



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Eduardo Rodrigues da Silva

Desenvolvimento de um projeto de melhoria contínua empregando ferramenta da Indústria 4.0 numa linha de montagem de bicicletas

Novembro de 2022



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Eduardo Rodrigues da Silva

**Desenvolvimento de um projeto de melhoria
contínua empregando ferramenta da Indústria 4.0
numa linha de montagem de bicicletas**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Industrial
Ramo de Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Rui Manuel Sá Pereira Lima

Novembro de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus, que me proporcionou todas as habilidades físicas e psicológicas para absorver conhecimentos extraordinários ao longo da minha carreira acadêmica, que com certeza foi o maior responsável por eu ter conseguido chegar a poder apresentar uma dissertação de mestrado em uma das melhores universidades de ensino da Europa (Universidade do Minho) com parceria ao centro educacional IDAAM localizado na cidade de Manaus-AM.

Agradeço a minha esposa Marcela Juliana da Silva Nabarro, meu filho Eduardo Nabarro Rodrigues, minha mãe Neusa Juvêncio da Silva e a meu pai João Carlos Rodrigues da Silva, essas pessoas sempre estiveram do meu lado e que me proporcionaram total apoio para eu ter conseguido chegar a ser a primeira pessoa de todos os meus familiares a poder apresentar uma dissertação de mestrado em engenharia industrial. Tenho uma enorme satisfação em poder compartilhar este momento com meus familiares, e que eu possa ser uma referência para outras pessoas da minha família seguirem e conseguirem este objetivo de se tornar um mestre na em seu ramo.

Gostaria de agradecer aos professores Rui Lima e Vicente Tino que me proporcionaram a oportunidade de escrever essa dissertação juntamente com a Universidade do Minho.

Aos colaboradores da empresa com quem trabalhei, chefes, engenheiros e operários, que compreenderam a importância deste trabalho e me ajudaram a ultrapassar todos os obstáculos.

Aos meus colegas de mestrado, alguns ficaram para sempre em minha vida, não só pela ajuda neste projeto, mas pela importância que tiveram em momentos importantes de minha vida.

Agradeço aos amigos, pela força oferecida no momento que mais precisei e por entender a minha ausência quando tive que me dedicar a este trabalho.

Agradeço, de forma especial, ao meu orientador Vicente Tino, principalmente pela compreensão e paciência, que através da sua supervisão me ofereceu os meios e os aprendizados para tornar este projeto possível.

Agradeço, com um carinho especial, aos meus irmãos, pela compreensão, apoio e paciência, ajudando-me a ultrapassar os momentos mais difíceis. A todos meu sincero OBRIGADO!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Desenvolvimento de um projeto de melhoria contínua empregando ferramenta da Indústria 4.0 numa linha de montagem de bicicletas

RESUMO

O segmento de bicicletas no Brasil em 2018 fabricou mais de 3,8 milhões de unidades destinadas ao suprimento do mercado interno, e a exportação. Ainda por volta deste mesmo ano, os estabelecimentos industriais que atendiam a este mercado eram de 173 unidades. Atualmente, toda esta produção está dividida em 359 estabelecimentos industriais que atendem a este mercado, esses dados remetem ao nível de concorrência existente. Este é um mercado altamente competitivo, em constante atualização e super influenciado pelas novas tecnologias. No âmbito empresarial, onde o lucro está diretamente relacionado aos resultados de vendas e aos custos de produção, torna-se uma tendência estratégica o foco na eliminação de desperdícios relacionados diretamente aos meios de produção e seus processos, para redução de custos produtivos. Uma vez que, produzir com menor custo pode vir a condicionar um preço menor ao cliente. Os fatores de mercado citados, ocasionaram a compra da empresa, pela neerlandesa *Pon Holdings*. Este evento, acelera o processo de reavaliação de processos internos, e direciona a empresa a tendências de otimização e fatores de modernização, como apresentado na filosofia do *Lean Manufacturing* e na Indústria 4.0. Neste contexto, a CALOI Norte S.A. busca realizar trabalhos de melhoria internos com o objetivo de aumentar o valor agregado de seus produtos e de garantir a sua participação no mercado de bicicletas tornando-se mais competitiva. A partir destas premissas, esta investigação, que foi executada em uma linha de montagem de bicicletas de alta performance (linha 4), produto que representa atualmente 40% do volume total de bicicletas produzidas, com previsão de aumento da demanda em 20%, para 2024. Objetiva realizar um estudo de identificação dos desperdícios de transporte ao longo do fluxo de produção, com o uso de uma ferramenta da indústria 4.0, o *Spaghetti Diagram App*, que mescla utilidades e atua como fornecedor de dados para análise. Com os dados obtidos, pode-se realizar as tomadas de decisão mais acertivas, para implantação de melhorias, integrando a ferramentas do *Lean Manufacturing*. Após a implantação das ações, espera-se um ganho de 15% de produtividade, e a construção do diagrama de espaguete, para apoio à identificação de desperdícios no processo. Verifica-se em resultados consolidados, que obteve-se 46% de ganho em produtividade, em relação à atividade de alimentação da linha de montagem de bicicletas, além de melhorias adicionais, oriundas da aplicação de ferramentas do *Lean Manufacturing*.

PALAVRAS-CHAVE: Melhoria Contínua, *Lean Manufacturing*, Indústria 4.0.

ABSTRACT

The bicycle segment in Brazil in 2018 manufactured more than 3.8 million units destined to supply the domestic market and export. Around the same year, there were 173 industrial establishments serving this market. Currently, all this production is divided into 359 industrial establishments that serve this market, these data refer to the existing level of competition. This is a highly competitive market, constantly updated and highly influenced by new technologies. In the business environment, where profit is directly related to sales results and production costs, it becomes a strategic trend to focus on eliminating waste directly related to the means of production and its processes, in order to reduce production costs. Since, producing at a lower cost may condition a lower price to the customer. The aforementioned market factors led to the purchase of the company by the Dutch company Pon Holdings. This event accelerates the process of reassessing internal processes, and directs the company towards optimization trends and modernization factors, as presented in the philosophy of Lean Manufacturing and Industry 4.0. In this context, CALOI Norte S.A. seeks to carry out internal improvement work with the objective of increasing the added value of its products and guaranteeing its participation in the bicycle market, making it more competitive. Based on these assumptions, this investigation, which was carried out on an assembly line for high-performance bicycles (line 4), a product that currently represents 40% of the total volume of bicycles produced, with a forecast increase in demand of 20%, to 2024. It aims to carry out a study to identify transport waste along the production flow, using an industry 4.0 tool, the Spaghetti Diagram App, which combines utilities and acts as a data provider for analysis. With the data obtained, you can make the most accurate decision-making, to implement improvements, integrating Lean Manufacturing tools. After the implementation of the actions, a gain of 15% in productivity is expected, and the construction of the spaghetti diagram, to support the identification of waste in the process. It can be seen in consolidated results that a 46% gain in productivity was obtained, in relation to the activity of feeding the bicycle assembly line, in addition to additional improvements, arising from the application of Lean Manufacturing tools.

KEYWORDS: Continuous Improvement, Lean Manufacturing, Industry 4.0.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologia de investigação.....	4
1.4 Organização da dissertação.....	7
2. Revisão Bibliográfica.....	9
2.1 Revoluções Industriais e Indústria 4.0.....	9
2.1.1 Ferramentas da Indústria 4.0.....	11
2.1.2 Fusão de Sensores (Sensor Fusion).....	11
2.1.3 Computação em Nuvem (<i>Cloud Computer</i>).....	12
2.1.4 Diagrama de espaguete e o <i>Spaghetti Diagram App</i>	14
2.2 <i>Lean Manufacturing</i> e Indústria 4.0.....	15
2.2.1 Os Princípios da Manufatura Enxuta.....	16
2.2.2 Os Desperdícios da Manufatura Enxuta.....	16
2.2.3 Técnica do <i>Lean Manufacturing</i> , Gestão Visual.....	19
2.2.4 Kaizen.....	19
3. Contextualização da empresa.....	21
3.1 A Zona Franca de Manaus.....	21
3.2 Contexto histórico CALOI.....	23
3.3 Descrição da empresa.....	24
3.3 Características do negócio.....	26
3.4 Produtos.....	26

3.1.1	Estrutura organizacional	29
3.1.2	Produto da investigação.....	30
3.1.3	Sistema de produção.....	30
3.1.4	A cadeia produtiva de Bicicletas de Alto Valor Agregado.....	30
3.1.5	Mini Fábrica de Soldagem do Alumínio.....	31
3.1.6	Mini Fábrica de Pintura Eletrostática Pó	32
3.1.7	Mini Fábrica da Roda de Bicicletas.....	34
3.1.8	Mini Fábrica de Montagem de Bicicletas	35
4.	Identificação de desperdícios e diagnóstico.....	36
4.1	O processo atual	36
4.1	Identificação de possíveis desperdícios	39
4.2	Constatação de desperdícios	40
4.3	Oportunidades de Melhoria.....	42
5.	Projeto de melhoria da linha de montagem de bicicletas - Implantação	45
5.1	Fase de planeamento	45
5.1.1	Evento KAIZEN – Linha de Montagem 4.....	45
5.1.2	Ordenação e Controle de Informações	46
5.2	Fase de atuar	46
5.2.1	Implantação de Melhorias.....	46
5.2.2	Mudança de <i>layout</i>	48
5.3	Fase de observar	49
5.4	Fase de refletir	50
6.	Resultados.....	53
6.1	Resultados da ferramenta <i>Spaghetti Diagram</i>	53
6.2	Ganho em transporte no abastecimento da linha de montagem de bicicletas 4	55
6.3	Ganho em espaço	58
6.4	Resultados indiretos ou adicionais	60
7.	Conclusão	64
7.1	Considerações finais	64
7.2	Trabalhos futuros	65

Referências Bibliográficas	66
ANEXOS	68
ANEXO 1 – Detalhamento do processo de alimentação de materiais para LM4 - antes.....	68
ANEXO 2 – Detalhamento do processo de alimentação de materiais para LM4 - depois.....	69
ANEXO 3 – Formulário padrão Evento Kaizen	70
ANEXO 3 – Matriz de Prioridade CALOI Norte S.A.	71
APÊNDICES.....	72
APÊNDICE 1 – IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS COM USO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	72
APÊNDICE 2 – <i>BRAINSTORMING</i> APLICADO NO EVENTO KAIZEN.....	73
APÊNDICE 3 – MATRIZ DE PRORIDADE APLICADA NO EVENTO KAIZEN	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Modelo de investigação adotado. Adaptado de Coutinho et al., 2009.	6
Figura 2- Evolução da Indústria. (Retirado de Silveira, 2016)	10
Figura 3- Exemplo de sistema de fusão de sensor. (Adaptado de Elmenreich, 2022).....	12
Figura 4- Visão de uma nuvem computacional. (Sousa, <i>et al</i> /2009)	13
Figura 5- Página inicial do aplicativo <i>Spaghetti Diagram</i> . (Espaghetti Diagram, 2022)	14
Figura 6- Localização da empresa no Polo Industrial de Manaus. (Google Earth, 2022).....	22
Figura 7- Evolução da logomarca CALOI. (O mundo Caloi, 2019).....	24
Figura 8- Vista superior da planta CALOI Manaus. Detalhe do galpão de montagem de bicicletas. (Google Earth, 2022)	25
Figura 9- Produtos da Linha Infantil. (CALOI, 2022).....	27
Figura 10- Produtos da Linha Lazer. (CALOI, 2022).....	27
Figura 11- Produtos da Linha Urbana. (CALOI, 2022).....	27
Figura 12- Produtos da Linha Mountain Bike. (CALOI, 2022)	28
Figura 13- Produto da Linha Estrada. (CALOI, 2022)	28
Figura 14- Produtos da Linha Elétrica. (CALOI, 2022).....	28
Figura 15- Esquema Organizacional. (HEFLO, 2022).....	29
Figura 16- Esquema de estruturação Engenharia Integrada. (HEFLO, 2022)	29
Figura 17- Esquema de macroprocessos da cadeia produtiva de bicicletas. (HEFLO, 2022)	30
Figura 18- Processo de soldagem de quadros de bicicletas. (Autor, 2022)	32
Figura 19- Processo de adesivagem clear coat de quadros de bicicletas. (Autor, 2022).....	33
Figura 20- Processo de Pintura Eletrostática Pó em quadros de bicicletas. (Autor, 2022)	33
Figura 21- Estruturação da roda de bicicletas. (Autor, 2022)	34
Figura 22- Processo de Montagem, Bicicletas de Alta Performance. (Autor, 2022)	35
Figura 23- Gemba Walk na linha de montagem de bicicletas 4.	36
Figura 24- Almojarifado, estoque e área de desembalagem de materiais. (Autor, 2022)	37
Figura 25- Croqui do layout de processo de alimentação de materiais da linha de montagem 4.	38
Figura 26- Síntese da observação do processo atual de pagamento de materiais.	38
Figura 27- Braçadeira de celular e o uso do Spaghetti Diagram App na alimentação de materiais.	41
Figura 28- Abastecimento Linha 4. OP 371670. Total 40 peças. (Spaghetti Diagram, 2022).....	42
Figura 29- Fluxo da atividade de abastecimento de materiais na LM4. (Spaghetti Analytics, 2022)	42

Figura 30- Análise de gráfico de espaguete. (Spaghetti Diagram App, 2022)	43
Figura 31- Layout atual e posicionamento do setor almoxarifado. (CALOI, 2022)	43
Figura 32- Pensamentos norteadores do Evento Kaizen (CALOI, 2022).....	45
Figura 33- Definição de novo layout e estabelecimento de fluxo de processo. (CALOI, 2022).....	48
Figura 34- Diagrama espaguete do processo pós melhorias. (Spaghetti Diagram App, 2022)	50
Figura 35- Treinamento cascade sobre melhorias implementadas da linha de montagem 4	52
Figura 36- Panorama antes vs depois. (Spaghetti Diagram App, 2022)	53
Figura 37- Panorama comparativo de layout (CALOI, 2022)	54
Figura 38- Mapa da atividade de abastecimento pós implantação de melhorias (Spaghetti Diagram Desktop).....	55
Figura 39- Panorama comparativo da atividade de alimentação da LM4 (CALOI, 2022)	56
Figura 40- Síntese de mudanças do processo de abastecimento de materiais da LM4	57
Figura 41- Panorama da estação de trabalho de separação de materiais	58
Figura 42- Criação de área de picking, e rotas de pagamento de materiais da linha de montagem de bicicletas 4.....	59
Figura 43- Criada área para paletes vazios do processo de abastecimento da LM4.....	59
Figura 44- Criada área para produtos não conformes, e materiais em análise na LM4.....	60
Figura 45- Instalação de balancim para parafusadeiras pneumáticas, e criação de suporte para carregamento de baterias na linha de montagem de bicicletas 4.....	61
Figura 46- Atualização das instruções de trabalho, e disposição na linha. Definição de área para alimentação de simplex.	61
Figura 47- Definição de postos e locais para ferramentas utilizando cases de parafusadeiras (reaproveitamento)	62
Figura 48- Novo rack de simplex, e novo carrinho e EPE da Linha de Montagem de Bicicletas 4	63

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Modelo de ciclo PDCA. Adaptado de Slack et al (2007) e Daychouw (2007).	5
Tabela 2- Definição de Kaizen. Adaptado de Singh e Singh (2009).....	19
Tabela 3- Pontos sensíveis identificados no Gemba Walk	39
Tabela 4- Plano de ação Evento Kaizen	47
Tabela 5- Panorama das ações executadas pela equipe do Evento Kaizen	49
Tabela 6- Síntese crítica das ações executadas no Evento Kaizen	51
Tabela 7- Síntese de resultados da ferramenta Spaghetti Diagram App	54
Tabela 8- Panorama comparativo de tempos de ciclo (cronoanálise).....	57

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

EK – *Evento KAIZEN*

GBO – *Gráfico de Balanceamento de Operadores*

Gemba Walk – *Andar pela Produção; In loco*

JI - *Job Instruction*

JIT – *Just in Time*

JM – *Job Method*

JR – *Job Relations*

KPI – *Key Performance Indicator*

MVC – *Movimento Central*

MVD – *Movimento de Direção*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OP – *Ordem de Produção*

PA – *Produto Acabado*

PCP – *Programação e Controle da Produção*

PDCA – *Plan, Do, Check & Act*

SAP – *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TPS – *Toyota Production System*

TWI – *Training Within Industry*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Process*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o contexto da investigação, seguido das motivações para escolha do tema e os objetivos (geral e específicos) que se pretendem alcançar. Assim também é apresentada uma descrição da metodologia utilizada para o desenvolvimento das atividades desta investigação, visando o atendimento dos objetivos apresentados. Há ainda a apresentação da estrutura da dissertação e sua organização.

1.1 Enquadramento

O segmento de bicicletas no Brasil em 2018 fabricou mais de 3,8 milhões de unidades destinadas ao suprimento do mercado interno, e a exportação. Financeiramente, esta produção atinge o valor de R\$ 1,03 bilhão em unidades fabricadas. Avaliando historicamente, o país produziu mais de 52,9 milhões de bicicletas, desde o ano de 2005. Ainda por volta deste ano, os estabelecimentos industriais que atendiam a este mercado eram de 173 unidades. Atualmente, toda esta produção está dividida em 359 estabelecimentos industriais que atendem a este mercado. Considerando o contexto deste trabalho, somente na Zona Franca de Manaus, a produção de bicicletas atingiu a marca de 919.924 unidades, no ano de 2019. Acarretando um faturamento superior a R\$ 764 milhões (ALIANÇA BIKE, 2022).

No Brasil, a indústria de bicicletas está dividida entre montadoras, fabricantes de componentes, acessórios e produtos relacionados. Estima-se que essa indústria empregue 8,7 mil pessoas em todo país. Entre os anos de 2006 e 2019, houve um aumento exponencial de 67% no número de pessoas que ocupavam o setor, atribuído ao crescimento estável do segmento (IBGE, 2022). Em linhas comerciais, o país possui 8.936 estabelecimentos de comércio varejista, voltados ao comércio de bicicletas e seus componentes. Estima-se ainda, que 39% dos municípios brasileiros, tenha pelo menos um comércio de bicicletas. Tal estrutura comercial é responsável pela distribuição de em média 75,4 milhões de peças e componentes fabricados (ALIANÇA BIKE, 2018).

O desempenho brasileiro neste nicho, além da expressiva quantidade de estabelecimentos industriais que atendem a este mercado, inferem sobre o nível de concorrência existente. Este é um mercado altamente competitivo, em constante atualização e super influenciado pelas novas tecnologias. No âmbito empresarial, onde o lucro está diretamente relacionado aos resultados de vendas e aos custos de produção, torna-se uma tendência estratégica o 'ataque' aos meios de produção e seus processos, para redução de custos produtivos. Uma vez que, produzir com menor custo pode vir a condicionar um preço

menor ao cliente. Este fato, conseqüentemente 'cria' demanda, pois, a oferta de um produto (de qualidade equivalente) a um preço mais baixo, influencia diretamente na escolha do cliente.

Com o advento da pandemia global do covid-19, o mercado brasileiro no setor de bicicletas foi negativamente afetado, com queda de faturamento, devido ao fechamento das lojas, e das restrições de acesso aos espaços públicos. Em seguida, quando as medidas de isolamento foram implementadas no país para impedir o avançar da infestação da população pela corona vírus (covid-19), uma das medidas de contingenciamento tomadas foi o controle de acesso ao transporte público. De modo que muitos usuários passaram a evitar os meios públicos de locomoção das cidades, optando assim, pelo uso de bicicletas para locomoção. Desta maneira, o mercado brasileiro começou a responder à pandemia, influenciado pela tendência estrangeira.

Desta maneira, o setor de bicicletas mostrou-se resiliente, em meio ao cenário pandêmico, com registros de aumento de 50% (média) das vendas, em comparação ao ano de 2019 (ALIANÇA BIKE, 2022). As procuras do cliente mantem-se alta, apesar de todas as dificuldades do mercado em atender a demanda. Isto se dá principalmente por conta da logística da cadeia de suprimentos de componentes (câmbios, freios, quadros, e outros itens importados), para montagem de bicicletas. Em meio a essa demanda alta de mercado, a escassez de componentes, e à competitividade acirrada, as empresas do ramo necessitam olhar com atenção para seus processos de manufatura, e avaliar o que pode ser otimizado, para equacionar a redução dos custos, e o aumento de sua produtividade.

Os fatores de mercado citados, bem como o redirecionamento dos negócios, e a tendência de concentração de marcas em grupos, leva a empresa a ser adquirida recentemente pela neerlandesa *Pon Holdings*. Este evento, acelera o processo de avaliação de processos internos, e direciona a empresa a tendências de otimização e fatores de modernização, como apresentado na filosofia do *Lean Manufacturing* e na Indústria 4.0.

Neste contexto, a CALOI Norte S.A. busca realizar trabalhos internos com o objetivo de aumentar o valor agregado de seus produtos e de garantir a sua participação no mercado de bicicletas tornando-se mais competitiva. Para desenvolvimento desta investigação, a proposta é, em termos gerais, identificar e avaliar desperdícios que possam estar impactando financeiramente nos resultados da companhia. Para isso, fatores como *layout*, o uso do *Spaghetti Diagram App*, realização de eventos Kaizen, e análises de valor dentro do processo (dados), tornam-se fundamentais para a definição, desenvolvimento e implementação de melhorias na linha de montagem de bicicletas apresentada.

Como visto, atualmente a sobrevivência das organizações está primamente condicionada à sua capacidade de ser competitiva. Ou seja, sua capacidade de fornecer um produto de qualidade, que atenda as necessidades do cliente, e às partes interessadas, ao menor custo possível. Deste modo, o dia-a-dia dos processos nas organizações deve ser cada vez mais controlado e melhor controlado. Porque, segundo Falconi (2009) “todos os problemas operacionais de uma organização são decorrentes de sua rotina”. Assim, as operações diárias nos processos, devem funcionar segundo os conceitos de produção Lean. Falconi (2009) complementa que “diagnosticar e cuidar da rotina é essencial, para identificar onde ela está frágil”. Deste modo, entende-se como “rotina”, o conjunto de atividades diárias executadas em determinado setor. Assim, diagnosticar os pontos frágeis das atividades diárias, de modo a facilitar a análise de desperdícios, e posterior tomada de ação (com o emprego de metodologias específicas), podem levar a garantia na obtenção dos resultados satisfatórios.

O presente estudo faz uso da metodologia PDCA no projeto de integração de ferramenta da Indústria 4.0, e do *Lean Manufacturing*, em uma linha de montagem de bicicletas, com foco na implantação de melhorias. Por meio do uso de tecnologias provenientes da I4.0, em evidência a análise das causas dos desperdícios encontrados no local de estudo, como por exemplo: o desperdício de transporte.

Este estudo torna-se relevante ao evidenciar os benefícios do uso das ferramentas da I4.0, por meio do *Spaghetti Diagram App* na planta industrial da CALOI Norte S.A., cuja finalidade é a eliminação de desperdícios e o aumento da produtividade da linha de produção de montagem de bicicletas.

O tema de melhoria de processos por meio do uso das ferramentas da I4.0, apesar de já explorado em outras pesquisas, se mostra relevante neste estudo. Pois o aprofundamento do conhecimento desta temática, oferece novas alternativas a organizações que visam alavancar seus resultados produtivos.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste projeto de investigação é realizar um estudo de *layout* e reduzir os desperdícios de transporte ao longo do fluxo de produção em uma linha de montagem de bicicletas com integração de ferramenta da indústria 4.0, e do *Lean Manufacturing*. A linha piloto será a das bicicletas da família de alumínio, por representar atualmente 40% do volume total de bicicletas produzidas com previsão no plano mestre de produção para 2024 representar 60% do volume total. Durante este projeto de investigação, espera-se que seja possível:

- a seleção e o uso de ferramentas da I4.0, com tecnologias integradas em *smartphone* para acompanhar os tempos, deslocamentos e movimentos, entre elas o *Spaghetti Diagram App*,

- a construção do diagrama de espaguete digital, identificando e quantificando as movimentações percorridas, por meio do *Spaghetti Diagram App*;
- estudar as oportunidades de melhoria a partir da identificação de desperdícios e de princípios Lean;
- implementar melhorias recorrendo a ferramentas e princípios de produção Lean;
- avaliar os ganhos das implantações das melhorias (Atual vs. Proposto);

Ao que tange objetivos específicos, e resultados esperados, ao final deste projeto de investigação, almeja-se:

- reduzir em 15% o tempo operacional dentro do processo de alimentação de materiais (atual 1h 50min para 200 peças abastecidas);
- propor um novo *layout* e metodologia de pagamento de materiais;

1.3 Metodologia de investigação

Nesta investigação, será adotada a metodologia de ‘investigação-ação’ que é encontrada na obra de Coutinho *et al.* (2009). Tal metodologia, é uma ferramenta que proporciona um bom campo para a investigação de problemas, com aplicação de ambos os métodos: investigação e ação. O grande diferencial dessa metodologia é a reflexão proposta após as análises. No âmbito da resolução de problemas, esta etapa torna-se importante, para a realização de alterações nas ações atuais com os objetivos de serem melhoradas. Para Lomax (1990), a metodologia de investigação-ação “é uma intervenção na prática profissional, com a intenção de proporcionar uma melhoria”. Deste modo, considera-se metodologia que melhor se aplica ao que se propõe esta investigação.

A metodologia de investigação-ação tem como forte característica o cunho científico, pois trata-se de um método voltado à pesquisa, fundamentalmente prática e aplicada. E se orienta pela necessidade de se resolver problemas. Segundo Zuber-Sterrit (1996), utilizar esta metodologia é o mesmo que “planejar, atuar, observar e refletir com cuidado aqui que se faz nas práticas do dia-a-dia”. Enquanto para Ebbutt (1985), utilizar investigação-ação é “compreender, melhorar e reformar práticas”. Esta metodologia também pode ser descrita como um conjunto de metodologias de investigação que incluem a ação (mudanças) e investigação (reflexão ou compreensão) de forma concomitante, por meio de um processo cíclico (ou espiral), que possibilita a sua alternância. De modo que, nos ciclos seguintes sejam aperfeiçoados continuamente, os métodos, dados e interpretações, já realizados à luz da experiência (conhecimento

adquirido) do ciclo passado (Dick, 1999). Assim, de ciclo em ciclo, o investigador obtém um aprimoramento de seu estudo, com base na experimentação e seus resultados. Optou-se pelo modelo de investigação-ação crítica, também conhecida como “emancipadora”, em virtude de sua proposta ir além da ação pedagógica, com a possibilidade de intervenção transformadora do próprio meio. De modo a facilitar a implementação de soluções, que por sua vez, promovem a melhoria da ação. Segundo Coutinho *et al.* (2009), neste modelo “o grupo assume coletivamente a responsabilidade do desenvolvimento e transformação da prática”, aqui todas as responsabilidades são assumidas em conjunto. Os autores defendem a ideia de que esta modalidade é a que se desenvolve num ambiente de maior colaboração social, e tem como prioridade intencional prover mudança.

O modelo do processo metodológico que será utilizado nesta investigação, é baseado (figura 1) no modelo de Kemmis (Coutinho *et al.*, 2009). Este modelo foi escolhido, em virtude de se parecer, com o modelo já aplicado internamente na CALOI Norte S.A., que se baseia na técnica de PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). O método do ciclo PDCA é adotado por organizações em todo o mundo, que visam o melhoramento contínuo dos seus processos operacionais, e entendem que esta é uma busca constante e primordial para a manutenção de sua competitividade. A melhoria contínua é, portanto, o cerne cíclico da ferramenta. Tal afirmação vai se encontro a Slack *et al.*, (2007), que afirma “...o PDCA é a sequência de atividades que são percorridas de maneira cíclica, para melhorar atividades”.

De acordo com Daychouw (2007), o ciclo PDCA é uma metodologia que auxilia no diagnóstico, análise e solução de problemas organizacionais. De forma simples, o método segue quatro passos básicos, representados pelas letras que formam a sigla, conforme descrito abaixo:

Tabela 1- Modelo de ciclo PDCA. Adaptado de Slack et al (2007) e Daychouw (2007).

ETAPA	ATIVIDADES
PLAN (planejar)	Investigação e compreensão do problema; Determinar metas; Definir plano;
DO (fazer)	Determinar plano de ação; Executar plano proposto;
CHECK (checar)	Checagem de dados (acompanhamento); Comparação planejado vs executado; Avaliação de metas;
ACT (action)	Padronização; Reavaliação de metas; Replanejamento (início de um novo ciclo);

O ciclo PDCA aplicado como ferramenta de gestão, tem como objetivo a melhoria e o controle contínuo de processos e produtos. Como comentado, a ideia cíclica de sua fundação remete-se ao fato de que o processo de melhoria é constante, e por isso, tal como o círculo, não tem fim. Deste modo, por ser uma ferramenta completa, a metodologia PDCA é utilizada como uma das bases desta investigação.

Da mesma forma, ao que tange metodologia acadêmica, no modelo de Kemmis (figura 1), quatro etapas são necessárias devem ser executadas de forma sequencial e cíclica. As etapas são: atuar, observar, refletir e planificar. Essas etapas foram aplicadas, em *mix* com a técnica do PDCA, já citado anteriormente. Assim, o enfoque da investigação fica estabelecido em um ciclo lógico de atividades consecutivas e ordenadas. Esta organização propicia uma maior organização e tabulação de dados.

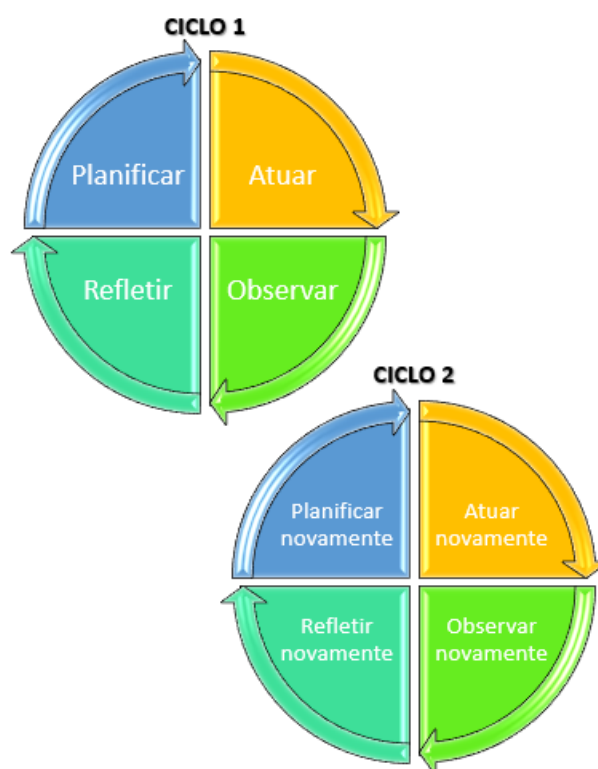


Figura 1- Modelo de investigação adotado. Adaptado de Coutinho et al., 2009.

Conforme modelo descrito acima, as atividades seguem um fluxo lógico e sequencial. No primeiro momento, denominada 'fase de planificar', utilizamos para planejar o Evento Kaizen. Conforme revisão da literatura apresentada, é comum a realização deste tipo de evento em organizações que almejam a implantação do *Lean Manufacturing*, que é base para a I4.0. A premissa é a de reunir um grupo de colaboradores, de funções, níveis e setores variados, como: engenharia, qualidade, almoxarifado, financeiro, produção, entre outros. Em determinado setor ou área, que necessite de melhorias diversas, que possam ser implantadas de forma imediata, ou a curto prazo. Deste modo, obtém-se melhorias segundo

ponto de vista multidisciplinar, e agilidade na implantação. Essa estratégia organizacional, além de motivar os colaboradores a desenvolverem melhorias para suas próprias atividades diretas e indiretas, fomenta o pensamento *Lean*, e a prática do pensamento cultural da eliminação de desperdícios. Por conta de seu contexto atual, a CALOI Norte S.A. realizou, no período de agosto de 2022, durante uma semana, na Mini Fábrica de Bicicletas, um Evento Kaizen, voltado para a linha de montagem de bicicletas de alta performance (linha 4), com objetivo de otimização do processo no geral. Esta etapa da planeamento buscou organizar a planejar as ações a serem desenvolvidas do evento, além de definições básicas como liderança, e tratamento de informações e registros.

No segundo momento, denominado 'fase de atuar', buscou-se executar o que se havia planejado na fase anterior. De modo que fosse possível a implantação de melhorias idealizadas no evento. Nesta etapa, também se apresenta brevemente as complexidades de implantação, em virtude de aspectos relacionados aos processos de apoio internos da empresa. O intuito é mostrar o caminho percorrido pelo grupo até os resultados alcançados.

Na etapa denominada 'fase de observar', apresenta-se as verificações realizadas pela equipe, após a implantação das melhorias propostas. Aqui, testes e simulações foram realizados, para geração de dados, e posterior análise.

No quarto e último momento, chamado de 'fase de refletir', buscou-se a análise crítica de tudo que havia sido implantado e verificado. Os dados oriundos da etapa anterior foram importantes na fundamentação da tomada de ações pela liderança do grupo. Após análise dos cenários possíveis foi possível replanejar as ações, e partir para o ciclo 2, conforme visto na figura 1.

1.4 Organização da dissertação

A presente dissertação está dividida em sete capítulos sequenciais, dispostos conforme estrutura apresentada nos parágrafos subsequentes.

O capítulo de introdução apresenta o contexto da investigação, seguido das motivações para escolha do tema e os objetivos (geral e específicos) que se pretendem alcançar. Assim também é apresentada uma descrição da metodologia utilizada para o desenvolvimento das atividades desta investigação, visando o atendimento dos objetivos apresentados. Há ainda a apresentação da estrutura da dissertação e sua organização.

O segundo capítulo contempla uma revisão breve da literatura, com temas relacionados à investigação, tais como: competição do mercado, estratégia empresarial, histórico, ferramentas da I4.0, e sobre *Lean Manufacturing*.

O terceiro capítulo apresenta uma síntese histórica sobre Zona Franca de Manaus (Polo Industrial de Manaus - PIM), cenários onde a empresa CALOI Norte S.A. está inserida. Há ainda a apresentação do contexto histórico da empresa, produtos ofertados no mercado, sua estrutura organizacional e o sistema de produção de bicicletas.

O quarto capítulo apresenta a identificação dos desperdícios encontrados na linha de montagem de bicicletas, e os dados colhidos e por conseguinte analisados, para elaboração de diagnóstico da situação atual.

O quinto capítulo apresenta em detalhe, o projeto de melhoria implantado na linha de montagem de bicicletas de alto valor agregado, na Mini Fábrica de Montagem de Bicicletas, com ênfase nas etapas de Planejamento, Execução, Checagem e Ação (PDCA) e as atividades agregadas realizadas na organização. No sexto capítulo são apresentados os resultados obtidos após a etapa de execução, bem como o comparativo de cenários (antes vs depois) após implantação das melhorias. O capítulo apresenta as principais melhorias, por meio de subtópicos que abordam os aspectos relacionados.

O sétimo capítulo, apresenta as conclusões dos autor sobre a investigação, com comentários sobre os aspectos positivos identificados durante o uso do *Spaghetti Diagram App*, as limitações encontradas, as dificuldades e as recomendações de trabalhos futuros.

Por fim, apresentam-se as referências que foram consultadas e lidas. Após este tópico, encontram-se os apêndices e os anexos que complementam esta dissertação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentado a revisão da literatura relacionada com o Indústria 4.0 (histórico e contexto atual), serão ainda abordadas as seguintes ferramentas: *Sensor Fusion*, *Cloud Computer*, e o *Spaghetti Diagram App*. Além das ferramentas da I4.0, e as técnicas de *Lean Manufacturing* que foram selecionadas conforme aplicação neste trabalho de investigação.

2.1 Revoluções Industriais e Indústria 4.0

Em termos históricos, a necessidade do homem pelo consumo de bens, e o aumento da população mundial foram supridos pela indústria. Pois, antes do surgimento das primeiras indústrias, tudo era produzido de forma artesanal (manual), limitando os produtos à pequenas produções, ou mesmo à personalização. No entanto, diante de uma população em crescimento exponencial, tais modelos de produção foram incapazes de seguir o ritmo. Logo, a produção artesanal não supria a demanda do homem. Deste modo, a indústria foi evoluindo até os dias atuais (Figura 2), conforme o advento de novas tecnologias.

A Primeira Revolução Industrial, aconteceu na Inglaterra, entre os anos de 1760 a 1860. Estendendo-se posteriormente para outros países, como França e Estados Unidos. Foi marcada pela descoberta da utilização do carvão como fonte de energia, as máquinas a vapor, e as locomotivas. Senso a indústria têxtil a primeira a utilizar a tecnologia de máquinas a vapor. Em termos têxteis, o que antes era comercial, passou a ser industrial (Schwab, 2016).

A Segunda Revolução Industrial ocorre em 1870, diante de uma nova demanda tecnológica. Transformação do ferro em aço, a descoberta da eletricidade, a modernização dos meios de transporte, e os avanços da indústria química marcaram essa época. Em particular, essa revolução destaca-se a busca das indústrias por lucros, e ampliação da produção. Inicia-se aqui, o princípio da produção em massa (por linha de montagem), com o Fordismo de Henry Ford no ano de 1914 (Silveira, 2016).

A Terceira Revolução Industrial ocorre entre os séculos XX e XXI, em consequência aos avanços tecnológicos, trazendo consigo processos de inovação tecnológica nos campos da informática, robótica das telecomunicações, da biotecnologia, química fina e nanotecnologia. Em suma, foi marcada por: maior uso de recursos de informática, apelo ambiental, globalização, entre outros (Schwab, 2016).



Figura 2- Evolução da Indústria. (Retirado de Silveira, 2016)

Com o advento de novas tecnologias aliadas à internet, tais como: sistemas cibernéticos, *cloud computer*, Internet das Coisas (IoT), e Inteligência Artificial (AI), a Quarta Revolução Industrial chega em um cenário de intensa modernização, mudanças sociais, culturais e econômicas. Onde a manufatura necessita atender a requisitos de qualidade, prazos cada vez mais curtos, aumento da responsabilidade ambiental, crises econômicas, pandemias mundiais, entre outros fatores. Dentro deste contexto, o desenvolvimento da indústria tornou-se grande responsável pela aceleração e crescimento da economia mundial. Países como Estados Unidos, Alemanha, Japão e França devido ao fato de serem países economicamente desenvolvidos, e com mais recursos aportados em tecnologia, tornam-se líderes globais. Em suma, o desenvolvimento tecnológico impulsiona a indústria, que impulsiona a economia (Silveira, 2016).

A Quarta Revolução Industrial, trouxe consigo o conceito de Indústria 4.0. Na literatura, o conceito não é generalizado, e demonstra-se multifacetado. Este conceito origina-se de uma estratégia do governo alemão (*High-Tech Strategy 2020 Action Plan* de 2011), que a adota como parte de seu planejamento estratégico, que objetiva assegurar a competitividade da indústria alemã no mercado mundial (Kagermann, 2017).

No Brasil, cerca de dez anos após o conceito de I4.0 ter sido conhecido, a implantação caminha a passos largos. Uma pesquisa da Forbes (2020), remete que cerca de 87,5% das empresas instaladas no Brasil, realizaram no ano de 2020 alguma iniciativa voltada à transformação da digitalização. Deste modo, a CALOI Norte S.A. encontra-se incluída entre tais empresas, ao iniciar a jornada da I4.0, em busca da manutenção de seus resultados, e de assegurar sua competitividade no mercado nacional.

2.1.1 Ferramentas da Indústria 4.0

Com o advento das novas tecnologias, a I4.0 tornou-se um ecossistema digital, integrado aos processos de manufatura, onde informações, máquinas e pessoas estão conectados. Traz consigo a ideia de “Fábrica Inteligente”, representada pela descentralização do controle de tais processos. Sendo substituída pela proliferação de dispositivos inteligentes conectados ao longo de toda cadeia de produção do produto. Neste ambiente dinâmico, informações e dados reais são compartilhados em tempo real, por meio de ferramentas tecnológicas.

As tecnologias são empregadas como ferramenta da I4.0, de modo a propiciar a visibilidade, confiabilidade, predibilidade e possibilidade de adaptabilidade dos processos de manufatura. Nos sub tópicos seguintes, são apresentadas as ferramentas da I4.0 empregadas neste estudo de caso.

2.1.2 Fusão de Sensores (Sensor Fusion)

Dentro da literatura, a terminologia para sistemas de fusão permuta entre trabalhos de pesquisa. Ora como “fusão de dados”, ora como “fusão de informações”, ou mesmo “fusão de dados multissensor”. Essas terminologias são adotadas tecnicamente para se referir à técnicas diversas que utilizam seus princípios, em vias on-line e off-line. Apesar do conceito de fusão ser de fácil assimilação, o significado tecnológico, varia de uma pesquisa para outra.

Segundo Elmenreich (2002), *Sensor Fusion* “é a combinação de dados sensoriais ou dados derivados de dados sensoriais, de modo que a informação resultante seja, em certo sentido, melhor do que seria possível quando essas fontes fossem usadas individualmente”. Esta definição de fusão de sensores, não obriga que as informações de entrada sejam produzidas por sensores variados e distintos, remete tão somente que os dados do sensor (ou seus dados derivados) devem ser combinados, para gerar um resultado. Este princípio pode ser empregado também, com um único sensor, que realize medições/leituras variadas, em diferentes momentos, para posteriormente, serem combinadas, e enviadas a um aplicativo de controle. O autor ainda propõe um esquema de fluxo, de como essa informação acontece, como pode ser visto na figura 3, abaixo:

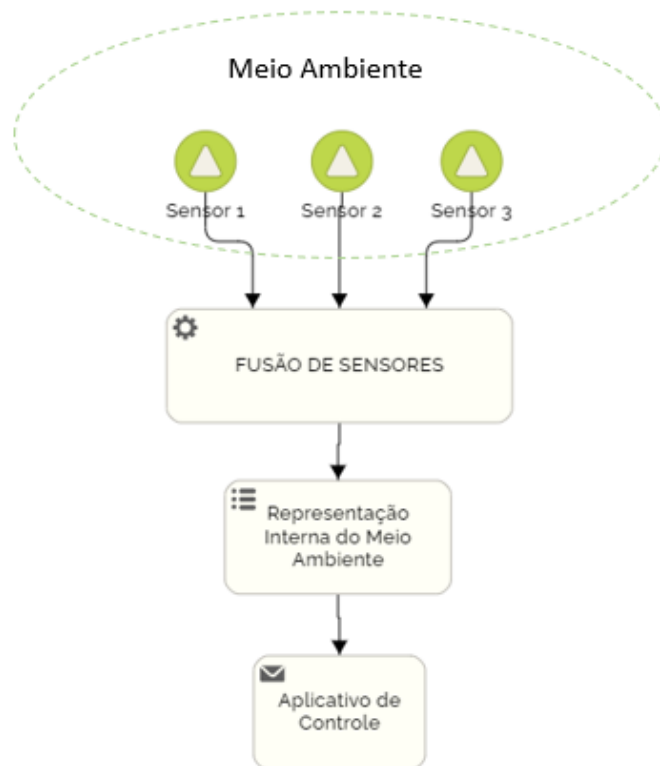


Figura 3- Exemplo de sistema de fusão de sensor. (Adaptado de Elmenreich, 2022)

Os dados que podem ser medidos ou lidos pelos sensores são variados, e dependem dos tipos de sensores empregados. No caso de sistemas de fusão direta, remete-se ao uso de sensores heterogêneos ou homogêneos, que se utilizam do histórico de valores de dados de outros sensores. Para a fusão indireta, as fontes de informação dos sensores de são por *input* humano ou informações prévias sobre o ambiente. Os dados colhidos pelos sensores, podem ser: vibrações, temperaturas, sonoros, movimentos, distâncias percorridas, entre outros.

Outro ponto importante que deve ser atentado para os sistemas de fusão de sensores, é a escolha do aplicativo de controle, e o método de processamento de dados. Pois, dependendo do aplicativo de controle empregado no sistema, os dados podem ser processados diretamente, ou mesmo, armazenados com maior segurança.

2.1.3 Computação em Nuvem (*Cloud Computer*)

Segundo Armbrust *et al* (2009), o termo computação em nuvem é sucessor da virtualização digital, que consiste na execução de softwares e servidores, com a dinâmica de disponibilidade de acesso externo. Os autores conceituam computação em nuvem como “a disponibilidade de aplicações computacionais oferecidas como serviços a partir de acesso via internet por meio de software e hardware hospedados em datacenters remotos”. Ainda segundo os autores, este tipo de serviço tem como características: o

acesso remoto, orientação pelo cliente, a conectividade, a abstração, o pay-per-use, o rápido processamento, abrangência de informações em grande volume e o compartilhamento entre os usuários. Os serviços ofertados pela computação em nuvem são variados e multifacetados. Para acessá-los, os usuários necessitam apenas de um computador, um sistema operacional e acesso a internet. A proposta é que todos os recursos sejam disponibilizados na nuvem, assim reduzindo a necessidade de altos recursos computacionais. Para Sousa *et al* (2009), este modelo “foi desenvolvido com o objetivo de fornecer serviços de fácil acesso, baixo custo e com garantias de disponibilidade e escalabilidade”. Ainda segundo o autor, a computação em nuvem visa oferecer:

- redução do custo de aquisição de recursos computacionais;
- flexibilidade de adição ou substituição de recursos, conforme necessidade de usuários, e;
- prover abstração e facilidade de acesso aos usuários.

Desta forma, os serviços ofertados pela computação em nuvem são ferramentas imprescindíveis para integração de recursos tecnológicos, máquinas, sistemas, entre outros. Indo de encontro à proposta de revolução industrial apresentado pela Indústria 4.0. Principalmente, ao que tange armazenamento de dados, conforme exemplifica a figura 4, abaixo.

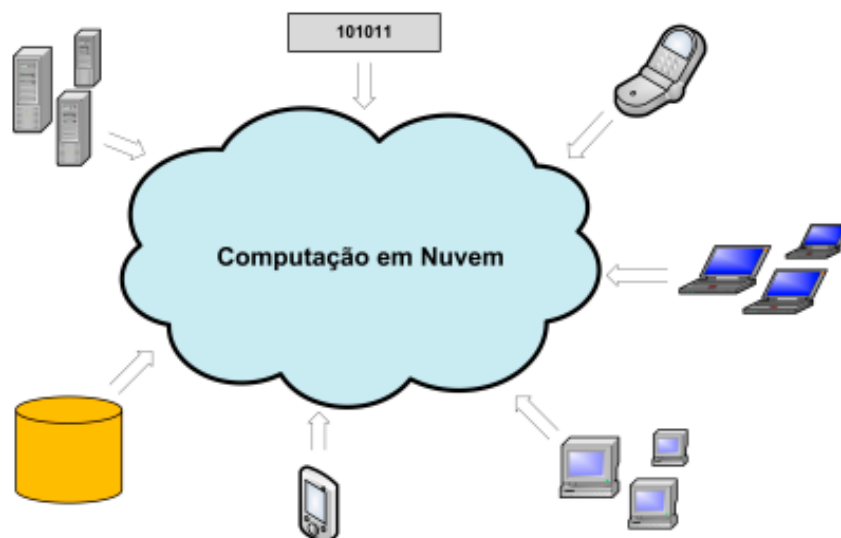


Figura 4- Visão de uma nuvem computacional. (Sousa, *et al* 2009)

Além do armazenamento e processamento de dados, o compartilhamento de informações em tempo real, também é outra grande vantagem da computação em nuvem. Nesta investigação, utilizaremos este recurso de forma integrada, por meio de aplicativo específico, com uso de *smarthphone* como meio de envio de informações.

2.1.4 Diagrama de espaguete e o *Spaghetti Diagram App*

Este diagrama é utilizado como ferramenta para mapeamentos de fluxos de deslocamentos. É empregado para identificação de *layouts* ineficientes, por meio do registro de variáveis, como: tempo, movimentos e percursos. Suporte para análise e identificação de etapas e atividades que não agregam valor. Consequente, após a identificação das atividades que não agregam valor, se faz possível realizar análise estratégica, em busca de eliminá-las, ou mitigá-las, caso sua eliminação não seja possível.

O trabalho de Tapping e Shuker (2010), define a ferramenta como um diagrama de fluxo, que utiliza diferentes linhas contínuas, que delineiam o caminho de um processo. Referencia como a ferramenta ideal para o estudo de análise da melhor escolha, de modo a tornar a operação simples e eficiente. Em linhas gerais, trata-se da representação (em escala) dos movimentos realizados em um processo (abastecimento, deslocamento de material, escoamento de produção, etc.), e também, a medição da distância que foi percorrida por ele. O gráfico do registro dinâmico destes deslocamentos e movimentos, assemelha-se a uma tigela cheia de macarrão espagueti (o fio fino do alimento, representado pelas linhas dos percursos), por isso o nome.

No estudo proposto, considerando a complexidade dos dados, e a necessidade de se fazer diversas coletas, por se caracterizar um ambiente dinâmico de linha de montagem de bicicletas, e haver a necessidade de se coletar dados o mais próximo possível da realidade, além do armazenamento desses dados, e posterior análise dos mesmos, tornou-se claro a necessidade de uma ferramenta que integrasse essa demanda. Deste modo, e dentro do contexto da I4.0, utilizou-se o *Spaghetti Diagram App*, conforme print da tela do *smarthphone* apresentado na figura 5, abaixo:



Figura 5- Página inicial do aplicativo *Spaghetti Diagram*. (Espagueti Diagram, 2022)

No panorama da I4.0 e dos tempos de digitalização global, as atividades da indústria tendem a seguir tal evolução. Deste modo, as organizações industriais buscam soluções tecnológicas cada vez mais alinhadas ao conceito ESG.

O *Spaghetti Diagram App* foi desenvolvido pela empresa VS Academy, uma *ESG Tech*, que tem como objetivo apoiar tecnologicamente as áreas de Governança, Social e Ambiental, por meio do desenvolvimento de soluções tecnológicas para seus parceiros, baseadas em *Big Data Analytics*, *Sensor Fusion* e *Computer Vision*. Tais tecnologias, são ferramentas que permitem identificar e quantificar automaticamente os desperdícios, segundo a filosofia *Lean*. Por tratar-se de uma empresa *ESG*, todas as soluções ofertadas pela organização são focadas na sustentabilidade do negócio, e em seus impactos na sociedade, nos aspectos ambientais, sociais e de governança.

Este trabalho faz uso do *Spaghetti Diagram App* que utiliza tecnologia de posicionamento geográfico para o acompanhamento de tempos, deslocamentos e movimentos, com objetivo de identificar e quantificar os movimentos do elemento (repositor, alimentador, empilhador etc.) em estudo. Isto nos fornece coleta automática de dados, por meio de GPS e *Sensor Fusion*, integrados ao *smarthphone*. Após esta identificação, o aplicativo gera de forma instantânea, gráficos estatísticos da atividade executada pelo elemento, exibindo as variáveis de: tempo, movimentos, distância percorrida, e rotas. Estes dados coletados, são disponibilizados para visualização no dashboard, e tornam possíveis a análise crítica de tempo real, fluxo e melhor entendimento do processo.e tempos de processo.

2.2 Lean Manufacturing e Indústria 4.0

Embora traumático, o período pós Segunda Guerra Mundial foi de grande desenvolvimento para a indústria mundial. Com as economias em baixa, a escassez de recursos, e a instabilidade do mercado, a indústria dos países necessitou se reinventar, para sobreviver. Neste contexto, no Japão, país devastado pela guerra, e com alta demanda interna, surgem os primeiros conceitos de Produção Enxuta, aplicado na Toyota Motor Company. A escassez de recursos foi fator limitante, que impulsiona a indústria japonesa a criar um novo modelo gerencial, e assim, nasce o Sistema Toyota de Produção. Também conhecido como Manufatura Enxuta, ou mesmo popularmente *Lean Manufacturing*, este modelo de produção baseia-se primamente na eliminação de desperdícios

Este novo sistema de produção objetiva a qualidade, flexibilidade do processo, ampliação da capacidade de produção e aumento da competitividade da organização no mercado. Após sua criação, o conceito de Manufatura Enxuta disseminou-se mundialmente entre as organizações, tornando-se mais que um modelo, uma filosofia. Com afirmação Ohno (1997) “A eliminação de desperdícios e elementos

desnecessários a fim de reduzir custos; a idéia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida”. À luz deste pesamento, se faz necessário a adoção de princípios e a identificação dos desperdícios da manufatura.

2.2.1 Os Princípios da Manufatura Enxuta

De acordo com Ohno (1997) e Womack e Jones (1998) os cinco princípios da Manufatura Enxuta foram criados para nortear as organizações, quanto as perdas existentes, e assim, as conduzirem rumo a eliminação dos desperdícios na manufatura. Remetem ainda que os mesmos precisam ser incorporados à gestão, pois são peças fundamentais para o sucesso na implementação deste modelo. De forma breve, e segundo Venturelli (2021), são eles:

- Valor: estabelecer quais os processos agregam ou não valor ao seu produto final (na visão do cliente);
- Fluxo de Valor: estabelecer quais as etapas de produção agregam ou não valor no produto na fábrica (materiais, informações e pessoas);
- Fluxo Contínuo: identificar qual a capacidade de produzir sem interrupções (rapidez);
- Produção Puxada: produzir quando há demanda;
- Perfeição: Nunca comprometer a Qualidade. Ao invés disso, aumentá-la;

Para Womack e Jones (1998), dentro do contexto de Manufatura Enxuta, esses cinco princípios são fundamentais para eliminação das pernas, e resumem toda filosofia *Lean*.

2.2.2 Os Desperdícios da Manufatura Enxuta

De acordo com Ohno (1997), o alcance da Manufatura Enxuta, se dá por meio da eliminação de todos os obstáculos causadores de problemas, e que atrapalham o fluxo de valor do produto. O autor determina que tais obstáculos são chamados de perdas (desperdícios). Na literatura clássica, são listados sete desperdícios. Porém, na literatura contemporânea, há o acréscimo de um. Deste modo, segundo Venturelli (2021), são eles:

- Desperdício de Transporte: movimento de materiais. Se caracteriza por deslocamentos realizados desnecessariamente ou estoques temporários. Esse desperdício deve ser eliminado ou reduzido ao máximo, por meio do planejamento dos arranjos físicos (*layout*), de forma a minimizar distâncias a serem percorridas;
- Desperdício de Estoque: mínimo parado. Se caracteriza por estoques (matéria-prima, matéria em processo ou produto acabado), entendido como recurso financeiro retido, que necessita de

espaço. Esse desperdício deve ser eliminado ou reduzido ao máximo, por meio da eliminação das causas deradores da necessidade de mantimento do estoque;

- Desperdício de Movimentação: movimento desnecessário de pessoas nas operações. Se caracteriza por qualquer movimento desnecessário ou excessivo do operador na execução de uma operação, que não agregue valor ao produto. Esse desperdício pode ser eliminado por meio do estudo de tempos e métodos, da racionalização dos postos de trabalho e da automação de operações;

- Desperdício de Espera: máquina ou equipamento parado por falta de carga. Se caracteriza pelo tempo em que não há execução de operação, como: processamento, transporte ou inspeção. Esse desperdício é subclassificado em três tipos: processo, máquina e operador. Esse desperdício pode ser eliminado por meio do planejamento das atividades, treinamento da mão de obra, e programação da produção;

- Desperdício de Superprodução: produção em excesso. Segundo os autores, é o pior tipo de perda, pois em suma, nada pior do que produzir sem ter demanda. Esse desperdício desencadeia outros desperdícios, como estoque, custos de produção, manutenção de máquinas, e consome recursos administrativos. Esse desperdício, apesar de ser de difícil eliminação, pode ser mitigado por meio do estudo do mercado, e estoques de segurança;

- Desperdício de Superprocessamento: quantidade de ações desnecessárias. Se caracteriza pela perda por processamento excessivo em máquinas ou equipamentos utilizados de modo inadequado à capacidade ou capacidade no desempenho de uma operação. Esse desperdício pode ser eliminado mediante aplicação da técnica de análise de valor. Em suma, todo processamento que não agregar valor ao produto, deve ser eliminado;

- Desperdício de Retrabalho: repetição ou correção. Se caracteriza pela perda por produtos não conformes/defeituosos, ou que não tenham sido produzidos de forma completa, necessitando assim de retrabalho. Esse desperdício é sinônimo de desperdício de materiais, ocupação desnecessária de mão de obra, equipamentos e máquinas, estoque, armazenagem etc. Pode ser eliminado ou mitigado por meio de controle de qualidade atuante na fonte da causa do problema;

- Desperdício de Ideias/Intelectual (adicional): utilização melhor das pessoas. Segundo a literatura contemporânea, ocorre quando o conhecimento e as habilidades dos colaboradores não são bem aproveitados ou desenvolvidos. Além de apresentar aspectos humanos, quanto à motivação e desenvolvimento profissional. Entende-se que as organizações tem a ganhar, quando seus

colaboradores trabalham motivados e são incentivados e assistidos ao propor suas ideias de solução. Este desperdício pode ser eliminado, por meio de estratégias de gestão de pessoas;

Para concluir a visão de Ohno (1997): no modelo de Produção Enxuta tudo o que não agrega valor ao produto (sob os olhos do cliente), é desperdício. E deve ser eliminado. Pois, todo desperdício, como o próprio significado remete, é perda. São perdas que adicionam custo e tempo ao processo, e conseqüentemente, elevam o valor do produto final. No entanto, para o autor, todo desperdício identificado é apenas sintoma e não a causa do problema. Em resumo, devem ser identificadas e tratadas as causas do problema. E desta forma, os desperdícios serão eliminados ou mitigados, como consequência.

Para eliminação dos desperdícios e atuação das causas dos problemas, lança-se mão de técnicas do *Lean Manufacturing*. Segundo Venturelli (2021), são elas:

- Fluxo de Valor: diagrama de Valor da produção;
- 5S: técnica para mobilizar as pessoas no sentido da qualidade total;
- Padronização: estabelecer métodos claros, específicos e compreendidos;
- Fluxo Contínuo: organizar a produção de forma a não ter paradas;
- Kanban: identificar a produção e deslocamento para instruções;
- Seis Sigma: entender setup, perdas, paradas, velocidade e rejeição;
- Poka Yoke: prevenir erros na produção;
- Qualidade na Fonte: técnicas para inspeção na fonte;
- Just in Time: produção sob medida, redução de inventários e espaços;
- Produção Puxada: produzir na medida, tempo e para o cliente demandado;
- Setup Rápido: estudo de tempos e movimentos para otimização de preparo de máquina;
- TPM: intervenção da manutenção pelo operador visando melhorias;
- PDCA: melhoria contínua, plano, ação, checar e agir;
- Kaizen: identificar e implantar pequenas melhorias de forma sistemática;

No contexto deste trabalho de investigação, utilizou-se as seguintes técnicas do Lean Manufacturing: PDCA, Kaizen, Gestão Visual, Fluxo de Valor, 5S, Padronização, e Fluxo Contínuo. Para isso, revisa-se brevemente nos subtópicos seguintes, a contextualização das técnicas utilizadas. A aplicação das mesmas, e seus resultados podem ser acompanhados na seção 4 deste documento.

2.2.3 Técnica do *Lean Manufacturing*, Gestão Visual

No contexto Lean, a Gestão Visual, como o próprio nome diz, é uma técnica de gerenciamento visual de informações compiladas, que precisam ser comunicadas à organização em todos os níveis. Seguindo o princípio Lean, essa comunicação deve se dar da forma mais assertiva e intuitiva possível, ora por meio de sinais (sonoros, visuais), cores, ou simbologias, visando a eficiência na emissão e o melhor processamento na recepção da informação.

Para Jorge e Peças (2018), “a gestão visual é um dos aspectos fundamentais para o sucesso de produção Lean”, uma vez que, detém o poder da comunicação de dados dentro da organização. As informações Lean devem ser o mais claras e intuitivas possíveis, de modo que, no caso de alguma situação adversa (não conformidades, acidentes do trabalho, não atingimento de metas), a comunicação seja suficiente, de forma que possibilite a compreensão de todos do desvio/problema.

No estudo em questão foram aplicadas algumas estratégias da gestão visual lean, direto na linha de montagem estudada, tais como: identificação de cores (conforme, não conforme), sinais sonoros para parada de linha, quadros de apontamento de produção, entre outros, conforme será apresentado no item 4.

2.2.4 Kaizen

A definição de Kaizen é simples desde a sua origem. A palavra oriunda da língua japonesa, e é junção de dois conceitos, “Kai” que significa “mudança” e “Zen” que significa “melhor”. Esta palavra tornou-se popular dada sua assimilação a conceitos de melhoria contínua, adotado pelas organizações empresariais em todo o mundo. Por isso, Kaizen tornou-se sinônimo de melhoria contínua, sendo estudado e disseminado da academia aos ambientes corporativos (Ortiz, 2009).

Neste contexto, em busca de contemplar algumas das definições clássicas para melhor embasar este estudo, lança-se mão da pesquisa de Singh e Singh (2009), que reuniu conceitos teóricos, de autores distintos, para a definição. Abaixo relacionam-se:

Tabela 2- Definição de Kaizen. Adaptado de Singh e Singh (2009).

Autores/Ano	Definição de KAIZEN
Imai (1986)	é um processo de melhoria contínua que envolve todos, gestores e trabalhadores. É uma estratégia para incluir conceitos, sistemas e ferramentas dentro do quadro maior de liderança envolvendo a cultura de pessoas, todos orientados pelo cliente.
Teian (1992)	é mais do que apenas um meio de melhoria, pois representa as lutas diárias que ocorrem no local de trabalho e a forma como essas lutas são superadas. Pode ser aplicado a qualquer área que necessite de melhorias.

Martelo et al. (1993)	significa pequenas melhorias que foram feitas no status atual como resultado de esforços contínuos.
Deniels (1995)	é permitir que os operadores estabeleçam suas próprias medidas, alinhem as estratégias de negócios e as usem para conduzir suas atividades. [...] os operadores são os especialistas e uma vez que percebem que são eles que vão resolver seus problemas, então tudo o que eles precisam é de um direcionamento.
Womack e Jones (1996)	[...] um pensamento enxuto e apresentam uma abordagem sistemática para ajudar as organizações a reduzir sistematicamente o desperdício.
Ghalayini et al. (1997)	é caracterizado por operadores no chão de fábrica, identificando problemas e propondo soluções – o epitome da mudança espontânea de baixo para cima.
Cheser (1998)	é baseado em fazer pequenas mudanças regularmente – reduzindo o desperdício e melhorando continuamente a produtividade, segurança e eficácia.

Deste modo, para este trabalho, o Kaizen é empregado como filosofia e ferramenta fundamental na busca das melhorias na linha de montagem de bicicletas estudada. Ao utilizar a definição de Daniels (1995) “é permitir que os operadores estabeleçam suas próprias medidas, alinhem as estratégias de negócios e as usem para conduzir suas atividades. [...] os operadores são os especialistas e uma vez que percebem que são eles que vão resolver seus problemas, então tudo o que eles precisam é de um direcionamento”, aliada ao conceito de Ortiz (2009) “a filosofia do KAIZEN trata de envolver todas as pessoas da organização”, que foram estabelecidos os Eventos Kaizen na empresa.

Estes eventos são ferramentas utilizadas pelas organizações para reunir equipes multidisciplinares, com foco na resolução de problemas cotidianos, que afetam a produção. Segundo Ortiz (2009) estes eventos devem ser planejados e organizados de modo que favoreça o diálogo sobre melhorias, entre colaboradores de níveis hierárquicos diversos. Buscando assim, unir a experiência operacional (auxiliares de produção, operadores), ao conhecimento estratégico (analistas, supervisores, gerentes). O autor defende que tais equipes objetivam também proporcionar impacto rápido e pró-ativo na organização. Esta equipe deve ser cuidadosamente escolhida, de acordo com as capacidades individuais de realizar melhorias mensuráveis e não mensuráveis. Além disso, tais eventos visam ensinar as pessoas da organização conceitos básicos, como: trabalho em equipe, cumprimento de prazos, interação com personalidades diferentes, entre outros.

No contexto deste trabalho, durante a implantação do *Lean Manufacturing* na organização estudada, houve a adoção dos Eventos Kaizen, com a finalidade proposta. Os resultados de tais esforços poderão ser vistos ao decorrer da execução da atividades propostas neste.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será realizado uma breve revisão do contexto histórico do processo de criação da Zona Franca de Manaus, além da apresentação da empresa CALOI Norte S.A. e da unidade industrial onde é desenvolvido o estudo de caso proposto. Descreve ainda, as características de negócio, organização estratégica hierárquica, apresentação dos produtos fabricados, e a seleção de produtos aos quais essa pesquisa abrange. Há ainda a apresentação do contexto histórico da empresa, produtos ofertados no mercado, sua estrutura organizacional e o sistema de produção de bicicletas.

3.1 A Zona Franca de Manaus

No ano de 1957 o Congresso Nacional do Brasil aprova um projeto de autoria do deputado amazonense Francisco da Silva. Nascia em Manaus uma zona franca, direcionada a operações relacionadas a produtos de qualquer natureza, com origem estrangeira, destinados ao consumo interno da Amazônia e países fronteiriços do Brasil. O Governo Federal estabeleceu e demarcou, uma área de terras de aproximadamente 200 hectares, destinadas ao funcionamento da Zona Franca. Para uma região pouco desenvolvida, naquele momento, a Zona Franca de Manaus aparece como uma salvação. Terminava-se os dias de “porto de lenha”, e iniciava-se um processo de desenvolvimento inédito na região. Afinal, as zonas francas eram uma estratégia de rápido crescimento dos países subdesenvolvidos, baseada no conceito de industrialização orientada para exportação. No contexto pós Segunda Guerra, este não foi isolado à Manaus, pois modelo similar também foi adotado por outras cidades da América Latina, como: Letícia na Colômbia, Cobija na Bolívia e Iquitos, no Peru. Essas Zonas localizavam-se no interior e tinham como objetivo incentivar a vida econômica das regiões (Araújo, 1985).

Em linhas gerais, a Zona Franca de Manaus (criada pela Lei nº 3.173 de 6 de junho de 1957), uma das primeiras zonas francas do mundo, teve como pretensão o desenvolvimento de Manaus, por meio do entreposto de mercadorias importadas, inicialmente para países vizinhos, que a também utilizariam como eixo, para suas exportações. Instalava-se, portanto, um entreposto comercial em Manaus, mantida por incentivos fiscais e regime tributário diferenciado, localizada no extremo norte do Brasil, em uma região sem qualquer desenvolvimento, que mantinha economia baseada no extrativismo, que, neste momento, pouco contribuía para a economia do país

Segundo Lima e Valle (2013), o projeto da Zona Franca de Manaus ganhou forma na década de 1960 sob o impulso do “Brasil Grande”, programa de cunho governamental militar. Porém, sua viabilidade econômica exigiu investimentos do poder público e sobretudo do capital privado internacional. O contexto internacional da época propiciou o deslocamento de capital de países como Europa, Ásia e Estados Unidos. Os anos 70 trouxeram consigo as primeiras plantas industriais, de grandes produtores mundiais

européus e americanos dos setores de eletroeletrônicos e de duas rodas. Deste modo, europeus, americanos, japoneses, chineses, dentre outros, inserem-se no mercado do Brasil, utilizando a Zona Franca de Manaus como via.

Atualmente, a Zona Franca de Manaus abriga aproximadamente 447 empresas, entre elas, a CALOI Norte S/A, instalada no Polo Industrial desde 1975, conforme Figura 6. Abrange uma área aproximada de 10.000 km², que inclui a cidade, e parte de sua região metropolitana. O modelo ainda goza de incentivos fiscais e regime tributário diferenciado, que, apesar das constantes ameaças comerciais e econômicos, tem sua garantia até 2070. Todavia, para gozar destas condições especiais, a empresa precisa cumprir requisitos para aprovação de projeto industrial, como: gerar empregos, adotar um Processo Produtivo Básico (PPB), e implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade, com base na NBR ISO 9001, entre outros.

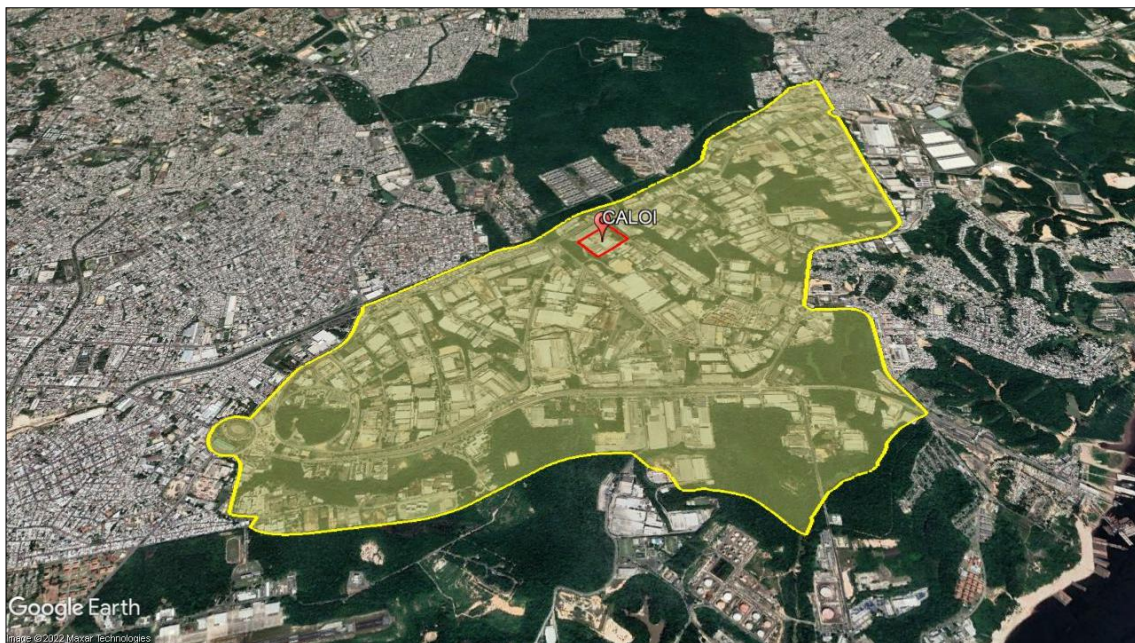


Figura 6- Localização da empresa no Polo Industrial de Manaus. (Google Earth, 2022)

Dados divulgados recentemente, remetem que o Polo Industrial de Manaus (PIM) fechou o primeiro trimestre do ano com faturamento de R\$ 39,5 bilhões, apresentando um crescimento de 9,62% em relação ao ano de 2021. No segmento de Duras Rodas o faturamento foi de R\$ 5,63 bilhões, expressando um crescimento de 48,12%, em relação ao ano passado. Entre os principais produtos fabricados neste primeiro semestre, destacam-se: motocicletas, motonetas, e bicicletas – incluindo as elétricas (SUFRAMA, 2022).

3.2 Contexto histórico CALOI

O início da história se dá em 1898, quando dois italianos, Luigi Caloi e Agenor Poletti chegam ao Brasil. Pouco tempo depois os dois inauguram um estabelecimento chamado Casa Poletti&Caloi, que ofertava aos clientes: aluguel, conserto e reforma de bicicletas de corrida, que ocorriam no Clube Atlético Paulistano, em São Paulo. Com a boa ida do negócio, Luigi Caloi consegue tornar-se representante exclusivo da então renomada fábrica de bicicletas Bianchi (italiana), e nesse momento, originou-se a Bianchi do Brasil. Esta parceria durou até o ano de 1924, quando Luigi Caloi falece. No entanto, seus herdeiros Henrique, Guido e José Pedro assumem seus negócios e fundam juntos uma nova sociedade, chamada: Casa Irmãos Caloi. Mais tarde, a sociedade se desfaz, e a empresa segue sob o comando de Guido, e passa a ser conhecida como: Casa Luiz Caloi, em homenagem ao seu falecido pai, Luigi (O Mundo Caloi, 2019).

Anos depois, por conta da segunda guerra mundial, as indústrias em todo o mundo sofrem o impacto em suas cadeias de manufatura, dada a insegurança de produção do momento, e a escassez de matéria prima. Assim, lutam para permanecerem ativas. Tais advendos históricos atingem também a Casa Luiz Caloi, que encontra dificuldades em adquirir peças de reposição – que eram importadas - por isso, Guido resolve produzir estas peças, e inicia em um barracão, no bairro do Brooklin, em São Paulo, no Brasil.

Apenas em 1948, a empresa viria a fundar a sua primeira fábrica de bicicletas. Os anos seguintes foram marcados consecutivos lançamentos de produtos de sucesso, que quebrariam paradigmas, ditariam tendências, e revolucionariam o jeito do brasileiro ver e usar bicicleta. Modelos icônicos e memoráveis, tais como: Fiorentina – 1953, Berlineta – 1967, Caloi 10 – 1974, e Ceci – 1982.

Foi na década de 1970 que a CALOI consolidou sua marca e expandiu seu negócio pelo Brasil, inaugurando em 1975 mais uma unidade industrial no país, localizada em Manaus. Esta nova unidade, destinava-se à produção de bicicletas de alto valor agregado. Esta unidade se faz ativa até os dias atuais, e é cenário para desenvolvimento dos estudos propostos neste trabalho de pesquisa.

Os anos 90 chegam e trazem consigo uma nova modalidade de bicicletas: as mountain bikes, introduzidas no mercado brasileiro, sendo uma das pioneiras, na fabricação e no fornecimento. A empresa sempre buscou oferecer ao mercado o que havia de mais tecnológico na época, como: quadros e garfos em alumínio, e o novíssimo câmbio de 21 (vinte e um) velocidades. Tais novidades, aliadas a um design inovador, conquistaram público dentro e fora do país, chegando a inaugurar, em 1990, uma subsidiária na Flórida, nos Estados Unidos.

Com o advento da abertura do mercado do país, no ano de 1992, o mercado de bicicletas tornou-se naturalmente mais competitivo, e a CALOI passou a enfrentar problemas. Pois até então, sua única

concorrente era a Monark. Com os anos vindouros, a empresa manteria-se sob a direção da família Caloi até 1999, quando a família decide vender a maioria das ações para Edson Vaz Musa, conhecido pela sua excelência em administrar empresas, e então ex-presidente da Rhodia no Brasil. Neste novo cenário econômico e competitivo, a CALOI assume o desafio de ser sinônimo de bicicletas, agregando saúde, esporte e lazer à marca (O Mundo Caloi, 2019).

No ano de 2006, a empresa inaugura sua fábrica em Atibaia, São Paulo e desativa sua unidade na Avenida Guido Caloi. Ao longo dos anos, e devido as instabilidades econômicas e o aumento massivo da concorrência, a empresa estrategicamente redistribuiu e redirecionou seu parque fabril entre suas unidades. Entre elas, permanece a unidade fabril de Manaus, no Amazonas.

Os bons resultados da companhia, aliados à sua valiosa marca tradicional, que sofreu alterações significativas ao longo dos anos, desde a sua criação, conforme mostra a figura 7, despertaram interesses de grupos estrangeiros, o que levou a empresa a ser comprada. Em 2013, o grupo canadense Dorel Sports orgulhosamente, anuncia a compra de 70% da CALOI, posicionando o grupo como uma das maiores companhias de bicicleta do mundo, e líder nas Américas (Globo, 2013).



Figura 7- Evolução da logomarca CALOI. (O mundo Caloi, 2019)

Após esta venda, a fábrica em Manaus passou a produzir bicicletas de outras marcas, tais como: Schwinn, Cannondale, GT e Mongoose.

No entanto, recentemente, no ano de 2021, o redirecionamento de negócios em busca da concentração de marcas de bicicleta, uniu em um mesmo grupo as marcas Caloi, Cannondale, Focus, Schwinn, Gazelle, Cervélo, Focus e Santa Cruz. Após a compra da Dorel Sports pela neerlandesa Pon Holdings, consolidando-se como o maior conglomerado no ramo de bicicletas do mundo. (Pelote, 2021).

3.3 Descrição da empresa

A empresa iniciou suas atividades no Pólo Industrial de Manaus em 1975 durante um período de expansão de seus negócios no Brasil. Inicialmente, esta nova unidade destinava-se à produção de bicicletas de alto valor agregado. A fábrica está localizada a Avenida Abiurana, 150, no Distrito Industrial I, como visto na figura 6.

O desenvolvimento das atividades propostas neste estudo se deu dentro da planta Caloi Manaus, no galpão central, onde estão localizadas as linhas de montagem do produto final, conforme figura 8, abaixo:

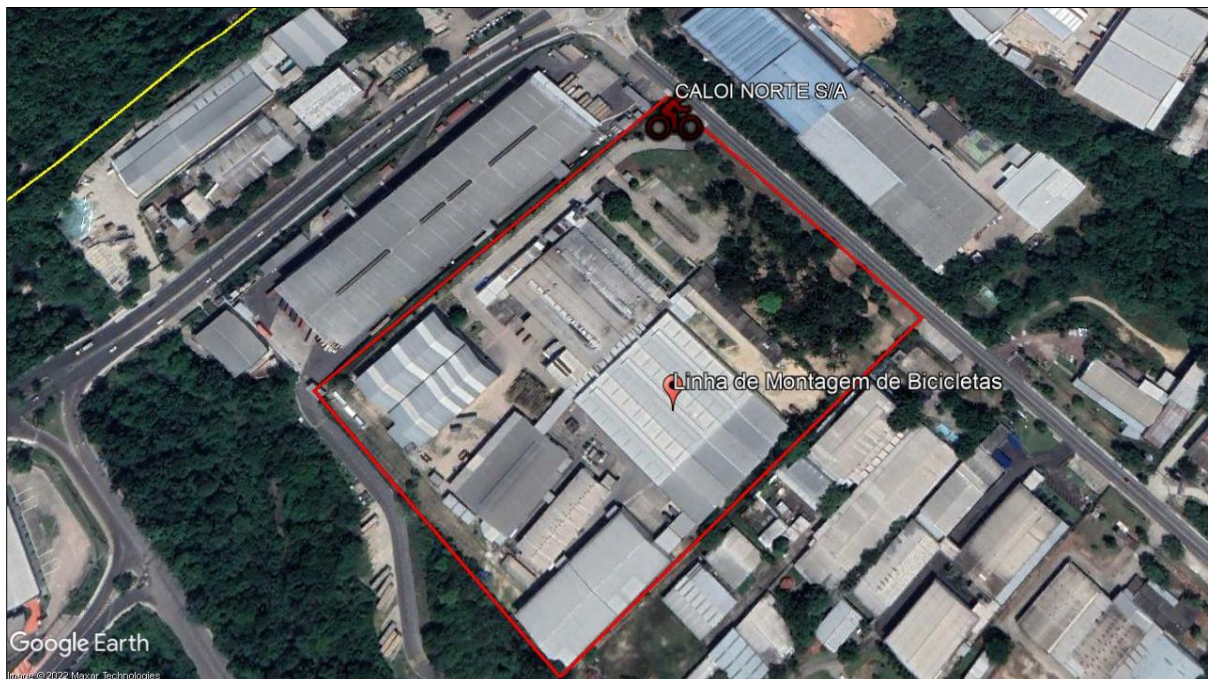


Figura 8- Vista superior da planta CALOI Manaus. Detalhe do galpão de montagem de bicicletas. (Google Earth, 2022)

A organização mantém implementado um Sistema de Gestão Integrado, baseado nas normas de ISO 9001 e 14001, que é certificado e possui como escopo, a fabricação de bicicletas. As certificações mantidas são itens importantes para manutenção da competitividade no mercado e dos incentivos fiscais da Zona Franca de Manaus.

Sua fabricação atende ao mercado interno e externo, empregando mão de obra direta e indireta, nos períodos de alta de produção. Estima-se que a empresa empregue diretamente 530 funcionários e gere 300 empregos indiretos.

Do ponto de vista empresarial estratégico, a organização estabeleceu como missão e visão: “Criar a melhor experiência de pedalar para todos os ciclistas, liderando o universo da bicicleta e sendo o parceiro preferido de negócios em todos os canais que servimos”. E possui como comportamentos norteadores, fundamentais para o atingimento de metas, e a manutenção de trabalho inspirador:

- Vivemos a Inovação;
- Somos todos donos do resultado do negócio;
- Pensamos como clientes, pensamos como consumidores;

- Somos mais fortes quando trabalhamos juntos;
- Nossos líderes inspiram, engajam e agem, e;
- Integridade e ética;

Ainda neste contexto, a organização estabeleceu como propósito: “Movemos pessoas por um mundo melhor” (Caloi, 2020).

3.3 Características do negócio

A organização é uma fabricante de bicicletas, atuante no setor de duas rodas, fabricando produtos do infantil, ao alto desempenho. A empresa é uma das únicas fabricante de bicicletas do pólo industrial de Manaus que abrange um range tão extenso de produtos. Sua produção abastece o mercado nacional, e uma pequena parte é direcionada à clientes com demandas específicas. Apesar das perdas desde a abertura do mercado em 1992, como visto no item 3.2, a CALOI ainda detém a maior fatia do mercado em categorias específicas.

Conforme visto, as legislações que protegem a Zona Franca de Manaus obrigam as empresas instaladas a manterem uma percentagem de utilização de itens nacionais, e de fabricação mínima, em seu processo produtivo. Por isso, a CALOI mantém parcerias em todo Brasil, e faz anualmente investimentos em seu parque fabril, além de buscar, incansavelmente a qualidade, com foco na redução de desperdícios e maior efficientização de seus processos.

3.4 Produtos

A organização executa em Manaus os produtos que são desenvolvidos de forma integralizada, junto a planta de São Paulo e fornecedores. Quanto aos tipos de produtos, em catálogo comercial, são classificados em categorias, segundo suas aplicações individuais, conforme mostram as figuras abaixo. A Linha Infantil é composta por produtos de quadros fabricados em aço, e os aros variam do tamanho 12 ao 20, conforme figura 9.



Figura 9- Produtos da Linha Infantil. (CALOI, 2022)

A Linha Lazer é composta por produtos de quadros fabricados em aço, ou alumínio e os aros variam do tamanho 24 ao 29, conforme figura 10.



Figura 10- Produtos da Linha Lazer. (CALOI, 2022)

A Linha Urbana é composta por produtos de quadros fabricados em aço, ou alumínio e os aros variam do tamanho 26 ao 29, conforme figura 11.



Figura 11- Produtos da Linha Urbana. (CALOI, 2022)

A Linha Mountain Bike é composta por produtos de quadros fabricados em aço, alumínio, ou fibra de carbono e os aros variam do tamanho 700 ao 29, conforme figura 12.



Figura 12- Produtos da Linha Mountain Bike. (CALOI, 2022)

A Linha Estrada é composta por produtos de quadros fabricados em alumínio, ou fibra de carbono e os aros variam do tamanho 700 ao 29, conforme figura 13.



Figura 13- Produto da Linha Estrada. (CALOI, 2022)

A Linha Elétrica é composta por produtos de quadros fabricados em alumínio, ou carbono e possuem baterias integradas. Os aros variam do tamanho 20 ao 29, conforme figura 14.



Figura 14- Produtos da Linha Elétrica. (CALOI, 2022)

3.1.1 Estrutura organizacional

A figura 15 apresenta parcialmente a estrutura organizacional atual da empresa, com destaque no setor de Engenharia Integrada, ponto de vista ao qual este trabalho foi desenvolvido. É de salutar que ainda há funções que não estão representados na mesma, devido a sua complexidade de representação.

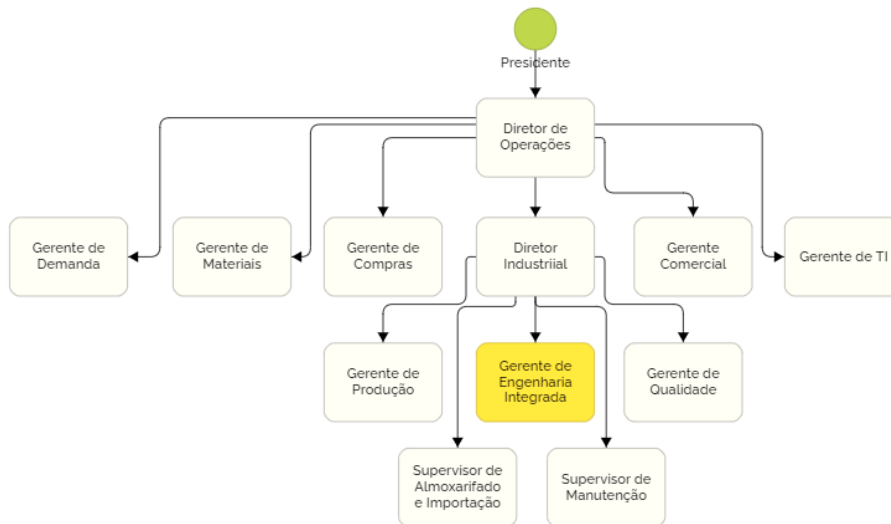


Figura 15- Esquema Organizacional. (HEFLO, 2022)

A Figura 16 remete ao esquema adotado para a Engenharia Integrada, com ênfase na fábrica Manaus, e as subdivisões de trabalho. Dentro do setor de Engenharia Integrada, estão o setor Ferramentaria, e o Laboratório de Metrologia, Calibração e Ensaios Mecânicos. O setor também abrange partes como: Engenharia de Tryout, Prototipagem, NPI, Processos (abrange todas as cinco mini fábricas) e Estruturação de Produto.

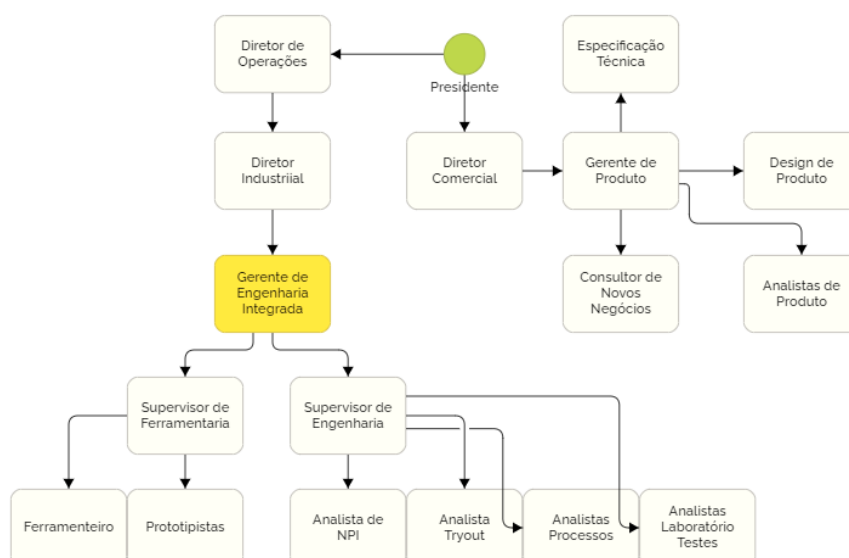


Figura 16- Esquema de estruturação Engenharia Integrada. (HEFLO, 2022)

3.1.2 Produto da investigação

A bicicleta é um veículo dotado de duas rodas (por isso justifica-se o “bi”, dois), movido pelo esforço do usuário (propulsão humana), mundialmente conhecido e utilizado. A bicicleta se faz presente no dia a dia das pessoas, como um utilitário, lazer, hobby, esporte, meio de transporte, ou mesmo um estilo de vida. A organização estudada possui uma larga versatilidade de oferta de seus produtos, e visa suprir o mercado, frente a demanda imposta, por meio de seus produtos, vide item 3.4 deste.

Dado mix de produtos, o presente trabalho será limitado aos produtos de maior valor agregado (quadros em alumínio e fibra de carbono), que segundo classificação comercial, são as linhas: Urbana, Mountain Bike, e Elétricas.

3.1.3 Sistema de produção

Dada gama de produtos, e a diversidade do mix, entende-se que a fabricação e a montagem de bicicletas constitui-se em uma cadeia bem estruturada de processos e operações. Atualmente, essa cadeia é compreendida em cinco mini fábricas, distribuídas na planta CALOI Manaus, que fabricam parte dos componentes que constituem o produto final, são elas: Fábrica de Solda Aço, Fábrica de Solda Alumínio, Fábrica de Roda, Fábrica de Pintura, e Fábrica de Montagem. O presente trabalho de pesquisa teve como cenário a Mini Fábrica de Montagem, onde estão alocadas as linhas de produção de montagem de bicicletas.

3.1.4 A cadeia produtiva de Bicicletas de Alto Valor Agregado

A cadeia produtiva de bicicletas passa por quatro macroprocessos de fabricação e compreende quatro, das cinco mini fábricas de produção, são elas: Solda Alumínio, Pintura Pó, Fabricação da Roda e Montagem. A figura 17 apresenta a sequência dos processos, e a interação entre eles:

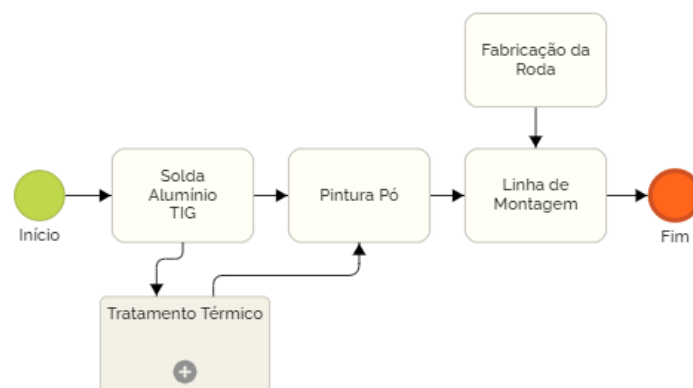


Figura 17- Esquema de macroprocessos da cadeia produtiva de bicicletas. (HEFLO, 2022)

A seguir, será abordado de forma breve (para que não se desvie o foco do trabalho), a descrição de cada etapa dos processos de fabricação, pelos quais o produto passa, incluindo a linha de montagem, setor palco deste estudo de caso.

3.1.5 Mini Fábrica de Soldagem do Alumínio

A mini fábrica de soldagem do alumínio, comporta os processos de: preparação, lavagem, pré-soldagem, soldagem, acabamento, lavagem final e tratamento térmico. Em síntese:

- a) Preparação: corte e conformação de tubos em alumínio, conforme projeto;
- b) Lavagem: remoção de óleo e restos de corte (cavaco de alumínio);
- c) Pré-Soldagem: processo de ponteamto dos tubos preparados, dentro da matriz do projeto;
- d) Soldagem: cobertura do ponteamto e preenchimento com cordões de solda;
- e) Acabamento: revisão da soldagem, e correções de cordões;
- f) Lavagem Final: remoção óleo e impurezas da peça;
- g) Tratamento Térmico: alívio das tensões das juntas soldadas, e tratamento superficial do alumínio (forno solubilizado 530°C, forno de envelhecimento 195°C);

A liga de alumínio utilizada é a 6061, combinação dos elementos: alumínio, magnésio e silício. Destaca-se por ser uma matéria prima flexível e resistente à corrosões. No processo em questão, são aplicadas a têmperas: T0, T4 e T6.

Ao que concerne ao processo de soldagem (figura 18), é adotado a soldagem *Tungsten Inert Gas* (TIG), que faz uso de um eletrodo sólido de tungstênio permanente, isto é, não consumível. O nome é dado, em virtude deste eletrodo, o arco formado pela máquina, e a área em volta da poça de fusão, serem protegidos por uma cortina de gás inerte, que isola o processo. Este tipo de soldagem não gera escória, possui alta qualidade, e tem acabamento visual superior. Por isso, é utilizado na soldagem de bicicletas de alto valor agregado na empresa.



Figura 18- Processo de soldagem de quadros de bicicletas. (Autor, 2022)

Após o processo de tratamento térmico, os quadros passam pelo processo de calibração, onde são minimamente realinhados em sua geometria. Em sequência, são inspecionados no Controle de Qualidade (CQ), onde todos os testes pertinentes são realizados, e por fim, encaminhados para a mini fábrica de pintura pó.

3.1.6 Mini Fábrica de Pintura Eletrostática Pó

A mini fábrica de pintura eletrostática pó comporta os processos de: lavagem pré-pintura, pintura base, adesivagem *clear coat*, envernizagem e cura. Em síntese:

- h) Lavagem pré-pintura: higienização das peças, remoção de óleo, graxa e impurezas;
- i) Pintura base: aplicação de pó, e cura, conforme projeto;
- j) Adesivagem *clear coat*: aplicação de cartela de adesivos, conforme projeto;
- k) Envernizagem e cura: aplicação de verniz em pó, posterior secagem em estufa;

As matéria primas utilizadas são tinta e verniz em pó. Para as bicicletas de alto valor agregado, objeto deste estudo, utilizam-se adesivos especiais, no processo internamente conhecido como *clear coat*. Neste processo, sobre a pintura base, já curada, são acrescentados os adesivos (grafismo do produto), e sobre os adesivos e a pintura base (figura 19), é aplicado a camada de verniz em pó. Após isso, a peça é secada em estufa com temperaturas variáveis de 180°C a 220°C.

Mini Fábrica: Pintura



Figura 19- Processo de adesivagem *clear coat* de quadros de bicicletas. (Autor, 2022)

Ao que concerne processo de pintura, é empregado o tipo de pintura eletrostática a pó, com aplicação via pistola (figura 20). Este processo baseia-se na atração de cargas eletrostáticas opostas (positivo e negativo), do objeto a ser pintado e a pintura pó, de forma que a tinta é atraída ao objeto, de forma eletrostática. Via pistola, há o carregamento de pó e a entrada no fluxo de ar, onde as partículas colidem com o objeto aterrado, e fixam-se nele.

Mini Fábrica: Pintura



Figura 20- Processo de Pintura Eletrostática Pó em quadros de bicicletas. (Autor, 2022)

O processo é escolhido por razão de sua alta resistência a ambientes externos, com grande exposição a entempéries típicas (sol, lama, chuva) aos quais o produto final (bicicleta) será exposto. Após o processo de cura de verniz na estufa, os quadros são inspecionados no Controle de Qualidade (CQ), onde todos os testes pertinentes são realizados, e por fim, encaminhados para a mini fábrica de montagem de bicicletas.

3.1.7 Mini Fábrica da Roda de Bicicletas

A mini fábrica de fabricação de rodas (figura 21) comporta os processos de: fabricação do aro, enraiação (cubo e aro), estruturação da roda, montagem da roda (adição de câmara, pneus e calibração). Em síntese:

- l) Fabricação do aro: calandra, conformação, união e furação de perfis;
- m) Enraiação: pré-estruturação de aro, raios, cubo e niples;
- n) Estruturação da roda: incremento da pré-estruturação, aperto e centralização da roda e seus componentes;
- o) Montagem da roda: incremento de câmara, pneus, inflagem e calibração de pneus;



Figura 21- Estruturação da roda de bicicletas. (Autor, 2022)

Após o processo de calibração de pneus, as rodas são inspecionados no Controle de Qualidade (CQ), onde todos os testes pertinentes são realizados, e por fim, encaminhadas para a mini fábrica de montagem de bicicletas.

3.1.8 Mini Fábrica de Montagem de Bicicletas

A mini fábrica de montagem de bicicletas (figura 22), é composta por quatro linhas de montagem (linha 1, linha 2, linha 3 e linha 4) e uma célula semi-automática (Célula MKD Henrique Avancinni). Três (linha 1, linha 2 e linha 3) das quatro linhas de montagem são destinadas a fabricação de bicicletas da linha infantil e de lazer. A Linha 4 (recorte deste estudo) é destinada a montagem de bicicletas de maior valor agregado (quadros de alumínio e carbono), que segundo classificação comercial, são: Urbana, Mountain Bike, e Elétricas.

O processo de montagem comporta uma gama de sub-processos composto de atividades que agregam valor ao produto. Em síntese:

- p) Preparação dos Quadros: embalagem parcial dos quadros, rosqueamento, rebites, etc;
- q) Incorporação de Componentes: anexo de movimento central (MVC), movimento de direção (MVD), Corrente, Freio, Câmbio, Conduítes, e demais;
- r) Embalagem: embalagem final do produto;

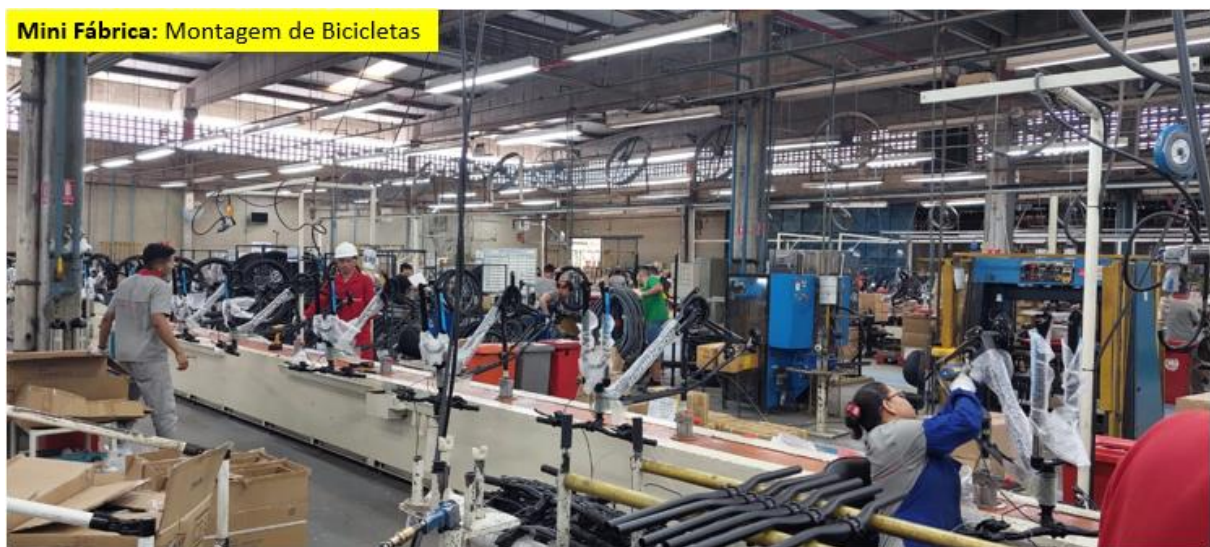


Figura 22- Processo de Montagem, Bicicletas de Alta Performance. (Autor, 2022)

Após o processo de embalagem, as bicicletas são inspecionadas pelo Controle de Qualidade (CQ), onde todos os testes pertinentes são realizados, inclusive a checagem de torques da montagem. Por fim, encaminhadas para o estoque, e posterior expedição.

4. IDENTIFICAÇÃO DE DESPERDÍCIOS E DIAGNÓSTICO

Este capítulo irá apresentar brevemente a identificação dos desperdícios encontrados na linha de montagem de bicicletas 4, para tratativas no Evento Kaizen. As observações do grupo foram planejadas, desdobrando-se em simulações para coleta dos dados. Estes dados serviram de base para elaboração de diagnóstico do processo atual de abastecimento de materiais na linha.

4.1 O processo atual

Inicialmente, realizou-se um Gemba Walk com toda equipe de colaboradores que formaram o grupo de trabalho do Evento Kaizen. Esta ação teve como objetivo a observação do local a ser realizado o evento, e a implementação das propostas de melhoria. O grupo visitou as instalações da linha de montagem, com foco na observação de aspectos focos de desperdícios dentro do processo, conforme figura 23.



Figura 23- Gemba Walk na linha de montagem de bicicletas 4.

Para o grupo, um dos aspectos que mais impactava o processo no momento das observações, era a atividade de pagamento (alimentação) de materiais na linha de montagem 4. Por isso, parte do grupo dedicou-se a observar e a entender o fluxo do processo, desde o seu início. Assim, identificou-se que o início da atividade é feito dentro do setor almoxarifado. Após essa constatação, o grupo dividiu-se novamente, e uma parte dos colaboradores passou a atuar na linha de montagem 4, com as observações e registros. Enquanto a outra parte partiu para as dependências do almoxarifado, para conhecimento do processo de pagamento de materiais na forma real. Os registros dessas observações seguem conforme figura 24, abaixo:

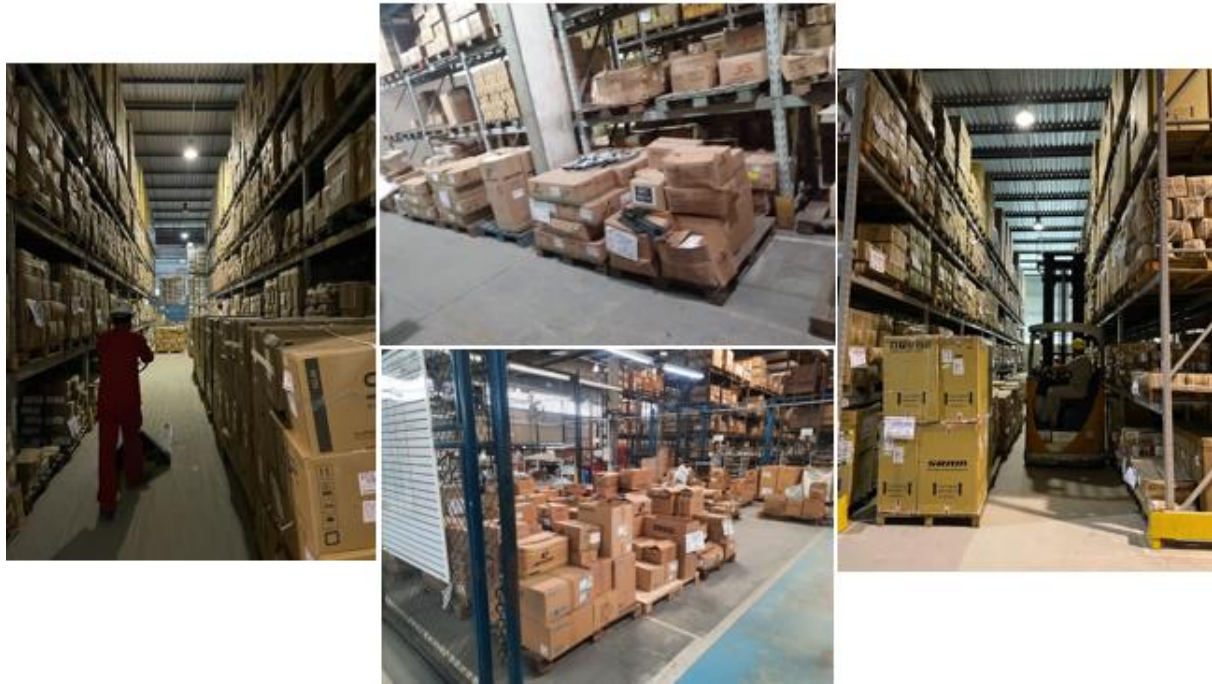


Figura 24- Almojarifado, estoque e área de desembalagem de materiais. (Autor, 2022)

O almojarifado é um setor interno, fornecedor de materiais (componentes e consumíveis) para o processo de fabricação de bicicletas. Identificou-se que este não é exclusivo ou limitado às linhas de montagem (mini fábrica de montagem de bicicletas). Outrossim, o setor também atende as demais mini fábricas: soldagem do aço, soldagem do alumínio, roda, e pintura eletrostática pó. Deste modo, entende-se que o setor é responsável pelo abastecimento de toda cadeia interna de fabricação de bicicletas. Por isso, o seu posicionamento é de vital importância, e afeta diretamente aspectos relacionados aos custos de produção e produtividade.

Dada localização da linha de montagem 4, e o atual posicionamento do almojarifado, investigou-se mais a fundo o processo de alimentação de materiais (dentro e fora do setor), para mapear o atual fluxo de trabalho. Identificou-se que o setor faz uso de paletts, e utiliza empilhadeiras e matrins para o transporte físico do material. As quantidades são controladas via sistema SAP e auditadas periodicamente. O método de separação de materiais é manual, conforme ordem de produção (OP) expedida do setor de programação e controle da produção (PCP). Após expedição da OP, o setor executa a separação do material em palets, e em seguida, desloca o material do setor almojarifado até a linha de montagem, e lá, o alimentador realiza o abastecimento de peças dentro dos marfinites e recipientes dedicados.

Para suporte nesta etapa de avaliação da atividade do abastecimento, utilizou-se como base o desenho impresso do *layout* do setor (figura 25), para identificar os pontos e espaços empregados na alimentação da linha de montagem 4.

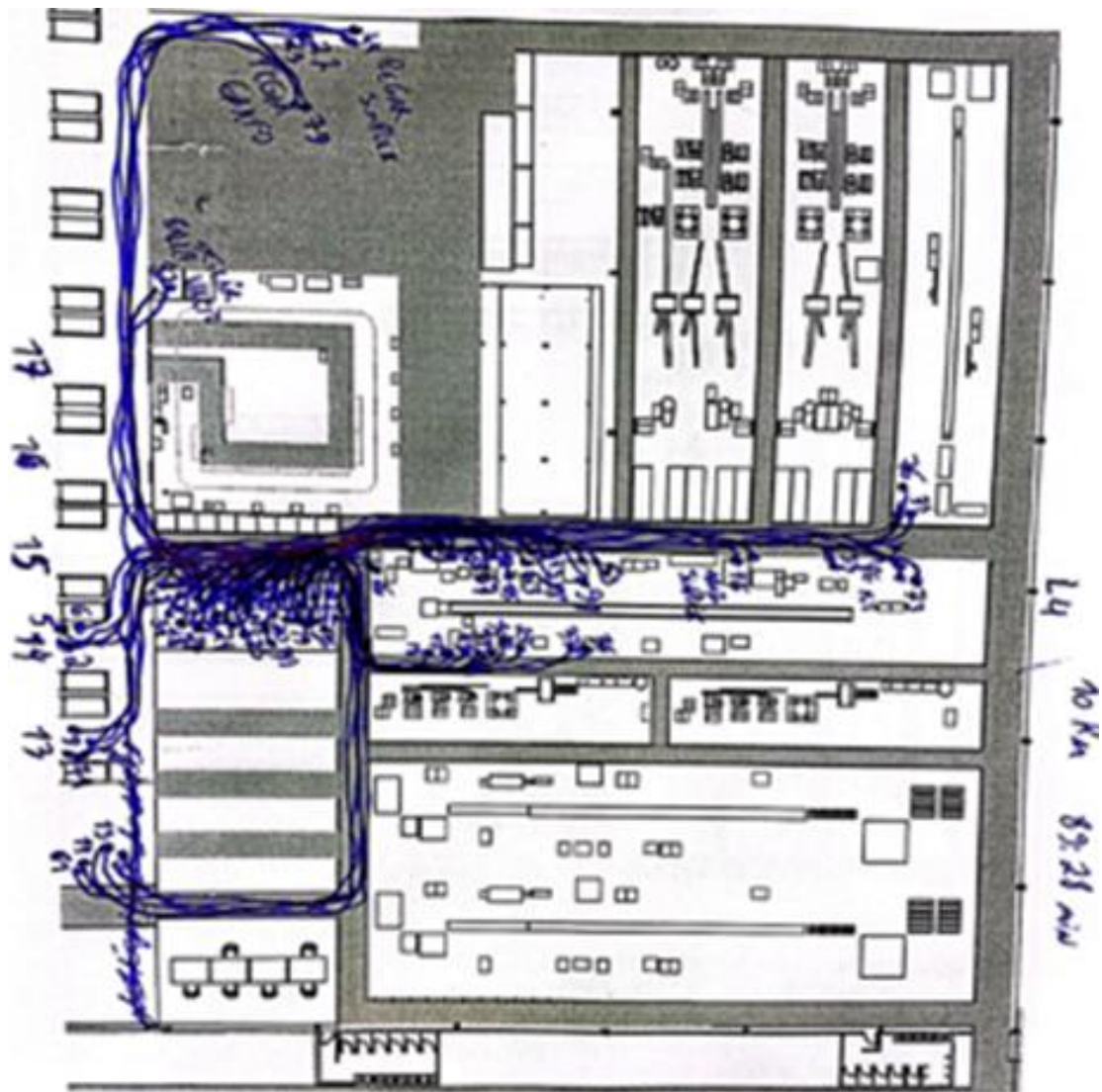


Figura 25- Croqui do *layout* de processo de alimentação de materiais da linha de montagem 4.

Verificou-se que o processo atual estressa o dia a dia do setor de almoxarifado, em virtude de possuir muitas etapas interdependentes e extensas. A figura 26 apresenta uma síntese sobre o processo, onde emprega-se a incógnita 'X' para representar o número de vezes que o alimentador precisa voltar ao setor para buscar os materiais necessários. Assim, observa-se que a atividade se mostra repetitiva, despadronizada e com fluxo desordenado.

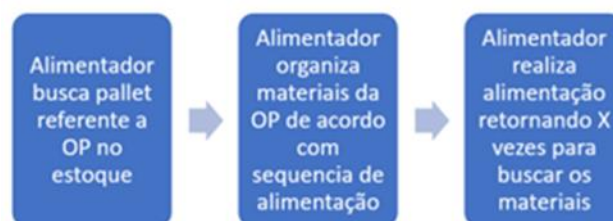


Figura 26- Síntese da observação do processo atual de pagamento de materiais.

Além de outras constatações, passou-se a suspeitar também, de que o atual *layout* não favorecia a atividade de abastecimento. Ao final do processo de observação e identificação de desperdícios, cada membro da equipe possuía suas próprias anotações, baseadas em suas observações do processo. Totalizou-se 64 (sessenta e quatro) aspectos que foram considerados relevantes ao processo. Houve registro, conforme formulário padrão do evento (ANEXO 3), para posterior discussão dentro do evento kaizen a ser realizado.

4.1 Identificação de possíveis desperdícios

Dentre as 64 (sessenta e quatro) observações pontuadas pelo grupo, elencou-se 10 (dez) principais (tabela 3), separadas com base no maior impacto (pontos sensíveis críticos), para serem tratadas durante o Evento Kaizen a ser realizado na LM4. Para classificação de criticidade, utilizou-se o método matriz de prioridade, também conhecido como Gravidade-Urgência-Tendência (GUT). Os princípios aplicados foram: processo, segurança, e qualidade, conforme é possível verificar em detalhe no APÊNDICE 3. Desta forma, os itens listados como pontos sensíveis impactam diretamente ou indiretamente os aspectos relacionados anteriormente.

Tabela 3- Pontos sensíveis identificados no Gemba Walk

Nº	Diagrama de Ishikawa	Pontos Sensíveis Críticos
1	Método	Não tem fluxo determinado para administração de pagamento de materiais para a LM4
2	Mão de Obra	Não há estratificação de MOD especificado por LM no balanceamento da Fábrica
3	Medição	Sensação de que o GBO não está acurado com a realidade.
4	Meio Ambiente	Não há local/palete fixo/definido para caixas vazias
5	Método	Separação e pagamento de materiais em carrinhos ao invés de <i>pallets</i>
6	Método	Falta de definição de rotas para pagamento de materiais
7	Método	A linha não possui lugar para produtos não conforme
8	Método	Necessário atualizar as instruções de trabalho para alimentação da LM4, estão obsoletas
9	Método	Não tem identificação dos postos de abastecimento na LM4
10	Meio Ambiente	O almoxarifado fica muito longe da LM4. Demora para abastecer materiais já separados

Deste modo, o Evento Kaizen baseou-se nas observações planejadas do Gemba Walk realizado pelo grupo. No entanto, apesar de os pontos sensíveis terem sido mapeados, houve necessidade de se confirmar o nível de sensibilidade dos pontos elencados.

Ao todo, 60% dos pontos sensíveis listados estão relacionados ao método. Em parte, porque não existe qualquer padronização determinada para a atividade. Por isso, o alimentador executa sua função seguindo seu *feeling*, e conforme se dá a necessidade de materiais, ou modelo de produto. Os 20% de pontos que impactam em segurança, qualidade e processo, relacionam-se à variável de meio ambiente, e estão diretamente ligadas ao *layout*. No entanto, faz-se necessário confirmar o nível de sensibilidade desses pontos. Para isso, utilizou-se de uma ferramenta da I4.0, e do *Lean Manufacturing*, conforme apresentado nos tópicos seguintes.

4.2 Constatação de desperdícios

Após observações realizadas pelo grupo durante o Gemba Walk, este foi o momento de confirmar as suspeitas, e transformar os pontos sensíveis em dados para análise. Como mostra o item nº3, da Tabela 3, um dos pontos sensíveis apontados, relacionado à variável de processo Medição, refere-se ao Gráfico de Balanceamento de Operadores (GBO), que é a ferramenta que a empresa utiliza para medir o uso e a distribuição de tempo, para os colaboradores. Segundo observações do processo, o GBO estabelecido da atividade não reflete a complexidade da mesma. Deste modo, por tratar-se de uma atividade de percurso, utilizou-se o *Spaghetti Diagram App*, para a construção do diagrama de espaguete digital (um dos objetivos desta investigação).

A etapa de constatação de desperdícios foi marcada pela realização do que se chamou de “simulações”. As simulações consistiam-se basicamente no uso do aplicativo como suporte ao mapeamento das atividades de alimentação da linha de montagem de bicicletas 4. O acesso à ferramenta se deu por meio do *download* de dados do *software* na biblioteca do *Google Play* do *smartphone*. Baixou-se o aplicativo de forma gratuita. Criou-se um *login* e senha na plataforma, e foi realizado o cadastro dos usuários, após treinamento sobre o uso da ferramenta realizado pela liderança do Evento Kaizen.

Em sequência, foi realizado um teste com os colaboradores responsáveis pelo abastecimento das linhas de montagem, para verificar aderência operacional ao uso. No teste, não se identificou qualquer dificuldade relacionada ao uso, ou adaptação. Após isso, iniciou-se as simulações, que consistiam basicamente no uso guiado (líder e alimentador) do aplicativo, de forma estruturada (exemplifica-se: teste 1, teste 2), com o registro automático dos dados pela ferramenta. Ao todo, 10 (dez) simulações foram realizadas, para caracterizar o cenário atual do processo. Deste modo, o uso do *Spaghetti Diagram App* foi realizado por operadores que executam a função de alimentador de linha. Como visto, esta ferramenta trata-se de uma junção de vários conceitos da I4.0, de forma a mesclar a tecnologia com a necessidade de solução

de problemas. Como apresentado no item 2.1.4 deste, o aplicativo foi empregado no intuito de mapear as atividades, conhecer as rotas de alimentação de materiais e constatar possíveis problemas de *layout*, através da construção do diagrama de espaguete digital.

Como anteriormente apresentado, a atividade de pagamento de materiais é realizada por meio de *pallets* e marfinites. De modo que o conjunto de atividades requer o uso constante das mãos do operador alimentador. Por tratar-se de uma tecnologia integrada em *smartphones*, o operador teve dificuldades para manter o celular na mão, com o aplicativo em uso, e executar suas atividades no manuseio de materiais. Em suma, o celular ocupa a mão do operador, que necessita das mãos livres para execução de suas tarefas. Diante disso, optou-se pelo uso de braçadeiras específicas para celular, conforme figura 27.

Em linhas gerais, a braçadeira não possui influências no funcionamento do aplicativo. Ou seja, ela não afeta o desempenho da ferramenta, por isso, seu emprego foi exclusivamente para melhorar a condição de uso, e facilitar as simulações de coleta de dados. Uma vez que, com a braçadeira, foi possível alocar o celular no braço do colaborador, de modo que não ocasionasse desconforto, condicionando a liberação das mãos, para execução do processo. Assim, o aplicativo pode ser usado, e o colaborador manteve as mãos livres para execução de suas atividades.



Figura 27- Braçadeira de celular e o uso do *Spaghetti Diagram App* na alimentação de materiais.

Por estar na fase de observação, o colaborador fez uso do aplicativo para alimentação de OP n° 371670 (40 peças), no dia 18 de agosto de 2022, com tempo de 17,85 minutos, e uma distância percorrida de 665,58 metros, conforme figura 28. A ferramenta apresenta de forma clara o diagrama de espaguete, que expressa o percurso realizado pelo operador, durante o processo de abastecimento de peças, componentes e consumíveis, na linha de montagem de bicicletas 4.

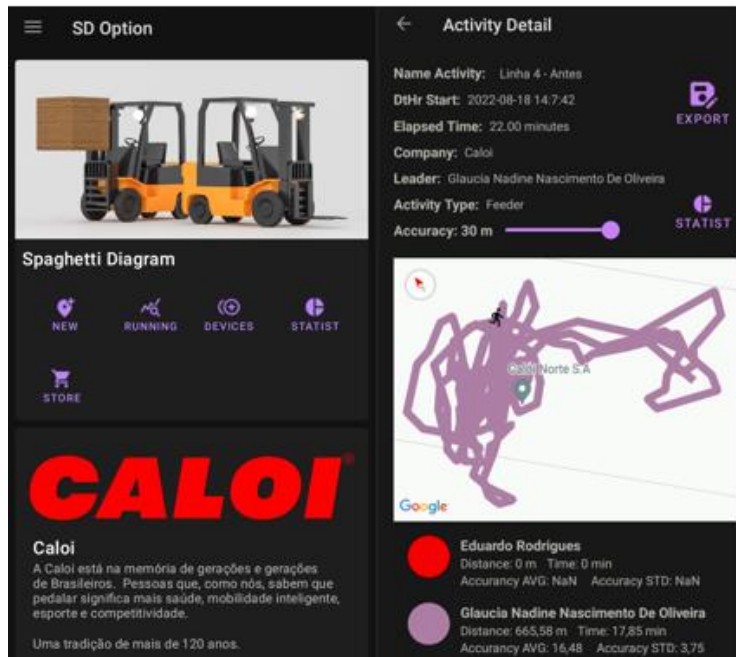


Figura 28- Abastecimento Linha 4. OP 371670. Total 40 peças. (Spaghetti Diagram, 2022)

A figura 28 apresenta dois *prints*, das telas do *smartphone*, que a ferramenta *Spaghetti Diagram App* permite. A verificação foi feita em partes, com abastecimento quarteado para melhor acompanhamento. Em termo geoespacial, a figura 29 apresenta o fluxo da atividade de abastecimento de materiais da linha de montagem 4, fornecida pela ferramenta (via desktop). Ao todo, o processo de alimentação atual apresenta um tempo total de 89 minutos e 28 segundos, para um total de 200 peças abastecidas. De porte dessa informação, seguiu-se com as demais tratativas.

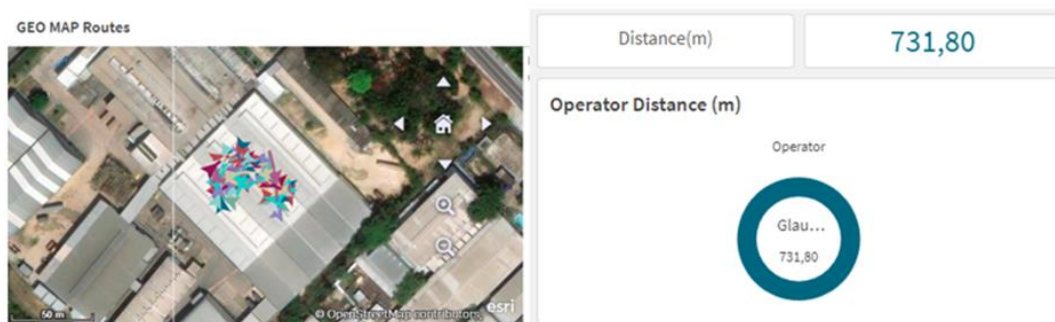


Figura 29- Fluxo da atividade de abastecimento de materiais na LM4. (Spaghetti Analytics, 2022)

4.3 Oportunidades de Melhoria

Durante a análise da situação atual, diversos outros desperdícios e oportunidades também foram identificados, conforme item 4.2, deste. Considerando o cerne deste trabalho, utilizou-se os dados fornecidos pela ferramenta *Spaghetti Diagram App*, para realizar uma análise minuciosa, e identificar possíveis problemas de *layout*.

A figura 30 apresenta o gráfico de espaguete, onde pode-se verificar dois aspectos importantes, e que remetem a possíveis problemas de *layout* na Mini Fábrica da Montagem. Observa-se o excesso de linhas sobrepostas, situados à esquerda do gráfico. Estes contornos remetem ao caminhar em círculos, ou por volta de um mesmo lugar, indicando possivelmente uma falta de padronização na atividade de alimentação. Em suma, o operador não possui ordem de abastecimento, ou ainda, busca pelos locais de abastecimento na linha (não identificados) e por isso, o gráfico revela este contorno contínuo e sobreposto.

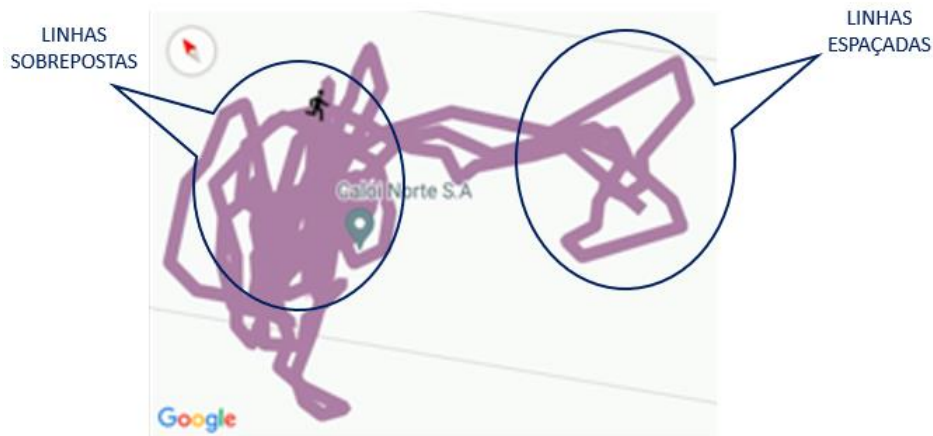


Figura 30- Análise de gráfico de espaguete. (Spaghetti Diagram App, 2022)

O lado direito do gráfico, apresenta linhas espaçadas. Observa-se que estão mais distantes dos fios da atividade principal, indicando uma distância maior percorrida pelo alimentador, durante a atividade de alimentação da linha de montagem de bicicletas 4. A informação emitida pela ferramenta *Spaghetti Diagram App* é confirmada pela figura 31, onde se vê à direita linhas espaçadas, que re representam o deslocamento do alimentador, até o setor de almoxarifado no *layout* atual.

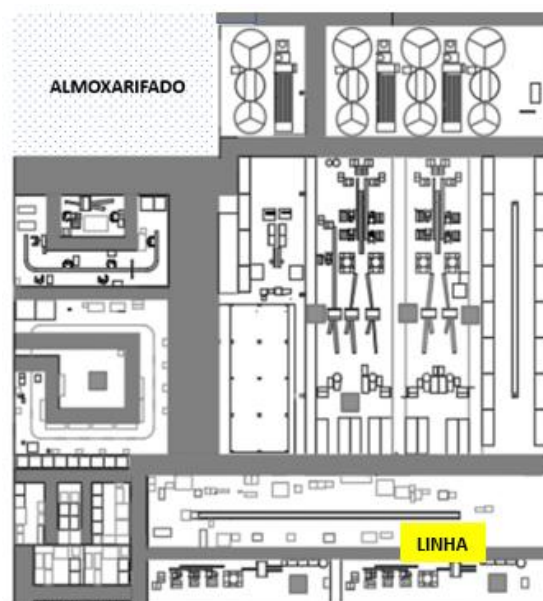


Figura 31- *Layout* atual e posicionamento do setor almoxarifado. (CALOI, 2022)

Deste modo, como apresentado na figura 31, aponta-se o *layout* como um dos pontos de melhoria a ser estudado e otimizado durante o Evento Kaizen. Em sequência, após confirmação dos *gaps*, seguiu-se com o trabalho.

5. PROJETO DE MELHORIA DA LINHA DE MONTAGEM DE BICICLETAS - IMPLANTAÇÃO

Neste capítulo será apresentado em detalhe, o projeto de melhoria implantado na linha de montagem de bicicletas de alto valor agregado, na Mini Fábrica de Montagem de Bicicletas, com ênfase nas etapas de Planejamento, Execução, Checagem e Ação (PDCA) e as atividades agregadas realizadas na organização.

5.1 Fase de planejamento

A fase de planejamento foi focada no desenvolvimento do Evento Kaizen, que objetiva reunir um grupo de colaboradores, de funções, níveis e setores variados, na área da linha de montagem de bicicletas 4, visando melhorias que pudessem ser implantadas de forma imediata, ou a curto prazo. De modo a se buscar melhorias segundo ponto de vista multidisciplinar, e agilidade de implantação. Em sumam esta etapa objetiva organizar a planejar as ações a serem desenvolvidas do evento, além de definições básicas como liderança, e tratamento de informações e registros.

5.1.1 Evento KAIZEN – Linha de Montagem 4

O Evento Kaizen ocorreu na segunda semana de agosto de 2022, reunindo colaboradores dos setores de engenharia, produção, qualidade, financeiro, fiscal, expedição e almoxarifado. Ao todo, 20 (vinte) colaboradores participaram do evento. A CALOI Norte S.A. determinou como tema norteador do evento: “buscar maior produtividade, redução de tempo, redução de distância percorrida, processo e *layout lean* de forma a atender a demanda de pagamento (alimentação) de materiais para as LM4”. Desta forma, conforme figura 32 abaixo, definiu-se três pensamentos norteadores. Assim, pode-se optar pela definição de fluxo do tipo *Just In Sequence* (JIS), ou seja, as peças serão alimentadas na linha de produção em sequência, de acordo com a sequência de ordens de produção (OP's) lançados pelo PCP, pela programação da produção puxada.



Figura 32- Pensamentos norteadores do Evento Kaizen (CALOI, 2022).

5.1.2 Ordenação e Controle de Informações

Para planejar a implementação das principais atividades que serão realizadas para a melhoria de performance do foi utilizada as ferramentas disponíveis pelo Sistema de Gestão Integrada (SGI) da empresa. Como suporte de organização dos planos de ação traçados para tratamento dos problemas identificados no capítulo anterior, podem ser verificados no ANEXO I, deste.

5.2 Fase de atuar

A fase de atuação ocorreu durante e após o Evento Kaizen, e teve como foco a implantação de melhorias idealizadas antes do evento, na fase de diagnóstico. Nesta etapa, também se apresenta brevemente as complexidades de implantação, em virtude de aspectos relacionados aos processos de apoio internos da empresa. O intuito é mostrar o caminho percorrido pelo grupo até os resultados alcançados.

É de salutar que durante a realização do Evento Kaizen identificou-se inúmeras oportunidades de melhorias no processo. Essas oportunidades foram mapeadas através do conceito da ferramenta Diagrama de Ishikawa. Ao todo, 10 (dez) problemas e oportunidades de melhoria nos processos abordados, onde criou-se um plano de ação (30 dias) com a inclusão de 50 ações corretivas e de melhoria. Aspectos fundamentais que necessitaram da atuação da equipe:

- 5S da linha de montagem 4;
- Determinação de fluxo de processo;
- Treinamento dos operadores, quanto a conscientização da mudança;
- Planejamento das ordens de produção, sincronização da produção;
- Identificação dos postos de trabalho da linha de montagem 4;
- Designação de colaborador específico para alimentação da linha de montagem 4;
- Alinhamento de produção e almoxarifado quanto ao *backlog*;

Os pontos elencados acima foram discutidos com todo grupo, como forma de se obter um perfeito alinhamento a respeito das definições que viriam a gerir o processo no futuro. Após isso, partiu-se para a etapa de implantação das melhorias identificadas, com foco nos *gaps*.

5.2.1 Implantação de Melhorias

As melhorias a serem implementadas devem utilizar recursos, quando necessário, oriundos de uma verba especial, destinada pela empresa, para execução do programa. Assim, a premissa seguida é de que cada Evento Kaizen realizado na organização, possua um determinado valor aportado, para que as ideias da equipe de colaboradores, possam ser executadas em sua plenitude.

A organização entende que o investimento em melhorias vai muito além do aporte financeiro. Por isso, a formação das equipes para eventos deste tipo, é feita com cautela. Além de manter-se um ambiente com foco na resolução de problemas, e otimização.

Para realização das implantações de melhorias, elaborou-se um plano de ação (tabela 4). As informações foram controladas via planilha, com atribuição de responsabilidades e controle de prazos. Deste modo, seguiu-se a implantação das melhorias na linha de montagem de bicicletas 4.

Tabela 4- Plano de ação Evento Kaizen

Nº	Diagrama de Ishikawa	Problemas	Soluções/Ações	Responsável	Status
1	Método	Não tem fluxo para administrar o backlog de bikes	Elaborar e homologar procedimento	Eduardo Engenharia	A realizar
2	Mão de Obra	Não há estratificação de MOD especificado por LM no balanceamento da Fábrica	Estratificar MOD e selecionar alimentador fixo para alimentação da LM4	RH	A realizar
3	Medição	Sensação de que o GBO não está acurado com a realidade.	Realizar nova tomada de tempo de abastecimento com outra ferramenta de medição	Eduardo Engenharia Analistas	A realizar
4	Meio Ambiente	Não há local/paleta fixo/definido para caixas vazias	Definir local fixo para disponibilizar as caixas vazias	Almoxarifado	A realizar
5	Método	Separação e pagamento de materiais em carrinhos ao invés de pallets	Melhorar o formato dos carrinhos. Ou avaliar se podemos alimentar com pallets	Manutenção	A realizar
6	Método	Falta de definição de rotas para pagamento de materiais	Aplicar metodologias <i>lean</i> e definir a melhor rota para os alimentadores na LM4	Todos	A realizar
7	Método	A linha não possui lugar para produtos não conforme	Estudar <i>layout</i> e criar local para produto não conforme na linha de montagem 4	Eduardo Engenharia	A realizar
8	Método	Instruções de trabalho para alimentação da LM4, estão obsoletas	Atualizar todas as Its da LM4 e disponibilizá-las	Engenharia Analistas	A realizar
9	Método	Falta identificação dos postos de abastecimento	Avaliar e definir como será a identificação da LM4	Engenharia Analistas	A realizar
10	Meio Ambiente	O almoxarifado fica muito longe da LM4. Demora para abastecer materiais já separados	Estudar e avaliar possível mudança de <i>layout</i>	Eduardo Engenharia Analistas	A realizar

Após a execução do plano de ação listado na tabela 4, com ações que duraram até 30 dias, após o evento. A implantação das melhorias foi muito dependente dos processos com fornecedores internos, tal como o compras, a ferramentaria, a serralheria, e também a manutenção. Por isso, para as mudanças de *layout* propostas foram executadas de forma gradativa.

5.2.2 Mudança de *layout*

A partir da análise dos dados fornecidos pela ferramenta Spaghetti Diagram App, conforme item 4.3 deste, identificou-se a necessidade de mudança de *layout*. Essa necessidade tornou-se evidente em virtude da posição do almoxarifado (figura 31). Especialmente, o setor fica muito distante da linha de montagem 4, local onde serão utilizados os materiais separados dentro do almoxarifado. Deste modo, essa distância geográfica do ponto de partida (dentro do almoxarifado) e ponto de entrega (linha de montagem) demanda tempo de deslocamento da mão de obra (alimentador), que não agrega valor ao produto. Assim, classificou-se como desperdício de movimentação. Partindo disso, buscou-se atuar sobre esse desperdício, com a ação número 10 (tabela 4).

As premissas para determinação de um novo *layout* foram simples, e baseadas no princípio lean. Ou seja: reduzir distâncias, favorecer o fluxo contínuo, eliminar desperdícios. Desta maneira, elaborou-se juntos aos membros do Evento Kaizen, um novo *layout* (figura 33), dentro do exequível com os recursos disponibilizados, de modo que o setor pudesse ser aproximado da linha de montagem 4, o máximo possível.

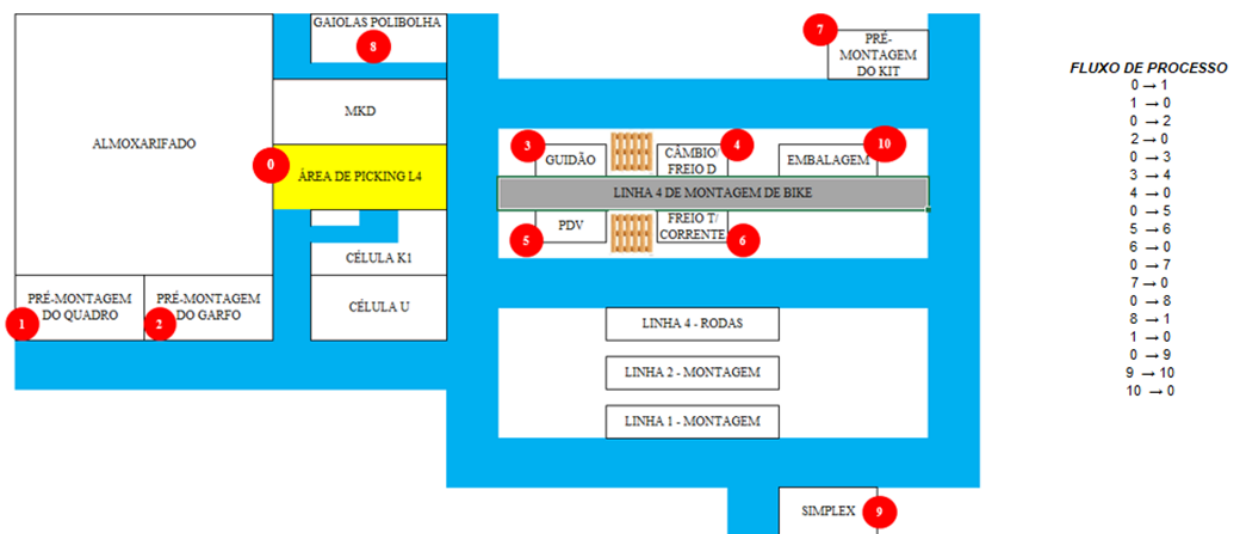


Figura 33- Definição de novo *layout* e estabelecimento de fluxo de processo. (CALOI, 2022)

O novo *layout* já contempla o fluxo de processo estabelecido conforme ação 1 (tabela 4), e a futura nova identificação (padronização) dos postos e estações de abastecimento da linha de montagem 4. Outro ponto importante, é a criação de uma 'área de processo', exclusiva para separação de materiais e a organização para o abastecimento da linha, onde a equipe do almoxarifado pudesse dar respostas rápidas, sem comprometer outras áreas de trabalho, ou interferir no abastecimento dos demais processos clientes.

5.3 Fase de observar

Na etapa denominada 'fase de observar', apresenta-se as verificações realizadas pela equipe do Evento Kaizen, após a implantação das melhorias propostas. Estas verificações foram constatadas através de produtos. Ou seja, a resultante de planos de ação específicos para cada frente de trabalho, conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5- Panorama das ações executadas pela equipe do Evento Kaizen

Nº	PROBLEMAS	SOLUÇÕES/AÇÕES	PRODUTOS	STATUS
1	Não tem fluxo escrito para administrar o backlog de bikes/peças	Elaborar e homologar procedimento	Determinado fluxo de processo. Homologado no SGI	OK
2	Não há estratificação de MOD especificado por LM no balanceamento da Fábrica	Estratificar MOD e selecionar alimentador fixo para alimentação da LM4	Determinação de MOD exclusiva para alimentação da LM4	OK
3	Sensação de que o GBO não está acurado com a realidade.	Realizar nova tomada de tempo de abastecimento com outra ferramenta de medição	Nova tomada de tempo utilizando o <i>Spaghetti Diagram App</i>	OK
4	Não há local/paleta fixo/definido para caixas vazias	Definir local fixo para disponibilizar as caixas vazias	Determinada área de caixas vazias.	OK
5	Separação e pagamento de materiais em carrinhos ao invés de pallets	Melhorar o formato dos carrinhos. Ou avaliar se podemos alimentar com <i>pallets</i>	Novo modelo de carrinho fabricado. Mais compartimentos e mais espaço	OK
6	Falta de definição de rotas para pagamento de materiais	Aplicar metodologias <i>lean</i> e definir a melhor rota para os alimentadores nas LMs	Rotas definidas e com <i>layout</i> atualizado, para pagamento de materiais na LM4	OK
7	A linha não possui lugar para produtos não conforme	Estudar <i>layout</i> e criar local para produto não conforme na linha de montagem 4	Determinação e identificação de materiais e produtos NC dentro da LM4	OK
8	Necessário atualizar as instruções de trabalho da LM4, estão obsoletas	Atualizar todas as Its da LM4 e disponibilizá-las	Its atualizadas. Novo local em pedestal, no início da LM4. Acesso via <i>QR Code</i>	OK
9	Não tem identificação dos postos de abastecimento na LM4	Avaliar e definir como será a identificação da LM4	LM4 foi identificada com placas adesivadas e Kanban	OK
10	O almoxarifado fica muito longe da LM4.	Estudar e avaliar possível mudança de <i>layout</i>	<i>Layout</i> novo definido segundo fluxo de processos novo identificado	OK

Ainda nesta etapa, testes e simulações foram novamente realizados, para geração de dados, e posterior análise. Ao todo, mais 10 (dez) simulações foram realizadas, para coleta de dados que pudessem caracterizar o 'depois' do processo. Esta etapa objetiva basicamente em verificar o grau de realização do plano de ação elaborado na etapa anterior. Em linhas gerais, utilizou-se esta etapa para avaliar se as ações realizadas surtiram o efeito esperado. Para apresentação das melhorias implantadas, conforme tabela 5, todas as 10 ações relacionadas a efeitos impactantes no processo de alimentação da linha de montagem 4, tiveram suas ações concluídas.

É de salutar que os produtos elencados na tabela 5, são fruto de planos de ação independentes, específicos para atendimento dos *gaps* apresentados. Para atuação nestas frentes, a equipe de colaboradores do Evento Kaizen foi dividida, e os membros foram responsáveis por ‘puxar’ as ações, junto às demais áreas.

Ao que tange o item 3 (tabela 5), foi necessário realizar uma nova medição da tomada de tempo, após a mudança do *layout*, para estabelecer e acurar o novo Gráfico de Balanceamento de Operadores (GBO) da atividade de abastecimento. Aqui, utilizou-se mais uma vez o *Spaghetti Diagram App*, obtendo-se o resultado conforme apresentado na figura 34:

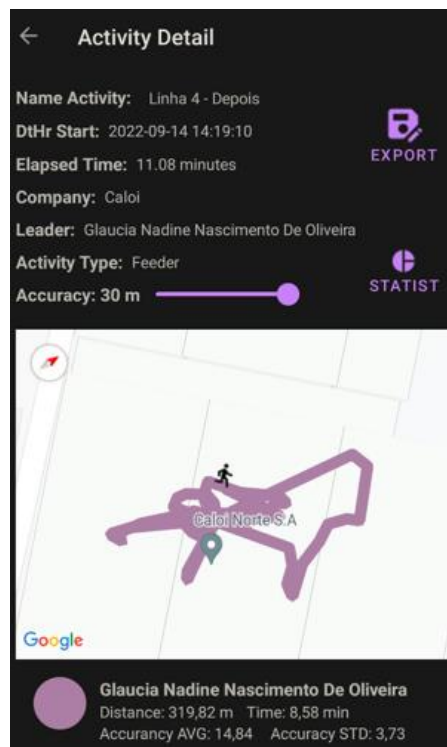


Figura 34- Diagrama espaguete do processo pós melhorias. (*Spaghetti Diagram App*, 2022)

A figura 34 apresenta o panorama do processo após a implantação das melhorias propostas na fase anterior. É possível observar um diagrama de espaguete digital mais limpo, centrado, e restrito ao entorno da linha de montagem de bicicletas 4. Assim, com a constatação dessas observações, encerra-se a fase de observações.

5.4 Fase de refletir

No quarto e último momento, chamado de ‘fase de refletir’, buscou-se a análise crítica de tudo que havia sido implantado e verificado. Os dados oriundos da etapa anterior foram importantes na fundamentação da tomada de ações pela liderança do grupo. Após análise dos cenários possíveis foi possível replanejar

as ações, e ajustar o que foi preciso. Em síntese, apresenta-se na tabela 6 as reflexões das ações realizadas, conforme proposto.

Tabela 6- Síntese crítica das ações executadas no Evento Kaizen

Nº	Diagrama de Ishikawa	Problemas	Produtos	Análise Crítica
1	Método	Não tem fluxo escrito para administrar o backlog de bikes/peças	Determinado fluxo de processo. Homologado no SGI	Efetivo Parcial: necessário ainda realizar treinamento com todos os envolvidos
2	Mão de Obra	Não há estratificação de MOD especificado por LM no balanceamento da Fábrica	Determinação de MOD exclusiva para alimentação da LM4	Efetivo Total: colaborador que alimenta a linha 4 já ciente de suas funções
3	Medição	Sensação de que o GBO não está acurado com a realidade.	Nova tomada de tempo utilizando o <i>Spaghetti Diagram App</i>	Efetivo Total: a nova tomada de tempo de alimentação gerou dados que refletem a melhoria do <i>layout</i>
4	Meio Ambiente	Não há local/palete fixo/definido para caixas vazias	Determinada área de caixas vazias. Identificada com placa e fita demarcação	Efetivo Parcial: área criada, mas ainda não utilizada em totalidade. Treinamento
5	Método	Separação e pagamento de materiais em carrinhos ao invés de pallets	Novo modelo de carrinho fabricado. Mais compartimentos e mais espaço	Efetivo Total: o novo modelo atende à demanda e é mais fácil de usar
6	Método	Falta de definição de rotas para pagamento de materiais	Rotas definidas e com <i>layout</i> atualizado, para pagamento de materiais na LM4	Efetivo Parcial: novo <i>layout</i> requer treinamento com todos os envolvidos
7	Método	A linha não possui lugar para produtos não conforme	Determinação e identificação de materiais e produtos NC dentro da LM4	Efetivo Total: o Kanban da cor vermelha é usual
8	Método	Necessário atualizar as instruções de trabalho para alimentação da LM4, estão obsoletas	Its atualizadas. Novo local em pedestal, no início da LM4. Acesso via <i>QR Code</i>	Efetivo Parcial: necessário treinamento com todas as MOD da linha 4
9	Método	Não tem identificação dos postos de abastecimento na LM4	LM4 foi identificada com placas adesivadas e Kanban	Efetivo Total: o Kanban estabelecido é visual e funcional
10	Meio Ambiente	O almoxarifado fica muito longe da LM4. Demora para abastecer materiais já separados	<i>Layout</i> novo definido segundo fluxo de processos novo identificado	Efetivo Parcial: novo <i>layout</i> requer treinamento com todos os envolvidos

Em linhas gerais, após avaliação crítica de tudo aquilo que havia sido implementado, chegou-se à efetividade de 50% das ações executadas. Neste momento, girou-se o ciclo PDCA novamente, e foi necessário atuar na frente de conscientização e treinamento da mão de obra, para completa implementação das melhorias, conforme apresentado na figura 35 abaixo:



Figura 35- Treinamento cascade sobre melhorias implementadas da linha de montagem 4

Nesta etapa, atuou-se com treinamento prático, nos itens 1, 4, 6, 8 e 10 (tabela 6). Basicamente, mostrou-se os comparativos das áreas (antes vs depois), e foi se discutindo ponto a ponto e esclarecendo dúvidas ocasionais. Utilizou-se como método a reunião geral com todos os envolvidos do processo, em forma de cascata, iniciando pela liderança, até o chão de fábrica, de forma a abranger toda mão de obra operacional envolvida no processo de fabricação de bicicletas de alta performance, montadas da linha de montagem 4.

Após a execução desta etapa, não foram identificados outros entraves quanto à implantação das melhorias propostas e executadas através do Evento Kaizen. Deste modo, seguiu-se para a última etapa do projeto, onde os resultados são apresentados.

6. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos após a etapa de execução, bem como o comparativo de cenários (antes vs depois) após implantação das melhorias propostas no Evento Kaizen, para a linha de montagem de bicicletas 4. O capítulo apresenta as principais melhorias, por meio de subtópicos que abordam os aspectos relacionados.

6.1 Resultados da ferramenta *Spaghetti Diagram*

A ferramenta *Spaghetti Diagram App* foi utilizada nas fases de identificação de desperdícios (subitem 4.3 deste), e posteriormente na fase de observação (item 5.3 deste). Esses dois momentos, representam um panorama de antes e depois da implantação das melhorias propostas no Evento Kaizen. Os principais produtos fornecidos pela ferramenta, são: o diagrama de espaguete digital, dados de tempo de deslocamento e distância percorrida. Conforme apresentado na figura 36, onde o *print* da tela, dos dois momentos são comparados, é possível compreender a magnitude na ferramenta, ao tratar-se da análise de *layouts*.

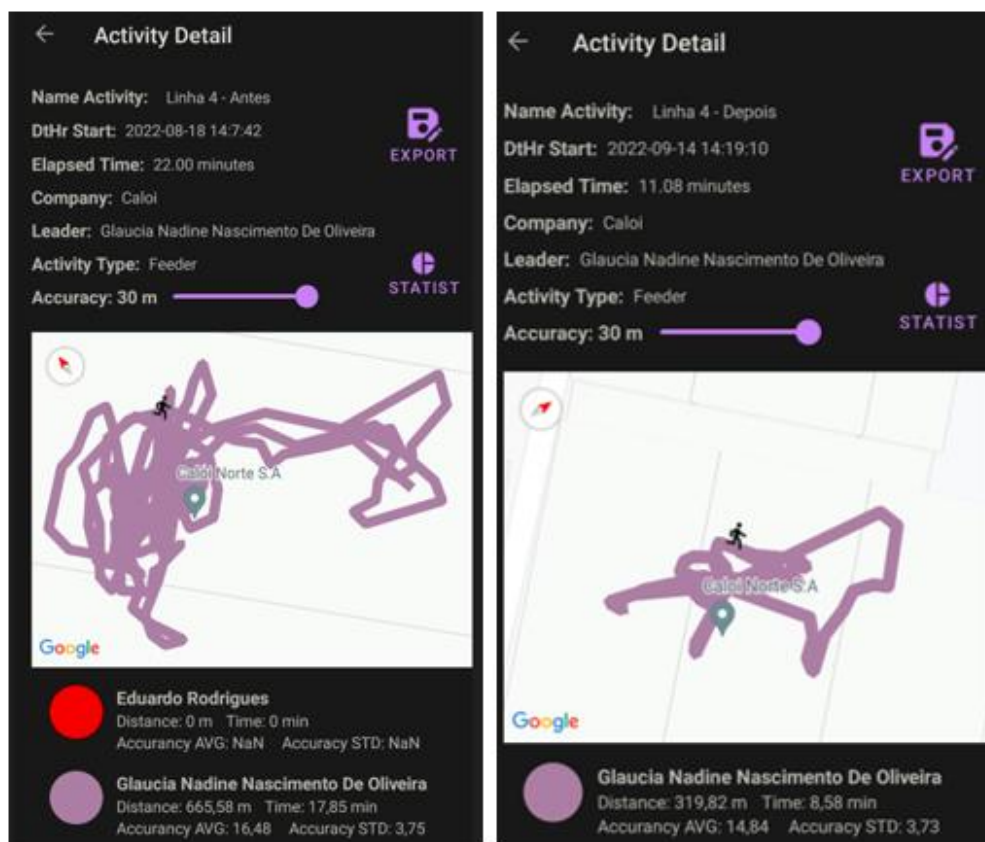


Figura 36- Panorama antes vs depois. (*Spaghetti Diagram App*, 2022)

Apesar de apenas dois *prints* sejam apresentados nestes dois momentos, utilizou-se como base de análise cinco simulações para cada um dos cenários. A figura 36 apresenta a síntese das simulações, do que melhor representa o antes e depois do processo de alimentação da linha de montagem 4. Visualmente, já é possível verificar significativa redução das linhas de fluxo, que representa que o operador alimentador teve seu curso de deslocamento reduzido. Em termos de dados, é possível verificar na tabela 7, que há uma redução de 49% em relação ao tempo total de operação de abastecimento, entende-se que isso é efeito das ações de determinação de fluxo de processo, e padronização dos postos da linha de montagem. Principalmente, ao Kanban de cores (visual), implantado nas áreas. Verifica-se ainda, que o tempo em deslocamento foi reduzido em 51%. Entende-se que isso se deve às ações relacionadas às mudanças de *layout* e de exclusividade da mão de obra. Uma vez que, contempla-se a curva de aprendizado do operador.

Tabela 7- Síntese de resultados da ferramenta *Spaghetti Diagram App*

CENÁRIOS	DISTÂNCIA (m)	TEMPO (minutos)	
		TOTAL	EM DESLOCAMENTO
ANTES	665,58m	22min	17,85min
DEPOIS	319,82m	11,08min	8,58min

Ao que tange dados de distância, conforme apresentado na tabela 7, verifica-se uma redução de 52%, que pode ser compreendida como efeito das ações de movimentação do setor almoxarifado (mudança de *layout*), conforme apresentado na figura 37.

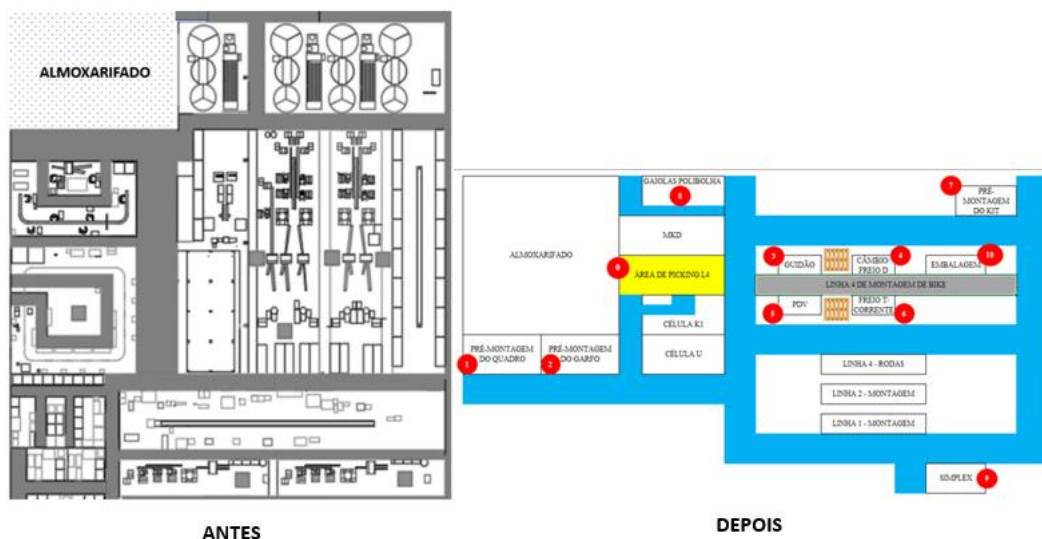


Figura 37- Panorama comparativo de *layout* (CALOI, 2022)

Em termos de *layout*, entre outras observações, verifica-se em amarelo que foi criada uma área exclusiva, denominada “área de processo linha 4”, para comportar as operações de pré-desembalagem realizada pelo almoxarifado, antes do pagamento de materiais. Também, é possível observar claramente a aproximação do setor almoxarifado da linha de montagem, onde as peças e componentes são consumidas. Estes dados são facilmente confirmados, com o uso da ferramenta *Spaghetti Diagram Desktop*, que configura-se como um ambiente adicional, para análise de dados e verificação geoespacial das operações conduzidas com a tecnologia integrada nos aparelhos *smarthphones*.

A figura 38 apresenta o mapa geoespacial gerado pela ferramenta, onde é possível verificar as linhas de fluxo da atividade (setinhas coloridas), após a implantação das melhorias. Entende-se que o curso de abastecimento está claramente definido, e concentrado nas novas áreas criadas para suporte da atividade.

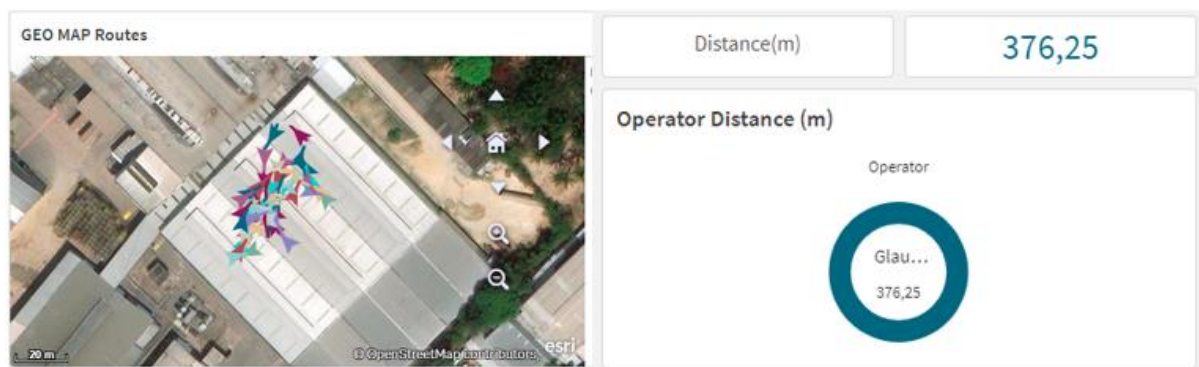


Figura 38- Mapa da atividade de abastecimento pós implantação de melhorias (*Spaghetti Diagram Desktop*)

A modalidade desktop da ferramenta ainda permite que sejam exportados dados processados em forma de gráfico, como apresenta-se na região direita da figura 38. O gráfico de rosca remete-se à nova distância percorrida pelo operador alimentador da linha de montagem 4, relacionada diretamente às linhas de curso registradas no gráfico geoespacial do curso da atividade. Deste modo, confirma-se os dados colhidos, e valida-se as melhorias implementadas.

6.2 Ganho em transporte no abastecimento da linha de montagem de bicicletas 4

No tangível a resultados, avaliou-se também os ganhos relacionados ao transporte de componentes e peças para o abastecimento da linha de montagem 4. A figura 39 apresenta a síntese comparativa realizada pela equipe de engenharia de processos da empresa, com base na cronoanálise do processo.

ANTES				DEPOIS			
Volume/Turno (un):	426			Volume/Turno (un):	426		
Nº Total de Operadores (un):	1			Nº Total de Operadores (un):	1		
POSTO: ALIMENTAÇÃO LM04	Classe	TC (seg.)	TC Total	POSTO: ALIMENTAÇÃO LM04	Classe	TC (seg.)	TC Total
Início da separação de OP. Recebimento das ordens e plano do dia seguinte com a liderança; Obs: Diário Duração: 10 minutos		3,00					
(Ordem de produção de 200 pçs. com tempo médio de 3h/OP) Coleta de materiais conforme Ordem de produção; Obs: A separação de OP inicia-se a partir das 12h30 e pode durar até o dia seguinte dependendo da quantidade programada para produção. Tempo médio considerando uma OP de 200 pçs, 3h. O tempo de 3h está contemplado a leitura do coletor. - Fazer separação em pallets dos garfos suspensão que estão em gaiolas no setor. Obs: Se houver - Imprimir as placas de identificação nas OPs para a LM; Obs: Diário Duração: 10 minutos		54,00					
Imprimir as placas de identificação nas OPs para a LM; Obs: Diário Duração: 10 minutos		3,00					
PEGAR O CARRINHO C/ OS MATERIAS JÁ SEPARADOS DA ÁREA DO PICKING (MATERIAL DO GUIDÃO, MATERIAL DO QUADRO E MATERIAL DO KITS E EMBALAGEM). Duração: 3m18seg = 198 seg Obs: Considerar + 8,26 min p/ abastecimento da embalagem = 496 s Considerar OP de 200	VA	3,47	152,61	PEGAR O CARRINHO C/ OS MATERIAS JÁ SEPARADOS DA ÁREA DO PICKING (MATERIAL DO GUIDÃO, MATERIAL DO QUADRO E MATERIAL DO KITS E EMBALAGEM). Considerar OP de 200	VA	2,41	82,83
ABASTECER MATERIAL DO GUIDÃO Duração: 3m28seg = 208 seg Obs: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Considerar OP de 200	VA	1,04		ABASTECER MATERIAL DO GUIDÃO Considerar OP de 200	VA	2,25	
ABASTECER MATERIAL DO QUADRO (PDV, CÂMBIOS, FREIOS) Duração: 8,3 min = 498s Obs: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Considerar OP de 200	VA	6,99		ABASTECER MATERIAL DO QUADRO (PDV, CÂMBIOS, FREIOS) Considerar OP de 200	VA	6,77	
ABASTECER MATERIAL DO KIT Duração: 214s Obs: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Considerar OP de 200	VA	1,07		ABASTECER MATERIAL DO KIT Considerar OP de 200	VA	1,07	
ABASTECER GARFO Duração: 12,3 min = 738s Obs 1: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Obs 2: 1 cx vem 6 garfos, 1 paleta suporta 9 cxs, total = 54 garfos.	VA	13,67		ABASTECER GARFO Obs 2: 1 cx vem 8 garfos, 1 paleta suporta 6 cxs, total = 48 garfos.	VA	10,38	
ABASTECER MVD E MVC Duração: 1min63s = 98 s Obs: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Considerar OP de 200	VA	0,98		ABASTECER MVD E MVC Considerar OP de 200	VA	1,16	
DESEMBALAGEM DO QUADRO Cenário Crítico Duração: 7,9 minutos = 474 s Cx com 10 quadros	VA	47,40	Nº MOD	DESEMBALAGEM DO QUADRO Cenário Crítico Duração: 4 minutos = 240 seg Cx com 10 quadros	VA	58,80	Nº MOD
ALIMENTAÇÃO DO QUADRO Cenário Crítico Duração: 3 minutos = 180 seg Cx com 10 quadros	VA	18,00	1	ALIMENTAÇÃO DO QUADRO Cenário Crítico Duração: 3 minutos = 180 seg Cx com 10 quadros	VA		1
			%BAL.				%BAL.
LÍDER DA OPERAÇÃO: EDUARDO RODRIGUES DA SILVA				LÍDER DA OPERAÇÃO: EDUARDO RODRIGUES DA SILVA			
NOME OPERADOR: GLAUCIA NADINE NASCIMENTO DE OLIVEIRA				NOME OPERADOR: GLAUCIA NADINE NASCIMENTO DE OLIVEIRA			

Figura 39- Panorama comparativo da atividade de alimentação da LM4 (CALOI, 2022)

A engenharia de processos realizou análise por meio de Cronoanálise, ferramenta utilizada na empresa, que possui como base a metodologia tempos e métodos. Desta forma, após esmiúço de todas as atividades envolvidas no processo (figura 39), o resultado considerado pela engenharia de processos é apresentado em síntese na tabela 8, abaixo:

Tabela 8- Panorama comparativo de tempos de ciclo (cronoanálise)

Tempo de ciclo antes (s)	Tempo de ciclo depois (s)	Ganho em Produtividade (%)
152,61	82,83	46%

Em linhas gerais, entende-se que os ganhos obtidos após a implantação das ações propostas e apresentadas no capítulo 5, é consolidado no valor de 46%, relacionado à produtividade. Conforme apresentado na figura 39, este ganho foi validado pelo setor de engenharia de processos da CALOI Norte S.A., por meio de cronoanálise.

As etapas do processo, segundo novo *layout* e áreas criadas, segue o descrito na figura 40. Em linhas gerais, no processo atual, o alimentador busca o carrinho ou *pallet* de materiais já previamente separados segundo OP de produção, que está localizado na área de *picking* da linha de montagem 4. Em sequência, o alimentador realiza os abastecimentos, seguindo o fluxo de processos estabelecidos no novo *layout* (figura 33), indo e voltando, alternando entre a área de *picking* e os postos de abastecimento de materiais já padronizados visualmente. Desta forma, entende-se que o alimentador percorre uma distância menor que antes. E isto impacta diretamente o seu tempo na execução da atividade.

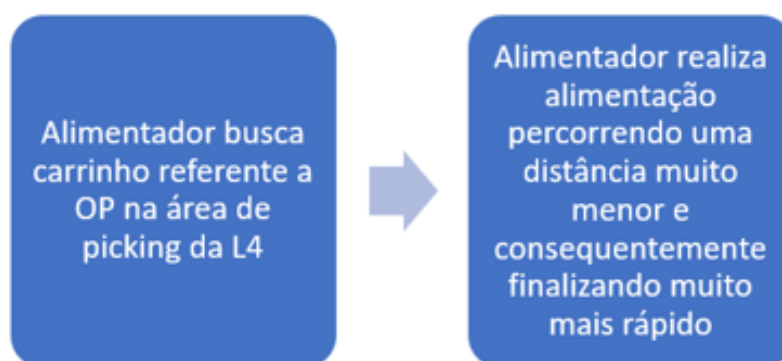


Figura 40- Síntese de mudanças do processo de abastecimento de materiais da LM4

Após análise dos dados da engenharia de processos, e da ferramenta *Spaghetti Diagram Desktop*, entende-se que o fluxo de processo foi estabelecido e é executado. E também, que houve redução do tempo de processo de alimentação de materiais da linha de montagem 4. Ocasionado pelo encurtamento da distância (mudança de *layout*), e ações relacionadas à padronização de atividades e estabelecimento de fluxo de processo. Por conta da restrição de informações financeiras, entende-se portanto, estes resultados como consolidados em ganho percentual de 46% em produtividade. Apesar da ferramenta *Spaghetti Diagram* considerar ganhos superiores (49% tempo, 51% deslocamento, e 52% distância), para

fins de medição de resultados, será considerado o resultado consolidado pela engenharia de processos, por meio de cronoanálise.

6.3 Ganho em espaço

Ao abordar o aspecto espaço físico, objetiva-se apresentar nesta subitem como a equipe do Evento Kaizen buscou otimizar os espaços existentes, de modo a torná-los funcionais e mais seguros. Para o alcance deste resultado, utilizou-se os princípios básicos do 5S, que é um programa implantado na CALOI Norte S.A., como programa 6S, sendo o sexto S, a segurança. Como pode ser observado na figura 41, abaixo:



Figura 41- Panorama da estação de trabalho de separação de materiais

Durante o Evento Kaizen, na fase de observação, dois problemas críticos de segurança foram identificados e foram corrigidos. Havia estação de trabalho embaixo das posições porta *paletts*, como mostra a figura 41. E o uso de escadas desapropriadas para retirar materiais no terceiro nível. As escadas anteriores, condicionam ao operador a descida da escada equilibrando a caixa em uma das mãos e tendo como apoio ao corrimão somente a outra mão em uma altura considerável acima de 1,20 metros. A atividade foi considerada perigosa, suspensa pela equipe, e inclusa no mapa de riscos da segurança. A modificação das estações dos postos de trabalho de separação de materiais é pautada como um dos principais ganhos de segurança deste projeto. Os postos foram deslocados para dentro do almoxarifado, próximo às áreas administrativas, onde não há risco de segurança. A área anteriormente ocupada foi esvaziada e disponibilizada ao armazenamento de materiais.

Outro resultado expressivo relacionado a ganho de espaço, pode ser apresentado a criação da área de *picking* da linha de montagem 4. A figura 42 apresenta a área criada exclusivamente para comportar as operações de desembalagem da linha. e também, a padronização em forma de placas para determinação da ordem de desembalagem e sequência para pagamento de materiais.

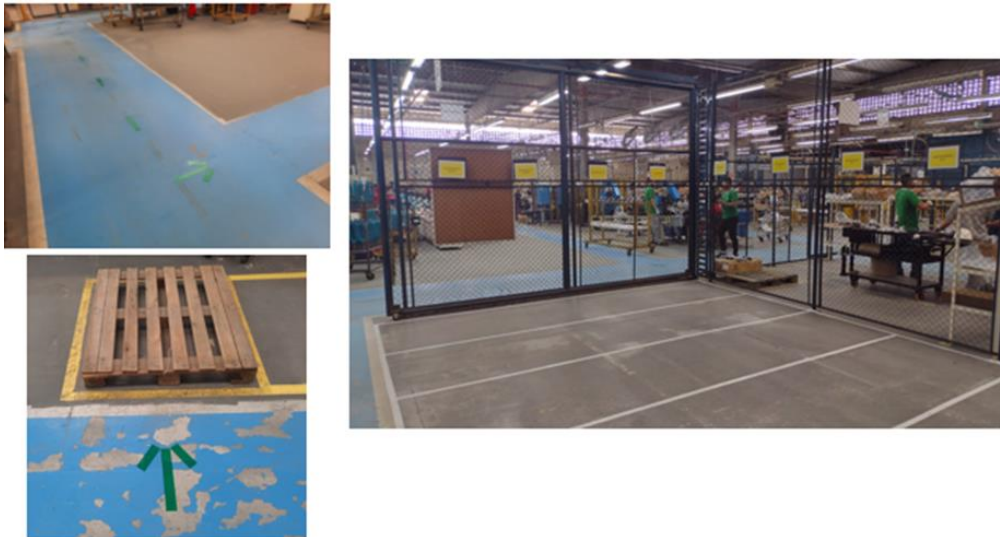


Figura 42- Criação de área de picking, e rotas de pagamento de materiais da linha de montagem de bicicletas 4. Como ganho de espaço também pontua-se a área criada para destinação de *pallets* vazios, conforme apresentado na figura 43. Pois, determinou-se que alguns materiais de consumo, como exemplo o papel simplex, fosse pago para a linha de montagem 4, com o uso de *pallets*. É de salutar que a área de picking criada, foi designada para uso exclusivo da linha 4, objeto deste estudo. Foi estruturada para comportar: área de devolução de material, área de desembalagem de componentes, com aplicação Kanban para sobra de materiais.



Figura 43- Criada área para paletes vazios do processo de abastecimento da LM4

Em linhas gerais, os ganhos de espaço também podem ser observados em toda extensão da linha de montagem de bicicletas 4, e seus arredores. As melhorias implementadas relacionadas, impactaram

diretamente na organização dos materiais, na execução das atividades e no aspecto visual da mini-fábrica de montagem de bicicletas.

6.4 Resultados indiretos ou adicionais

Com a padronização das atividades e do fluxo de processo da atividade de abastecimento (alimentação) da linha de montagem, demais aspectos foram avaliados pela equipe designada, durante Evento Kaizen, que requeriam baixo nível de investimento, e fácil nível de execução. Estes aspectos são diversos, abrangentes às áreas do processo que envolvem outras variáveis, como: ergonomia, *setup*, fluxo de trabalho, entre outros. Por isso, estes resultados impactaram positivamente o processo, e por isso, são pontuados como resultados indiretos, ou mesmo, ganhos adicionais. Com o estabelecimento de fluxo de processo e a padronização das atividades relacionadas à montagem na linha de produção 4, podem ser citadas a criação da área para produtos não conforme que podem ou não ser retrabalhados na linha, por colaborador designado, com suporte da equipe da qualidade. Também, a criação da área onde podem ser dispostos os componentes com status de “em análise”, como mostrado na figura 44. É importante pontuar que anteriormente, materiais não conformes eram removidos da linha e dispostos provisoriamente em cima de papel simplex, no chão da linha. Essa prática de dispor produtos no chão foi uma das entradas de análise da equipe do Evento Kaizen, e efeito que buscou-se eliminar desde o princípio.

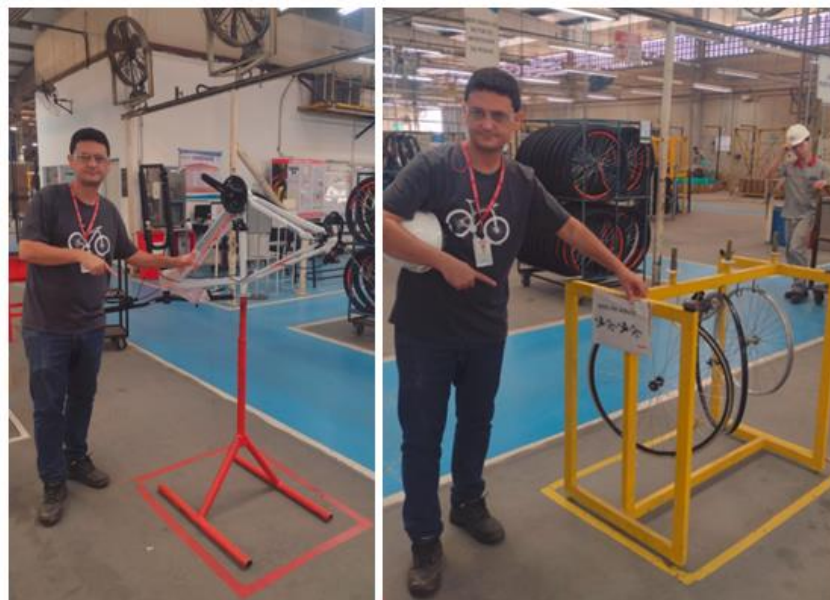


Figura 44- Criada área para produtos não conformes, e materiais em análise na LM4.

Outro aspecto importante que pode ser pontuado como ganho está relacionado à fatores ergonômicos e de segurança. No processo atual da linha de montagem, os colaboradores utiliza-se parafusadeiras elétricas a bateria. Não existia qualquer tipo de suporte para guarda das mesmas, ou local próximo à linha de montagem, para carregamento (recarga) das baterias das parafusadeiras. Por isso, conforme apresentado na figura 45, foram estabelecidos:



Figura 45- Instalação de balancim para parafusadeiras pneumáticas, e criação de suporte para carregamento de baterias na linha de montagem de bicicletas 4.

Balancim para guarda vertical (vai e vem) das parafusadeiras, evitando que este peso recaia sobre os colaboradores. Promovendo-se assim, saúde e preservando o bem estar dos colaboradores envolvidos. Em outros aspectos importantes, destaca-se a padronização das instruções de trabalho e a disponibilização dos arquivos individuais via QR Code a toda produção. Também, a determinação de pagamento de simplex via matrim de produção, conforme figura 46.



Figura 46- Atualização das instruções de trabalho, e disposição na linha. Definição de área para alimentação de simplex.

Entre as melhorias realizadas com a equipe operacional da linha de montagem 4, destaca-se o projeto de reaproveitamento de cases de parafusadeiras, para organização de ferramentas de trabalho do posto, conforme figura 47.



Figura 47- Definição de postos e locais para ferramentas utilizando cases de parafusadeiras (reaproveitamento)
A ação de reaproveitamento dos cases das parafusadeiras foi realizada em conjunto com o setor de sistema de gestão integrada (SGI), por estar relacionado à questões de sustentabilidade, e redução dos impactos ambientais do processo.

Todas as ações pautadas até aqui, utilizaram recursos e processos internos para sua execução. Utilizou-se os setores de manutenção, ferramentaria e serralheria. Optou-se por essa internalização, em virtude da oportunidade de redução de custos e melhor controle sobre as entregas.

Ao que tange fornecimento de equipamentos de origem externa, optou-se por externalizar a demanda de fabricação de *racks* para armazenagem dos materiais de embalagem (papel simplex e esponjado). Conforme mostra a figura 48, novos *racks* foram obtidos para a linha de montagem.



Figura 48- Novo rack de simplex, e novo carrinho e EPE da Linha de Montagem de Bicicletas 4

Os novos *racks* condicionam uma melhor armazenagem desses materiais, com a garantia da salvaguarda de entempéries, mantendo os recursos livres de umidade e poeira, aptos para uso nas embalagens de bicicleta da linha de montagem de bicicletas 4.

7. CONCLUSÃO

Neste capítulo apresentam-se as conclusões do autor sobre a investigação, com comentários sobre os aspectos positivos identificados durante o uso do *Spaghetti Diagram App*, as limitações encontradas, as dificuldades e as recomendações de trabalhos futuros.

7.1 Considerações finais

Esta investigação teve como objetivo global o desenvolvimento de um projeto de melhoria contínua, por meio da integração de ferramenta da I4.0 e do *Lean Manufacturing* em uma linha de montagem de bicicletas performance, da empresa CALOI Norte S.A. Para fins didáticos, este objetivo global subdividiu-se em cinco, retratados abaixo:

Quanto a seleção e o uso de ferramenta da I4.0, com tecnologias integradas em *smartphone* para acompanhar os tempos, deslocamentos e movimentos, evidencia-se que durante as fases específicas, fez-se uso do *Spaghetti Diagram App*, e outras ferramentas do *Lean Manufacturing*.

Quanto a construção do Diagrama de Espagheti Digital, de modo a identificar e quantificar as movimentações percorridas, evidencia-se que por meio do *Spaghetti Diagram App*, foi possível, conforme figura 36.

Quanto ao estudo das oportunidades de melhoria a partir da identificação de desperdícios e de princípios do Lean, evidenciado a realização, conforme a seção 4.2 deste.

Quanto à implementação de melhorias recorrendo a ferramentas e princípios de produção *Lean*, evidencia-se a sua conclusão satisfatória, segundo item 5 (em sua totalidade) deste.

Quanto à avaliação dos ganhos das implantações das melhorias (Atual vs. Proposto), por motivos de confidencialidade de dados intrínsecos a CALOI Norte S.A., optou-se por pautar os ganhos de forma percentual, e não financeira. Esta análise é apresentada na seção 6 (em sua totalidade) deste.

Ao que tange objetivos específicos, essa investigação adotou dois objetivos específicos. O primeiro, de reduzir em 15% o tempo operacional dentro do processo de pagamento de materiais (atual 1h 50min para 200 peças abastecidas). Como visto no item 6.2 deste, o ganho em alimentação de materiais foi consolidado em 46%, que representa 31% acima do que se havia proposto. Por isso, considera-se que as ações executadas neste trabalho atenderam aos requisitos deste objetivo.

O segundo objetivo específico consistia-se na proposta um novo *layout*, também de uma metodologia de pagamento de materiais que tornasse o processo mais eficiente. Conforme é apresentado no item 6.1,

onde não apenas a proposta, como também a modificação física do *layout* foi executada. É possível verificar que a mudança de *layout* trouxe melhorias adicionais, que são apresentadas no item 6.5 deste, como padronização, novos racks, revitalização de equipamentos, entre outras.

Em linhas gerais, ao que se refere a resultados, apesar de terem superado os objetivos estabelecidos no início da investigação, mais resultados positivos foram observados em toda CALOI Norte S.A. Isto se dá, em função do grande número de mudanças que foram implementadas. Com a realização desta investigação, foi possível aplicar a ferramenta da I4.0, com amostra integrada no *Spaghetti Diagram App*, além de conceitos e técnicas do *Lean Manufacturing*. Assim, a difusão da prática entre os colaboradores da empresa, do nível estratégico ao operacional, além dos ganhos, é pautada como o resultado mais valioso deste trabalho.

7.2 Trabalhos futuros

Com base no Kaizen, e no princípio de melhoria contínua, deixa-se neste trabalho as técnicas e conceitos que foram aplicados, para alcance dos resultados apresentados. Segundo planejamento estratégico da empresa, no futuro, pode ser necessário expandir este tipo de estudo para suas demais linhas produtivas, tornando-as alvo de projetos de implementação de melhorias similares a este. De modo a elevar o nível organizacional, melhorando a qualidade dos produtos fabricados, e garantindo a competitividade da organização no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, S. (2020, Nov 18). Pandemia faz 87,5% das empresas no Brasil acelerarem projetos de transformação digital. [Blog post]. Disponível no endereço <https://forbes.com.br/forbes-tech/2020/11/pandemia-faz-875-das-empresas-no-brasil-aceleraram-projetos-de-transformacao-digital/>.
- Alliança Bike. (n.d.). Retrieved February 18, 2022, from Alliança Bike: <https://aliancabike.org.br/dados-do-setor/fabricacao-e-montagem-de-bicicletas-no-brasil/>
- Alliança Bike. (n.d.). Retrieved February 18, 2022, from Alliança Bike: <https://aliancabike.org.br/dados-do-setor/comercio-varejista/>
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., & Joseph, A. D. (2009). R. katz, A. konwinski, G. Above the Clouds: A Berkeley view of cloud computing.
- da Costa, E. A. (2008). Gestão estratégica: da empresa que temos para a empresa que queremos. Saraiva.
- Daychouw, M. (2007). 40 ferramentas e técnicas de gerenciamento. Brasport.
- Elmenreich, W. (2002). An introduction to sensor fusion. Vienna University of Technology, Austria, 502, 1-28.
- Coutinho, C.P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M.J.R.C., & Vieira, S.R. (2009). Investigação-acção: metodologia preferencial nas práticas educativas. Instituto de Educação, Universidade do Minho. Hines, P.; Taylor, D. Guia para implementação da Manufatura Enxuta – “Lean Manufacturing”. São Paulo: IMAM, 2000.
- João Henriques De Sousa Júnior, Rafaela Escobar Bürger e Silvio Antônio Ferraz Cário (2019): “A indústria 4.0 sob as perspectivas alemã e japonesa e suas lições para o Brasil”, Revista Contribuciones a la Economía (abril-junho 2019). Disponível em: <http://eumed.net/2/rev/ce/2019/2/industria-licoes-brasil.html>
- Liker, J. K. O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005
- Ohno, T. (1988). Toyota production system: beyond large-scale production. Productivity Press. March 1, 1988
- Schuh, Günther, Anderl, Reiner, Dumitrescu, Roman, Krüger, Antonio, Hompel Michael, ten Hompel. (2020). Using the Industrie 4.0 Maturity Index in Industry. Current challenges, case studies and trends. acatech – National Academy of Science and Engineering, 2020.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Ross, D. (1990). The Machine That Changed the World. Free Press. April 9, 1990.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1996). Lean Thinking - Banish waste and Create Wealth In Your Cooperation (2003rd ed.). Printed in the U.S.A. Copyright: Free Press.
- Falconi, V. (2009). O verdadeiro poder. Falconi Editora.
- Jorge, D. P., & Peças, P. (2018). Mapeamento do progresso de moldes—uma ferramenta de gestão visual para a indústria 4.0. Revista Produção e Desenvolvimento, 4(1), 68-81.
- Kagermann, H. (2017). Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4 (pp. 237-248). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.
- Mariz, R. N., & Picchi, F. A. (2013). Método para aplicação do trabalho padronizado. Ambiente Construído, 13(3), 7-27.
- Ohno, T. (1997). O sistema Toyota de produção além da produção. Bookman.
- Ortiz, C. A. (2009). Kaizen e implementação de eventos kaizen. Bookman Editora.
- Riani, A. M. (2006). Estudo de caso: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson. Monografia (Graduação)-Programa de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora.

- Schwab, K., & Miranda, D. M. (2016). *A Quarta Revolução Industrial* (Edipro). São Paulo.
- Silveira, C. B., & Lopes, G. C. (2016). O que é indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo. Citisystems, em <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0>.
- Singh, J., & Singh, H. (2009). Kaizen philosophy: a review of literature. *IUP journal of operations management*, 8(2), 51.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). *Administração da produção* (Vol. 2). São Paulo: Atlas.
- Sousa, F. R., Moreira, L. O., & Machado, J. C. (2009). Computação em nuvem: Conceitos, tecnologias, aplicações e desafios. II Escola Regional de Computação Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI), 150-175.
- Tapping, D., & Shuker, T. (2010). *Lean Office: Gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas-8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias Lean nas áreas administrativas*. São Paulo: Editora Leopardo.
- Venturelli, M. (2021, Jun 02). Lean Manufacturing 4.0. [Blog post]. Disponível no endereço <https://www.automacaoindustrial.info/lean-manufacturing-4-0/>.
- Womack, J. P. & Jones D. T. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus.

ANEXOS



ANEXO 1 – DETALHAMENTO DO PROCESSO DE ALIMENTAÇÃO DE MATERIAIS PARA LM4 - ANTES

<h1>ANTES</h1>			
<i>Volume/Turno (un):</i>		426	
<i>Nº Total de Operadores (un):</i>		1	
POSTO: ALIMENTAÇÃO LM04	Classe	TC (seg.):	TC Total:
PEGAR O CARRINHO C/ OS MATERIAS JÁ SEPARADOS DA ÁREA DO PICKING (MATERIAL DO GUIDÃO, MATERIAL DO QUADRO E MATERIAL DO KITS E EMBALAGEM). Duração: 3m18seg = 198 seg Obs: Considerar + 8,26 min p/ abastecimento da embalagem = 496 s Considerar OP de 200	VA	3,47	92,61
ABASTECER MATERIAL DO GUIDÃO Duração: 3m28seg = 208 seg Obs: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Considerar OP de 200	VA	1,04	
ABASTECER MATERIAL DO QUADRO (PDV, CÂMBIOS, FREIOS) Duração: 8,3 min = 498s Obs: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Considerar OP de 200	VA		
ABASTECER MATERIAL DO KIT Duração: 214s Obs: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Considerar OP de 200	VA	1,07	
ABASTECER GARFO Duração: 12,3 min = 738s Obs 1: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Obs 2: 1 cx vem 6 garfos, 1 palete suporta 9 cxs, total = 54 garfos.	VA	13,67	
ABASTECER MVD E MVC Duração: 1min63s = 98 s Obs: Considerar tempo de simulação do evento kaizen 5. Considerar OP de 200	VA	0,98	
DESEMBALAGEM DO QUADRO Cenário Crítico Duração: 7,9 minutos = 474 s Cx com 10 quadros	VA	47,40	Nº MOD
ALIMENTAÇÃO DO QUADRO Cenário Crítico Duração: 3 minutos = 180 seg Cx com 10 quadros	VA	18,00	1
TOTAL:			134%
NOME OPERADOR: GLAUCIA NADINE NASCIMENTO DE OLIVEIRA			

ANEXO 2 – DETALHAMENTO DO PROCESSO DE ALIMENTAÇÃO DE MATERIAIS PARA LM4 - DEPOIS

<h1>DEPOIS</h1>				
<i>Volume/Turno (un):</i>			426	
<i>Nº Total de Operadores (un):</i>			1	
POSTO: ALIMENTAÇÃO LM04	TEMPO	Classe	TC (seg.):	TC Total:
Levar carrinho para abastecer simplex	0,17	NVA	2,41	82,82
Abastecer carrinho com simplex	0,385	VA		
Levar carrinho para a L4	0,27	VA		
Alimentar simplex	0,415	VA		
Pegar polibolha e levar p/ área de pré-montagem do quadro	0,785	VA		
Retornar para área de picking	0,15	NVA		
Levar palete p/ L4 com material do guidão, cabos, conduítes, câmbio dianteiro, freio dianteiro	0,245	VA	2,25	
Alimentar material do guidão	0,5	VA		
Alimentar conduítes + cabos	0,09	VA	6,77	
Alimentar câmbio dianteiro	0,45	VA		
Alimentar freio dianteiro	0,065	VA		
Retornar com caixas vazias para a área de picking	0,09	NVA		
Descartar caixas	0,655	NVA		
Levar palete para L4 com PDV, freio traseiro, corrente	0,2	NVA		
Alimentar PDV	0,22	VA		
Alimentar freio traseiro	0,11	VA		
Alimentar corrente	0,15	VA		
Retornar com caixas vazias para a área de picking	0,235	NVA		
Descartar caixas	4,5	NVA		
Alimentar material do kit	0,32	VA	1,07	
Retornar com palete vazio para a área de picking	0,245	NVA		
Alimentar material do kit - selim	0,32	VA		
Retornar com matrim para a área de picking	0,185	NVA		
Desembalar garfo	1,3704	VA	10,38	
Alimentar garfo	2,0185	VA		
Retornar p/ área de picking c/caixas vazias do garfo + mvc	1,2222	NVA		
Descartar caixas do garfo	5,770833333	NVA		
Levar carrinho com MVC + parafuso da caramanhola p/ área de pré-montagem do quadro	0,445	VA	1,16	
Alimentar parafuso da caramanhola	0,225	VA		
Alimentar MVC	0,26	VA		
Retornar c/ carrinho p/ área de picking	0,225	NVA		
Desembalar quadro CKD	47,4	NVA	58,80	Nº MOD
Levar carrinho c/ quadro para pré-montagem do quadro	2,45	VA		1
Voltar para área de picking	1,45	NVA		
Descartar caixas do quadro	7,5	NVA		
				119%
NOME OPERADOR: GLAUCIA NADINE NASCIMENTO DE OLIVEIRA				

ANEXO 3 – FORMULÁRIO PADRÃO EVENTO KAIZEN

CALOI		Formulário Kaizen		N° Kaizen:	
				Data preenchimento:	
<i>Campos em azul devem ser preenchido pelo funcionário dono da idéia</i>					
Matrícula:		Nome:			
Objetivo:					
Descrição / Desenho Antes (Qual o problema? / Por que é um problema?)			Descrição / Desenho Depois (Qual a ideia de melhoria? / Quanto Melhorou?)		
<i>Validador: campos em amarelo devem ser preenchido pelo líder, especialista e ou supervisor da área onde a idéia será implementada</i>					
Impacto no Tempo		Impacto no Custo		Outros Ganhos se Aplicável:	
Tempo Ganho (Min./Anual):		Valor (R\$/Anual):			
 _____		R\$ _____			
Ideia terá impacto em: (Desperdícios, saúde, segurança, etc.)		<input type="checkbox"/> Transporte <input type="checkbox"/> Defeito ou retrabalho <input type="checkbox"/> Estoque <input type="checkbox"/> Super Processamento <input type="checkbox"/> Pessoas <input type="checkbox"/> Movimentação <input type="checkbox"/> Espera <input type="checkbox"/> Super Produção <input type="checkbox"/> Segurança/ Ergonomia			
Kaizen aprovado?		<input type="checkbox"/> SIM		<input type="checkbox"/> NÃO	
Ass. Validador:				Data Implementação:	
		Lembre-se sempre das 3 regras de ouro, são elas:		1º Deve ser uma melhoria. 2º Deve ser descrita e Quantificada. 3º Deve criar ou alterar um padrão.	
<i>Financeiro: caso haja necessidade de investimento ou saving, a área de finanças deve validar</i>					
Ass. Finanças:				Data validação:	
			Código: REG-SGI-033		Revisão: 05
			Data: 25/03/2022		

ANEXO 3 – MATRIZ DE PRIORIDADE CALOI NORTE S.A.

CALOI	MATRIZ DE PRIORIDADE	
GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
5 – Gravíssimo	5 – Precisa de Ação Imediata	5 – Irá piorar rapidamente se nada for feito
4 – Muito Grave	4 – É urgente	4 – Irá piorar em pouco tempo se nada for feito
3 – Grave	3 – O Mais Rápido Possível	3 – Irá piorar
2 – Pouco Grave	2 – Pouco Urgente	2 – Irá piorar a longo prazo
1 – Sem Gravidade	1 – Pode Esperar	1 – Não irá mudar

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS COM USO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA

PAGAMENTO DE MATERIAIS PARA AS LMS					
MEIO AMBIENTE	MÉTODO	MÃO DE OBRA	MEDIÇÃO	MATERIAL	MÁQUINA
Espaço insuficiente para disposição de material nas LMS	Falta de definição de rotas para pagamento de materiais	Falta um empilhador para pagamento e descarregamento de material Kanban para as LMS		Excesso de materiais na area de picking das rodas.	Falta de Matrin para alimentação das linhas de montagem / rodas
	Devolução excessiva de materiais devido a ter ocorrido corte na programação.			Excesso de materiais alimentados na linha de produção, devido a não definição de quantidades da linha de montagem.	Bancadas atuais não são compatíveis com o dimensional correto para disposição dos materiais (não comportam mais de 200 peças)
	Rodas montadas sem realizar o apontamento, devido a necessidade de montar rodas sem adesivo, para serem utilizadas por diferentes modelos.				Falta de empilhadeira a gás
	Necessário atualizar as instruções de trabalho para alimentação das linhas, estão obsoletas				
	Não tem identificação dos postos de abastecimento.				
	Sequencia de separação não atendendo a necessidade de sequencia da linha de montagem / rodas (modelos com pré-montagem)				
	Devolução de materiais, impactando em divergencias de quantidade no estoque e retorno para a LM				
	Falta comunicação rápida com o almoxarifado para avisos de mudança de plano de produção				
	Planos de produção paralelos e com alterações dentro do mesmo dia				

APÊNDICE 2 – BRAINSTORMING APLICADO NO EVENTO KAIZEN

	6Ms	ÁREA	CAUSA (problemas)	BRAINSTORMING (possíveis soluções para o problema)
55	Meio Ambiente	Pagamento de materiais para as LMs	Espaço insuficiente para disposição de material nas LMs	Realizar avaliação do espaço disponível para o pagamento dos materiais nas LMs em conjunto com a engenharia e produção.
56	Método		Falta de definição de rotas para pagamento de materiais	1- Aplicar metodologias lean e definir a melhor rota para os alimentadores na LM4
57				2- Aplicar metodologias lean e definir a melhor rota para os alimentadores na LM4
58	Método		Devolução excessiva de materiais devido a ter ocorrido corte na programação.	Realizar projeto de supermercado de quadros prontos para que a geração da OP já leve em consideração apenas quadros disponíveis/apontados
59	Método		Rodas montadas sem realizar o apontamento, devido a necessidade de montar rodas sem adesivo, para serem utilizadas por diferentes modelos.	Realizar o apontamento de 100% dos lotes de rodas produzidas.
60	Método			Avaliar a viabilidade de unificação de PNs de rodas semelhantes e de haver um PN mãe para rodas comuns, onde o o adesivo seria apontado nas LMs
61	Método		Necessário atualizar as instruções de trabalho para alimentação das linhas, estão obsoletas	Atualizar ITs
62	Método		Não tem identificação dos postos de abastecimento nas LMs	1- Incluir identificação física (QR code) nas LMs dos postos de abastecimento
63	Método			2- Revisar as ITs
64	Método		Sequencia de separação não atendendo a necessidade de sequencia da linha de montagem / rodas (modelos com pré-montagem)	Avaliar a possibilidade de inclusão de sequencia diferenciada (pré programada) para modelos específicos que precisam de pré montagem (modelos Deathlon, Riverside, etc.)
65	Método		Falta comunicação rápida com o almoxarifado para avisos de mudança de plano de produção	Realizar projeto de supermercado de quadros prontos para que a geração da OP já leve em consideração apenas quadros disponíveis/apontados
66	Método		Planos de produção paralelos e com alterações dentro do mesmo dia	Realizar projeto de supermercado de quadros prontos para que a geração da OP já leve em consideração apenas quadros disponíveis/apontados
67	Mão de Obra		Falta um empilhador para pagamento e descarregamento de material Kanban para as LMs	Solicitar a contratação de um empilhador para a área do almox
68	Material		Excesso de materiais na area de picking das rodas.	Solicitar a contratação de um empilhador para a área do almox
69	Máquina		Bancadas nas LMs 1 e 2, não são compatíveis com o dimensional correto para disposição dos materiais (não comportam mais de 200 peças). Demora no pagamento de materiais para as LMs.	1- Providenciar estudo e melhor distribuição para qtde de peças pagas e número de rotas a serem executadas. Após avaliação, se necessário solicitar a compra de novas bancadas.
70	Máquina		Demora para retirar os fitilhos das caixas	Verificar com Compras a possibilidade das caixas virem sem fitilho.
71	Meio Ambiente	Rota longa para pagamento do MVC	1- Criar duas janelas com esteira (uma para alimentação e a outra para devolução do MVC) no final da rua 17.	
72	Máquina		2- Confeccionar carrinho específico para pagamento do MVC	

APÊNDICE 3 – MATRIZ DE PRORIDADE APLICADA NO EVENTO KAIZEN

N°	Diagrama de Ishikawa	Pontos Sensíveis Críticos	PRIORIDADE		
			Gravidade	Urgência	Tendência
1	Método	Não tem fluxo determinado para administração de pagamento de materiais para a LM4	5	3	3
2	Mão de Obra	Não há estratificação de MOD especificado por LM no balanceamento da Fábrica	4	4	4
3	Medição	Sensação de que o GBO não está acurado com a realidade.	4	5	4
4	Meio Ambiente	Não há local/paleta fixo/definido para caixas vazias	3	3	3
5	Método	Separação e pagamento de materiais em carrinhos ao invés de <i>pallets</i>	2	3	3
6	Método	Falta de definição de rotas para pagamento de materiais	4	4	4
7	Método	A linha não possui lugar para produtos não conforme	5	5	5
8	Método	Necessário atualizar as instruções de trabalho para alimentação da LM4, estão obsoletas	3	3	4
9	Método	Não tem identificação dos postos de abastecimento na LM4	2	3	2
10	Meio Ambiente	O almoxarifado fica muito longe da LM4. Demora para abastecer materiais já separados	4	3	3