



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



JÚLIO CÉSAR DROSZCZAK
LUCIANE CRISTINA DIAS
VANESSA FRANCIELI GOMES

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO ATRAVÉS DA
APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE TEORIA DAS RESTRIÇÕES E
MANUFATURA ENXUTA

CURITIBA
2022



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



JÚLIO CÉSAR DROSZCZAK
LUCIANE CRISTINA DIAS
VANESSA FRANCIELI GOMES

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO ATRAVÉS DA
APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE TEORIA DAS RESTRIÇÕES E
MANUFATURA ENXUTA**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

CURITIBA
2022

RESUMO

Frequentemente, as empresas passam por aperfeiçoamentos na busca por vantagem competitiva, com o intuito de se destacar no mercado através da otimização dos seus processos. O objetivo deste trabalho é verificar se a aplicação de metodologias de Teoria das Restrições (TOC - *Theory Of Constraints*) e de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) garantem otimização perceptível em um sistema de produção de uma empresa do ramo automotivo. Discorrendo uma breve contextualização das técnicas utilizadas neste trabalho para o melhor desenvolvimento do processo, a identificação da oportunidade de melhoria através da aplicação das ferramentas e por sequência o planejamento das ações para a aplicação das técnicas apropriadas identificadas. Por fim, o acompanhamento das variáveis do processo (*Takt-Time*) antes e após a implementação das técnicas de TOC em conjunto com as técnicas de *Lean Manufacturing* para a produção de um determinado item em uma célula de solda. Nota-se que foram favoráveis para o aumento da performance de produção, atingindo uma melhoria de 46,67% demonstrando que tais ferramentas de gestão da produção foram aplicadas de forma adequada e podem servir como vantagem competitiva para as empresas.

Palavras-chave: Teoria das Restrições. Manufatura Enxuta. Gargalo. Tempo de Ciclo. Cronometragem e Cronoanálise.

ABSTRACT

Often, as companies go through the improvement of competitive advantage, in order to stand out in the market by optimizing their processes. The objective of this work is to verify if the application of Theory of Constraints (TOC - Theory Of Constraints) and Lean Manufacturing methodologies guarantees perceptible optimization in a production system of an automotive company. Discussing a brief contextualization of the techniques used in this work for the best development, the identification of the opportunity for improvement through the application of the tools and by sequence of actions for an application of the appropriate strategies of development of the process. Finally, the monitoring of process variables (Takt-Time) before and after the implementation of TOC techniques in conjunction with Lean Manufacturing techniques for the production of a given item in a weld cell. It is noted that they were favorable for increasing production performance, reaching an improvement of 46.67%, demonstrating that such production management tools were applied properly and can serve as a competitive advantage for companies.

Keywords: Theory of Constraints. Lean Manufacturing. Bottleneck. Cycle Time. Timing and Time Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - PLATAFORMA DO VEÍCULO AO QUAL FOI APLICADO O ESTUDO ...	11
FIGURA 2 - PARACHOQUE DIANTEIRO	12
FIGURA 3 - TIPO DE RESTRIÇÕES	15
FIGURA 4 - ETAPAS DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA DA TOC	19
FIGURA 5 - MÉTODO TAMBOR-PULMÃO-CORDA	20
FIGURA 6 - SISTEMA DE KARAKURI	23
FIGURA 7 - OITO DESPERDÍCIOS LEAN MANUFACTURING	26
FIGURA 8 - PROJETO FLUXOGRAMA.....	30
FIGURA 9 - EQUIPE DESIGNADA PARA O PROJETO	31
FIGURA 10 - TREINAMENTO E ATUALIZAÇÃO DE CONCEITOS COM A EQUIPE DO PROJETO.....	31
FIGURA 11 - ETAPAS DE APRENDIZADO E DESENVOLVIMENTO DO CASE	32
FIGURA 12 - COLETA DE DADOS DO PROCESSO	33
FIGURA 13 - SPAGHETTI CHART'S PROCESSO DE SOLDA PARACHOQUE DIANTEIRO OP.120.....	34
FIGURA 14 - SPAGHETTI CHART'S PROCESSO DE SOLDA PARACHOQUE DIANTEIRO OP.130.....	34
FIGURA 15 - ROTEIRO PARA DETERMINAÇÃO DE TEMPO PADRÃO	37
FIGURA 16 - DIAGRAMA HOMEM/MÁQUINA ANTES DA MELHORIA.....	38
FIGURA 17 - CÁLCULO PAUTO.....	39
FIGURA 18 - CÁLCULO COEFICIENTE DE RÍTMO.....	39
FIGURA 19 - CÁLCULO FADIGA E TEMPO PADRÃO.....	40
FIGURA 20 - PROPÓSTA DE MELHORIA	40
FIGURA 21 - APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA.....	41
FIGURA 22 - PLANO DE AÇÕES	42

FIGURA 23 - RESUMO DE GANHO DE PROJETO	43
FIGURA 24 - GRÁFICO DE ACOMPANHAMENTO CADÊNCIA	44
FIGURA 25 - SPAGHETTI CHART PROCESSO DE SOLDA PARACHOQUE DIANTEIRO OP.130	45
FIGURA 26 - SPAGHETTI CHART PROCESSO DE SOLDA PARACHOQUE DIANTEIRO OP.120	46
FIGURA 27 - DIAGRAMA HOMEM / MÁQUINA	47
FIGURA 28 - CÁLCULO PAUTO (ATUALIZADO).....	47
FIGURA 29 - CÁLCULO COEFICIENTE DE RÍTMO (ATUALIZADO).....	48
FIGURA 30 - CÁLCULO FADIGA E TEMPO PADRÃO.....	48
FIGURA 31 - BEST PRACTICE DO PROJETO DE MELHORIA DE CADÊNCIA	56
FIGURA 32 - ROTEIRO PARA DETERMINAÇÃO DE TEMPO PADRÃO 01	57
FIGURA 33 - ROTEIRO PARA DETERMINAÇÃO DE TEMPO PADRÃO 02	58
FIGURA 34 - TABELA MÉTODO DE ESTIMATIVA - TEMPOS E CUSTOS.....	59
FIGURA 35 - TABELA DIMENSIONAMENTO DA AMOSTRA 1	60
FIGURA 36 - TABELA DIMENSIONAMENTO DA AMOSTRA 2	61
FIGURA 37 - TABELA DE AVALIAÇÃO DE RITMO - CH	62
FIGURA 38 - TABELA DE AVALIAÇÃO DE RITMO - TEMPO NORMALIZADO	63
FIGURA 39 - TABELA DE AVALIAÇÃO DE RITMO - CR	64
FIGURA 40 - TABELA DE AVALIAÇÃO DE RITMO - CE	65
FIGURA 41 - TABELA DE METODOLOGIA DE COEFICIENTES ERGONOMIA 1	66
FIGURA 42 - TABELA DE METODOLOGIA DE COEFICIENTES ERGONOMIA 2	67
FIGURA 43 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS	68
FIGURA 44 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS MOVIMENTOS INEFICIENTES.....	69
FIGURA 45 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS FLUXOGRAMA DO PROCESSO.....	70

FIGURA 46 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS GRÁFICO DE MÉTODOS.....	71
FIGURA 47 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS TEMPO PADRÃO	72
FIGURA 48 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS DETALHAMENTO OPERAÇÃO 1	73
FIGURA 49 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS DETALHAMENTO OPERAÇÃO 2	74
FIGURA 50 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE RITMO	75
FIGURA 51 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS - MOVIMENTOS INEFICIENTES 1	76
FIGURA 52 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS - MOVIMENTOS INEFICIENTES 2	77
FIGURA 53 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS - ESTUDO DE TEMPOS LAYOUT	78
FIGURA 54 - MELHORIAS EXPOSTAS	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TEMPOS DE CICLO CONJUNTO SOLDADO PARACHOQUE 01	33
TABELA 2 - TEMPOS DE CICLO CONJUNTO SOLDADO PARACHOQUE 01 - ESTIMADO.....	40
TABELA 3 - DADOS DE PROCESSO APÓS AS MELHORIAS - TEMPO DE CICLO REAL	44
TABELA 4 - SAVING PROJETADO X REALIZADO ATÉ O MÊS ATUAL.....	50

CONTEÚDO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	11
1.3 JUSTIFICATIVA	12
1.4 HIPÓTESE	13
1.5 OBJETIVO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (<i>THEORY OF CONSTRAINTS</i>)	14
2.1.1 Conceitos Básicos	14
2.1.2 Princípios da TOC	16
2.1.3 Processos da TOC	18
2.1.4 Sistema Tambor-Pulmão-Corda (<i>Drum-Buffer-Ropemethod</i>)	20
2.2 MANUFATURA ENXUTA (<i>LEAN MANUFACTURING</i>)	21
2.2.1 Conceitos Básicos	21
2.2.2 Diagrama de Espaguete (<i>Spaghetti Chart</i>)	22
2.2.3 Kaizen	22
2.2.4 Karakuri Kaizen	22
2.2.5 Ergonomia (<i>Strike Zone e Golden Zone</i>)	23
2.3 MÉTODOS TEMPOS E MOVIMENTOS	25
2.3.1 Diagrama Homem-Máquina	25
2.3.2 Os 8 Desperdícios da Manufatura Enxuta	26
2.3.3 MUDA	28
2.3.4 MURA	28
2.3.5 MURI	28
3 METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	29
4 ESTUDO DE CASO	30
4.1 PROCESSOS E FLUXOGRAMA	30
4.2 DADOS DE PRODUTIVIDADE	32
4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS GARGALOS	33
4.3.1 Diagrama de Espaguete (<i>Spaghetti Chart</i>) - Antes	34
4.3.2 Análise Ergonômica - Antes	36

4.3.3 Diagrama Homem / Máquina	36
4.4 AÇÕES PARA MELHORIA	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 MELHORIAS E RESULTADOS	44
5.2 DADOS BRUTOS DO SISTEMA ERP - DEPOIS	44
5.3 DIAGRAMA DE ESPAGUETE (<i>SPAGHETTI CHART</i>) - DEPOIS	45
5.4 DIAGRAMA HOMEM / MÁQUINA - DEPOIS	46
5.5 ANÁLISE ERGONÔMICA - DEPOIS	49
6 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXO A – ANOTAÇÕES ORIGINAIS PROJETO	56

1 INTRODUÇÃO

Na década de 80, diversas empresas em crise econômica no mundo foram abaladas pela crise do petróleo, ainda afetadas pelos resquícios da década anterior. Grande parte desta crise, causada pela baixa produtividade, atingiu a competitividade das multinacionais com muitas demissões e portas se fecharam, principalmente no ramo automotivo. Devido a este movimento, dois grandes acontecimentos marcaram esta era, o primeiro chamado Teoria das Restrições, tendo como base o livro “A Meta” escrito pelo físico israelense Eliyahu Moshe Goldratt em 1984 e o segundo denominado como Pensamento Enxuto, tendo como referência o livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos divulgado em 1990 (BASSO, 2017).

Com a abordagem dos dois conceitos, entre TOC e Manufatura Enxuta, ambos se complementam, pois uma ideia se acrescenta à outra. Na percepção da Teoria das Restrições o inventário é o problema mal administrado, quanto menor ele é maior será o RSI (Índice de Força Relativa) e conseqüentemente é o EVA (Valor Econômico Agregado). Já no ponto de vista de Pensamento Enxuto encontra-se a gestão do inventário que bem administrado através de técnicas diversas chega a baixos níveis. Neste sentido, tratando-se do nível ideal de inventário de materiais aplica-se a técnica de programação desenvolvida no Sistema Tambor-Pulmão-Corda da Teoria das Restrições.

Contudo, nesse caso a prática de TOC x Manufatura Enxuta no intuito de atingir uma boa gestão de inventário e elevar o nível da empresa, é necessário percorrer alguns passos dos quais são o foco no ganho e na perda, identificar e explorar a restrição do sistema como ponto de partida, e da mesma forma subordinar os recursos e elevar a restrição do sistema com investimento é primordial para o desempenho da organização. No entanto, na aplicação de manufatura enxuta é importante determinar precisamente o valor do produto e identificar a cadeia de valor para cada produto fazendo com que o valor possa fluir sem interrupções durante o processo.

Desta forma, e diante deste cenário com a chegada da Indústria 4.0 que veio quebrando paradigmas desde as etapas de desenvolvimento inicial até o produto final, esta nova revolução industrial vem transformando os processos tradicionais com novas técnicas e tecnologias, pois esta é a indústria do futuro. Porém, para que as empresas se adequem a esta nova modalidade da era digital existem alguns estágios a serem

percorridos, dentre eles a utilização de ferramentas de melhoria de processos, as quais serão abordadas neste estudo com o objetivo de aumentar a performance de uma célula de produção (conjunto soldado) e a fim de, atingir o *Takt-Time* mínimo para atendimento da nova demanda de processo sem a necessidade de grandes investimentos da empresa como ampliação de espaço físico para absorver as novas demandas, ampliação do quadro de funcionários (*Headcount*), aumento de estoque para absorver variações de processo e investimento em uma nova célula de produção.

Todo este estudo é aplicado a uma empresa de Autopeças na região de São José dos Pinhais - Paraná.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Uma indústria de autopeças engloba grande diversidade de produtos, processos de fabricação e de materiais distintos envolvidos. A produção industrial de autopeças é basicamente direcionada para abastecer as montadoras de automóveis, suprir a necessidade do mercado de peças de reposição e também suprir o mercado externo através da exportação destes componentes/peças e conjuntos fabricados.

As mudanças do mercado, as relações entre as montadoras e as autopeças com o propósito de estreitar os relacionamentos e aumentar a produtividade das últimas décadas em conjunto com a globalização, originou-se uma competição internacional submetendo a indústria nacional a se reestruturar na busca de ganhos e de competitividade. Através das alterações em seus processos produtivos, adequação de técnicas e tecnologias de processos com o objetivo de aumentar o EVA e reduzir o *Takt-Time* e, por consequência minimizar estoques e custos de produção entregando o maior mix de peças com menor tempo de fabricação possível.

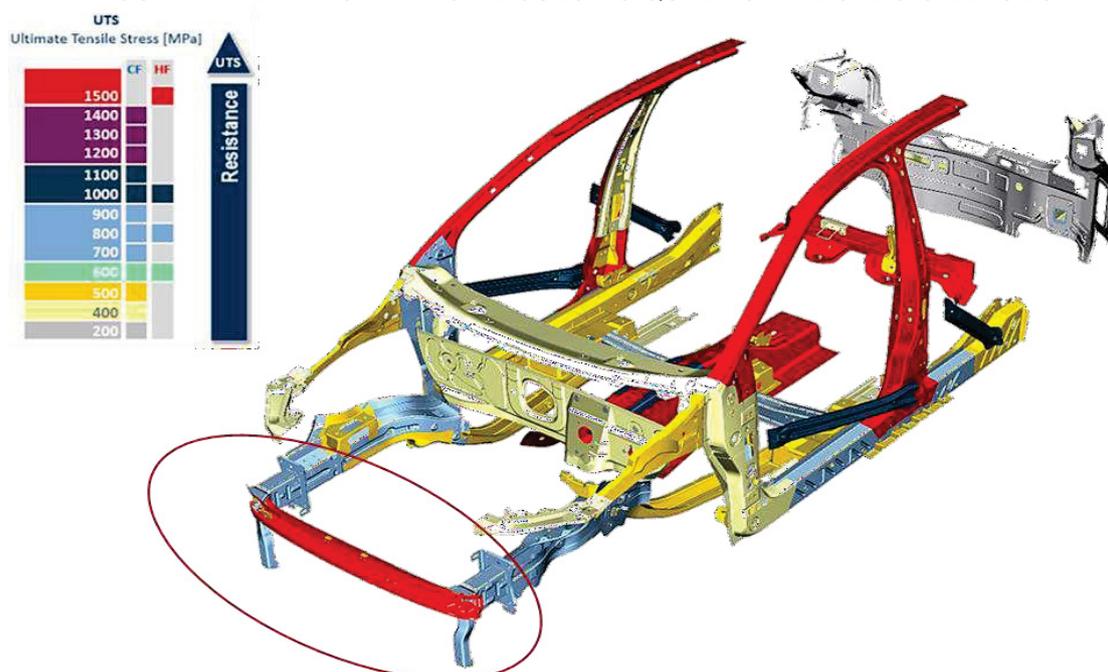
Porter (1989) trata da criação de valor em sua definição de vantagem competitiva e defende sobre o resultado da capacidade da empresa para realizar eficientemente um conjunto de atividades necessárias, para obter baixo custo produtivo, menor de seus concorrentes ou de organizar essas atividades de uma forma única, capaz de gerar um EVA diferenciado para os compradores, neste caso as montadoras. Esta definição trata o valor como resultado da diferença entre preço e o custo, e a vantagem competitiva se dá pela obtenção de retornos acima da média das

outras empresas que concorrem neste mesmo setor (BESANKO; DRANOVE; SHANLEY, 2004).

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

No estudo aborda-se uma indústria de autopeças onde são fabricados componentes conjuntos-soldados de peças estruturais essencialmente necessárias para a montagem de um modelo de automóvel específico e que teve crescimento nas vendas nos últimos meses. Para absorver esta nova demanda até então não prevista pela empresa de autopeças, é que surgiu a necessidade do estudo de valor econômico agregado no processo de fabricação em célula de produção “Parachoque-01” que fabrica um Conjunto Soldado do Parachoque Dianteiro de um determinado veículo, em que a demanda diária desse componente passaria em 3 meses de 15 peças por hora à 17 peças por hora. Porém, na célula a qual esse componente era realizado a soldagem, este não possuía tempo disponível para produzir certa quantidade de peças, pois seu Tempo de Ciclo era considerado um gargalo dos processos subsequentes e a produção trabalhava em horários extras para absorver variações de inventário e/ou demanda, com a finalidade de suprir a necessidade do cliente e o desabastecimento na linha de montagem.

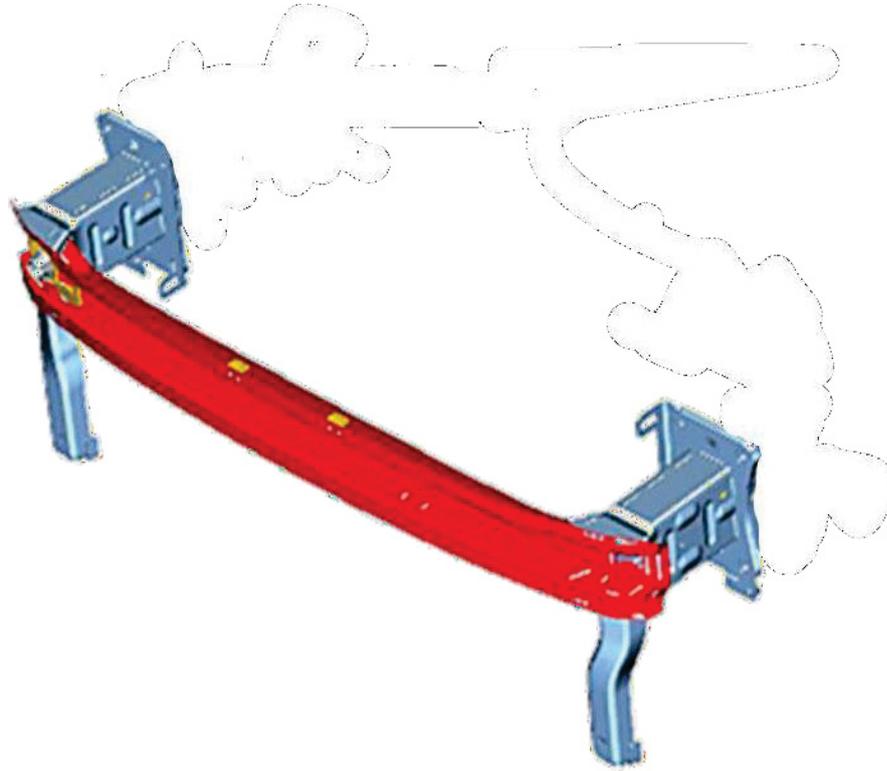
FIGURA 1 - PLATAFORMA DO VEÍCULO AO QUAL FOI APLICADO O ESTUDO



FONTE: OS AUTORES (2022).

Acima pode-se observar a plataforma de peças estruturais de um veículo, o círculo vermelho refere-se ao parachoque dianteiro desse objeto de estudo conforme ilustrado na Figura 1 e 2.

FIGURA 2 - PARACHOQUE DIANTEIRO



FONTE: OS AUTORES (2022).

1.3 JUSTIFICATIVA

A absorção da demanda extra pela empresa é de extrema importância para os negócios, pois garante os projetos futuros com a montadora, além da oportunidade de otimizar os processos atuais e aumentar o valor econômico agregado (EVA) ao produto.

Pode-se dizer que as técnicas utilizadas para o desenvolvimento do problema proposto possuem aspectos de natureza básica, visto que, a utilização dos conceitos apontados pela literatura de produção e gestão de operações. Porém, agregar as técnicas de T.O.C e *Lean Manufacturing* para trazer o melhor EVA, não é uma tarefa fácil, e se bem aplicada, este conjunto de técnicas trazem bons resultados sem grandes investimentos.

1.4 HIPÓTESE

Com o objetivo de solucionar o problema da demanda necessária, a empresa de autopeças e assim, garantir um melhor posicionamento quanto a novos negócios e melhorar a performance de produção da empresa, foram levantadas algumas soluções possíveis baseadas em estudos já consolidados na área de melhoria contínua.

Segundo Basso (2017), a correlação entre as técnicas de T.O.C e *Lean*, compreende-se que as teorias se complementam, no sentido em que, o foco é aumentar os ganhos (EVA) e conseqüentemente reduzir as perdas no processo, para a redução do inventário e a melhoria na utilização da mão de obra, a aplicação das técnicas e das ferramentas disponíveis, através da junção destas técnicas para a solução de determinados problemas na cadeia produtiva, estimule o projeto de melhoria.

Neste sentido, o conceito de *Takt-time* dentro do Sistema Toyota de Produção, entende-se que os tempos de ciclo em uma linha ou célula de produção é direcionada para a tomada dos tempos e a aplicação coerente das técnicas de cronometragem e cronoanálise (ALVAREZ; ANTUNES JR., 2001).

1.5 OBJETIVO

O estudo tem como objetivo, atingir o resultado para que o Tempo de Ciclo necessário supra a demanda do cliente com o menor custo possível, sem o interesse de expansão na empresa ou custos extras com a produção.

Desta forma, aumentar a capacidade produtiva de 15 peças por hora em uma célula de solda em que faz um conjunto soldado de um parachoque dianteiro de um automóvel para 20 peças por hora, aumento de 33,33% na produção, com isto pretende-se reduzir as atividades que não agregam valor ao produto, reduzir Horas Extras de trabalho que hoje é necessária para absorver variação do processo sem prejudicar a entrega do produto e principalmente com este aumento de produção e estabilidade no processo absorver a nova demanda de 100 conjuntos montados diariamente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fim de, uma melhor compreensão sobre os conceitos que englobam este estudo, realizou-se o levantamento teórico a respeito da Teoria das Restrições (TOC), *Lean Manufacturing* e Estudos de Tempos e Movimentos (Cronoanálise e Cronometragem) que serão abordados a seguir.

2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (*THEORY OF CONSTRAINTS*)

A Teoria das Restrições, também denominada como *Theory of Constraints* (TOC), em inglês, é uma filosofia de gestão focada nos elos mais fracos da cadeia produtiva para melhorar o desempenho dos sistemas (ŞİMŞİT; GÜNAY; VAYVAY, 2014). Para sobreviver em uma competição global, as empresas, sejam nos ramos de manufatura ou de serviços, devem se concentrar mais em entender sua própria estrutura interna em termos de processos. Nessa situação, a TOC torna-se uma metodologia crucial de solução de problemas e estruturação que muda a forma de pensar dos gestores.

2.1.1 Conceitos Básicos

A Teoria das Restrições (TOC) foi criada pelo físico israelense Eliyahu Goldratt que, ao se deparar com problemas de logística de produção, iniciou suas explorações a respeito deste estudo, abordando o gerenciamento de produção na busca de processos que resultem em melhoria contínua (CEVEY *et al.*, 2013).

A Teoria das Restrições (TOC) de Goldratt foi difundida por meio de seu livro “A Meta”, que, escrito em forma de romance, relata a história de Alex Rogo, gerente de uma fábrica da UniCo, que após o atraso de um pedido por 7 semanas precisava resolver os problemas principais causadores deste atraso, caso o contrário, a fábrica seria fechada. Após cuidadosas pesquisas, Alex descobriu que havia dois gargalos e conseguiu salvar sua planta com a ajuda de seu mentor Jonah.

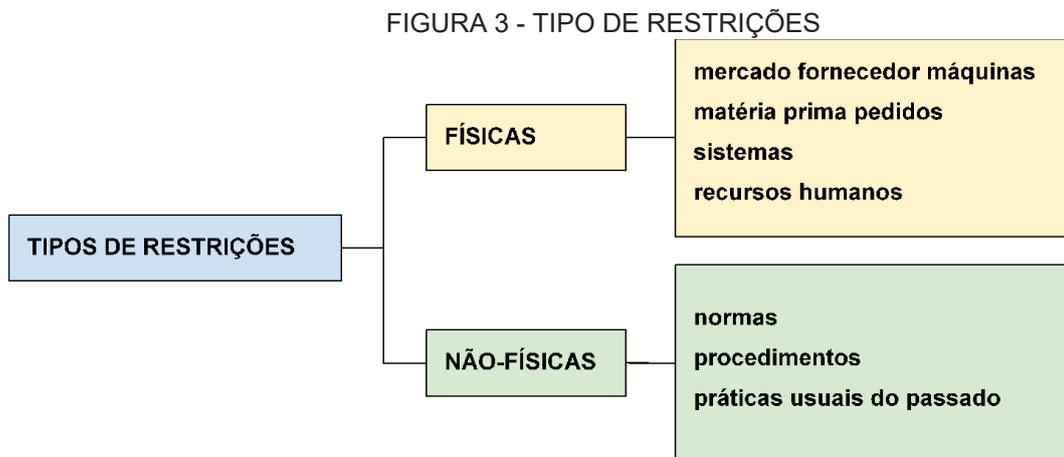
A ideia central da TOC é que todo processo tem, pelo menos, uma restrição (o gargalo, o elo mais fraco), e que o rendimento total do processo só pode ser melhorado aprimorando estas restrições. Uma restrição é qualquer coisa numa empresa que a

impede ou limita seu movimento em direção aos seus objetivos, ou seja, sua meta. A partir desta teoria é comum observar que, otimizar não-restrições não trará benefícios significativos; apenas melhorias na restrição alcançarão a meta.

De acordo com Bornia (2010 *apud* CEVEY *et al.*, 2013, p. 254):

A ideia básica da TOC é encontrar as restrições que limitam o ganho da empresa e gerenciar eficazmente a utilização dessas restrições, garantindo a maximização do lucro frente às condições atuais da empresa. O combate às restrições guia o processo de melhoramento contínuo da empresa, aumentando sempre o ganho da mesma.

Segundo Wanke (2004) existem dois tipos básicos de restrições: físicas e não-físicas. As restrições físicas na maior parte das vezes estão relacionadas a recursos: máquinas, equipamentos, veículos, instalações, sistemas etc. As restrições não-físicas podem ser a demanda por um produto, um procedimento corporativo ou mesmo um paradigma mental no encaminhamento de um problema, conforme ilustra a Figura 3.



FONTE: OS AUTORES (2022).

Wanke (2004) também diz que, numa empresa industrial, a TOC envolve três indicadores de desempenho que permitem avaliar se o conjunto das operações está se movendo em direção aos objetivos (lucro):

- **Rentabilidade:** é a taxa pela qual a empresa constrói seu lucro através da comercialização de seus produtos. Em essência, a rentabilidade de um produto poderia ser aproximada pela margem de contribuição (preço de venda – custo variável das matérias-primas). Os custos de mão de obra e outros custos fixos são considerados como parte das despesas operacionais.

- Despesas operacionais: todo o dinheiro gasto pela empresa na conversão de seus estoques em margem de contribuição.
- Estoques: todo o dinheiro imobilizado pela empresa em coisas que podem ou poderiam ser comercializadas. Os estoques incluem não apenas os itens convencionais (matérias-primas, produtos em processamento e produtos acabados), mas também edifícios, terras, veículos e equipamentos. Não é incluído nos estoques, portanto, o valor do trabalho adicionado aos estoques dos produtos em processamento.

2.1.2 Princípios da TOC

Segundo González (1999), a Teoria das Restrições apresenta uma série de proposições referentes à otimização do processo produtivo. Os conceitos apresentados pela TOC neste sentido estão associados à ideia de ganho, inventário e despesa operacional, colaborando com o alcance da meta da empresa. No que se refere ao planejamento das atividades, a TOC presume o relacionamento entre dois tipos de recursos que comumente podem-se encontrar em qualquer tipo de empresa: Os recursos que geram restrições e os recursos que não geram restrições. Igualmente, no sentido da otimização da produção, de acordo com Lacerda (2011) a TOC propõe a máxima “a soma dos ótimos locais não é igual ao ótimo total” estabelece nove princípios básicos:

1. Balancear o fluxo e não a capacidade: devemos balancear o fluxo de materiais e não a capacidade instalada dos recursos. Tendo em vista que os processos ocorrem em série devemos identificar os gargalos que vão limitar o fluxo do sistema e ajustar os demais processos para que estes trabalhem na mesma capacidade do recurso restritivo.
2. A utilização de um recurso não gargalo é determinada pela restrição geral do sistema. Esse princípio determina que toda a linha de produção deve trabalhar com o intuito de suprir os recursos restritivos do sistema.
3. Uma hora ganha no gargalo é uma hora ganha no sistema inteiro. Toda ação em busca de maior eficiência, redução de tempo de ciclo, melhor

aproveitamento dos recursos representa ganhos de capacidade instalada. Uma hora ganha no gargalo é uma hora ganha em capacidade de produção.

4. Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida no sistema inteiro. O tempo perdido no gargalo reduz o tempo total disponível para atender o fluxo de produção.
5. Uma hora ganha num recurso não gargalo é apenas uma ilusão. Todo investimento em melhorias de produtividade e eficiência num recurso não gargalo é inútil, pois as capacidades serão as mesmas. Por exemplo, uma redução no tempo de setup no recurso não gargalo por meio da redução na quantidade de troca de ferramentas simplesmente estará elevando o tempo ocioso já existente. No entanto, o tempo ocioso poderia ser utilizado na produção de lotes menores. Lotes menores aumentam a fluidez da produção pela redução dos estoques em processo e das despesas operacionais.
6. Gargalos determinam o ganho e o inventário. Tendo como fundamento os princípios anteriores, é fácil deduzir que os gargalos, por estabelecerem o ritmo do sistema, também determinam os níveis de estoques. Estes são dimensionados e localizados em pontos específicos de maneira que é possível separar as restrições de variações estatísticas originadas dos recursos não gargalos que as alimentam. Desta forma, qualquer parada no gargalo pode gerar estoques.
7. O lote de transferência não pode e não deve ser igual ao lote de processamento. Em muitas empresas o lote de processamento é realizado por completo e, somente depois disso ele é transferido para o processo subsequente. Por exemplo, em certo tipo de processamento são produzidas 5000 peças em cada um dos processos. Somente após o processamento das 5000 peças no processo A é que essas peças são transferidas para o processo B. A consequência mais evidente disso é a geração de estoques entre o processo A e B, ocupando espaço na área fabril e aumentando o tempo de atravessamento (*LEAD TIME*). Por essa razão, a transferência do processo A para o processo B deve ocorrer tão logo as peças sejam produzidas. Com isso, aumentamos a velocidade dos processos otimizando o tempo de produção.
8. O lote de processamento deve ser variável. O tamanho do lote de fabricação nunca deve ser o mesmo para todas as operações de fabricação do produto, uma vez que as características de operações individuais são consequências de

cálculos diferentes. Portanto, todas as operações devem processar lotes pequenos, mas suficientes para satisfazer as necessidades dos clientes com o menor custo possível. Lotes grandes tomam tempo de outros lotes que precisam ser processados e engessam os gargalos. Este princípio tem como finalidade aumentar a velocidade no atendimento da demanda fazendo uso eficiente dos gargalos. Ademais, a produção em excesso pode ocasionar perdas de lucratividade para a organização.

9. A programação da produção deve ser estabelecida considerando todos os gargalos simultaneamente e não sequencialmente. *Lead times* são consequência da programação e não são determinados *a priori*.

2.1.3 Processos da TOC

Para aplicar a TOC em um fluxo de produção, antes de tudo é necessário saber qual é a meta da empresa, conhecer o processo produtivo e identificar possíveis restrições. A partir daí focar na restrição como o ponto mais importante do processo e resolver seus problemas. De acordo com Corbett Neto e Bornia (2010 *apud* CEVEY *et al.* 2013), a aplicação da TOC pode ser realizada em qualquer sistema seguindo cinco etapas básicas:

- a. Identificar as restrições: em um sistema produtivo sempre existirá um recurso que limita o seu fluxo máximo, este podendo ser interno ou externo (no sistema ou no mercado), físico ou de política (má utilização dos recursos);
- b. Explorar as restrições: nesta etapa deve-se tirar o máximo de proveito da restrição, pois é ela que dita o desempenho do sistema;
- c. Subordinar tudo à decisão anterior: os outros recursos do sistema devem trabalhar no ritmo da restrição: não deve ser mais rápido, uma vez que aumentaria o nível de produção e apenas aumentaria o estoque; mas não deve ser mais devagar, pois não pode deixar faltar material para a restrição trabalhar;
- d. Elevar as restrições: é a fase na qual se procura aumentar a capacidade dos recursos restritivos, em que se deve considerar várias alternativas, como: mais um recurso idêntico, mais turnos de trabalho, etc.;
- e. Se em algum passo anterior a restrição for quebrada, deve-se retornar à primeira etapa, porém, não se pode deixar que a inércia tome conta. Ou seja,

já que as condições do sistema mudaram, as decisões anteriores devem ser avaliadas.

Tendo em vista que a premissa fundamental da TOC é a de que uma empresa opere sob pelo menos uma restrição, e que quando uma restrição é superada, como resultado pressupõem-se um processo de tomada de decisão que compreenda o gerenciamento das restrições composto pela análise dos cinco passos descritos acima e ilustrado na Figura 4. Tal pressuposto é explicado pelo fato de que se não houvesse algo que limitasse o desempenho do sistema, este seria infinito, uma vez que nada impediria o sistema de manter evoluindo constantemente seu desempenho em relação à meta (CORBETT NETO, 1997).

FIGURA 4 - ETAPAS DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA DA TOC



FONTE: Adaptado de GOLDRATT E COX (2002).

A aplicação de TOC possibilita confrontar os objetivos contábeis com os de produção e comercial através da proposição de uma meta para a empresa, pois a integração destas áreas torna-se algo inerente ao processo, com uma meta comum a ser atingida, unindo os setores da empresa para atingi-la.

Outro ponto forte da TOC é em relação à otimização de processos. Numa visão tradicional, se pressupõe que uma política de melhoria contínua generalizada em todos os processos resultaria em uma consequente melhoria de todo o sistema – essa, por exemplo, é a abordagem dos Sistemas de Controle de Qualidade Total. A TOC questiona essa afirmação, sendo que um investimento em melhoria de um processo só se justificará se trazer ganhos ao sistema todo – ou, em outras palavras, a meta da empresa.

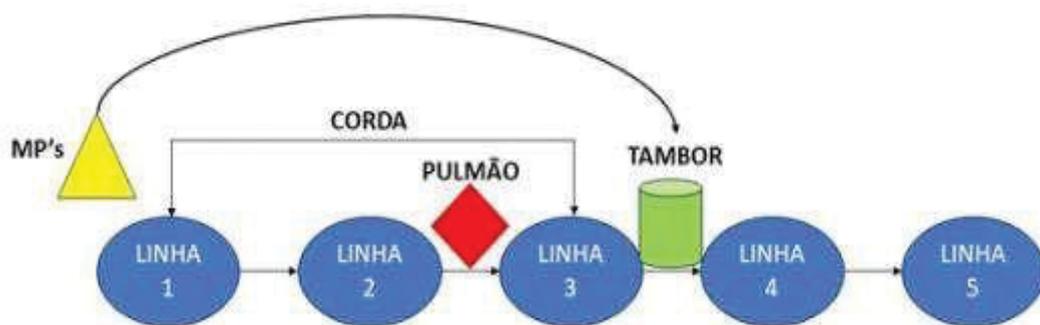
2.1.4 Sistema Tambor-Pulmão-Corda (*Drum-Buffer-Rope* method)

Cogan (2007) diz que, contrariamente à administração usual de uma empresa, que procura manter todo e qualquer recurso sempre trabalhando para manter a eficiência de produção, a TOC procura manter o trabalho de acordo com as restrições do sistema, pois a eficiência muitas vezes pode não ser mantida, mas as medidas operacionais e globais são afetadas positivamente.

Inserida na Teoria das Restrições, o método Tambor-Pulmão-Corda (TPC) ou *Drum-Buffer-Rope* method (DBR), em inglês, relaciona-se com os fatores que impulsionam um sistema produtivo levando em conta as restrições, os estoques e recursos envolvidos em conjunto para maior rentabilidade como um todo. Dessa forma, pode-se dizer que tal método, é utilizado para representar a TOC de maneira mais resumida e objetiva. “A operacionalização do planejamento pela TOC em um programa de produção ocorre através do método DBR.” (WANKE, 2009 *apud* SIMÕES; LIMA, 2018, p. 287).

O método TPC ou DBR é aplicado ao planejamento e controle da produção, seguindo as cinco etapas do processo de otimização contínua do TOC. Este sistema sincroniza a produção equilibrando o fluxo de produção em vez da capacidade individual de cada recurso. A Figura 5 ilustra o método TPC.

FIGURA 5 - MÉTODO TAMBOR-PULMÃO-CORDA



FONTE: Adaptado de COGAN (2007).

Goldratt e Cox (2002) exemplificam esse processo, comentando sobre escoteiros realizando uma trilha. No trajeto, colocaram o membro mais lento na frente amarrado ao escoteiro chefe, para que não houvesse atraso no percurso. É sob esse enfoque que o sistema TPC é constituído. O Tambor representa o principal recurso restrito, o que dita o ritmo da produção – no caso citado o escoteiro mais lento da

equipe; o Pulmão, que compreende os estoques temporários para o abastecimento contínuo – o escoteiro chefe reforça o passo protegendo o ritmo geral da trilha; e a Corda, que obriga os demais componentes a trabalharem no ritmo ditado pelo Tambor (CEVEY *et al.*, 2013).

2.2 MANUFATURA ENXUTA (*LEAN MANUFACTURING*)

A Manufatura Enxuta trata-se de uma filosofia japonesa para eliminar os desperdícios e aumentar a competitividade nas empresas, o objetivo desta ferramenta é utilizar pouco estoque com maior flexibilidade no processo, aperfeiçoar os layouts para assim atender as necessidades dos clientes. Desta forma, serão descritos os conceitos básicos da manufatura enxuta, assim como as suas vantagens de aplicação na indústria.

2.2.1 Conceitos Básicos

A filosofia *Lean Manufacturing* iniciou-se no Japão em meio ao século XX, esta concepção pós-guerra foi introduzida devido aos efeitos causados pela segunda guerra mundial. Neste sentido, houve a necessidade de tornar a produção mais eficiente, desta forma a Toyota foi a pioneira nesta era produtiva (ANHOLON; SANO, 2016; GHOSH, 2012; JING; NIU; CHANG, 2019; COSTA *et al.*, 2018).

A Manufatura Enxuta conhecida mundialmente como sistema *Lean*, tem como objetivo reduzir os desperdícios do sistema de produção, a fim de obter maior qualidade dos produtos e reduzir o tempo de entrega para os clientes, contudo, esta teoria visa manter a melhoria contínua dos processos de produção em uma organização (CIELUSINSKY *et al.*, 2020). Para que a aplicação seja efetiva, é necessário que as empresas implantem *Lean* conforme o seu grau de maturidade, ou seja, de acordo com o nível em que a empresa se encontra, e para isto é importante mapear o processo através do fluxo de valor de forma simultânea, utilizando-se de ferramentas que são indispensáveis para esta modalidade, as quais serão citadas a seguir.

2.2.2 Diagrama de Espaguete (*Spaghetti Chart*)

O diagrama de espaguete é basicamente o *layout* que representa visualmente uma linha de produção em fluxo contínuo, que traça o caminho percorrido de uma atividade através de um processo. Esta ferramenta de análise de processo, permite que seja identificado na linha do fluxo contínuo as repetições dos movimentos desnecessários gerados pelos colaboradores e tem como oportunidade otimizar o fluxo do processo.

Segundo Cantini, De Carlo e Tucci (2020), o *Spaghetti Chart* é utilizado para encontrar soluções de *layout* de uma determinada atividade, com o intuito de minimizar a distância percorrida, o desperdício e o tempo de manuseio evitando o risco de acidentes entre o operador. Em virtude disso, é mapeada e identificada as áreas de alto risco de acidentes, dessa forma é possível avaliar as intervenções que precisam melhorar a segurança no local de trabalho e a interação entre humanos e máquinas.

2.2.3 Kaizen

Dentre as ferramentas de melhoria contínua, o Kaizen tende a melhorar a produtividade e aumentar a eficiência competitiva através do engajamento entre alta direção e os funcionários, podendo obter uma possível melhoria nos indicadores de performance nas empresas (DENNIS, 2008).

De acordo com Prata e Giroletti (2017), a metodologia Kaizen traz vários benefícios para a organização, como o fortalecimento das habilidades de trabalho em equipe, liderança, pensamento crítico e objetivo, além de proporcionar a solução de problemas.

Esta técnica trata-se da eficiência da produção e aplicação dos conceitos para melhoria de processos e entregar valor ao sistema produtivo, evitando desperdícios, obtendo baixo custo e promovendo o desenvolvimento das pessoas.

2.2.4 Karakuri Kaizen

Karakuri é um conceito Kaizen aplicado no *Lean Manufacturing*, origina-se dos bonecos autômatos japoneses que essencialmente ajudaram a lançar as bases da

robótica e serve para melhorar a segurança e a ergonomia, portanto seu objetivo não é alcançar maior eficiência, mas sim facilitar o trabalho.

Karakuri é um dispositivo mecânico usado em fábricas que minimiza o uso de eletricidade e por tratar-se de uma ferramenta simples e de baixo custo para sua aplicação é fácil e rápido no processo de desenvolvimento em comparação com equipamentos baseados em eletricidade. A Figura 6 ilustra esse dispositivo.

FIGURA 6 - SISTEMA DE KARAKURI



FONTE: Adaptado de JACOB (2022).

2.2.5 Ergonomia (*Strike Zone* e *Golden Zone*)

Muitas atividades que não agregam valor ao produto são despercebidas nas empresas como, caminhar, procurar, separar, transportar, puxar, contar, esperar e entre outras atividades consideradas NVEA (sem valor econômico agregado), também chamado de desperdícios de movimentos humanos, em que correspondem às ações consideradas inúteis ao processo e que são realizadas em linhas de fabricação e máquinas (LIKER, 2005). Quanto maiores são estas perdas, menos eficiente é o processo analisado (BORNIA, 1995). A essência do Sistema Toyota de Produção é a perseguição e eliminação de toda e qualquer perda.

Para qualquer atividade realizada pelo operador busca-se a melhor forma de realizá-la, a fim de economizar energia e prevenir LER (lesão por esforço repetitivo). É denominada *Golden Zone / Strike Zone* (Área Dourada) a área ideal de trabalho do operador que garante a redução das atividades sem valor agregado e das operações complexas ou não naturais, mantendo os materiais e ferramentas essenciais a seu

trabalho e de fácil acesso e disponíveis na ordem normal de utilização, reduzindo a fadiga, aumentando a produtividade. Segundo Kroemer e Grandjean (2005, p. 31) existem sete regras para aumentar a produtividade:

1. Evitar qualquer postura curvada ou não natural do corpo.
2. Evitar a manutenção dos braços estendidos para frente ou para os lados. Estas posturas geram não apenas fadiga, mas também reduzem significativamente o nível geral de precisão e destreza das operações realizadas com as mãos e braços.
3. Procurar na medida do possível, sempre trabalhar sentado. O recomendável seria em locais de trabalho onde se poderia ter alternância entre trabalhar sentado ou em pé.
4. Os movimentos dos braços devem ser em sentidos opostos, ou em direção simétrica.
5. A área de trabalho deve estar na melhor distância visual do operador.
6. Pegas, alavancas, ferramentas e materiais de trabalho devem estar organizados de tal forma que os movimentos mais frequentes sejam feitos com os cotovelos dobrados e próximos do corpo. A maior força e destreza são exercidas quando a distância do olho-mão é de 25 a 30 cm e com os cotovelos baixados e dobrados em ângulo reto.
7. O trabalho manual pode ser facilitado com o uso de apoio para cotovelos, os antebraços e as mãos.

A Golden Zone, é classificado em cinco áreas:

AA - Todos os componentes têm que ser abastecidos no posto de trabalho entre o campo visual e a altura de trabalho.

A - Os componentes são dispostos em uma área 3 vezes maior do que a área de trabalho. Os componentes podem ser pegos esticando os braços e utilizando as duas mãos.

B - Os componentes podem ser pegos esticando os braços acima dos ombros. Os componentes são posicionados em uma área 6 vezes maior do que a área de trabalho.

C - Os componentes podem ser pegos virando-se.

D - Os componentes podem ser pegos caminhando.

A Strike Zone é classificada em três áreas:

A - Movimentação dos braços para cima e para baixo entre os cotovelos e os ombros, para direita e esquerda sem esticar o(s) cotovelo(s), entre os ombros.

B - Movimentação dos braços para cima e para baixo entre os joelhos e a altura dos olhos e para direita e esquerda com os cotovelos esticados.

C - Área acima dos olhos e abaixo dos joelhos.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005, p. 47),

a definição da altura do trabalho é de grande importância para os projetos dos locais de trabalho. Se a área de trabalho é muito alta, frequentemente os ombros são erguidos para compensar, o que leva a contrações musculares dolorosas na altura da nuca e costas. Se a área de trabalho é muito baixa, as costas são sobrecarregadas pelo excesso de curvatura do tronco, o que possibilita a queixa de dores nas costas.

A produção da empresa moderna deve ser realizada de maneira a evitar ao máximo ineficiências. As atividades que não colaboram efetivamente para a agregação de valor ao produto, devem ser reduzidas sistematicamente e continuamente, afirma Bornia (2010, p. 2).

2.3 MÉTODOS TEMPOS E MOVIMENTOS

Segundo Costa e Gaspar (2017), o estudo dos tempos surgiu no início da industrialização para entender sobre o valor da peça e a determinação do tempo padrão, ao mesmo tempo o estudo dos movimentos é sobre o foco no emprego de melhorias nos métodos de trabalho que serão definidos a seguir.

2.3.1 Diagrama Homem-Máquina

Segundo Basso (2017) a definição de diagrama-homem-máquina é basicamente o desempenho de um método de trabalho realizado por um operador quando coordenado por um ou mais operadores, máquinas e dispositivos. Este

conceito, pode ser classificado em duas categorias: gráfico homem-máquina simples, gráfico-homem-máquina múltiplo, gráfico-atividades simultâneas e gráfico homem-homem. Ambos fornecem a representação gráfica de atividade manual e de processo em uma escala de tempo, a fim de utilização em um planejamento, estudo e análise de operações com o intuito de mostrar visualmente as relações entre tempo e atividade relacionadas a um grupo de pessoas, entre operador e uma máquina ou relativo ao equipamento de processo.

2.3.2 Os 8 Desperdícios da Manufatura Enxuta

As indústrias estão cada vez mais em busca de novas estratégias de competitividade para se destacar no mercado, para que isto ocorra de forma efetiva, as organizações se empenham em gerar e atender a demanda de um determinado produto, e desempenhar melhor os seus processos para evitar desperdícios e reduzir os custos, melhorar a qualidade dos produtos e otimizar a produtividade, a fim de obter o lucro desejado (AGPR5, 2022).

Desta forma, as empresas buscam soluções através da metodologia *Lean Manufacturing*, para atender a concorrência e a exigência dos clientes, no quesito de qualidade e prazo de entrega. Neste sentido, devido às falhas cometidas pela indústria em não atender a demanda, aumento de estoque e de produção, o sistema Toyota de Produção surgiu para sanar os 8 desperdícios comuns que não agregam valor (NAV). A Figura 7 ilustra esses princípios.

FIGURA 7 - OITO DESPERDÍCIOS LEAN MANUFACTURING



FONTE: Adaptado de CABRAL (2020).

1. **Estoque:** o estoque é considerado um desperdício quando mantido em excesso pode causar despesas a indústria, pois deveria estar sendo vendido, que de fato está parado gerando custos adicionais, como mão de obra, manutenção e ocupando espaço.
2. **Processo desnecessário:** trata-se da burocracia em busca da segurança de informações durante o fluxo, ainda sobre os procedimentos inadequados dentro do processo produtivo, com o intuito de fabricar o produto perfeito, desgastando a operação e não atender conforme o pedido do cliente.
3. **Superprodução:** resulta em um processo inadequado, onde a empresa peca no excesso de informações geradas antecipadamente ou produz algo em que o cliente não deseja, esta deve ser eliminada.
4. **Movimentação:** é o deslocamento desnecessário dos colaboradores, de informações e de clientes, ocasionados pelo fluxo descontínuo no *layout*, no fluxo de atividades internas da empresa. Para otimizar a movimentação, é necessário um fluxo bem definido de atividades exercidas na organização.
5. **Transporte:** trata-se do excesso das etapas que envolvem documentos ou itens. O desperdício é considerado, quando o processo é inadequado ou o fluxo é descontínuo no *layout* das operações, ou quando há a ausência de um sistema de gestão integrado.
6. **Intelectual:** é um desperdício não aparente, pouco visto. Trata-se do potencial dos colaboradores, onde exercem funções menores que a sua capacidade. Deve-se ser tratada para evitar a perda de talentos.
7. **Espera:** é considerado o período de ociosidade dos colaboradores, clientes, produtos, informações ou documentos. Deve-se atentar ao *lead time* de entrega do produto ao cliente, a fim de evitar este desperdício.
8. **Defeitos:** é classificado pela ocorrência de erros frequentes no processo, que engloba falhas de informações, atrasos na entrega, defeitos que impactam na qualidade dos produtos, documentações incorretas ocasionando retrabalho, desperdício de tempo, materiais e mão de obra.

2.3.3 MUDA

De acordo com Basso (2017) o conceito de MUDA, refere-se a atividade que gera desperdício, ou seja, que não agrega valor ou que não seja produtiva. Este termo, indica a necessidade de reduzir os resíduos, a fim de aumentar a rentabilidade. Desta forma, um processo agrega valor através da produção de produtos ou serviços prestados com intuito de serem monetizados pelo cliente. Entretanto, o desperdício ocorre devido ao processo consumir mais recursos do que o necessário para atender à exigência do cliente.

2.3.4 MURA

Ainda, conforme Basso (2017), o termo Mura trata-se de inconsistências e irregularidades de um processo, sendo considerada a variação de operação não determinada pelo cliente final. Este conceito representa o desnivelamento ou desbalanceamento do trabalho ou de máquinas.

2.3.5 MURI

Em síntese com as definições de MUDA e MURA, segundo Basso (2017) MURI é a sobrecarga causada na organização, equipamentos e pessoas, fazendo com que as máquinas e as pessoas excedam os limites naturais, resultando em problemas de qualidade, segurança, defeitos e quebras de equipamentos.

3 METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O livro “A Meta” (GOLDRATT; COX, 2002) narra as transformações ocorridas em uma fábrica em dificuldades e é a principal diretriz deste estudo, que através da adoção de melhorias sugeridas nas fontes consultadas é trazer para o ambiente produtivo. Os princípios foram aplicados em uma célula de solda em ambiente de produção de uma empresa do setor metalúrgico para a indústria automobilística.

Quanto à sua natureza, este trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada, uma vez que, tem interesse na execução, utilização e consequências práticas dos conhecimentos (GIL, 2010).

Quanto aos seus objetivos gerais, esta pesquisa se classifica como explicativa, dado que objetiva demonstrar a razão do funcionamento da TOC, assim como, identificar fatores e variáveis que afetam o processo (GIL, 2010; SANTOS, 2006).

Quanto à sua abordagem, este estudo consiste em uma pesquisa combinada, associando aspectos qualitativos, quantitativos na elaboração, na análise do modelo de simulação e complementando concepções metodológicas (SANTOS; MARTINS, 2010).

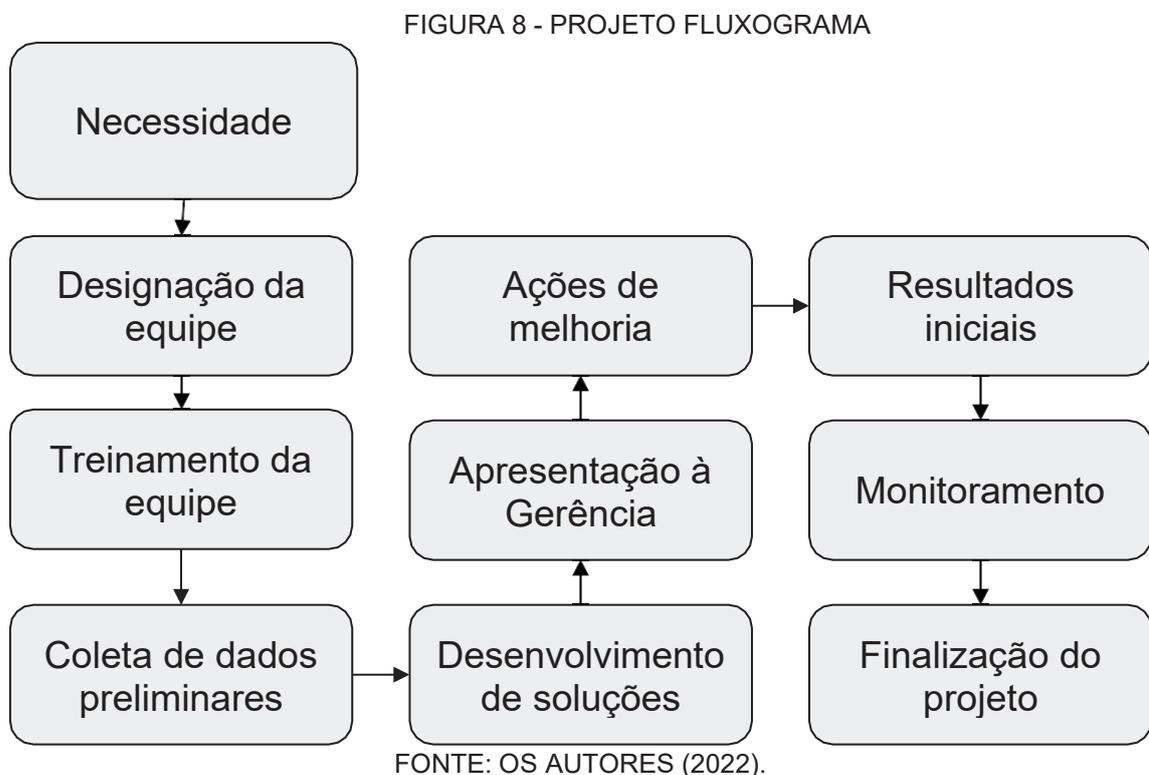
Desta forma, a aplicação do estudo teve como objetivo específico atingir a qualidade e segurança (*Lessons Learning*) na melhoria do processo (*Best Practice*) em uma máquina de soldagem do parachoque (chifirão) de uma determinada marca de veículo em uma empresa do ramo automotivo localizada na cidade de São José dos Pinhais-PR.

4 ESTUDO DE CASO

O processo inicia-se com a demanda sugerida pela montadora, onde a oportunidade do fornecimento de peças e o futuro de novos negócios, o estímulo foi a busca da melhor performance de produção para esta determinada célula.

4.1 PROCESSOS E FLUXOGRAMA

Para o desenvolvimento do projeto algumas etapas foram inseridas conforme o Fluxograma (Figura 8) mostrado logo abaixo.



A equipe interna da empresa foi liderada pelo Diretor da planta, com o intuito de envolver as várias camadas de gestão e assim, dar agilidade ao projeto, embora diretamente, apenas alguns membros foram designados para o projeto, outros indiretamente, deram suporte a equipe através do fornecimento de dados, análises e validações de resultados, dentre eles: membros da Qualidade, Controladoria, RH, Almoxarifado, Engenharia de Projetos e Vendas. Com esta equipe e o engajamento de todos os envolvidos possibilitou avançar rapidamente no projeto.

Para a equipe externa, obteve-se o auxílio dos membros de apoio A, responsáveis pelo projeto deste estudo, e que contribuíram no suporte do treinamento das equipes, nas dúvidas sobre as técnicas, nas análises dos dados preliminares e nos resultados finais conforme ilustrado na Figura 9.



FONTE: OS AUTORES (2022).

Haja vista que a empresa dispõe de operadores e coordenadores, foi necessário realizar o treinamento para nivelar os conhecimentos da equipe, para que todos compreendessem e contribuíssem ao projeto (Figura 10).

FIGURA 10 - TREINAMENTO E ATUALIZAÇÃO DE CONCEITOS COM A EQUIPE DO PROJETO



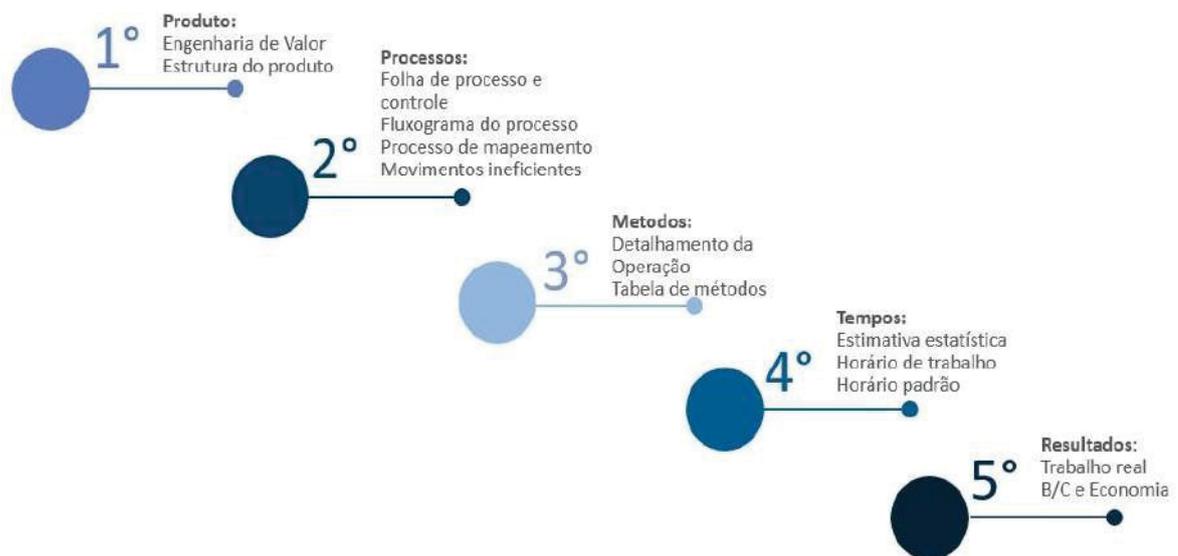
FONTE: OS AUTORES (2022).

Após estas etapas preliminares, teve início a parte prática do projeto, onde a coleta de dados e as análises foram contínuas por duas semanas e seus resultados serão amplamente discutidos a seguir.

4.2 DADOS DE PRODUTIVIDADE

Algumas etapas foram utilizadas para organização da coleta de dados do processo e para auxiliar na divisão das equipes conforme *timeline* abaixo (Figura 11).

FIGURA 11 - ETAPAS DE APRENDIZADO E DESENVOLVIMENTO DO CASE



FONTE: OS AUTORES (2022).

Neste sentido, foram abordados apenas os pontos específicos mais relevantes do processo que foram cruciais para a tomada de decisão quanto às melhorias a serem realizadas.

Iniciou-se a jornada da coleta de dados com a extração de tempos históricos do processo e análise da performance das máquinas de solda, com o objetivo de identificar a possibilidade em otimizar os parâmetros e as trajetórias, através do suporte da equipe de manutenção e engenharia de processos.

A medição dos dados históricos do processo foi realizada na duração de 6 meses com a retirada da média para obter o tempo de ciclo do conjunto soldado conforme a (Tabela 1).

TABELA 1 - TEMPOS DE CICLO CONJUNTO SOLDADO PARACHOQUE 01

ANTES DA MELHORIA		
HORAS DE PROD CAPTOR	PEÇA/HR	MÉD. Pçs ZQUM/2019
390	15	5.672

FONTE: OS AUTORES (2022).

4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS GARGALOS

Após a coleta dos dados de produtividade, iniciou-se a identificação dos gargalos na produção, junto com o levantamento de dados e análises preliminares para gerar um plano de ações baseado em dados de previsibilidade de performance. Com a coleta de dados do processo (Figura 12) foi possível analisá-los e a partir desses dados, discutiu-se com a equipe o plano ideal para a melhoria do processo.

FIGURA 12 - COLETA DE DADOS DO PROCESSO

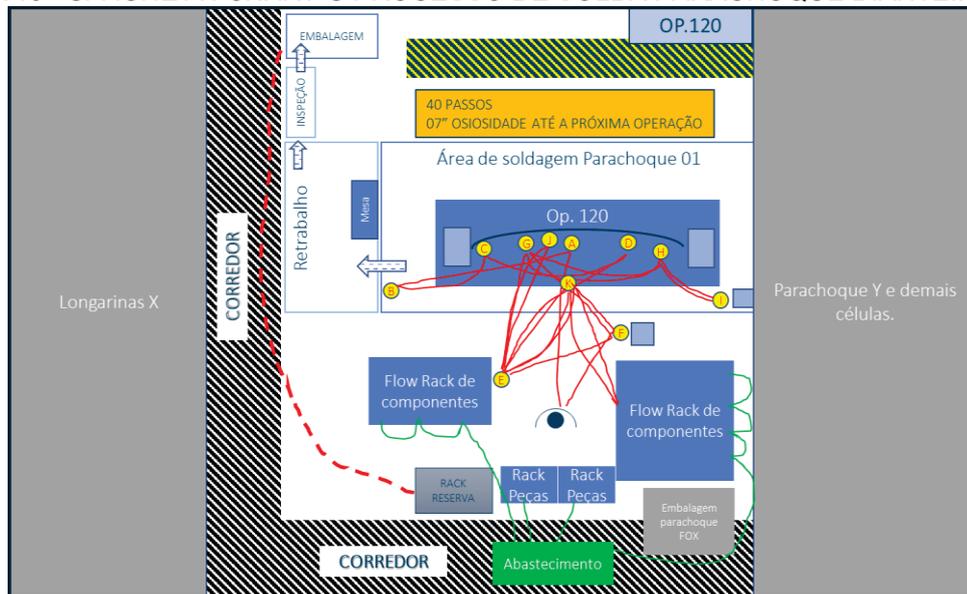


FONTE: OS AUTORES (2022).

4.3.1 Diagrama de Espaguete (*Spaghetti Chart*) - Antes

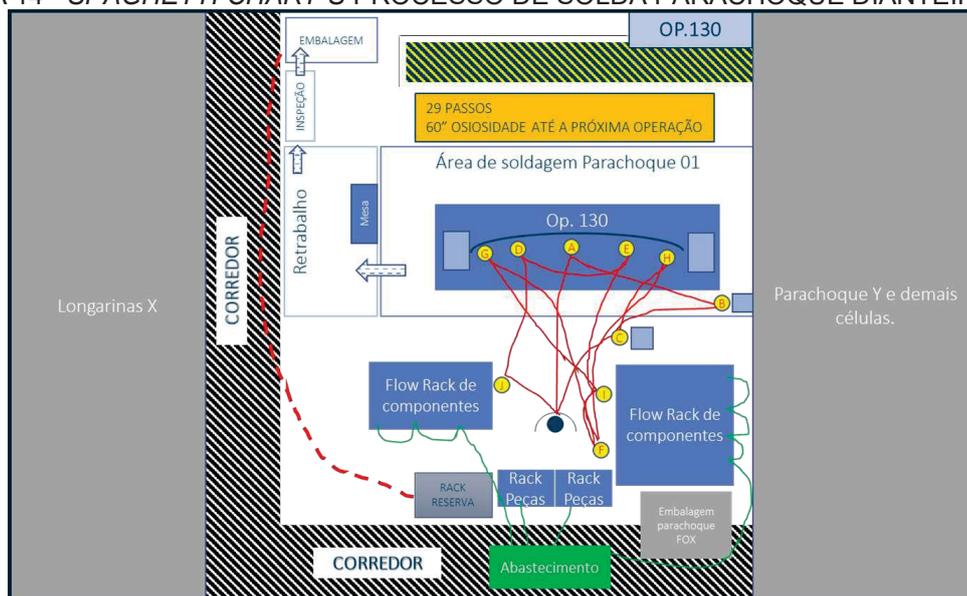
Desse modo, o restante da equipe ficou responsável em entender o fluxo dos materiais que chegavam ao local de processo com o auxílio dos profissionais da logística e com o apoio dos colaboradores da produção, desenvolveu-se os primeiros *Spaghetti Chart's* que serviram como base para separação de atividades e tomadas de tempo. Estes diagramas podem ser analisados a seguir nas Figuras 13 e 14.

FIGURA 13 - SPAGHETTI CHART'S PROCESSO DE SOLDA PARACHOQUE DIANTEIRO OP.120



FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 14 - SPAGHETTI CHART'S PROCESSO DE SOLDA PARACHOQUE DIANTEIRO OP.130



FONTE: OS AUTORES (2022).

Acima destacam-se as 2 operações definidas na mesma célula, e são desta forma devido a máquina possuir dois estágios, enquanto um estágio faz a solda da pré-montagem de alguns componentes o outro estágio junta todos estes pré-soldados em um único conjunto, finalizando assim esta etapa, porém ainda há outras duas etapas existentes neste *layout*, que são as etapas de revisão e retrabalho caso haja pontos a serem melhorados e a parte de inspeção de qualidade e embalagem. Todas estas etapas juntas compreendem o *Lead Time* deste conjunto.

Com estas análises iniciais do fluxo do processo, concluiu-se através de perguntas comuns:

a) Podem os caminhos de movimentação serem diminuídos?

Sim, para estes fluxos identificou-se movimentações desnecessárias e possíveis melhorias de processo sem custo como a aplicação de Karakuri.

b) Pode o equipamento de manuseio de materiais e os procedimentos serem modificados?

Sim, identificou-se ferramentas ineficientes no processo e falha constante em alguns equipamentos, além é claro dos *Flow racks* que não eram ergonomicamente projetados gerando assim problemas de fadiga ao operador.

Identificou-se de forma geral alguns movimentos ineficientes conforme o termo LEMO nos mostra.

L = Leiaute: O projeto estava inadequado ao local de trabalho, podendo ser melhorado.

E = Equipamento: Falta de ferramentas e equipamentos inadequados no local de trabalho foram encontrados.

M = Material: As condições dos materiais tanto peça ou o subconjunto da própria operação, dificultava o manuseio do operador.

Operador = Vários métodos impróprios do operador foram identificados, estes métodos não condizem com a Folha de Trabalho Padrão e distinguem ainda mais de operador para operador gerando desigualdade de performance em comparação a distintos operadores.

4.3.2 Análise Ergonômica - Antes

Além de avaliar o LEMO da operação, avaliou-se a Ergonomia dos operadores, fazendo uma análise de MURI, com o intuito de verificar possíveis problemas em *Golden / Strike Zone*, o que poderia limitar a movimentação dos operadores. Nestas condições verificaram-se os problemas listados abaixo:

1. Movimentos fora da *Strike Zone*, movimentação dos braços abaixo da linha do joelho e acima da linha do ombro;
2. Os componentes não estavam todos ao alcance do operador, ou seja, fora da *Golden Zone* o que gerava muita movimentação do operador;
3. Baixa luminosidade na área de trabalho;
4. Pouca ventilação na área de trabalho gerando assim um aumento expressivo de temperatura;
5. Exaustão de gases ineficientes podendo gerar problemas de saúde no operador se não controlados adequadamente (Falha no exaustor);
6. Muitos giros nas peças acima do ombro do operador para posicionar a peça;
7. Acesso visual à área de soldagem podendo haver problemas de radiação para o operador sem os EPI's necessários (Equipamentos de Proteção Individual);
8. Ausência de amortecedor no chão para diminuir os impactos de caminhada dos operários ao redor do posto.

Além destes aspectos dentro do local de trabalho também visualizou-se problema com o fornecimento de material, ou seja, o fluxo de componentes não estava ajustado corretamente, desabastecendo por vezes o posto e isto de certa forma gerou interrupção dos trabalhos.

4.3.3 Diagrama Homem / Máquina Antes

Em conjunto com estas observações, tomou-se tempo de cada tarefa para análise de Tempo de Ciclo para poder verificar dentro destas operações onde encontravam-se os gargalos do processo. Seguindo as análises de tempos e métodos com um número de leituras necessárias para nível de significância adotado (95%) e

erro de $\pm 5\%$ atingiu-se o seguinte equacionamento (Informações sobre o equacionamento encontram-se no Anexo A). O Roteiro para determinação de tempo padrão encontra-se na Figura 15.

FIGURA 15 - ROTEIRO PARA DETERMINAÇÃO DE TEMPO PADRÃO

$$N = \left[\frac{40n}{\sum X} \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}} \right]^2$$

$$N = \left[\frac{40 \times 15}{49,5} \sqrt{\frac{170,25 - \frac{(49,5)^2}{15}}{15-1}} \right]^2$$

$$N = [3,03 \sqrt{0,4928}]^2$$

$$N \cong \mathbf{5 \text{ Ciclos mínimos necessários}}$$

FONTE: OS AUTORES (2022).

Foram utilizadas para este trabalho 15 medições completas de todo o processo conforme parâmetros de cálculo estatístico e dentro das definições tabeladas para cronoanálise e cronometragem, usando-se acima do mínimo solicitado. Com estas medições, trabalhou-se na montagem do Diagrama Homem/Máquina, a fim de analisar os tempos de Ciclo Homem, Ciclo Máquina, Ociosidade Homem e Tempos de Ciclo Homem dentro de Tempo Ciclo Máquina, este modelo pode ser analisado abaixo na Figura 16 e uma breve proposta de melhoria inicial a ser validada.

FIGURA 17 - CÁLCULO PAUTO

Cálculo do percentual aproximado de utilização do tempo de operador (PAUTO)

$$PAUTO = \frac{\text{Tempo externo operador} + \text{Tempo interno operador}}{\text{Tempo externo operador} + \text{Tempo processo máquina}} \times 100$$

$$PAUTO = \frac{30 + (55 + 46)}{30 + (106 + 62)} \times 100$$

$$PAUTO = 77,9\%$$

PAUTO proposto = 63,4% reduzindo 15" de ociosidade e melhorando condições

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 18 - CÁLCULO COEFICIENTE DE RÍTMO

Tempo Normalizado = Tempo Cronometrado x Coeficiente de Ritmo

$$\text{Coeficiente de Ritmo} = 1 + CH + CE$$

$$\text{Coeficiente de Ritmo} = 1 - 0,00 + 0,05$$

$$\text{Coeficiente de Ritmo} = 1,05$$

$$\text{Coeficiente de Ritmo proposto} = 1,00$$

$$\text{Tempo Normalizado} = \text{Tempo Cronometrado} \times \text{Coeficiente de Ritmo}$$

$$\text{Tempo Normalizado} = 168 \times 1,05$$

$$\text{Tempo Normalizado} = 176,4$$

$$\text{Tempo Normalizado} = 176,67 \text{ centesimal}$$

$$\text{Tempo Normalizado proposto} = 168 \text{ centesimal}$$

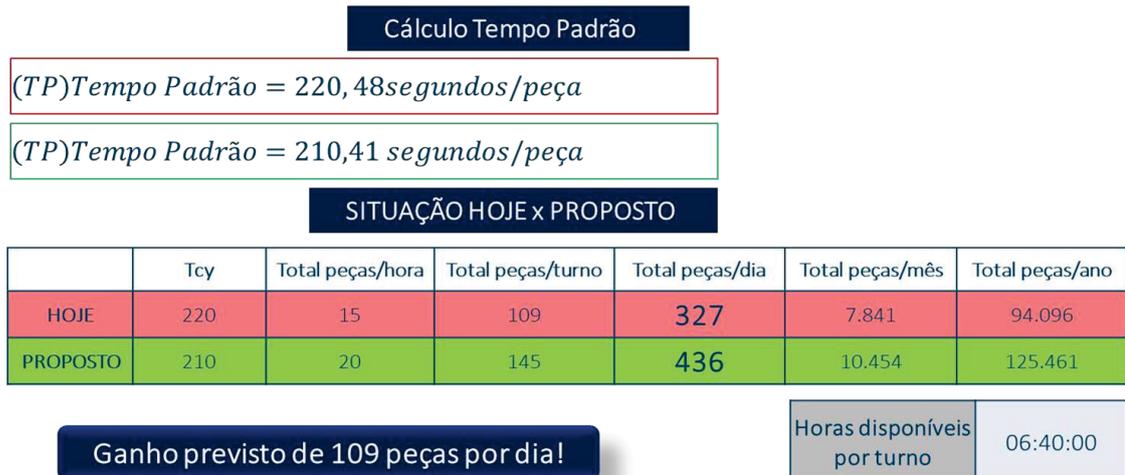
FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 19 - CÁLCULO FADIGA E TEMPO PADRÃO



FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 20 - PROPÓSTA DE MELHORIA



FONTE: OS AUTORES (2022).

O Tempo de Ciclo estimado para este projeto conforme as melhorias acima propostas, pode ser avaliado abaixo na Tabela 2. Estes dados foram validados pelo time de Controladoria da empresa e possuem alta acurácia na previsão baseando-se na previsão de aumento de performance de processo.

TABELA 2 - TEMPOS DE CICLO CONJUNTO SOLDADO PARACHOQUE 01 - ESTIMADO

SAVING ESTIMADO		
HORAS DE PROD CAPTOR	META PEÇA/HR	META 2021/22 MÉD. Pçs ZQUM
390	20	7.563

FONTE: OS AUTORES (2022).

Com estas análises iniciais, estipulando também o objetivo necessário de quantidade de peças mensal, seguiu-se para a apresentação das melhorias propostas aos gerentes e o desenvolvimento do plano de ações a curto prazo para converter o estudo em ações com baixo custo e de rápida aplicação, a fim de entregar a performance de processo sugerida.

4.4 AÇÕES PARA MELHORIA

Conforme planejamento, a apresentação dos resultados obtidos através de melhorias pontuais durante as análises e o planejamento para melhorias futuras, as propostas e os resultados preliminares esperados foram apresentados conforme Figura 21 a seguir. Contudo, apresentou-se o plano de ações conforme Figura 22, onde após a conclusão destas atividades os resultados e os novos cálculos de Tempo de Ciclo para atingir os objetivos inicialmente propostos serão novamente calculados.

FIGURA 21 - APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA



FONTE: OS AUTORES, 2022.

FIGURA 22 - PLANO DE AÇÕES

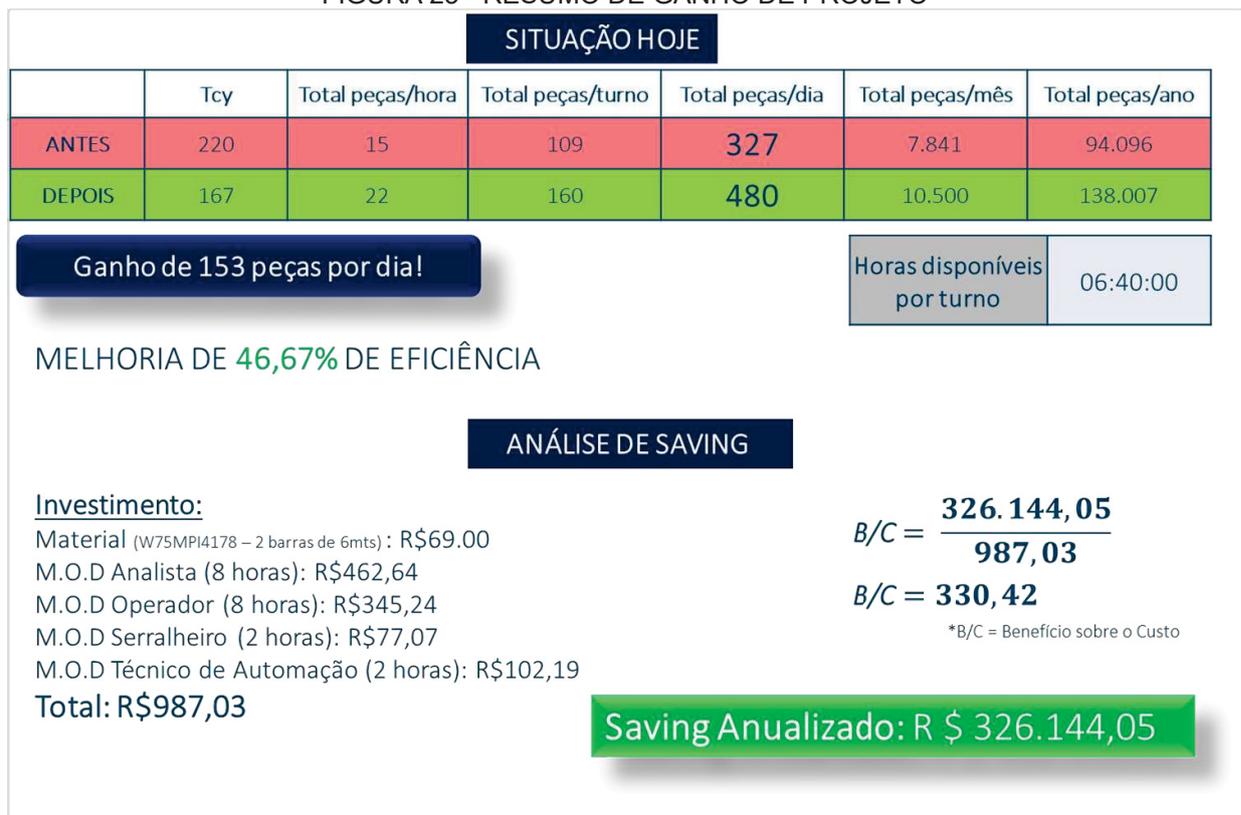
Nº	O QUE?	QUEM?	QUANDO?	STATUS	OBSERVAÇÕES
1	Fazer análise cronoanálise das operações na célula Parachoque 01	Júlio C. Luciane Dias	20/12/2019	100%	Gráfico Antes e Depois realizado
2	Fazer estudo de movimentos ineficientes de acordo com critérios ergonômicos "Strike Zone" e "Golden Zone", análise de MURI	Vanessa Gomes	10/01/2020	100%	
3	Fazer análise de Spaghetti chart de movimentação das operações 120 e 130.	Júlio C.	15/01/2020	100%	
	Realizar compra dos materiais necessários para confecção de suportes e readequação da célula Parachoque 01	Júlio C.	15/01/2020	100%	
5	Refazer pinturas no chão de acordo com novo layout definido para componentes e operações de acordo também com PRL.	Júlio C.	15/03/2020	100%	
6	Fazer TPM geral da Célula: -Pintura das partes novas e modificadas -Pinturas dos novos suportes -Limpeza geral dos dispositivos de solda (pinças) -Limpeza das paredes da célula -5s geral	Júlio C.	15/03/2020	100%	
7	Fazer uma mesa com posições específicas dos componentes de montagem do conjunto para reduzir deslocamento do operador e eliminar NVAA.	Júlio C.	29/02/2020	100%	
8	Fazer "gancheiras" ou suportes para os componentes maiores de tal forma que não interfira no giro da mesa, e que os componentes fiquem próximos a operação reduzindo assim NVAA.	Serralheria	29/02/2020	100%	
9	Refazer a passagem do conjunto soldado para a próxima operação para diminuir giro da peça e melhorar o escoamento do conjunto, tanto na operação atual como na seguinte que também não precisará girar o conjunto para por na mesa de soldagem.	Engenharia de Processos	30/02/2020	100%	
10	Ajustar layout do setor Parachoque 01 de tal forma que os flow racks fiquem de frente para a operação, com isto esperamos ganhar: • Diminuir o giro do corpo do operador para pegar os componentes • Melhorar o abastecimento logístico, pois a entrada dos componentes ficará de frente para rua. • Ganho em espaço físico	Logística Vanessa Gomes	29/02/2020	100%	
11	Ajustar layout mudando as operações seguintes, trazer inspeção ao lado da mesa de soldagem e assim ajustar o fluxo, com a possibilidade do mesmo operador fazer as duas operações em conjunto devido ao tempo ocioso entre as operações de soldagem máquina OP.120 e OP.130.	Logística Vanessa Gomes	29/02/2020	100%	
12	Otimizar tempo de soldagem máquina para assim ganhar em Tempo Ciclo. Programação CLP	Manutenção	15/03/2020	100%	
13	Disponibilizar aos operadores tapetes ergonômicos para melhorar condições de trabalho.	Júlio C.	15/03/2020	100%	
14	Arrumar ventiladores e exaustores, para melhorar condições dos operadores.	Manutenção	15/03/2020	100%	
15	Ajuste de altura dos flow racks para melhorar ergonomia do operador durante o trabalho.	Logística	30/03/2020	75%	
16	Pintura faixa corredor (ajuste de largura), e reposicionamento da embalagem conjunto acabado parachoque 01	Logística	30/03/2020	75%	
17	Apresentação Projeto Kaizen	Júlio C.	18/03/2020	90%	
18	Realização de cálculos de saving projeto e inclusão no indicador WCM, e compartilhamento de Boas Práticas	Luciane Dias	15/04/2020	50%	

FONTE: OS AUTORES (2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao projeto aplicado superaram as expectativas, já que projetou-se um ganho de performance de processo em 16 peças por dia, o que atingiria o objetivo principal do projeto com a absorção da nova demanda. Através da aplicação dessas ações, atingiu-se o equivalente em 106 peças por dia, o que resulta em 660% acima do esperado. Abaixo, na Figura 23 pode ser analisado o resumo destes resultados e o *Saving* projetado para os próximos 12 meses validados pela Controladoria Industrial e identificado como *Hard Saving*, ou seja, Ganho Real para empresa e a aplicação da Boa Prática no Grupo seguiu como o melhor projeto de melhoria apresentado no mês de março de 2022 para a empresa em nível Mundial. A *Best Practice* (Boa Prática) pode ser consultada nos anexos A deste trabalho.

FIGURA 23 - RESUMO DE GANHO DE PROJETO



FONTE: OS AUTORES (2022).

5.1 MELHORIAS E RESULTADOS

Com a aplicação das ferramentas de Teoria das Restrições x *Lean Manufacturing* e a implementação de ações para alcançar os objetivos propostos no estudo, obteve-se os seguintes resultados reavaliados a seguir:

5.2 DADOS BRUTOS DO SISTEMA ERP - DEPOIS

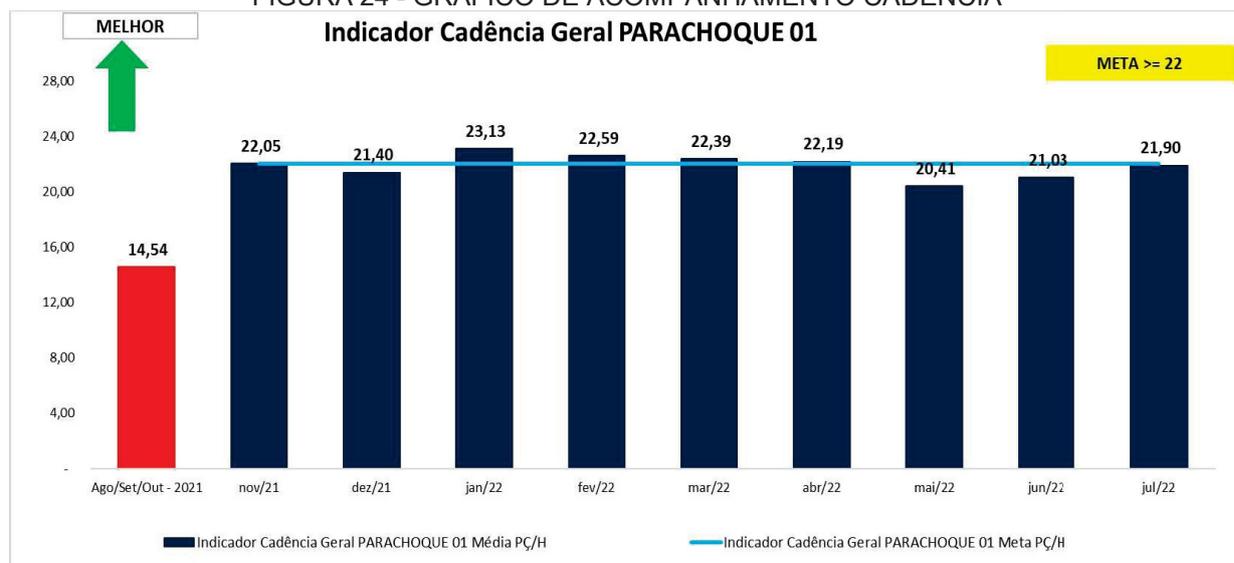
Após as aplicações das melhorias no processo, o monitoramento dos KPIs de controle para este caso é a Cadência produtiva ou peças por / hora produzidas com os seguintes resultados abaixo na Tabela 3. Logo abaixo, apresentado na Figura 19 é possível visualizar o gráfico de acompanhamento de Cadência desta peça. Estes dados foram validados pela controladoria da empresa.

TABELA 3 - DADOS DE PROCESSO APÓS AS MELHORIAS - TEMPO DE CICLO REAL

SAVING ESTIMADO		
HORAS DE PROD CAPTOR	META PEÇA/HR	META 2021/22 MÉD. Pçs ZQUM
390	22	8.319

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 24 - GRÁFICO DE ACOMPANHAMENTO CADÊNCIA

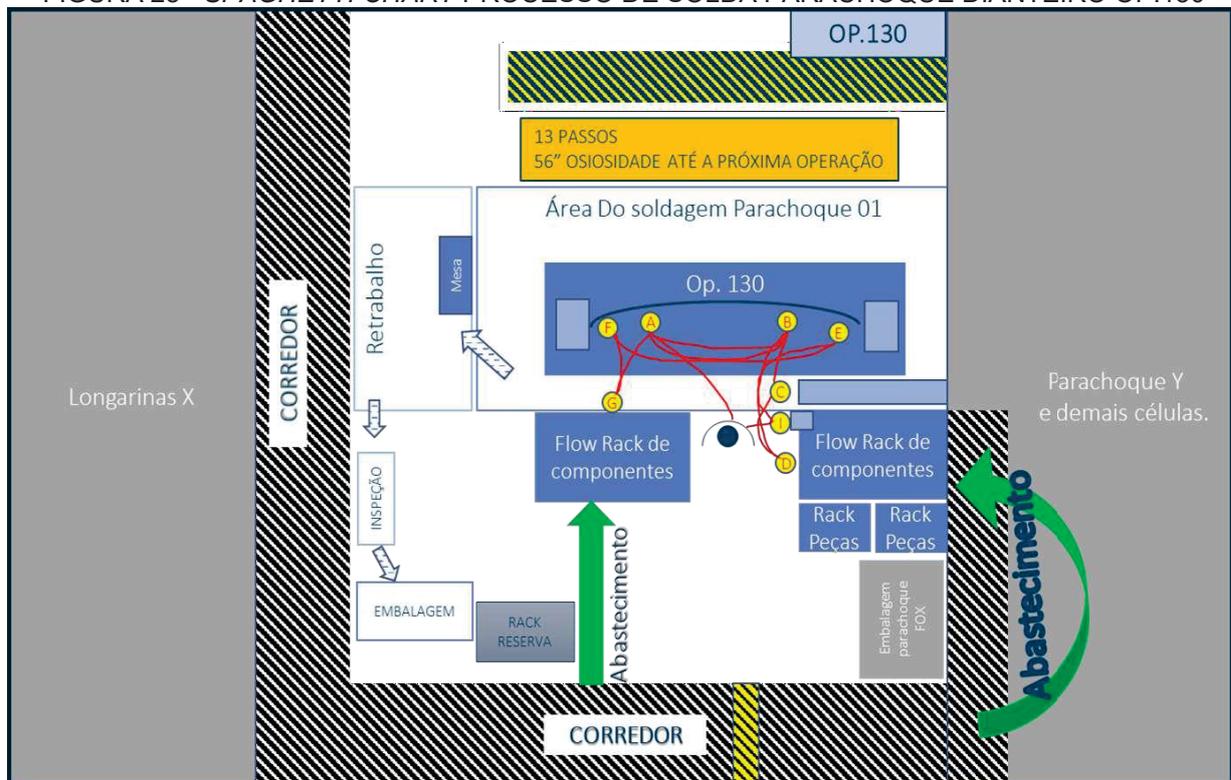


FONTE: OS AUTORES (2022).

5.3 DIAGRAMA DE ESPAGUETE (SPAGHETTI CHART) - DEPOIS

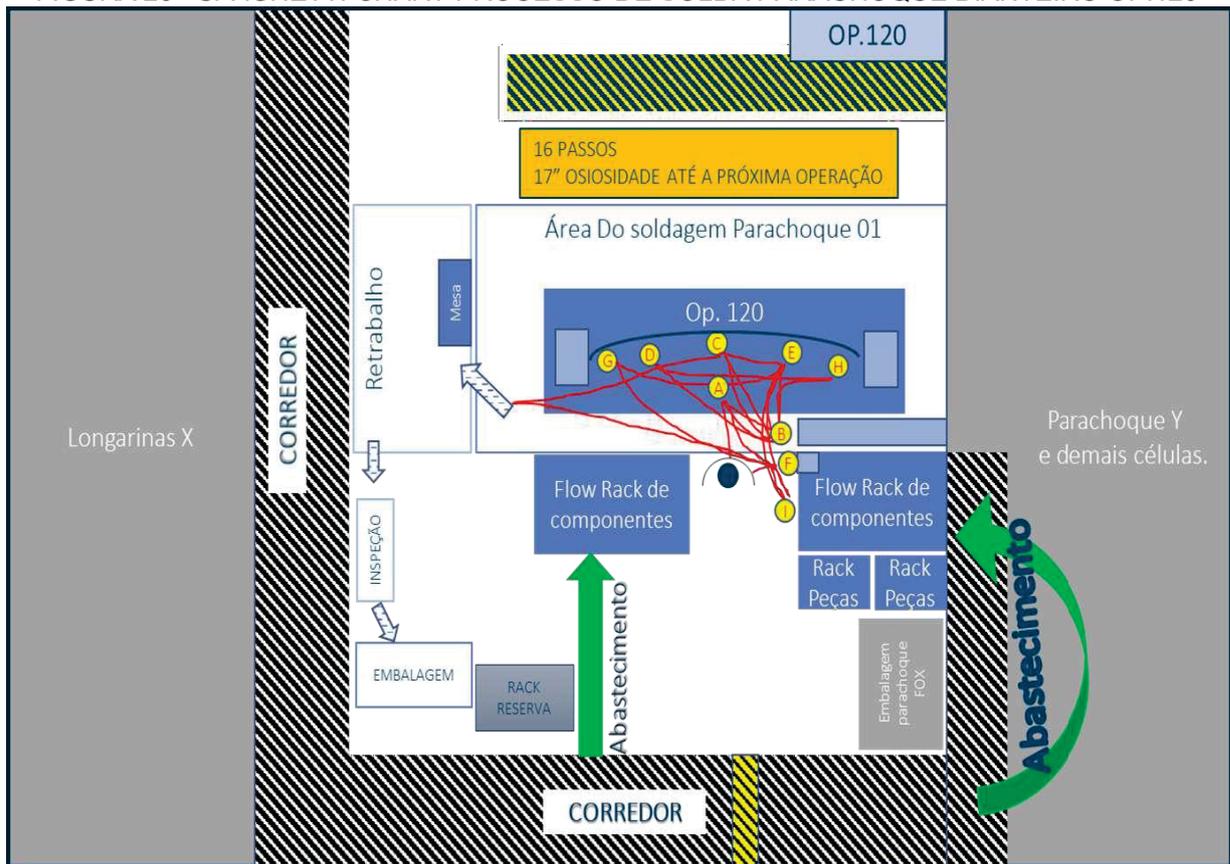
Melhoria no *Layout* da célula e ajuste dos fluxos logísticos. Abaixo, nas Figuras 25 e 26 pode-se analisar o *Spaghetti Chart* e o novo *layout* da célula, e é possível identificar a grande redução de movimentação que obteve-se com as melhorias. O comparativo entre o antes e depois de cada melhoria pode-se analisar nos anexos A deste trabalho.

FIGURA 25 - SPAGHETTI CHART PROCESSO DE SOLDA PARACHOQUE DIANTEIRO OP.130



FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 26 - SPAGHETTI CHART PROCESSO DE SOLDA PARACHOQUE DIANTEIRO OP.120

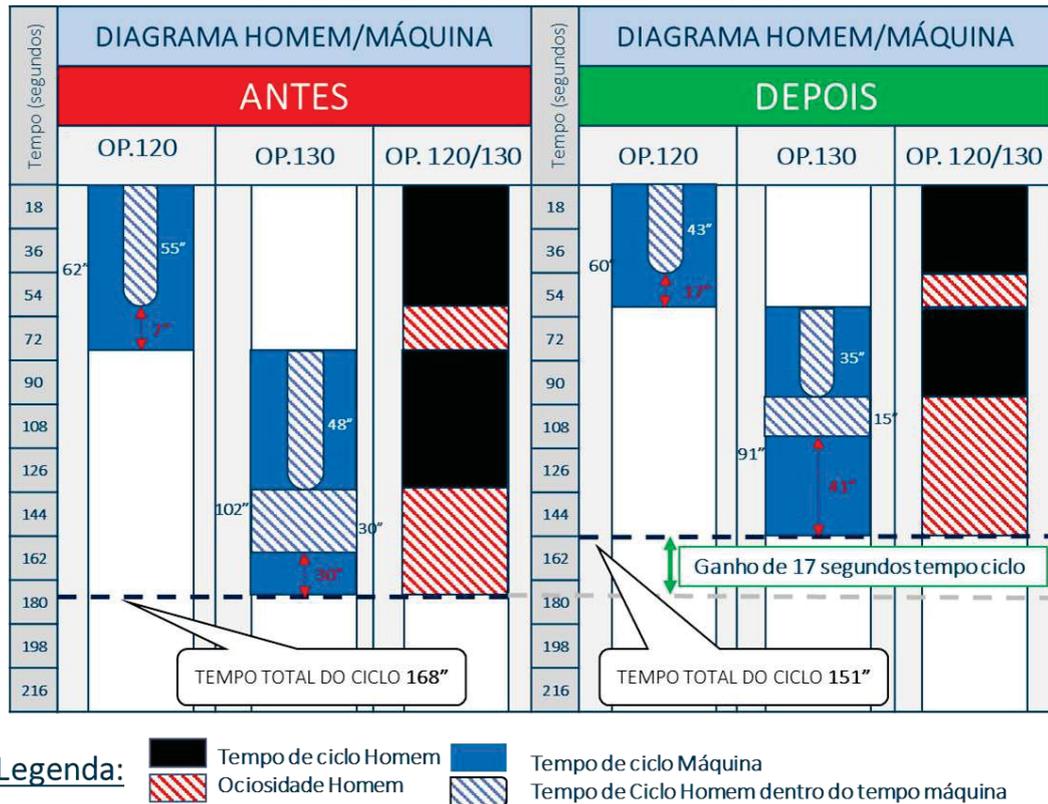


FONTE: OS AUTORES (2022).

5.4 DIAGRAMA HOMEM / MÁQUINA - DEPOIS

Na Figura 27, pode-se analisar o impacto da análise de TOC e, quando aplicada as técnicas adequadas de *Lean Manufacturing*, obtém-se a melhoria dos fluxos de processo, como também melhores condições ergonômicas e com baixo custo de aplicação.

FIGURA 27 - DIAGRAMA HOMEM / MÁQUINA



FONTE: OS AUTORES (2022).

Devido à ociosidade entre as 2 operações = 17" + 41" = 58", não pode-se incorporar uma segunda tarefa que seria a inspeção para o mesmo operador, mas ganhou-se em tempo máquina. A seguir (Figura 28 a 30) os resultados dos cálculos para tempo padrão.

FIGURA 28 - CÁLCULO PAUTO (ATUALIZADO)

Cálculo do percentual aproximado de utilização do tempo de operador (PAUTO)

$$PAUTO = \frac{\text{Tempo externo operador} + \text{Tempo interno operador}}{\text{Tempo externo operador} + \text{Tempo processo máquina}} \times 100$$

$$PAUTO = \frac{15 + (43 + 35)}{15 + (91 + 60)} \times 100$$

$$PAUTO = 56,02\%$$

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 29 - CÁLCULO COEFICIENTE DE RÍTMO (ATUALIZADO)

$$\text{Tempo Normalizado} = \text{Tempo Cronometrado} \times \text{Coeficiente de Ritmo}$$

$$\text{Coeficiente de Ritmo} = 1 + CH + CE$$

$$\text{Coeficiente de Ritmo} = 1 - 0,05 + 0,02$$

$$\text{Coeficiente de Ritmo} = 0,97$$

$$\text{Tempo Normalizado} = \text{Tempo Cronometrado} \times \text{Coeficiente de Ritmo}$$

$$\text{Tempo Normalizado} = 151 \times 0,97$$

$$\text{Tempo Normalizado} = 146,47$$

$$\text{Tempo Normalizado} = 138,78 \text{ centesimal}$$

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 30 - CÁLCULO FADIGA E TEMPO PADRÃO

Cálculo da Fadiga

$$(FF)\text{Fator de Fadiga} = (FE \times FR) + AM + CA$$

$$(FF)\text{Fator de Fadiga} = (5,4 \times 0,32) + 0,5 + 12,8$$

$$(FF)\text{Fator de Fadiga} = 15,02\%$$

$$FE = EM + EF$$

$$FE = 1,8 + 3,6$$

$$FE = 5,4\%$$

$$\%TR = \frac{TP - TI}{TP + TE} \times 100$$

$$\%TR = \frac{151 - 78}{151 + 15} \times 100$$

$$\%TR = 43,97\%$$

Busca-se na tabela o Fator de Recuperação (FR)

$$FR = 0,32$$

Cálculo Tempo Padrão

$$(TP)\text{Tempo Padrão} = TN \times (1 + FF + NP)$$

$$(TP)\text{Tempo Padrão} = 138,78 \times (1 + 0,1502 + 0,05)$$

$$(TP)\text{Tempo Padrão} = 166,56 \text{ segundos/peça}$$

FONTE: OS AUTORES (2022).

Desta forma, conseguiu-se melhorar ainda mais os resultados atuais com o que havia sido planejado trazendo assim mais performance ao estudo. Fazendo um comparativo de Antes e Depois das melhorias de processo aplicando as ferramentas de TOC e *Lean Manufacturing* pode-se obter os seguintes resultados:

5.5 ANÁLISE ERGONÔMICA - DEPOIS

1 - Tempo de Ciclo:

Antes: Produção peças/dia, não possuía um *buffer* de 20%, conforme sugerido pela Theory of Constraints (TOC).

Depois: Com a redução de NVAA, otimização de programação e melhoria de layout chegando a um ganho de 106 peças por dia equivalente a 32,1% de aumento na performance.

2 - Tempos de Ciclo (Impacto no *Lead Time*):

Antes: Cronoanálise e Cronometragem, problemas de MURI e MUDA

Depois: Cronoanálise e Cronometragem com base em métodos científicos e práticos, ajuste do posto com base ergonômica *Golden Zone*

3 - *Layout* (Impacto no fluxo de material e Ergonomia):

Antes: Layout parachoque 01 abastecimento ineficiente, fluxo de materiais comprometido

Depois: Layout parachoque 01 – Ajuste dos fluxos de material

4 - Disposição dos componentes (Impacto em Ergonomia e NVEA):

Antes: Disposição dos componentes Parachoque 01, sem um *Buffer* de peças.

Depois: Disposição dos componentes Parachoque 01, ajustado criado cabides e um *Buffer* de peças.

5 - *Layout* (Impacto Movimentação e Tempo de Ciclo):

Antes: *Spaghetti chart* OP.120/OP.130 – muitos movimentos ineficientes NVEA

Depois: *Spaghetti chart* OP.120/OP.130, redução de NVEA melhorando também a ergonomia

6 - Análise de MURI:

Antes: Passagem do conjunto Parachoque soldado exige giro da peça tanto para depósito quanto para retirada na próxima operação. Abertura causa passagem de radiação. Retirada do conjunto soldado exige giro excessivo da peça, muitos movimentos ineficientes. Desconforto Ergonômico.

Depois: Eliminar movimentos ineficientes do conjunto soldado, escorregador com rolamentos. Eliminado passagem de radiação. Eliminado o giro excessivo da peça, escorregador com rolamentos reutilizados. Eliminado passagem de radiação. Conforto ergonômico do operador *Golden Zone*

6 CONCLUSÕES

Este trabalho buscou analisar a utilização das técnicas de Teoria das Restrições e *Lean Manufacturing* visando a melhoria contínua de processos em sistemas de manufatura. Constatou-se, de forma geral, que a sobreposição e utilização das duas técnicas em conjunto é viável e o modelo construído e aplicado são voltados para a melhoria contínua de processos, isto traz grandes resultados positivos, mas vale lembrar que a escolha dos elementos e práticas corretas para a aplicação da melhoria deve seguir as diretrizes e necessidades da empresa, ou seja, a empresa deve definir qual é sua prioridade: Reduzir variabilidade? Reduzir perdas e melhorar o fluxo? Ou remover as restrições?

Uma outra característica presente neste estudo é a quebra de alguns modelos comuns nas empresas, tais como: o não envolvimento efetivo dos colaboradores do nível operacional, que é uma característica da cultura de implementação da TOC, com a junção da TOC com o *Lean* foi possível esta integração dos funcionários tanto a nível analítico quanto a nível operacional.

Os resultados presentes neste estudo permitem verificar que a Teoria das Restrições e o *Lean Manufacturing* possuem aspectos complementares, que se sobrepõem aos pontos de exclusão. Assim sendo, com o propósito de avançar a inclusão destas ferramentas em processos de manufatura e tratar de forma mais aprofundada as diferentes abordagens expostas, as seguintes questões vem à tona para continuidade deste trabalho como sugestão futura:

1 - Qual o benefício em aplicar uma terceira ferramenta de melhoria de processo, como por exemplo o *Lean Six Sigma* em conjunto com as ferramentas expostas neste estudo (Teoria das Restrições e *Lean Manufacturing*)?

2 - Qual ou quais os indicadores ideais para usar em conjunto com estas ferramentas?

3 - Como escolher a principal ferramenta que irá nortear os processos na empresa pressupondo que as duas técnicas coexistem?

4 - Qual o impacto destas ferramentas em outros processos da empresa? Usaria as duas em conjunto ou cada técnica tem melhor performance se aplicada separadamente?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGPR5. **Os 8 desperdícios mais comuns em empresas**: saiba como identificar e evitá-los – Parte 1. Criciúma, 2022. Disponível em: <https://www.agpr5.com/os-8-desperdicios-mais-comuns-em-empresas-saiba-como-identificar-e-evita-los-parte-1/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

ALVAREZ, Roberto dos R.; ANTUNES JR., José A. V. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 8, n. 1, p. 1-18, abr. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2001000100002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/RZFdSpRQdjVmWcjT6ZCLJnM/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 17 jul. 2022.

ANHOLON, Rosley; SANO, Alex T. Analysis of critical processes in the implementation of lean manufacturing projects using project management guidelines. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, [s. l.], v. 84, p. 2247-2256, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7865-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-015-7865-9#citeas>. Acesso em: 18 jul. 2022.

BASSO, José L. Lean x Toc: manufatura enxuta versus teoria das restrições. **Basso's & Associados Consultoria e Treinamento**, São Paulo, 15 out. 2017. Qualidade e Produtividade. Disponível em: https://www.bassos.com.br/uploads/page_flip/08/03/index.html. Acesso em: 15 jul. 2022.

BESANKO, David; DRANOVE, David; SHANLEY, Mark. **Economics of strategy**. New York: John Wiley, 2004.

BORNIA, Antonio C. **Análise gerencial de custos**: aplicação em empresas modernas. 3. ed. Porto Alegre, RS: Atlas, 2010. xiv, 214 p.

BORNIA, Antônio Cezar. **Mensuração das perdas dos processos produtivos**: uma abordagem metodológica de controle interno. 1995. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

CABRAL, Gabriella. **O que o Lean Thinking tem a nos ensinar durante um momento de crise?** Goiânia, 27 abr. 2020. LinkedIn: Gabriella Cabral inGabriellaCabral. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/o-que-lean-thinking-tem-nos-ensinar-durante-um-momento-cabral/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 15 ago 2022.

CANTINI, Alessandra; DE CARLO, Filippo; TUCCI, Mario. Towards Forklift Safety in a Warehouse: an Approach Based on the Automatic Analysis of Resource Flows. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, n. 21, p. 1-17, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12218949>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/8949#cite>. Acesso em: 18 jun. 2022.

CEVEY, Mauricio de J. *et al.* Teoria das restrições: um estudo de caso em uma indústria de produção em série. **Unoesc & Ciência - ACSA**, Joaçaba, v. 4, n. 2, p. 253-266, jul./dez. 2013. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acsa/article/view/3704>. Acesso em: 13 jun. 2022.

CIELUSINSKY, Vivien *et al.* Análise das principais métricas utilizadas por profissionais na avaliação da maturidade de projetos de lean. **Revista Produção Online**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 202-220, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i1.3470>. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/3470>. Acesso em: 11 jul. 2022.

COGAN, Samuel. **Contabilidade gerencial**: uma abordagem da teoria das restrições. São Paulo, SP: Saraiva, 2007. 294 p.

CORBETT NETO, Thomas. **Contabilidade de ganhos**: a nova contabilidade gerencial de acordo com a teoria das restrições. São Paulo, SP: Nobel, 1997. 191 p.

COSTA, Elias C. B. da; GASPAR, Gabriel de O. Aplicação do estudo de tempos e movimentos para a determinação da capacidade produtiva em uma empresa de pré-moldados na região metropolitana de Belém. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville. **Anais [...]**. Joinville: Expoville, 2017. p. 1-18. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_238_377_34416.pdf. Acesso em: 28 jun. 2022.

COSTA, Luana B. M. *et al.* Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: a systematic literature review. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 82, p. 122-133, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418301730?via%3Dihub>. Acesso em: 23 jul. 2022.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2008. 191 p.

GHOSH, Manimay. Lean manufacturing performance in Indian manufacturing plants. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 113-122, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1108/17410381311287517>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/17410381311287517/full/html>. Acesso em: 01 mar. 2022.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A meta**: um processo de melhoria contínua. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo, SP: Nobel, 2002. 365 p.

GONZÁLEZ, Patrícia González. Teoria das restrições sob um enfoque de tomada de decisão e de mensuração econômica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 6., 1999, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Associação Brasileira de Custos, 1999. p. 1-28. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3156>. Acesso em: 22 jun. 2022.

JACOB, Derek. Four benefits of Karakuri in Lean Operations. *In: Flexpipe. Lean Manufacturing*. [S. l.], 2022. Disponível em: https://www.flexpipeinc.com/us_en/four-benefits-of-karakuri-in-lean-operations/. Acesso em: 17 ago. 2022.

JING, Shuwei; NIU, Zhanwen; CHANG, Pei-Chann. The application of VIKOR for the tool selection in lean management. *Journal of Intelligent Manufacturing*, [s. l.], v. 30, n. 8, p. 2901-2912, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10845-015-1152-3>. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10845-015-1152-3>. Acesso em: 01 abr. 2022.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005. 327 p.

LACERDA, Bráulio W. S. de A. **Teoria das Restrições (Toc)**. Carneirinhos, 2011. Disponível em: <http://www.bwsconsultoria.com/2011/01/teoria-das-restricoes-toc.html>. Acesso em: 20 jun. 2022.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005. xx, 316 p.

PORTER, Michael E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 34. ed. Rio de Janeiro, RJ: Campus, 1989. 512 p.

PRATA, Hericson E.; GIROLETTI, Domingos A. Kaizen: uma metodologia inovadora na siderurgia. *Revista Ibero-Americana de Estratégia*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 91-98, jan./mar. 2017. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331250415008>. Acesso em: 25 jun. 2022.

SANTOS, Adriana B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade seis sigma: proposta e avaliação**. Orientador: Manoel Fernando Martins. 2006. 312 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3473>. Acesso em: 19 mar. 2022.

SANTOS, Adriana B.; MARTINS, Manoel F. Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais. *Produção*, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 42-53, jan./mar. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132010005000003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/kk4wWqLHhpXvRM7DHYCHLgr/?lang=pt>. Acesso em: 21 ago. 2022.

SIMÕES, João V. B.; LIMA, Antonio R. S. Aplicabilidade da Teoria das Restrições: um estudo dos métodos de gerenciamento da produção em indústrias. **ID on line. Revista de psicologia**, [s. l.], v. 12, n. 42, p. 282-299, nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.14295/idonline.v12i42.1426>. Disponível em: <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1426>. Acesso em: 15 mar. 2022.

ŞİMŞİT, Zeynep T.; GÜNAY, Noyan S.; VAYVAY, Özalp. Theory of Constraints: A Literature Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, [s. l.], v. 150, p. 930-936, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.104>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814051532>. Acesso em: 28 jun. 2022.

WANKE, Peter. Teoria das restrições: principais conceitos e aplicação prática. *In*: ILOS – Especialistas em Logística e Supply Chain. **Artigos**. São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www.ilos.com.br/web/teoria-das-restricoes-principais-conceitos-e-aplicacao-pratica/>. Acesso em: 19 maio 2022.

ANEXO A – ANOTAÇÕES ORIGINAIS PROJETO

FIGURA 31 - BEST PRACTICE DO PROJETO DE MELHORIA DE CADÊNCIA

Subject: Kaizen 28 - Cadence Increase Bump T-CROSS - Chronoanalysis of Operations.

Date: 19/03/2020

Plant: Paraná - GPA	Contact person: Julio César Droszczak - jcesar@br.gestamp.com	Phone: +55 041 9 9954-3814	
Pictures/drawings:			
Subtitle:			
Benefit: 32.1% EFFICIENCY IMPROVEMENT Annualized Saving: R \$ 326.144,05 or € 60.959,19			
Explanation: The welding cell of the Bumper T-CROSS VW, works with many inefficient movements (NVAA), compromises Ergonomics, and operator safety. It is not possible to increase the machine cycle time due to the number of man cycle movements.			
Improvement suggestion:			
<ul style="list-style-type: none"> • Perform Operations Restriction Analysis (Chronoanalysis and Timing of operations 120 and 130); • Study movement and flow of spaghetti chart material; • Make improvements in the cell (Karakuri, Gamcheiras), to assemble parts Buffer; • Readjust layout. • Optimize PLC programming (decrease machine cycle time). 			
Benefits:			
32.1% efficiency in the process, improved ergonomics; elimination of MUDA. Gain 106 pieces per day!			
* All the chronoanalysis studies and the improvements shown in Kaizen are presented in the annex before and after, in addition to all the economic calculations.			
Investment/cost: Material: R\$69,00; M.O.D Analyst (8 hours): R\$462,64; M.O.D Operators (8 hours): R\$345,24; M.O.D locksmith (2 hours): R\$77,07; M.O.D Automation Technician (2 hours): R\$102,19 - Total: R\$987,03 or €180,20			

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 32 - ROTEIRO PARA DETERMINAÇÃO DE TEMPO PADRÃO 01

Associação
Consultoria e Treinamento

ESTUDO DE CASO PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO PADRÃO

1) Análise da Operação

O primeiro passo para a definição do Tempo Padrão é a melhoria do processo e ou operação. Só faça tomada de tempo quando a operação estiver sob controle operacional, ou seja, eliminada e ou minimizada as ineficiências possíveis. Além disso, há necessidade de se estabilizar a operação e cronometrar o tempo de um operador que conheça a operação.

2) Divisão dos Elementos

Divida a operação em, no mínimo, três elementos que são: carregar, processar e descarregar. Esta divisão é inerente ao processo analisado. Tome cuidado de não dividir a operação em elementos com tempos menores que cinco centésimos de minutos. Não se esqueça de fazer um croqui da área ou posto a ser cronometrado. *No nosso exemplo dividimos a operação em cinco elementos.*

3) Tomada de Tempo

Tome o cuidado de definir claramente o ponto de início e término de uma cronometragem. Se a atividade for manual, busque o ponto de equilíbrio das mãos. Caso contrário, busque um momento bem definido da operação, onde não haja exitação do operador. A quantidade de elementos a ser cronometrada varia em função da quantidade de peças produzidas, duração do ciclo, etc. Tenha bem claro o ponto de leitura e a posição de cronometragem. Na prática, para ciclos curtos e repetitivos (menores que três minutos) recomendamos fazer em torno de 10 a 25 leituras. Estatisticamente, este número não deveria ser inferior a 30. Esta quantidade poderá ser ajustada posteriormente.

4) Notas de Rodapé

Anote no rodapé do estudo todo e qualquer fato relevante que ocorra e ou seja observado, para que o mesmo possa ser considerado na determinação do Tempo Padrão.

5) Número de Observações

Se necessário, pode-se calcular o número de observações a partir da fórmula abaixo. Na planilha criamos duas colunas para calcular os valores de \bar{X} e S^2 .

- N = Número de leituras necessárias para o nível de significância adotado (95%) e erro de $\pm 5\%$
- \bar{X} = Leitura dos elementos individuais
- n = Número de leituras realmente executadas
- Σ = Soma dos elementos

$$N = \left[\frac{40 \times n}{\Sigma \bar{X}} \sqrt{\frac{\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2 / n}{n - 1}} \right]^2$$

No nosso exemplo, temos:

$N = 5,967 =$ (aproximadamente) 6 leituras

Desta forma, fizemos muito mais leituras do que o necessário.

$$N = \left[\frac{40 \times 25}{38,06} \times \sqrt{\frac{58,15 - (38,06)^2 / 25}{24}} \right]^2$$

6) Identificação da Frequência

Para cada elemento cronometrado, deve-se identificar a frequência entre elemento cíclico e acíclico. *No nosso exemplo somente o elemento E é acíclico.*

7) Nivelamento dos Tempos

Para identificar se temos pontos fora dos limites, utilizamos o software Minitab. Caso os encontre, deveremos eliminar este ponto (é claro que precisamos identificar as causas antes de eliminá-lo) e só considerar os que sobraram. O tempo nivelado (tempo médio) é obtido dividindo-se o tempo total (somatória dos tempos) pelo número de observações e também pela frequência. *No nosso exemplo fizemos três tipos de análise para cada um dos cinco elementos, sem e com nivelamento: Summary, Probability Plot e I-MR Chart. No final excluímos algumas leituras identificadas com a cor vermelha. Ver gráficos no final do material.*

FIGURA 33 - ROTEIRO PARA DETERMINAÇÃO DE TEMPO PADRÃO 02

ESTUDO DE CASO PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO PADRÃO**8) Análise de Normalidade**

A análise de Normalidade é feita considerando-se dois métodos: P-Value (método preciso) e CV - Coeficiente de Variação (método empírico). Referência:

P-Value $\geq 0,05$

CV: < 10% (Ótimo); 10 à 20% (Bom); >20% (Ruim)

	A	B	C	D	E
CV	9,21	1,93	19,00	21,91	42,23
P-Value	0,541	0,007	0,306	0,203	0,172

9) Elementos Internos

Identificar todos os elementos internos (Gráfico Sumário de Métodos) os quais não devem ser somados para a determinação do tempo padrão. No nosso exemplo, os elementos D e E são internos e, desta forma, não farão parte do Tempo Padrão.

10) Desvio Padrão

Recomendamos conhecer o desvio padrão de cada elemento. Desvios padrões grandes denotam grande variabilidade na execução das atividades do processo.

11) Eficiência do Operador

Para efeito deste exemplo, arbitramos, baseado nas notas, a Habilidade F1 (-0,16) e o Esforço B2 (0,08). Com isso temos uma eficiência de 0,92.

12) Tempo Normalizado

Obtemos este valor multiplicando o tempo nivelado pela eficiência do operador.

13) Fadiga e Pessoal

Para efeito deste exemplo, arbitramos, baseado nas notas e interferências pessoais, os seguintes valores:

a) Para cálculo do Coeficiente do Ritmo: Habilidade (F1), Esforço (B2), Condição (D) e Regularidade (D);

b) Para cálculo da Fadiga e Pessoal: Pessoal (5%), Esforço Mental (Leve), Esforço Físico (Médio), Temperatura (Alta), Atmosférica (Razoável), Ruído (Excessivo), Vibração (Vibração da Máquina), Umidade (Excessiva II).

14) Fator Recuperação

O cálculo do Fator Recuperação é feito pelo Tempo Normalizado considerando-se: $(\text{Tempo de Repouso do Operador} / \text{Tempo Total do Ciclo}) \times 100$, ou: $\%TR = ((TP - TI) / (TP + TE)) \times 100$. Teremos este valor em percentual. Entramos na tabela e definimos o fator a ser aplicado. No nosso exemplo, temos:

• TP: Tempo de Processo = B = 1,0863

• TI: Tempo Interno = D + E = 0,2981 + 0,0302 = 0,3283

• TE: Tempo Externo = A + C = 0,2296 + 0,1404 = 0,3700

• $\%TR = ((TP - TI) / (TP + TE)) \times 100 = ((1,0863 - 0,3283) / (1,0863 + 0,3700)) \times 100 = 52,05\%$

• Entramos na Tabela do Tempo de Recuperação (TR) na linha 51-55 e selecionamos o fator 0,20. Desta forma, a tolerância para o Fator Esforço (FE) = $(EM + EF) \times 0,2 = (0,6 + 5,4) \times 0,2 = 1,2\%$.

15) Tempo Padrão

No nosso exemplo ele é obtido somando-se os elementos A $(1,1860 \times 0,2296) + B (1,174 \times 1,0863) + C (1,1860 \times 0,1404) + D (0,0120 \times 0,2981) + E (0,0120 \times 0,0302) = 1,7181$.

16) Peças Por Hora

Se dividirmos 60/TP teremos o número de peças por hora: NP = $60/1,7181 = 34,92 = 35$ peças por hora.

Atenção: Utilizamos o tempo como centésimo de minuto. Para facilitar a visualização, usamos vírgula no lugar de ponto

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 34 - TABELA MÉTODO DE ESTIMATIVA - TEMPOS E CUSTOS

Em processos administrativos, na maioria das vezes, usa-se os métodos de Estimativa. Neste caso, a determinação do Tempo ou Custo da Atividade e conseqüentemente do Tempo ou Custo do Projeto, estimamos três situações:

<p>Tempo Otimista (TO) / Custo Otimista (CO) É o menor tempo ou custo para realizar a atividade, considerando-se que tudo funcionará a contento.</p>	<p>Tempo Médio / Custo Médio* $TM \text{ ou } CM = CM (1.TO + 4.TR + 1.TP) / 6$</p>
<p>Tempo Pessimista (TP) / Custo Pessimista (CP) É o maior tempo ou custo para realizar a atividade, considerando-se que nada funcionará a contento.</p>	<p>Desvio Padrão* $DP = (TP - TO) / 6$</p>
<p>Tempo Realista (TR) / Custo Realista (CR) É o tempo ou custo normal para realizar a atividade, considerando-se a sua ocorrência na maioria das vezes.</p>	<p>Somatória do Tempo / Custo Médio* $\Sigma TM \text{ ou } \Sigma CM = TM1 + TM2 + \dots + TMn$</p>
	<p>Somatória do Desvio Padrão $\Sigma DP = \sqrt{DP1^2 + (DP2)^2 + \dots + (DPn)^2}$</p>
<p>(*) Nestes casos substitui-se TO, TP e TR por CO, CP e CR</p>	

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 35 - TABELA DIMENSIONAMENTO DA AMOSTRA 1

TABELA GUIA PARA DETERMINAR O NÚMERO DE CICLOS A SEREM CRONOMETRADOS

	ATÉ	ATÉ	ATÉ	ATÉ	ATÉ	ATÉ	ATÉ	ATÉ	ATÉ	ATÉ	ACIM A
M	0,10	0,25	0,50	0,75	1	2	5	10	20	40	40
N	200	100	60	45	30	20	15	10	8	5	3
M = minutos por ciclo				N = número de ciclos recomendado							

ATENÇÃO

Nenhum estudo de cronometragem pode ser feito sem o conhecimento do operador a ser cronometrado. Ele deve ser informado sobre o objetivo do estudo, de modo que possa colaborar com o mesmo.

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 36 - TABELA DIMENSIONAMENTO DA AMOSTRA 2

Ao se fazerem medidas do tempo necessário para executar um dado elemento, é aconselhável determinar se a amostra das leituras tomadas são representativas, do trabalho e do operador observado.

$$N = \left[\frac{40n}{\sum X} \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}} \right]^2$$

N = Número de leituras necessárias para o nível de significância adotado (95%) e erro de $\pm 5\%$

X = Leitura dos elementos individuais

n = Número de leituras realmente executadas

Σ = Soma dos elementos

Para estabelecer, empiricamente, o valor de N, recomenda-se cronometrar:

(a) dez leituras para ciclo ≤ 2 minutos;

(b) cinco leituras para ciclos maiores que > 2 minutos.

VALOR DA CONSTANTE		
SIGNIFICÂNCIA (%)	ERRO (%)	
	2	5
95	60	40
99	150	100

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 37 - TABELA DE AVALIAÇÃO DE RITMO - CH

COEFICIENTE DE HABILIDADE (CH)			
+ 0,15 + 0,13	A 1 A 2	Super Habilidoso	Movimentos sempre iguais, mecânicos, comparáveis ao de uma máquina.
+ 0,11 + 0,08	B1 B2	Excelente	Precisão nos movimentos, nenhuma hesitação e ausência de erros.
+ 0,06 + 0,03	C1 C2	Boa	Tem confiança em si mesmo, ritmo constante, com raras hesitações.
0,00	D	Normal	Trabalha com uma exatidão satisfatória, o ritmo se mantém razoavelmente constante.
- 0,05 - 0,10	E1 E2	Razoável	Adaptado relativamente ao trabalho, comete menos erros e seus movimentos são quase inseguros.
- 0,16 - 0,22	F1 F2	Ruim	Não adaptado ao trabalho, comete erros e seus movimentos são inseguros.

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 38 - TABELA DE AVALIAÇÃO DE RITMO - TEMPO NORMALIZADO

Tempo Normalizado = Tempo Cronometrado ou Tempo Nivelado x Coeficiente do Ritmo

Coeficiente do Ritmo = 1 + CH + CE + CC + CR

EXEMPLO DE AVALIAÇÃO DO RITMO APÓS A CRONOMETRAGEM

CICLO	COEFICIENTE DO RITMO	TEMPO CRONOMETRADO	TEMPO NORMALIZADO
1	1,00	0,20	0,20
2	1,25	0,16	0,20
3	0,80	0,25	0,20

ATENÇÃO
Sob circunstância alguma a avaliação de ritmo deve ser mudada após a sua primeira determinação, desde que tenha sido feita por um profissional especializado. Deve ser feita no momento e no local da cronometragem.

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 39 - TABELA DE AVALIAÇÃO DE RITMO - CR

COEFICIENTE DE REGULARIDADE (CR)			
+ 0,04	A	Perfeita	
+ 0,03	B	Excelente	
+ 0,01	D	Boa	
0,00	D	Média	
- 0,02	E	Razoável	
- 0,04	F	Ruim	

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 40 - TABELA DE AVALIAÇÃO DE RITMO - CE

COEFICIENTE DE ESFORÇO (CE)			
+ 0,13 + 0,12	A1 A2	Excessivo	Se lança numa marcha impossível de manter. Não serve para estudos de tempo.
+ 0,10 + 0,08	B1 B2	Excelente	Trabalha com rapidez e com movimentos precisos.
+ 0,05 + 0,02	C1 C2	Bom	Trabalha constância e confiança, muito pouco ou nenhum tempo perdido.
0,00	D	Médio	Trabalha com constância e se esforça satisfatoriamente.
- 0,04 - 0,08	E1 E2	Razoável	As mesmas tendências, porém, com menos intensidade.
- 0,12 - 0,17	F1 F2	Ruim	Falta de interesse ao trabalho e utiliza métodos inadequados.

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 41 - TABELA DE METODOLOGIA DE COEFICIENTES ERGONOMIA 1

ESFORÇO MENTAL (EM)		ESFORÇO FÍSICO (EF)	
GRAU	ABONO (%)	GRAU	ABONO (%)
Sem Esforço	0,00	Sem Esforço	0,00
Leve (L)	0,60	Muito Leve (ML)	1,80
Médio (M)	1,80	Leve (L)	3,60
Pesado (P)	3,00	Médio (M)	5,40
		Pesado (P)	7,20
		Muito Pesado (MP)	9,00

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 42 - TABELA DE METODOLOGIA DE COEFICIENTES ERGONOMIA 2

CONDIÇÕES AMBIENTAIS					
TÉRMICA			ATMOSFÉRICAS		
TIPO	TEMPERATURA	ABONO (%)	TIPO	DESCRIÇÃO	ABONO (%)
GELADA	de 0 a 7 °C	3,6	BOAS	Local bem ventilado ou ar fresco.	0
BAIXA	de 7 a 15 °C	1,8	RAZOÁVEIS	Local mal ventilado, presença de mau cheiro ou fumaça não-tóxica.	2,4
NORMAL	de 15 a 26 °C	0			
ALTA	de 26 a 34 °C	1,8	MÁS	Alta concentração de pós. Presença de fumaça ou pó tóxicos. Uso obrigatório de máscara facial.	5,6
EXCESSIVA	de 34 a 40 °C	3,6			

FONTE: Adaptado de BASSO (2017).

FIGURA 43 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS

GRÁFICO SUMARIO DE METODO - UM HOMEM E QUATRO MÁQUINAS			
Elementos de Trabalho		Tipo	Duração (s)
A	Descarregar e carregar a máquina I	Te	10
B	Limar peça e andar até a máquina II	Ti	10
C	Descarregar e carregar a máquina II	Te	15
D	Andar até a máquina III	Ti	5
E	Descarregar e carregar a máquina III	Te	10
F	Inspecionar peça e andar até a máquina IV	Ti	10
G	Descarregar e carregar a máquina IV	Te	5
H	Pintar e andar até a máquina I	Ti	5
I	Operação da máquina I		60
J	Operação da máquina II		85
K	Operação da máquina III		40
L	Operação da máquina IV		75

CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO HOMEM MÁQUINA (NAMO-PAUTO)

$$PAUTO = \frac{\text{TEMPO EXTERNO OPERADOR} + \text{TEMPO INTERNO OPERADOR}}{\text{TEMPO EXTERNO OPERADOR} + \text{TEMPO PROCESSO MÁQUINA}} \times 100$$

$$PAUTO_1 = \frac{10 + 10}{10 + 60} = 28,6\%$$

$$PAUTO_2 = \frac{15 + 5}{15 + 85} = 20\%$$

$$PAUTO_3 = \frac{10 + 10}{10 + 40} = 40\%$$

$$PAUTO_4 = \frac{5 + 5}{5 + 75} = 12,5\%$$

$$PAUTO_{TOTAL} = 101,1\% \\ = 2 \text{ OPERADORES}$$

* PAUTO PORQUE SÃO MÁQUINAS DIFERENTES

FIGURA 44 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS MOVIMENTOS INEFICIENTES

MOVIMENTOS INEFICIENTES																				
Produto: <u>PARACHOQUE T-CROSS</u>															Nº: _____					
Processo: <u>SOLDA</u>															Atual <input checked="" type="checkbox"/>		Proposto <input type="checkbox"/>			
a) Cego					e) Complicado					i) Direcionado					m) Desatenção					
b) Segura					f) Esforço Excessivo					j) Longo					n) Perda de Controle					
c) Desajeitado					g) Espera					k) Puxa ou Empurra					o) Obstruído					
d) Mudança de Controle					h) Perigoso					l) Posicionamento					p) Desnecessário					
ELEMENTO	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	CAUSA PROVÁVEL			
																	L	E	M	O
PEGAR A TIRA DA ARMA			X					X	X	X	X	X				X		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
POSICIONAR A TIRA PARA CORTAR	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CORTAR A TIRA		X	X			X	X	X	X	X	X							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
INSERIR A TIRA NA BANDEJA	X		X			X	X	X	X		X	X	X					L	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PEGAR A PEÇA NA EMBALAGEM			X			X	X	X	X									<input checked="" type="checkbox"/>		
POSICIONAR A PEÇA NO DISPOSITIVO									X			X							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PEGAR E POSICIONAR A 4ª PORÇA			X			X	X	X	X						X			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALICERAR A BOTADEIRA / SOLDA	X					X									X			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
POSICIONAR A PEÇA NO DISPOSITIVO									X			X							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PEGAR E POSICIONAR A 2ª PORÇA			X			X	X	X	X						X			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALICERAR BOTADEIRA SOLDA	X					X									X			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
POSICIONAR A PEÇA NO DISPOSITIVO									X			X							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PEGAR E POSICIONAR A 3ª PORÇA			X			X	X	X	X						X			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALICERAR BOTADEIRA SOLDA	X					X									X			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

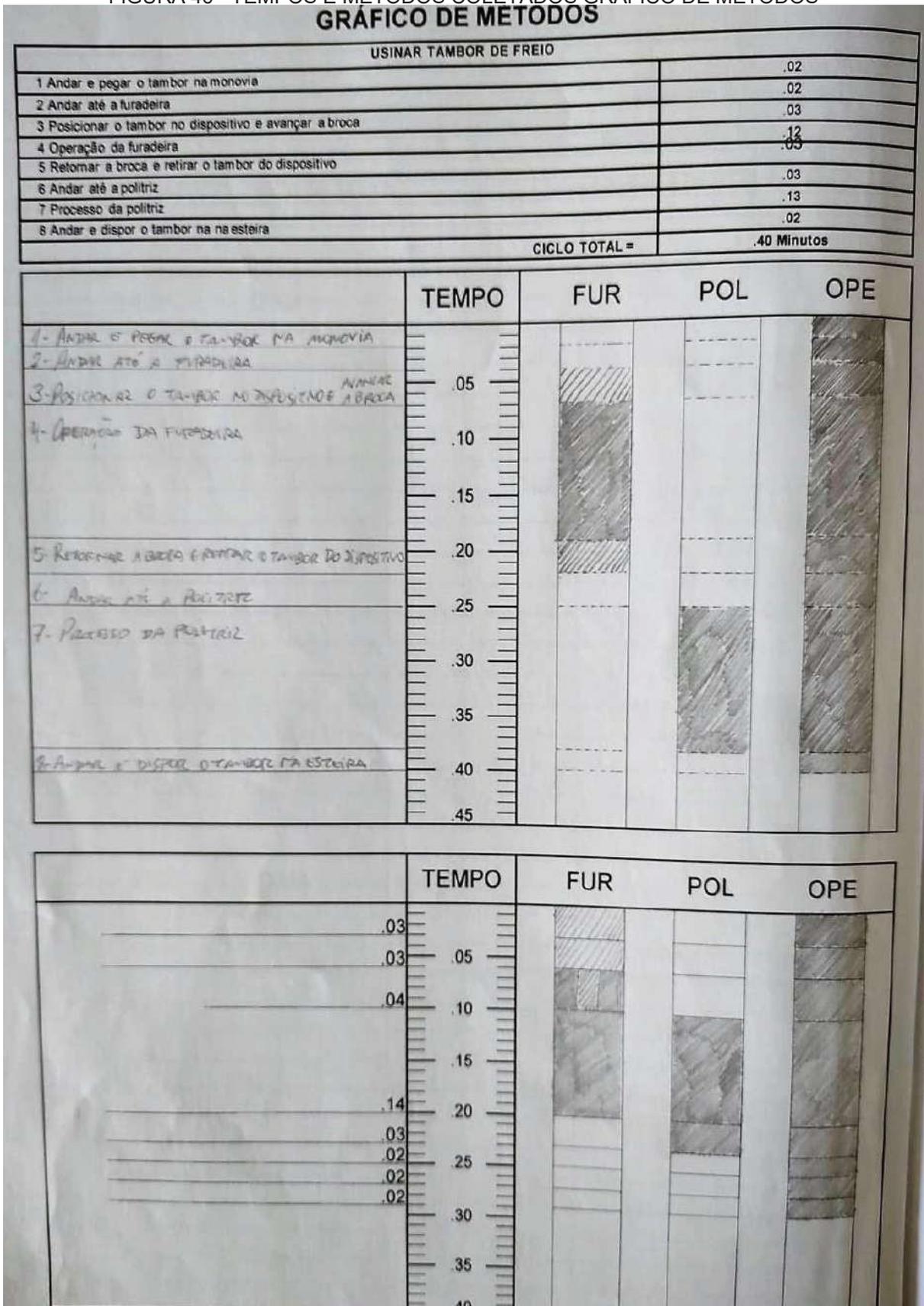
FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 45 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS FLUXOGRAMA DO PROCESSO
FLUXOGRAMA DO PROCESSO

T									Nº: _____					
Produto: <u>PARACHUTE T-CROSS</u>		Processo: <u>SOLDA</u>							Atual <input checked="" type="checkbox"/>	Proposto <input type="checkbox"/>				
ETAPA	SÍMBOLO	OPERAÇÃO	OPERAÇÃO COMBINADA	INSPEÇÃO	MANUSEIO	TRANSPORTE	ARMAZENAMENTO	DEMORA	DESCRIÇÃO	Distância Percorrida (metros)	Frequência por Peça	Tempo por Peça	Tolerância por Peça	Observação
36		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DO HOT STAMPING					
37		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DO HOT STAMPING P/ OUTRO RACK FINAL	1	1			
38		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DO RACK FINAL NA AREA DE INSPEÇÃO					
39		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DA EMPILHADA P/ PEÇA RACK FINAL	5	22			
40		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DO RACK FINAL P/ ESTOQUE	10	22			
41		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DA EMPILHADA P/ EMPILHEM	2	22			
42		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FINAL DO HOT STAMP					
8		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
9		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
10		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
11		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
12		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
13		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
14		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
15		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
16		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
17		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
18		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
19		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
20		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
21		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
22		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
23		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
24		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
25		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
26		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
27		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
28		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
29		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
30		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
31		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
32		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
33		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
34		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
35		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 46 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS GRÁFICO DE MÉTODOS
GRÁFICO DE METODOS



FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 47 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS TEMPO PADRÃO

ESTUDO DE CASO PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO PADRÃO									
Nome da Peça: Carcaça do sistema de freio a disco					Nº da Peça: 0123456789				
Operação: Usinar carcaça do sistema de freio a disco					<input type="checkbox"/> Atual <input type="checkbox"/> Proposto				
NÚMERO DE OBSERVAÇÕES	FOLHA DE LEVANTAMENTO DE TEMPOS								
	ELEMENTOS								
	A	B	C	D	E			X	X ²
1	0,23	1,08	0,21	0,34				1,52	2,31
2	0,24	1,11	0,18	0,34				1,53	2,34
3	0,22	1,09	0,13	0,40				1,44	2,07
4	0,25	1,10	0,20	0,40				1,55	2,40
5	0,29	1,10	0,13	0,34	0,11			1,52	2,31
6	0,25	1,10	0,18	0,33				1,53	2,34
7	0,24	1,05	0,11	0,39				1,40	1,96
8	0,28	1,06	0,11	0,38				1,45	2,10
9	0,26	1,08	0,12	0,42				1,46	2,13
10	0,20	1,09	0,14	0,25	0,28			1,43	2,04
11	0,26	1,11	0,12	0,36				1,49	2,22
12	0,27	1,10	0,14	0,25				1,51	2,28
13	0,28	1,09	0,15	0,30				1,52	2,31
14	0,24	1,04	0,16	0,37				1,44	2,07
15	0,24	1,07	0,38	0,30	0,18			1,69	2,85
16	0,22	1,11	0,17	0,31				1,50	2,25
17	0,28	1,10	0,18	0,28				1,56	2,43
18	0,24	1,14	0,16	0,29				1,54	2,37
19	0,43	1,09	0,12	0,19				1,64	2,68
20	0,26	1,10	0,19	0,35	0,11			1,55	2,40
21	0,25	1,08	0,14	0,34				1,47	2,16
22	0,26	1,05	0,54	0,39				1,85	3,42
23	0,25	1,11	0,13	0,23				1,49	2,22
24	0,27	1,06	0,17	0,41				1,50	2,25
25	0,21	1,10	0,17	0,14	0,14			1,48	2,19
Tempo Total	5,99 ✓	26,07	3,51	8,10	0,82			Σ	38,06
Nº Observações	24 ✓	24	23	25	5				58,15
Frequência	1:1	1:1	1:1	1:1	1:5				
Tempo Nivelado	0,2496 ✓	1,0863 ✓	0,1526 ✓	0,3240 ✓	0,0328 ✓	(0,1640)			
Desvio Padrão	0,023	0,021	0,029	0,0716	-	(0,0709)			
Eficiência do Operador	0,92	1	0,92	0,92	0,92				
Tempo Normalizado	0,2296	1,0863	0,1404	0,2981	0,0302				
Fadiga e Pessoal	1,1860	1,1740	1,1860	0,0120	0,0120				
Ferramentas	0	0	0	0	0				
Tempo Padrão	0,2723	1,2753	0,1665	0,0036	0,0004				

ELEMENTOS	AVALIAÇÃO DO RITMO (EFICIÊNCIA)			
	(CH) HABILIDADE F1 (-0,16)	(CE) ESFORÇO B2 (0,08)	(CC) CONDIÇÃO D (0,00)	(CR) REGULARIDADE D (0,00)
a) Pegar e posicionar a peça nos dispositivos e acionar botoeira				
b) Processo automático da máquina de usinar.				
c) Pegar a peça do dispositivo e dispor ao lado da máquina				
d) Pegar peça, tirar rebarba e dispor na esteira				
e) Pegar, inspecionar peça usinada e dispor na esteira (a cada cinco peças)				
NOTAS	FADIGA PESSOAL			
1) A peça pesa em torno de 5 quilos.	(EM) ESFORÇO MENTAL LEVE (0,6%)	(AM) ABONO POR MONOTONIA (1%)	(FE) FATOR DE ESFORÇO = EM + EF (8%)	(FR) FATOR RECUPERAÇÃO (0,20) = (1,20%)
2) O operador cronometrado não demonstra muita habilidade, mas trabalha com muito esforço.	(EF) ESFORÇO FÍSICO MÉDIO (5,4%)	(CA) CONDIÇÕES AMBIENTAIS:	TÉRMICA ALTA (1,8%)	VIBRAÇÃO (1,8%)
3) A atividade desempenhada pelo operador é simples, requerendo baixo grau de concentração.	UMIDADE (3,6%)	ATMOSFÉRICAS (2,4%)	RUÍDO (1,8%)	(CA) TOTAL (11,4%)
4) As condições ambientais são críticas.	TOTAL DA FADIGA PESSOAL	(18,60%)	TEMPO PADRÃO	(1,7181 minutos)

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 48 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS DETALHAMENTO OPERAÇÃO 1

DETALHAMENTO DA OPERAÇÃO							
Produto:		PARAHOQUE T-CROSS				Nº:	
Processo:		SOLDA				Atual <input checked="" type="checkbox"/> Proposto <input type="checkbox"/>	
ETAPA Nº:	MÃO ESQUERDA			OPERAÇÃO	MÃO DIREITA		
	DESCRIÇÃO	OBJETO	ATO		ATO	OBJETO	DESCRIÇÃO
1	NO DISPOSITIVO	BOTOEIRA	Pe		Pe	BOTOEIRA	NO DISPOSITIVO
2	PARA ACIONAMENTO	BOTOEIRA	Po		Po	BOTOEIRA	PARA ACIONAMENTO
3	SEGURA P/ OPERAÇÃO	BOTOEIRA		X		BOTOEIRA	SEGURA P/ OPERAÇÃO
4	PARA POSICIONAR	PEÇA	Pe		Pe	PEÇA	PARA POSICIONAR
5	POSICIONA DISPOSITIVO	PEÇA	Po		Po	PEÇA	POSICIONA NO DISPOSITIVO
6	SEGURA	PEÇA			Pe	DISPOSITIVO	PARA POSICIONAR
7	SEGURA	PEÇA			Po	DISPOSITIVO	POSICIONA
8	ESPERA				Pe	PEÇA	PARA POSICIONAR
9	ESPERA				Po	PEÇA	POSICIONA
10	NO DISPOSITIVO	BOTOEIRA	Pe		Pe	BOTOEIRA	NO DISPOSITIVO
11	PARA ACIONAMENTO	BOTOEIRA	Po		Po	BOTOEIRA	PARA ACIONAMENTO
12	SEGURA P/ OPERAÇÃO	BOTOEIRA		X		BOTOEIRA	SEGURA P/ OPERAÇÃO
13	PARA POSICIONAR	PEÇA	Pe		Pe	PEÇA	PARA POSICIONAR
14	POSICIONA DISPOSITIVO	PEÇA	Po		Po	PEÇA	POSICIONA NO DISPOSITIVO
15	SEGURA	PEÇA			Po	DISPOSITIVO	PARA POSICIONAR
16	SEGURA	PEÇA			Po	DISPOSITIVO	POSICIONA
17	ESPERA				Pe	PEÇA	PARA POSICIONAR
18	ESPERA				Po	PEÇA	NO DISPOSITIVO
19	NO DISPOSITIVO	BOTOEIRA	Pe		Pe	BOTOEIRA	NO DISPOSITIVO
20	PARA ACIONAMENTO	BOTOEIRA	Po		Po	BOTOEIRA	PARA ACIONAMENTO
21	SEGURA P/ OPERAÇÃO	BOTOEIRA		X		BOTOEIRA	SEGURA P/ OPERAÇÃO
22	NO DISPOSITIVO	PEÇA	Pe		Pe	PEÇA	DISPOSITIVO
23	NA EMBALAGEM	PEÇA	D		D	PEÇA	PARA DISPOR
24	NA EMBALAGEM	PEÇA	D				ESPERA
25	PARA POSICIONAR	DISPOSITIVO	Pe				ESPERA
26	POSICIONA	DISPOSITIVO	Po				ESPERA
27	ESPERA				Pe	PEÇA	P/ SOLDAR 1º OP.
28	P/ SOLDA 1º OP.	PEÇA	Pe		Po	PEÇA	P/ SOLDAR 1º OP.
29	SEGURA	PEÇA			Pe	PEÇA	P/ SOLDAR 1º OP.
30	P/ SOLDAR 1º OP.	PEÇA	Po		Po	PEÇA	P/ SOLDAR 1º OP.
31	ESPERA				Pe	PEÇA	P/ SOLDAR 1º OP.
32	ESPERA				Po	PEÇA	P/ SOLDAR 1º OP.
33							
34							
35							

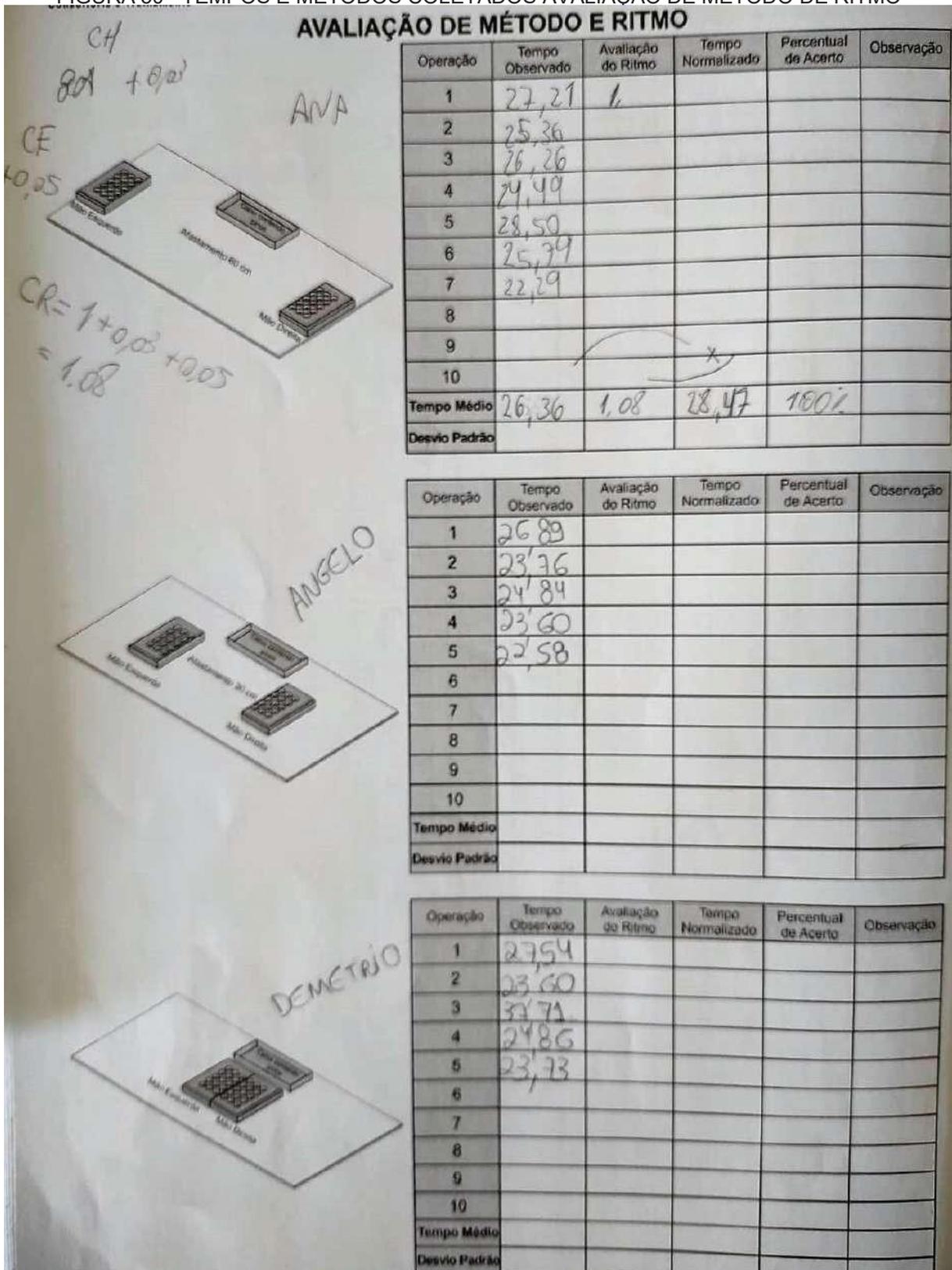
FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 49 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS DETALHAMENTO OPERAÇÃO 2

DETALHAMENTO DA OPERAÇÃO							
Produto: PARACHO QUE T-CROSS		Nº: _____					
Processo: SOLDA		Atual <input type="checkbox"/> Proposto <input type="checkbox"/>					
ETAPA Nº	MÃO ESQUERDA			OPERAÇÃO	MÃO DIREITA		
	DESCRIÇÃO	OBJETO	ATO		ATO	OBJETO	DESCRIÇÃO
1	ESQUERDA P/ MONTAR	LONGARINA	Pe		Pe	LONGARINA	DIREITA P/ MONTAR
2	ESQ P/ MONTAR	LONGARINA	Pe		Pe	LONGARINA	DIR P/ MONTAR
3	SEGURA	CONT. LONG			Pe	EIXO DIANT	PARA MONTAR
4	SEGURA	CONT. LONG			Pe	EIXO DIANT	NO CONT. LONG.
5	P/ MONT. EIXO TRAS	CONT. LONG.	Pe				ESPERA
6	SEGURA	CONT. LONG			Pe	EIXO TRAS	P/ MONTAR
7	SEGURA	CONT. LONG			Pe	EIXO TRAS	NO CONT. LONG
8	P/ MONT. RODAS	CONT. LONG	Pe				ESPERA
9	SEGURA	CONT. LONG			Pe	RODA 1	P/ MONTAR
10	SEGURA	CONT. LONG			Pe	RODA 1	NO EIXO DIANT.
11	SEGURA	CONT. LONG			Pe	RODA 2	P/ MONTAR
12	SEGURA	CONT. LONG			Pe	RODA 2	NO EIXO TRAS
13	P/ MONT. RODAS	CONT. LONG	Pe		Pe	CONT. LONG	P/ MONT. RODAS
14	SEGURA	CONT. LONG			Pe	RODA 3	P/ MONTAR
15	SEGURA	CONT. LONG			Pe	RODA 3	NO EIXO DIANT.
16	SEGURA	CONT. LONG			Pe	RODA 4	P/ MONTAR
17	SEGURA	CONT. LONG.			Pe	RODA 4	NO EIXO TRAS
18	NA MESA	CARRO	D		D	CARRO	NA MESA
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 50 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE RITMO



FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 51 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS - MOVIMENTOS INEFICIENTES 1

MOVIMENTOS INEFICIENTES																						
Produto: <u>PARACHOQUE DO T-CROSS</u> Nº: <u>01</u>																						
Processo: <u>SOLDA</u> Atual <input type="checkbox"/> Proposto <input type="checkbox"/>																						
a) Cego e) Complicado i) Direcionado m) Desatenção b) Segura f) Esforço Excessivo j) Longo n) Perda de Controle c) Desajeitado g) Espera k) Puxa ou Empurra o) Obstruído d) Mudança de Controle h) Perigoso l) Posicionamento p) Desnecessário																						
ELEMENTO	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	CAUSA PROVÁVEL					
																	L	E	M	O		
1 PEGAR PRODUTO ACABADO			X			X	X	X	X										∩	∩		
2 POSICIONAR PRODUTO ACABADO NO CABIDE			X			X	X	X	X									X		∩	∩	
3 PEGAR BLANCK E COMPONENTE			X			X	X	X	X												∩	
4 DEPOSITA BLANCK NO CHÃO			X			X	X											X		∩	∩	
5 ACIONAR BOTEIRA								X														
6 PEGAR COMPONENTE																						
7 POSICIONAR OS COMPONENTES NO DISPOSITIVO			X			X				X	X							X		∩		
8 PEGAR BOTINHA NA ESPERA			X			X				X										∩		
9 POSICIONAR BOTINHA NO DISPOSITIVO			X			X				X										∩		
10 PEGA BLANCK DO CHÃO			X			X	X											X		∩	∩	
11 POSICIONA BLANCK NO DISPOSITIVO			X			X				X										∩	∩	
12 PEGA BLANCK NO CABIDEIRO			X			X	X			X								X		∩	∩	
13 POSICIONA BLANCK NO DISPOSITIVO			X			X				X	X									∩	∩	
14 PEGA 2 COMPONENTES			X			X				X												∩
15 POSICIONA COMPONENTE NO DISPOSITIVO			X							X	X							X		∩		

FONTE: OS AUTORES (2022).

FIGURA 53 - TEMPOS E MÉTODOS COLETADOS - ESTUDO DE TEMPOS LAYOUT

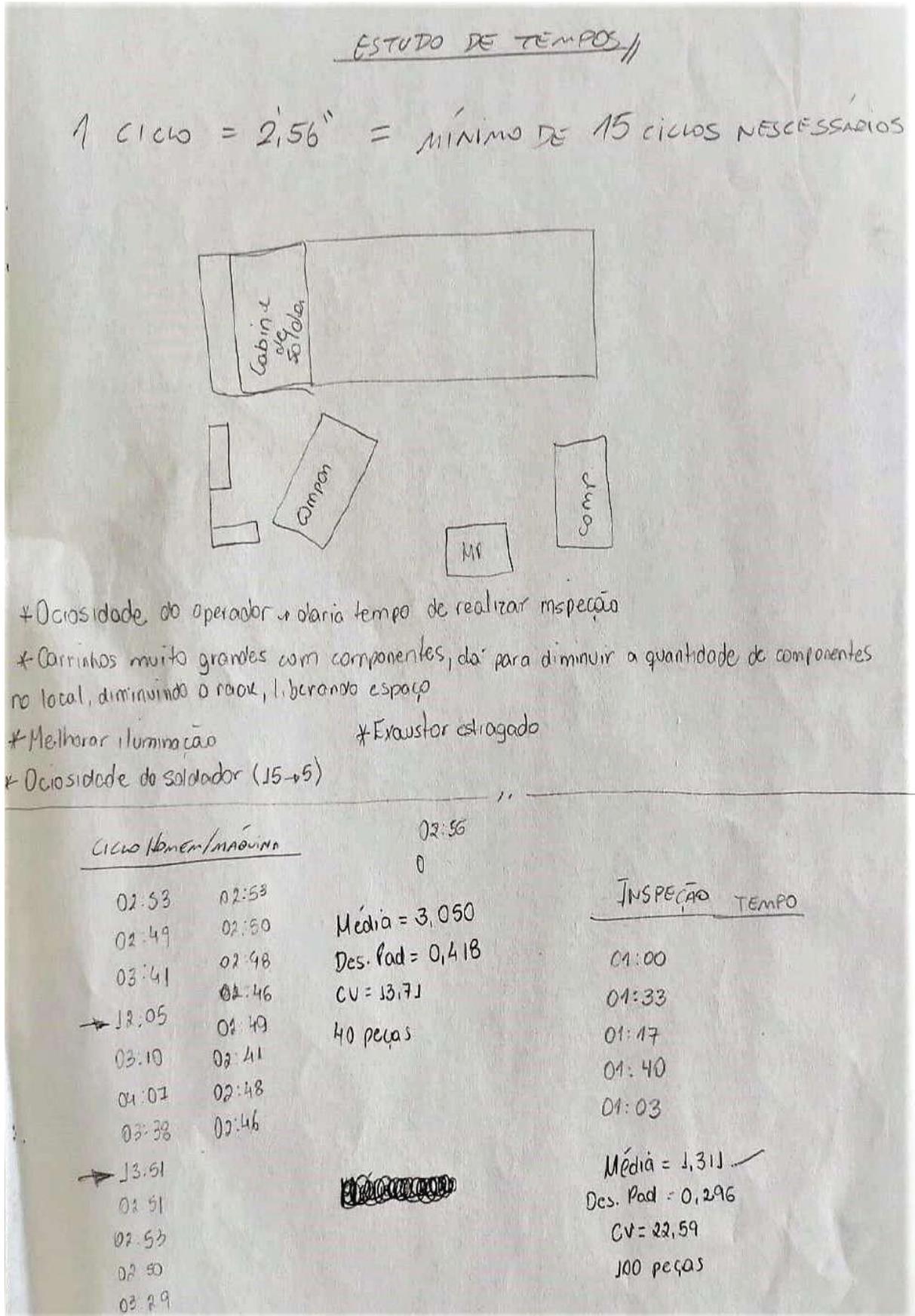


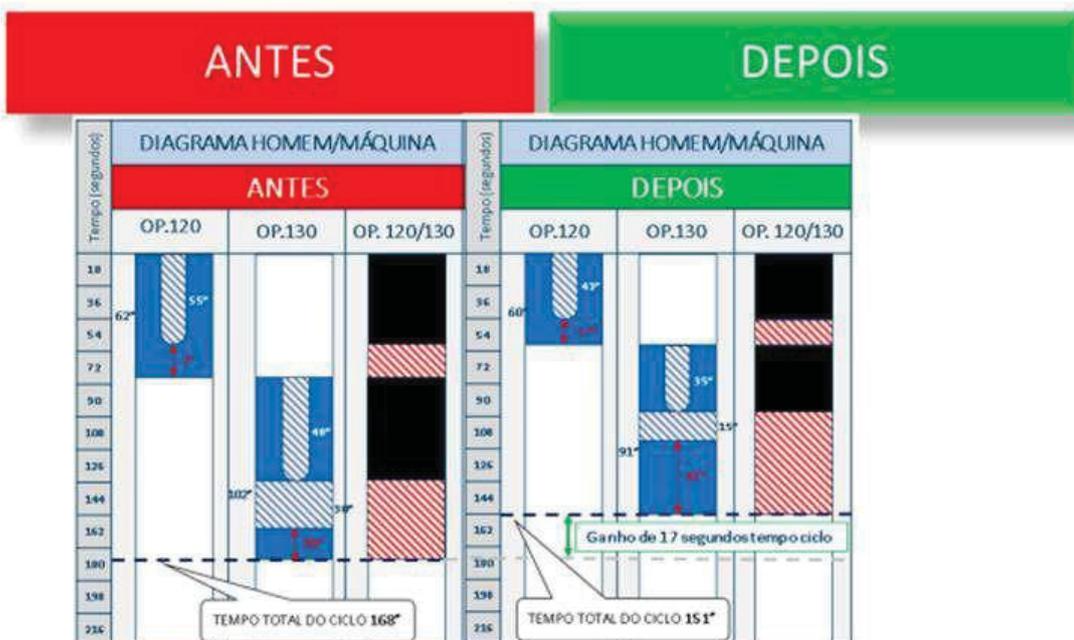
FIGURA 54 - MELHORIAS EXPOSTAS

COMPARATIVOS DISPOSIÇÃO DE COMPONENTES



33

COMPARATIVOS TEMPOS DE CICLO

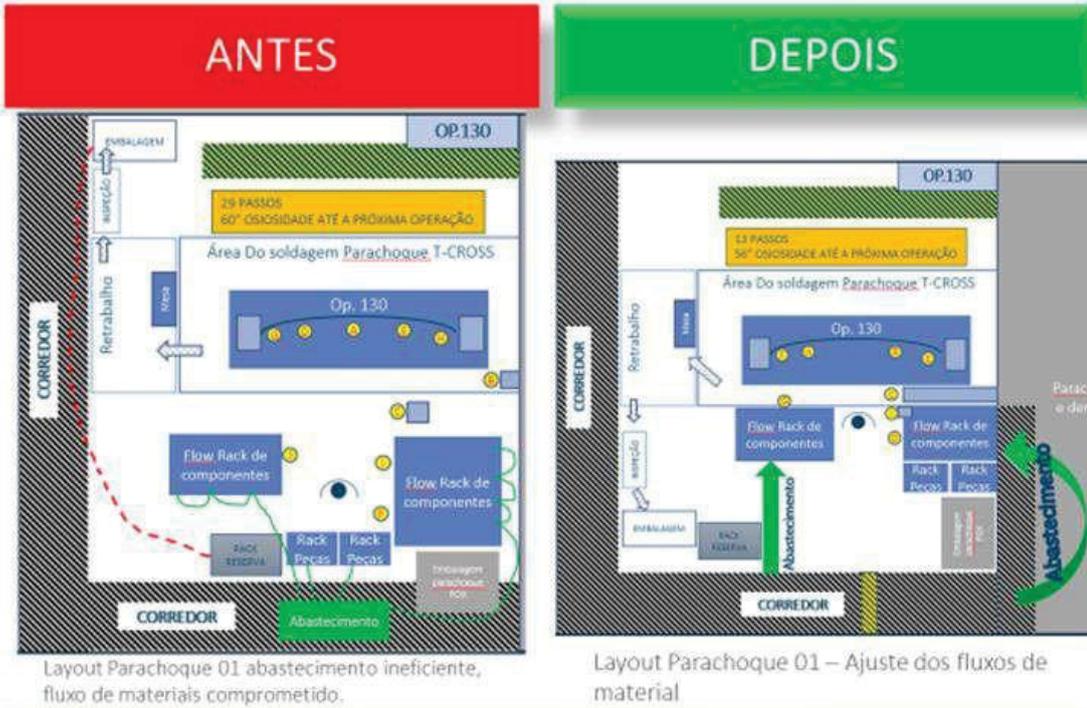


Cronoanálise e Cronometragem, problemas de MURI e MUDA.

Cronoanálise e Cronometragem com base em métodos científicos e práticos, ajuste do posto com base ergonômica Golden Zone

34

COMPARATIVOS LAYOUT



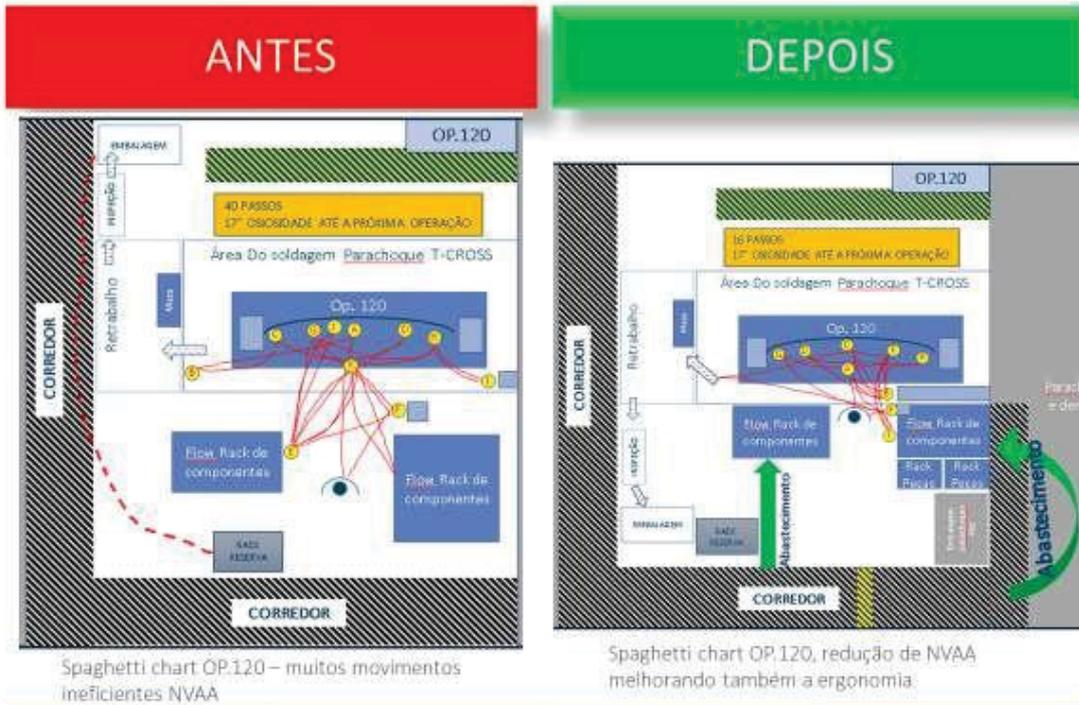
35

COMPARATIVOS DISPOSIÇÃO DE COMPONENTES



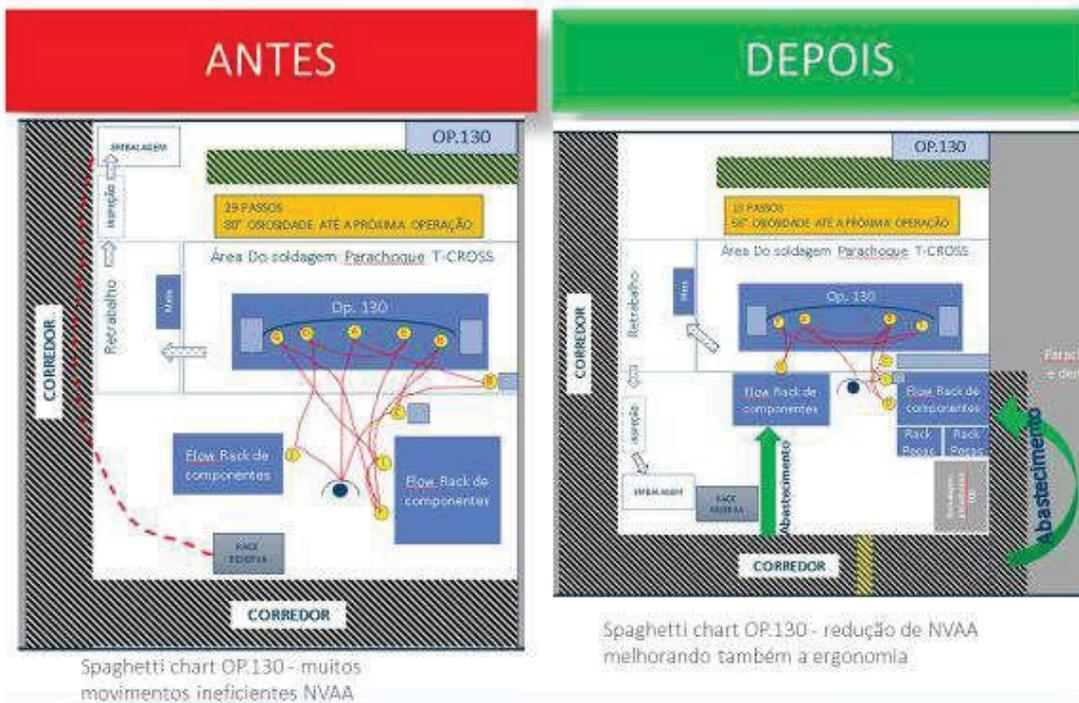
36

COMPARATIVOS SPAGUET CHART OP.120



37

COMPARATIVOS SPAGUET CHART OP.130



38

COMPARATIVOS ANALISE DE MURI

BEFORE

Passagem do conjunto Parachoque soldado exige giro da peça tanto para depósito quanto para retirada na próxima operação. Abertura causa passagem de radiação



AFTER

Eliminado movimentos ineficientes do conjunto soldado, escorregador com rolamentos. Eliminado passagem de radiação. Conforto ergonômico do operador GOLDEN ZONE



39

COMPARATIVOS ANALISE DE MURI

ANTES

Retirada do conjunto soldado exige giro excessivo da peça, muitos movimentos ineficientes.

Desconforto Ergonômico.



DEPOIS

Eliminado giro excessivo da peça, escorregador com rolamentos reutilizados.

Eliminado passagem de radiação.

Conforto ergonômico do operador GOLDEN ZONE



40

Célula T-CROSS



FONTE: OS AUTORES (2022).