Industriais**. STS.
- FILHO, M. P. (2007). **Gestão da Produção Industrial**. Curitiba: IBPEX.
- FUSCO, J. P. (2004). **Cadeias de Fornecimento e Redes de Empresas**. Arte e Ciência.
- GHINATO, P. (2000). **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Recife: Edit. da UFPE.
- HANSON, R., MEDBO, L. (2006). **Aspects influencing man-hour efficiency of kit preparation for mixed model**. 6th CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems (CATS), 353 - 358.
- HINES, P., TAYLOR, D. (2000). **Going Lean**. Lean Enterprise Research Centre.
- JUNIOR, M. (2012). **Administração da Produção**. Curitiba: IESDE.

- KESHEH, E. (2016). **Redução de Gargalo em uma Linha de Produção Mista**. Joinville.
- Liftruck. (10 de Novembro de 2018). **Fonte: Liftruck: <https://www.liftruck.co.uk/shop/mobile-scissor-lift-tables/manual-scissor-lift-table-with-winch.html>**
- NASCIMENTO, M. (2017). **Elaboração de um Procedimento para Redução de Perdas no Processo de Termoformagem de uma Fábrica de Embalagens Plásticas: Estudo De Caso.**, (p. 37). Curitiba.
- OLIVEIRA, O. J. (2003). **Gestão de Qualidade - Tópicos Avançados**. Thomson.
- PEINADO, J., GRAEML, A. R. (2011). **Layout Produtivo**. Atlas.
- SALI, M., SAHIN, E. (2016). Line feeding optimization for Justin Time assembly lines:. **International Journal of Production Economics**, 1-14.
- SAVEGNAGO, G. G. (2017). **A importância do pós-vendas na fidelização do cliente na empresa open veículos**. Revista Advérbio.
- SEBRAE. (2015). **Setor Automotivo**. Guia de Tendências do Setor Automotivo.
- SHINGO, S. (1996). **O Sistema Toyota de Produção** – do ponto de vista da. São Paulo: Bookman.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. (2009). **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas S.A.
- SMALLEY, A. (29 de Outubro de 2017). **Conectando a Montagem aos Processos em Lotes através de Sistemas Puxados Básicos**. **Fonte: Site do Lean Institute Brasil: <https://www.lean.org.br/artigos/105/conectando-a-montagem-aos-processos-em-lotes-atraves-de-sistemas-puxados-basicos.aspx>**
- TUBINO, D. F. (2009). **Planejamento e Controle da Produção : Teoria e Prática**. Atlas.

VENKI. (21 de Setembro de 2017). Fonte: Blog Informativo:
<http://www.venki.com.br/blog/indicadores-de-desempenho-de-processos/>

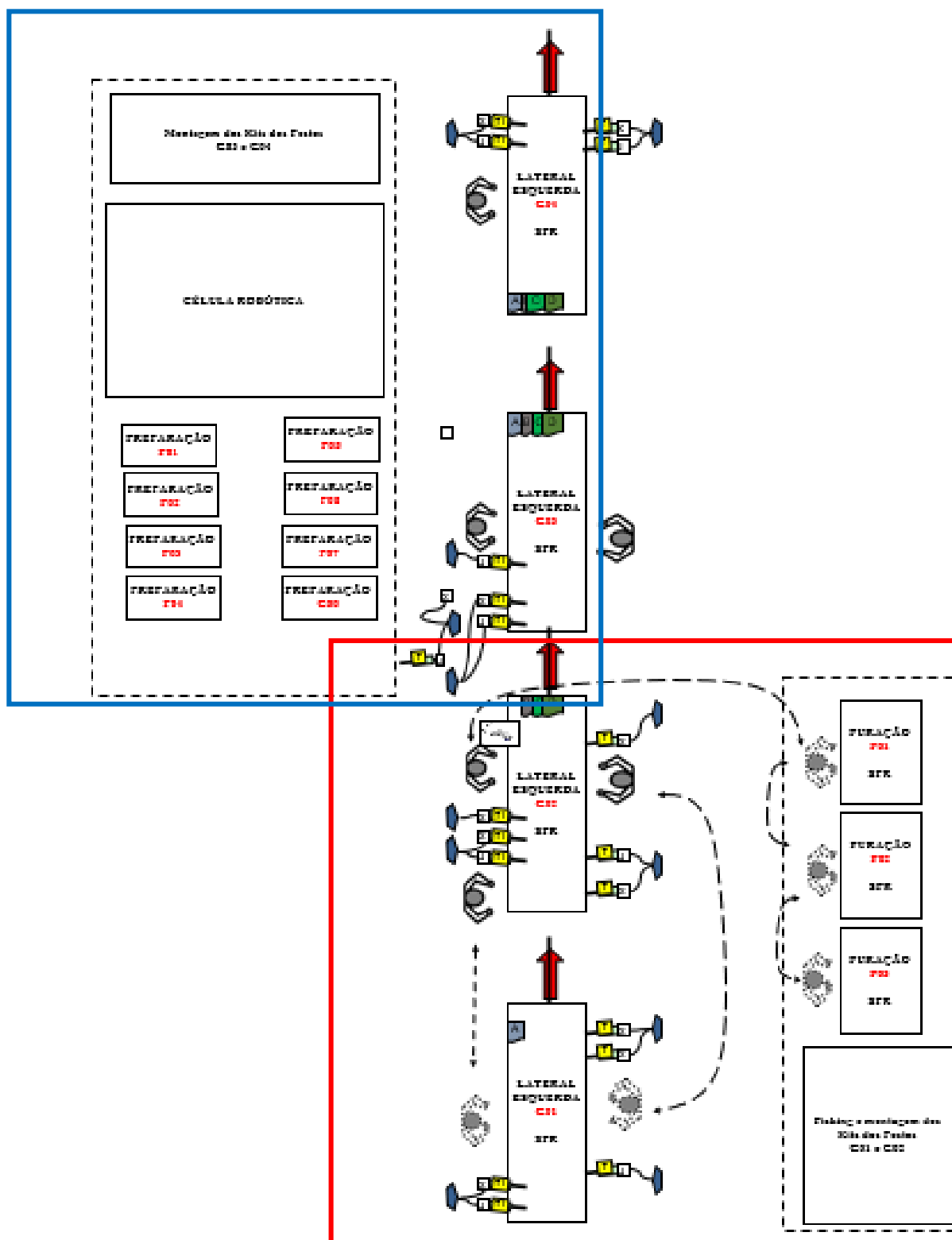
WOMACK, J., JONES, D., ROOS, D. (1990). **The Machine That Changed the World**. New York: Macmillan Publishing Company.

ZILBOVICIUS, M. (1999). **Modelos para a Produção**. São Paulo: Annablume.

ANEXO A

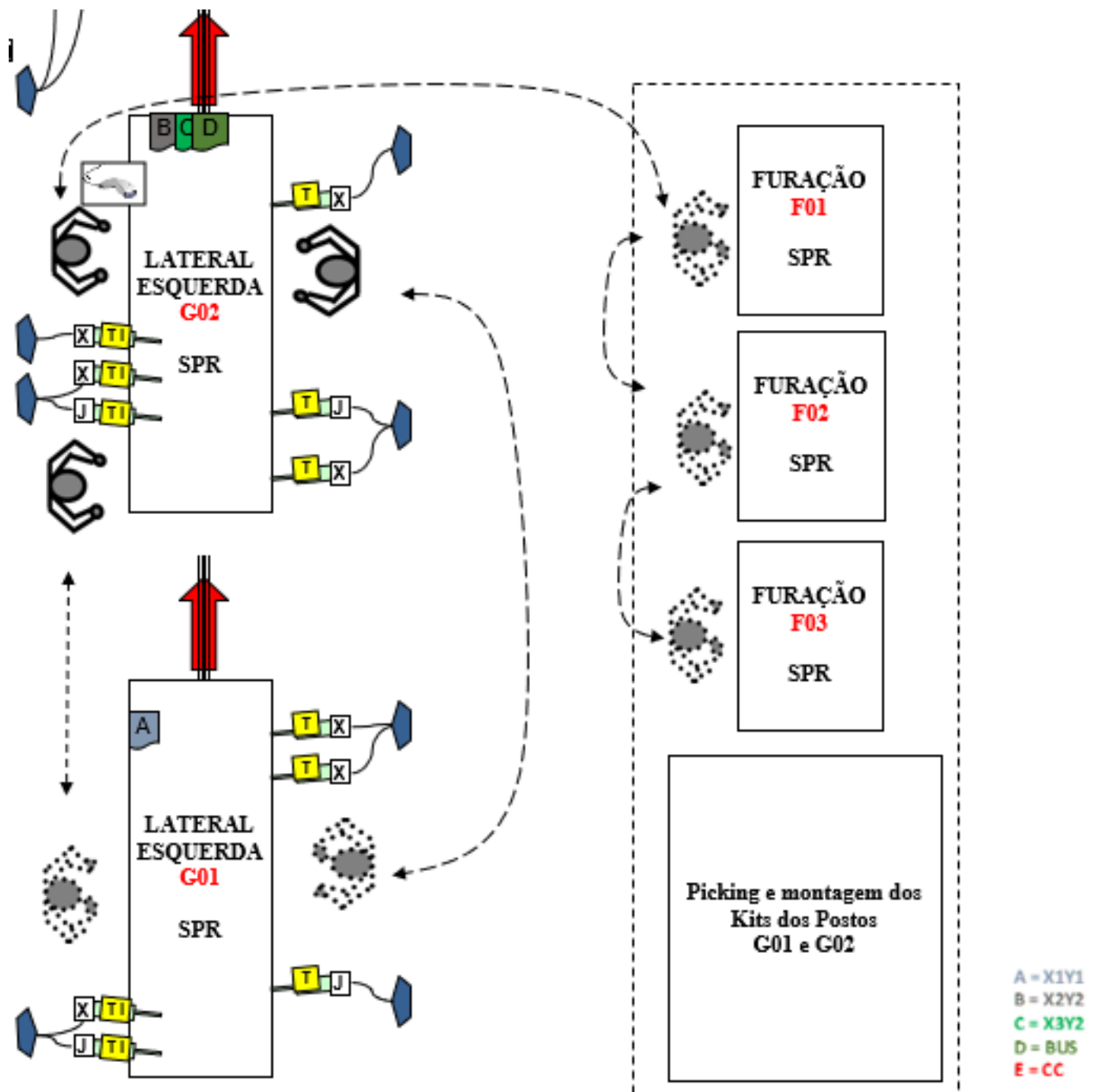
Engajamento a partir do Novo *Layout*

Figura 43 - Layout de postos e engajamento da Lateral Esquerda



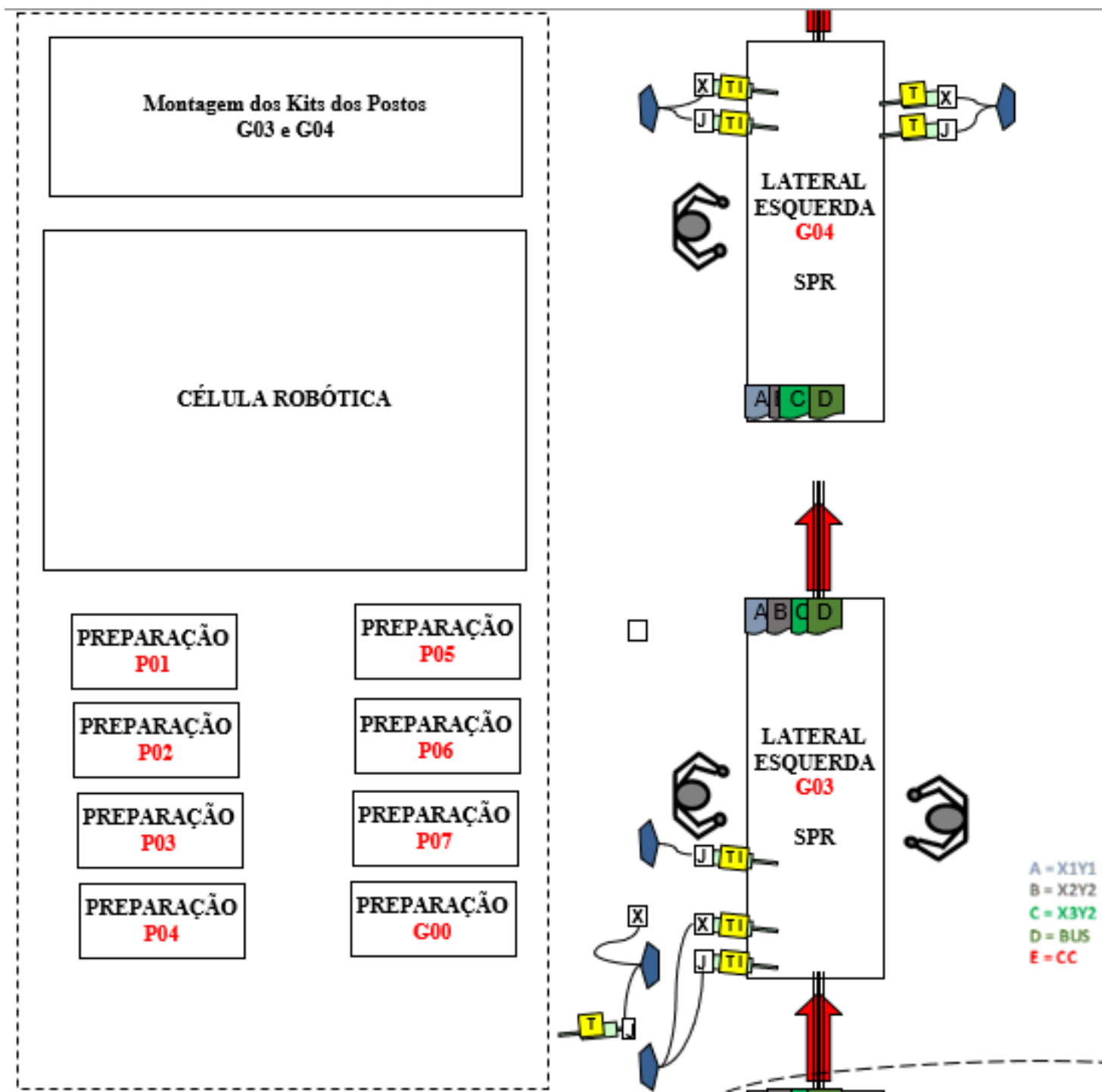
Fonte: Os Autores

Figura 44 Layout dos Postos G01, G02 e posto de furação



Fonte: Os Autores

Figura 45 Layout dos Postos G03, G04 e posto da célula robótica



Fonte: Os Autores