



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

DIEGO RICARDO DELGADO RÉGIS DANTAS NUNES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2016

DIEGO RICARDO DELGADO RÉGIS DANTAS NUNES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Coordenação do curso de graduação de
Engenharia Elétrica da Universidade Federal
de Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Professor Dr. Montie Alves Vitorino

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2016

DIEGO RICARDO DELGADO RÉGIS DANTAS NUNES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à
Coordenação do curso de graduação de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Montie Alves Vitorino
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus amigos e familiares que sempre acreditaram nos meus propósitos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que mesmo diante da minha pouca fé me deu determinação para seguir os caminhos por Ele indicados.

Agradeço a minha mãe, Lucivanne, e ao meu padrasto, Maurício, por suas batalhas diárias para que nada me faltasse.

Aos meus amigos de universidade, pelos aplausos oferecidos nas minhas conquistas.

A minha namorada, Raphaela, por me fortalecer e trazer a calma que eu precisava na conclusão dos meus trabalhos.

Aos meus amigos e familiares em geral, pelas inúmeras palavras de apoio.

Ao professor Leimar, pela maneira como sempre esteve disposto a me ajudar nas minhas escolhas e pela orientação no presente trabalho.

À GE Brasil, pela oportunidade oferecida na realização do meu estágio, que significou bastante para meu crescimento profissional e minhas decisões futuras.

Ao Engenheiro Mauricio Froner, por se oferecer a compartilhar seus conhecimentos de maneira generosa e amigável.

A toda equipe de campo da Alstom Energias Renováveis, eletricitas, encarregados, técnicos de segurança e auxiliares. Com cada um deles pude aprender mais e crescer profissionalmente.

RESUMO

O presente relatório de estágio tem como objetivo apresentar os trabalhos desenvolvidos pelo aluno Diego Ricardo Delgado Régis Dantas Nunes durante o Estágio Supervisionado realizado na fábrica de torres eólicas da Alstom Energias Renováveis, localizada em Camaçari – BA, enquanto estagiário da empresa General Electric. As atividades foram desenvolvidas de Julho de 2016 a Agosto de 2016 e estiveram vinculadas a temas como gestão de projetos, *lean manufacturing* e qualidade.

O aluno trabalhou com uma equipe para analisar um problema no plano de qualidade, desenvolver uma solução digital, implementar essa solução e apresentar os resultados para os líderes da empresa. Para isso, desenvolveu uma plataforma capaz de apontar onde, quando e como os defeitos ocorriam dentro da fábrica. O sistema gera um banco de dados com gráficos para analisar o comportamento da fábrica em tempo real.

O dia-a-dia de um ambiente industrial possui um ritmo desafiador, principalmente numa empresa como a General Electric que está sempre buscando a melhoria contínua em seus processos, inovação e quebra de paradigmas.

O foco da empresa em desenvolvimento de pessoas, com treinamentos, fomentação de um ambiente colaborativo e, ao mesmo tempo, competitivo, que busca sempre quebrar barreiras profissionais para o indivíduo, ajuda o estudante a entender como uma empresa de primeiro mundo se porta diante de seus clientes e colaboradores, tornando-se espelho para qualquer profissional de engenharia.

No entanto, apesar de focar bastante em projetos que exigem conhecimento técnico avançado, os maiores desafios, dentro da General Electric, foram aqueles que exigiram um grande desenvolvimento interpessoal. A filosofia da empresa para lidar com gestão de projetos requer que o estudante tenha excelentes habilidades de comunicação, trabalho em equipe, responsabilidade, profissionalismo e respeito a pessoas de origens, culturas e níveis de instrução diferentes.

Palavras-chave: Gestão, Lean, Qualidade, Defeito, Lean Manufacturing, GE, digital.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - fábrica ge-alstom wind na bahia	2
Figura 2 - Localização da fábrica ge-alstom windind.....	3
Figura 4 - Torre Eólica modelo Eco 122	6
Figura 5 - Representação da parte interna de uma torre eólica	7
Figura 6 - Representação da planta baixa da fábrica	8
Figura 9 - Estagiário usando os EPI's exigidos pela fábrica	15
Figura 10 - Diagrama de Compliance da GE.....	15
Figura 12 - Representação de uma estação de trabalho	18
Figura 13 - Montagem Mecânica: Quantidade de defeitos x Tipo de defeito.....	21
Figura 14 - Montagem Elétrica: Quantidade de defeitos x Tipo de defeito.....	21
Figura 15 - Falta de Montagem: Quantidade de Defeitos x Operação.....	22
Figura 16 - Operação 10935 (Conexão Hidráulica): Quantidade de Defeitos x Peça.....	23
Figura 17 - Fluxo de Dados Estação->Defeito->Operação->Peça	23
Figura 18 - Primeira página do formulário.	25
Figura 19 - Segunda página do formulário.	25
Figura 20 - Quantidade de defeitos por usuário.....	26
Figura 21 - Quantidade de defeitos por linha de produção	27
Figura 22 - Quantidade de defeito por máquina	27
Figura 23 - Quantidade de defeito por estação.	28
Figura 24 - Quantidade de defeito por tipo de defeito	28
Figura 25 - Quantidade de defeitos por operação	29

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Níveis de Qualidade	4
Quadro 2 - Exemplo de uso do método dos 5 porquês	12
Quadro 3 - Cronograma de atividades do programa de estágio	13
Quadro 4 - Metodologia 5S	17

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

GE – General Electric

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

PIF – Posto de Inspeção Final

PDIE – Problemas Detectados em Inspeção de Expedição

ASQ – American Society for Quality

EHS – Environmental, Health and Safety

EPI – Equipamento de Proteção Individual

CEO – Chief Executive Office

MH – Machine Head

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Símbolos e Abreviaturas	ix
Sumário	x
1 Introdução	1
1.1 General Electric	1
1.1.1 Aliança GE-Alstom	2
1.2 Lean Challenge	3
1.3 Objetivo	4
1.4 Estrutura do Trabalho	5
2 Embasamento Teórico	6
2.1 Composição de uma torre eólica	6
2.2 Funcionamento da fábrica	7
2.3 Gestão de Projetos	9
2.3.1 Metodologia 8D para solução de problemas	9
2.3.2 Princípio de Pareto	11
2.3.3 Análise de Causa Raiz (5 Porquês)	11
3 Atividades Realizadas	13
3.1 Treinamentos Complementares	14
3.1.1 Segurança do Trabalho (EHS)	14
3.1.2 Compliance	15
3.1.3 Lean Manufacturing	16
3.2 Análise do problema	18
3.2.1 Configuração de uma estação de trabalho	18
3.2.2 Análise de dados através dos documentos de registro	20
3.2.3 Contrução de um fluxo de informações	22
3.3 Desenvolvimento da solução digital	24
3.4 Implementação da solução digital	26
4 Conclusão e Resultados	30
Referências	31

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório faz parte da conclusão da disciplina Estágio Curricular necessária para obtenção do título de Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Campina Grande. A disciplina pode ser cursada em duas modalidades distintas, sendo as atividades aqui descritas realizadas na modalidade estágio supervisionado, com carga horária mínima de 180 horas.

O estágio foi válido de 06 de Julho de 2016 a 18 de Agosto de 2016 totalizando 220 horas de atividades.

O estagio na General Electric possibilita o contato direto com atividades de campo no setor de manufatura enxuta e gestão de projetos. Além do mais, o estagiário passa a ter mais intimidade com o ambiente industrial e com o funcionamento geral de uma linha de montagem de uma empresa global como a GE, complementando ainda mais a experiência prática.

1.1 GENERAL ELECTRIC

Fundada por Thomas Edison em 1878, com o nome de Edison Electric Light Company, a General Electric Company, também conhecida por GE, é uma empresa multinacional americana de serviços e de tecnologia. A empresa atua como fornecedora de soluções de infraestrutura nos setores de energia, iluminação, transporte e diagnóstico por imagem.

Com mais de 300.000 funcionários em 175 países, a GE é a maior empresa Digital Industrial do mundo, dedicada a transformar a indústria com máquinas e soluções conectadas a softwares que garantem previsibilidade e respostas rápidas. A nova GE se organiza em torno de um intercâmbio global de conhecimento, o “GE Store”, que oferece todas as tecnologias, de diferentes negócios e mercados. Cada invenção da GE serve de combustível para a inovação e aplicações em todos os nossos setores industriais. Com seus times, tecnologias, serviços e escala, a GE busca proporcionar melhores resultados para seus clientes, por falar como ninguém a linguagem da indústria.

Hoje, a GE atua através de dez subsidiárias: GE Power, GE Energy Management, GE Renewable Energy, GE Oil&Gas, GE Aviation, GE Transportation, GE Healthcare, GE Appliances & Lightning, GE Capital e GE Digital.

1.1.1 ALIANÇA GE-ALSTOM

Alstom (GEC Alstom, originalmente Alstom) é um grupo industrial francês que atua na área de infraestrutura de energia e transporte, presente em dois segmentos: indústria de materiais ferroviários (por exemplo, composições de alta velocidade, metros, etc.) e produção de energia (construção de usinas, equipamentos, prestação de serviços).

No ano de 2015, a GE fez um dos maiores investimentos industriais do mundo quando decidiu comprar a divisão de energia da Alstom, a *Alstom Power and Grid*, que também inclui a parte de energias renováveis.

O presente estágio supervisionado ocorreu em uma antiga fábrica da Alstom na Bahia, sendo hoje, parte de uma das subsidiárias da GE no Brasil, a GE Renewable Energy, que possui três divisões: GE Solar, GE Hydro e GE Wind. Nesse caso, a planta em destaque faz parte da divisão da GE Wind, responsável pela fabricação de torres eólicas para a geração de energia elétrica através do movimento dos ventos.

A imagem abaixo mostra uma visão de cima do complexo industrial de energias renováveis da GE-Alstom na bahia:

Figura 1 - fábrica ge-alstom wind na bahia



Fonte:

A divisão Wind da GE-Alstom está localizada em Camaçari-BA, na Via Parafuso (BA-535), S/N no bairro Polo Petroquímico, CEP: 41510-085. Abaixo se encontra a localização da empresa.

Figura 2 - Localização da fábrica ge-alstom windind



Fonte: Google Maps

1.2 LEAN CHALLENGE

Baseado nos programas de estágio de verão nos Estados Unidos, o Lean Challenge é um programa de estágio de seis semanas focado em desenvolver melhorias no processo de Lean Manufacturing das fábricas da GE.

Lean manufacturing, traduzível como manufatura enxuta ou manufatura esbelta, e também chamado de Sistema Toyota de Produção, é uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios (super-produção, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos).

Como se trata de um processo multidisciplinar, considerando a variedade de problemas que ocorrem dentro de uma fábrica de manufatura enxuta, o Lean Challenge tem como objetivo proporcionar uma experiência real dentro do mercado de trabalho, focando no trabalho em equipe e recrutando pessoas de diferentes áreas da engenharia: mecânica, elétrica, química e produção.

Para isso, na fábrica de Camaçari, na Bahia, foram contratados uma equipe de nove estagiários que se dividiram em três equipes diferentes, cada uma responsável por um projeto relacionado a uma área específica da fábrica: engenharia e produção, qualidade ou logística.

Cada equipe de três estagiários possuía um orientador que eram os gerentes da fábrica dessas respectivas áreas. O objetivo do Lean Challenge é identificar uma falha no processo de cada área, desenvolver um projeto de melhoria que solucione esse problema, validar essa solução dentro do ambiente fabril e apresentar os resultados para os líderes da empresa.

1.3 OBJETIVO

Esse documento retratará as atividades desenvolvidas pela equipe responsável pelo projeto de engenharia de qualidade dentro da fábrica.

O principal objetivo da engenharia da qualidade é garantir que o produto final saia da fábrica com zero defeito antes que o mesmo seja entregue ao cliente. Para isso, a empresa obedece a um plano de qualidade organizado em níveis, como mostra a figura abaixo.

Tabela 1 - Níveis de Qualidade

Nível	Descrição	Cultura	Objetivo
I	Defeitos não deixam a planta.	Reparar antes de deixar a fábrica.	Proteger o cliente de defeitos óbvios.
II	Defeitos não deixam a área fabril.	Reparar antes de deixar a linha.	Minimizar a interrupção dos processos.
III	Defeitos não deixam a estação.	Contenção em time.	Melhorar ainda mais a qualidade.
IV	Defeitos não deixam a operação.	Satisfazer o cliente interno.	Eliminar reparos dentro do processo.
V	Não há defeitos (contenção de erros).	O processo perfeito (6 sigma)	Zero desperdícios dentro do processo.

Fonte: Autor

Atualmente, a planta de Camaçari se encontra no segundo nível de qualidade, em que os defeitos não deixam a área do chão de fábrica, delimitada pelo Posto de Inspeção Final. Desse modo, os defeitos que não são sanados durante o processo de montagem chegam até o PIF, onde são detectados e sanados.

O objetivo do Lean Challenge para a equipe de qualidade é criar alguma solução digital que possibilite à fábrica de Camaçari avançar para o terceiro nível de qualidade, onde os defeitos não deixam a estação de trabalho.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse relatório de estágio está estruturado em quatro capítulos. Sendo o presente capítulo responsável pela introdução do trabalho e mais três capítulos descritos a seguir.

O Capítulo 2 trará um breve embasamento teórico acerca das atividades que foram desenvolvidas onde serão abordados temas sobre manufatura enxuta, a composição de uma torre eólica, o funcionamento da fábrica e gestão de projetos. Apesar de se tratar de um estudo teórico, todo o treinamento e suporte para essa teoria foi dado no período do estágio pelos gerentes da empresa.

Responsável pela descrição do que foi realizado pelo estagiário, o Capítulo 3 abordará de fato o que aconteceu no planejamento e execução das atividades.

Finalmente, o Capítulo 4 trará a Conclusão, especificando os conhecimentos adquiridos durante a realização do estágio bem como sua importância para a vida profissional do estudante de engenharia.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 COMPOSIÇÃO DE UMA TORRE EÓLICA

Basicamente, um Aerogerador é composto por quatro partes: Torre, Nacele (*Machine Head*), Cubo (*Hub*) e Pás. Como fez parte da linguagem do dia-a-dia do ambiente de trabalho, a partir deste parágrafo Nacele e Cubo serão referidos como Machine Head e Hub, respectivamente. Essas quatro partes são montadas, individualmente, em fábricas diferentes. No entanto, quando cada parte individual está completamente montada, elas são transportadas até o local de operação das torres eólicas onde a estrutura completa será montada e as quatro partes serão unidas.

Figura 3 - Torre Eólica modelo Eco 122



Fonte: Alstom

A fábrica em questão é uma planta industrial responsável por montar partes específicas de uma Torre Eólica, a 'Machine Head' e o 'Hub', ambas localizadas na parte superior da torre. Por ser caracterizada como uma unidade de montagem, nenhuma peça é produzida dentro da unidade em questão. Desse modo, o principal foco dessa planta é receber as peças dos fornecedores e, através de uma linha de montagem, montar a Nacele e o Cubo.

A Nacele, ou Machine Head, é a parte da torre eólica onde ficam localizados os principais componentes responsáveis pela geração e transmissão de energia elétrica: o

multiplicador, o gerador e o transformador. Além disso, para conectar essas três grandes peças, existem vários fios, cabos, sensores e componentes responsáveis pela parte de controle da torre, como o CLP e a central hidráulica.

O Hub é uma peça em forma de bico responsável por conectar as Pás e a Machine Head, cuja estrutura é conectada diretamente através do multiplicador, destacado em roxo na imagem abaixo.



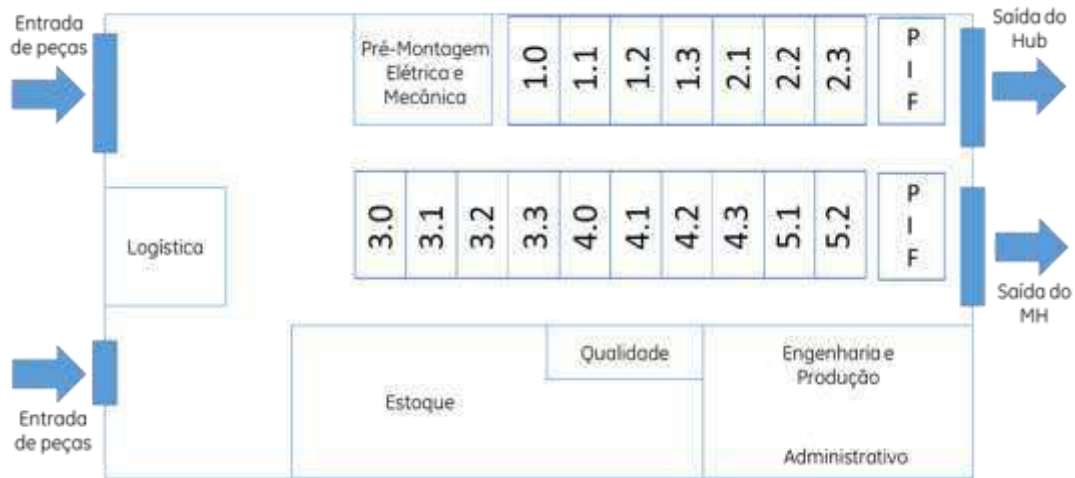
Fonte: Alstom

2.2 FUNCIONAMENTO DA FÁBRICA

Para que a Machine Head e o Hub sejam montados, várias pessoas, divididas em equipes, são responsáveis para fazer a linha de montagem funcionar, desde o recebimento das peças com os fornecedores até a entrega do produto final para os clientes.

A Linha de Montagem fica localizada no chão de fábrica, e é dividida entre 17 estações e 4 equipes: administração, engenharia e produção, logística e qualidade. A imagem abaixo é uma representação da planta baixa da fábrica, em que as estações estão sendo indicadas por números (1.0 até 2.3 e 3.0 até 5.2).

Figura 5 - Representação da planta baixa da fábrica



Fonte: Autor

O fluxo de operação da fábrica segue da esquerda para a direita. Podemos descrever a ordem desse fluxo da seguinte maneira:

- 1) Entrada de Peças: fornecedores entregam as peças para a fábrica;
- 2) Estoque: As peças são armazenadas no estoque;
- 3) Abastecimento: As peças armazenadas no estoque abastecem as estações;
- 4) Linha de Montagem: Cada estação realiza uma montagem específica e transfere essa montagem para a estação subsequente;
- 5) PIF (Posto de Inspeção Final): Ao terminar a montagem na última estação, o produto final vai para o PIF, onde será inspecionado para que sejam encontrados e sanados qualquer tipo de defeito antes que o produto final vá para o cliente;
- 6) Saída do MH e do Hub: Os produtos finais, Machine Head e Hub, estão prontos para serem entregues aos clientes.

A equipe da logística recebe as peças dos fornecedores e as transferem para o estoque. Estando as peças armazenadas no estoque, a equipe da logística também fica responsável por abastecer as estações com as peças necessárias para cada montagem.

A equipe da engenharia e produção fica responsável pelo andamento geral da linha de montagem. Seu principal objetivo é manter o tempo de produção, também chamado de TAKT TIME, sempre de acordo com uma margem previamente estabelecida.

A equipe da qualidade é responsável por garantir a qualidade do produto final. Seu principal objetivo é fazer com que o produto final saia da linha de montagem com zero defeitos. Para isso, são realizadas inspeções de qualidade em cada estação ao final de uma montagem específica, a fim de garantir que defeitos sejam detectados e sanados. Além disso, esta equipe também é responsável pelo PIF, que funciona como um filtro antes que o produto final vá para o cliente.

Por fim, temos a equipe administrativa que é responsável pelo gerenciamento da fábrica em questões de finanças, contabilidade, compra e venda de materiais, recursos humanos, atendimento e suporte ao cliente.

2.3 GESTÃO DE PROJETOS

Segundo a *American Management Association*, Gestão de Projetos é o processo de reunir e liderar uma equipe de pessoas e outros recursos, para estimar, planejar, acompanhar e controlar um número de tarefas relacionadas entre si, que resultam num produto final específico, o qual deve ser criado em um prazo, dentro de um orçamento e de acordo com as especificações.

Durante a execução de um empreendimento de engenharia, a eficiência com que o projeto é conduzido passa a ter bastante peso na entrega do produto final. A figura de um bom gestor à frente da equipe de execução passa a confiança necessária para que o cliente acredite que o prazo final será respeitado. Além do mais, uma boa gestão e liderança contemplam baixos custos, fator de suma importância na realização de grandes empreendimentos.

Adquirir conhecimentos voltados à gerência de projetos e liderança de equipes potencializa a vida profissional de um engenheiro e o coloca em um patamar diferenciado no mercado de trabalho.

2.3.1 METODOLOGIA 8D PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

De acordo com a *American Society for Quality (ASQ)*, a metodologia das 8 disciplinas (8D) é um modelo de resolução de problemas tipicamente utilizada por engenheiros de qualidade e geralmente usada na indústria automotiva. Seu objetivo é o

de identificar, corrigir e eliminar problemas recorrentes, e é muito útil em melhorias de processo e de produtos.

Esse método estabelece uma ação corretiva permanente, baseada numa análise estatística do problema, e foca na origem do problema determinando suas causas raízes. Apesar de, originalmente, ser composto por 8 estágios (ou disciplinas), foi adicionado um estágio inicial de planejamento.

As disciplinas são:

- **D0: Planejamento** – Planejar para resolver o problema e determinar os pré-requisitos;
- **D1: Use um time** – Estabeleça uma equipe de pessoas com conhecimento necessário do produto e do processo em questão;
- **D2: Defina e descreva o problema** – Especifique o problema, identificando em termos quantitativos o “quem”, “quê”, “quando”, “onde”, “porquê”, “como” e “quantos” para o problema;
- **D3: Desenvolva um planejamento interno de contenção; implemente e verifique ações internas** – Defina e implemente ações de contenção para isolar o problema de qualquer cliente;
- **D4: Determine, identifique e verifique causas raízes e pontos de escape** – Identifique todas as causas aplicáveis que poderiam explicar o porquê de o problema ter acontecido utilizando o método dos cinco porquês. Também identifique por que o problema não foi identificado no momento em que ocorreu. Todas as causas devem ser verificadas ou provadas, e não determinadas por simples suposição;
- **D5: Escolha e verifique correções permanentes para o problema** – Através de programas de pré-produção, confirme, quantitativamente, que as correções selecionadas vão resolver o problema para o cliente;
- **D6: Implemente e valide as ações corretivas** – Defina e implemente as melhores ações corretivas;
- **D7: Tome medidas preventivas** – Modifique o sistema administrativo, o sistema de operação, práticas e procedimentos para prevenir a recorrência de todos os problemas semelhantes ao problema estudado;

- **D8: Parabenize o seu time** – Reconheça os esforços coletivos da equipe. O time precisa ser formalmente agradecido pela organização.

Todo o projeto foi realizado utilizando a metodologia 8D como base, desde o planejamento e a escolha da equipe até a implementação das soluções para que o problema estudado fosse resolvido.

2.3.2 PRINCÍPIO DE PARETO

O diagrama de Pareto é um gráfico de colunas que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas, procurando levar a cabo o princípio de Pareto (80% das consequências advêm de 20% das causas), isto é, há muitos problemas sem importância diante de outros mais graves. Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos. Segundo a ASQ, é uma das sete ferramentas básicas da qualidade.

Todas as análises gráficas feitas nesse projeto são feitas utilizando o Diagrama de Pareto, que pode ser exemplificado na Figura 13, onde se chega a uma aproximação da regra 80/20. No capítulo 3, na parte da análise do problema, o princípio de Pareto é utilizado para identificar as maiores causas dos problemas encontrados dentro de uma estação de trabalho, de modo a desenvolver uma solução mais abrangente.

2.3.3 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ (5 PORQUÊS)

De acordo com a American Society for Quality (ASQ), os “5 Porquês” constituem um processo de questionamento desenhado para entrar mais nos detalhes de um problema ou solução, descartando as “camadas” dos sintomas e indo direto na causa raiz do problema.

Essa técnica foi originalmente desenvolvida por Sakichi Toyoda. Ele afirma que, ao repetir “por que?” cinco vezes, a natureza do problema, assim como da solução, fica mais clara.

Quando se quer usar uma equipe para investigar um problema e aprofundar-se em mais detalhes da causa raiz, os cinco porquês podem ser usados junto com um exercício de brainstorming ou com um diagrama de causa e efeito. Esse método expande o

horizonte de uma equipe que busca por respostas, forçando as pessoas a desenvolverem um entendimento melhor e mais detalhado de um problema ou uma solução.

Para usá-lo, basta desenhar um quadro e começar a escrever o problema seguido pelas perguntas e respostas. Então, cada nova resposta irá gerar um novo “porquê” até que sejam atingidos os 5 porquês. Geralmente as cinco perguntas são suficientes para se chegar até a causa raiz do problema, mas essa quantidade não é obrigatória. A equipe pode estipular um número de perguntas que satisfaça o nível de detalhamento desejado.

Como exemplo, vamos supor que uma geladeira, localizada na cozinha, parou de funcionar repentinamente. O método pode ser utilizado como se demonstra a seguir:

Tabela 2 - Exemplo de uso do método dos 5 porquês

A geladeira da cozinha parou de funcionar.	Por que?
O compressor queimou.	Por que?
Ocorreu um curto circuito na casa.	Por que?
Parte da fiação está comprometida.	Por que?
Os fios estão velhos e desempapados.	Por que?
Alguns fios precisam ser substituídos.	

Fonte: Autor

Como foi utilizado um exemplo trivial, é comum termos a clareza da causa raiz do problema com mais facilidade. No entanto, no ambiente industrial existem inúmeras variáveis que rodeiam um processo produtivo, o que torna esse método uma ferramenta valiosa para o dia a dia das pessoas que estão sempre buscando resolver problemas dos mais variados tipos.

3 ATIVIDADES REALIZADAS

As atividades realizadas pelo estagiário seguiram o presente cronograma:

Tabela 3 - Cronograma de atividades do programa de estágio

ATIVIDADES/ SEMANAS	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	5ª semana	6ª semana
Treinamento e palestras	X					
Escolha do objeto de estudo	X					
Análise de Problemas		X	X	X		
Brainstorming			X	X		
Escolha e desenvolvimento de solução					X	
Aplicação e Validação					X	X
Apresentação dos Resultados						X

Fonte: Autor.

Como parte do programa de desenvolvimento, foi de inteira responsabilidade do estagiário criar o cronograma e as metas necessárias para que o objetivo final fosse atingido, com exceção da primeira semana que foi organizada pelo setor de recursos humanos da empresa, com o intuito de integrar os estagiários ao funcionamento da fábrica através de palestras e treinamentos complementares.

As células pintadas de vermelho representam um atraso em relação às metas originais do cronograma. Como a análise de problemas exigiu um alto nível de aprofundamento no conhecimento do processo produtivo da fábrica, especificamente nos problemas relacionados à engenharia de qualidade, gastou-se mais tempo do que o esperado para concluir as análises de maneira abrangente, incluindo entrevistas com vários funcionários diferentes, aprendizagem e utilização dos métodos de gestão para análise e resolução de problemas.

Além disso, ao final de toda semana, cada equipe deveria apresentar aos líderes da empresa o andamento do projeto. Essas pré-apresentações eram extremamente importantes para nortear o projeto como um todo através da opinião dos gestores.

Por fim, após analisar o problema, desenvolver e implementar a solução desejada, cada equipe fez uma apresentação final para os gestores e líderes da fábrica.

3.1 TREINAMENTOS COMPLEMENTARES

A primeira semana do programa de estágio, realizada em 06/07 até 08/07, foi composta de treinamentos complementares para integrar os estagiários na cultura da empresa. Para que o estagiário pudesse ter acesso geral às áreas da fábrica, foi preciso um treinamento nas normas internas de segurança. Também participamos de uma palestra sobre a política interna da empresa e suas regras para se alcançar uma boa convivência com os demais funcionários. Por fim, tivemos um treinamento em Lean Manufacturing para entendermos como funciona a rotina de trabalho num ambiente de produção otimizado.

3.1.1 SEGURANÇA DO TRABALHO (EHS)

De acordo com as normas de segurança da GE, todo funcionário, estagiário ou visitante que deseja acessar a área do chão de fábrica precisa passar por um treinamento de EHS (Meio ambiente, saúde e segurança), que visa integrar o usuário com as normas de segurança da fábrica.

A equipe de EHS fornece todo o equipamento necessário para a proteção individual (EPI's), e exige o uso de 100% do equipamento de proteção sempre que o usuário precisar acessar a área fabril.

Os EPI's obrigatórios para o acesso à fábrica são: capacete, óculos, protetor auricular e botas anti derrapante. Caso o usuário esqueça de usar algum desses itens durante qualquer atividade dentro da fábrica, o mesmo pode ser notificado e poderá até receber advertências com penalidades formais, caso não se adeque às regras de segurança da fábrica.

Figura 6 - Estagiário usando os EPI's exigidos pela fábrica



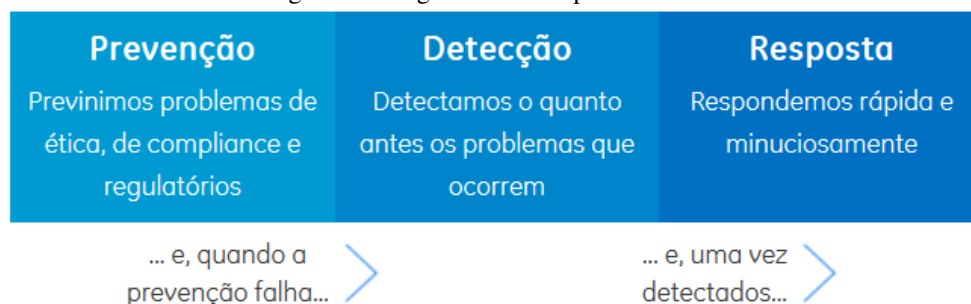
Fonte: Autor

Além disso, a equipe de EHS se esforça para fazer campanhas mensais sobre segurança do trabalho para manter um ambiente de trabalho saudável e evitar acidentes graves.

3.1.2 COMPLIANCE

O programa de Integridade & Compliance da GE foca prevenção, detecção e resposta. Ele começa com o comprometimento pessoal por parte de nossa liderança e tem o suporte de processos de compliance robustos. Os líderes da GE se envolvem pessoalmente na supervisão ativa de áreas de risco em termos de compliance e lideram pelo exemplo a fim de criar uma cultura de compliance.

Figura 7 - Diagrama de Compliance da GE



Fonte: General Electric

O programa de compliance da GE é marcado pelo firme compromisso com um “ambiente aberto à preocupações” (Open Reporting) que é dinâmico, bem divulgado e eficiente, no qual os funcionários são estimulados a levantar preocupações de integridade e confiam que podem fazer isso sem medo de retaliações. No ambiente atual, os funcionários da GE permanecem como a primeira e melhor linha de defesa da Companhia para a detecção precoce de possíveis questões de compliance. A GE tem cerca de 600 ombudspersons ao redor do mundo para encorajar que seus funcionários levantem preocupações sem medo de retaliação.

Em 2015, mais de 3.840 preocupações de integridade foram levantadas pelo processo de Open Reporting (36% anonimamente), envolvendo uma variedade de questões. As mais de 3.840 notificações levaram diretamente a 1.095 medidas disciplinares até 2 de maio de 2016.

A GE empenha-se para ficar à frente de riscos significativos de compliance a fim de garantir que o programa de Integridade & Compliance evolua conforme novos riscos são identificados. Por exemplo, a GE está construindo uma nova organização com foco nos riscos de compliance relacionados a grandes projetos como consequência da aquisição da unidade de Power e Grid da Alstom. A GE também continua concentrando seus esforços nas áreas de risco de compliance mais importantes, associando-se a organizações como a Aliança da Liderança da Ética nos Negócios (Business Ethics Leadership Alliance) e a Transparência Internacional (Transparency International), da qual a GE foi um membro fundador.

3.1.3 LEAN MANUFACTURING

Como descrito no Capítulo 1, *Lean Manufacturing*, ou manufatura enxuta, é um processo que foca na eliminação dos principais tipos de desperdício dentro de um processo produtivo. Para construir um processo lean, vários métodos podem ser utilizados para alcançar o objetivo de eliminar desperdícios. Na GE, dois métodos são usados diariamente por todos os funcionários para atingir a cultura *lean*: as metodologias Kaizen e 5S.

Kaizen é uma filosofia japonesa que foca num processo de melhoria contínua através de todos os aspectos da vida. Quando aplicado ao local de trabalho, atividades Kaizen podem melhorar cada função de um negócio, desde a manufatura até o marketing, ou mesmo do CEO aos operários da linha de montagem. Essa metodologia visa eliminar

desperdícios em todos os sistemas de uma organização através de melhorias em atividades e processos padronizados.

Algumas ações básicas podem servir como dicas para aplicar o Kaizen dentro do ambiente de trabalho:

- Substituir ideias fixas por ideias frescas;
- Começar a questionar as práticas e padrões atuais;
- Corrija algo no momento em que o erro foi feito;
- Não procure perfeição, mas implemente a solução mesmo que parcialmente;
- Não faça desculpas, faça a execução acontecer;
- Pense em como fazer algo e não no porquê desse algo não poder ser feito.

Os princípios originais do 5S foram criados em japonês, mas já foram traduzidos para o português. Segundo a ASQ, o 5S é um mantra de organização criado para ajudar a construir um ambiente de trabalho de qualidade, tanto fisicamente quanto mentalmente. As condições do 5S em uma área de trabalho são críticas para a moral dos colaboradores e a base para atingir a primeira impressão dos consumidores. Atitudes administrativas em relação aos funcionários são refletidas nas condições de 5S da área de trabalho.

Os elementos do 5S são simples e fáceis de aprender, mas muito importantes para serem implementados, como mostra o quadro 11.

Tabela 4 - Metodologia 5S

5S	Comando
Senso de Utilização	Separar o que é útil do que não é. Melhorar o uso do que é útil.
Senso de Ordenação	Um lugar para cada coisa. Cada coisa no seu lugar.
Senso de Limpeza	Limpar e evitar sujar.
Senso de Saúde	Padronizar as práticas saudáveis.
Senso de Autodisciplina	Assumir a responsabilidade de seguir os padrões saudáveis.

Fonte: Autor

3.2 ANÁLISE DO PROBLEMA

Para se alcançar o objetivo de avançar para o terceiro nível de qualidade, em que os defeitos não deixam a estação de trabalho, verificou-se, primeiramente, como estão caracterizadas as estações de trabalho, mostradas na Figura 12.

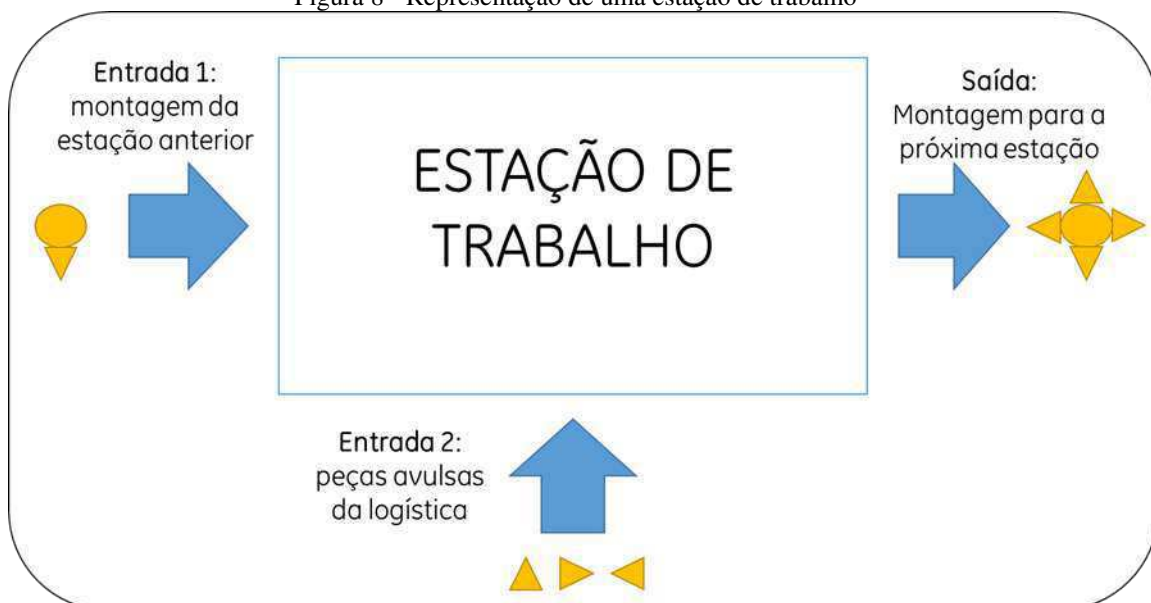
3.2.1 CONFIGURAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRABALHO

Cada estação possui sua própria rotina de montagem, um livro que contém todas as instruções para realizar a montagem especificada. Para isso, as estações possuem uma equipe de operadores responsáveis por realizar essa rotina de montagem. Além disso, há também uma equipe de suporte da qualidade para toda a fábrica, com técnicos e inspetores, responsáveis por fazer inspeções rotineiras a fim de identificar possíveis defeitos e trabalhar de maneira rápida para resolvê-los.

As peças de cada rotina de montagem vêm de duas fontes: a primeira sendo a equipe da logística, que movimentam as peças do estoque até a estação de trabalho específica; e a segunda sendo a estação anterior, que entrega uma montagem necessária para abastecer o processo em série.

Podemos caracterizar uma estação de trabalho da seguinte maneira, como mostra a Figura 12.

Figura 8 - Representação de uma estação de trabalho



Fonte: Autor.

Assim, pode-se dizer que o principal objetivo de uma estação de trabalho é receber peças sem defeitos das suas entradas e entregar uma montagem sem defeitos na sua saída. Porém, o problema começa quando a montagem que vai para a próxima estação apresenta algum defeito, e isso pode acontecer por vários motivos: falta de peça, montagem incorreta realizada por um operador, peça com defeito de fábrica, etc.

No entanto, apesar de uma estação de trabalho ter como objetivo “entregar uma montagem sem defeitos para a próxima estação”, isso não ocorre sempre. Alguns desses defeitos podem demorar minutos para serem resolvidos, mas existem situações em que pode se demorar dias até que um defeito específico seja resolvido. Por isso, para que não ocorra uma parada na linha de produção inteira, algumas montagens são entregues para a próxima estação com algum defeito que não foi resolvido em tempo hábil, caso esse defeito não interfira completamente na montagem seguinte.

Desse modo, defeitos que vão sendo acumulados ao longo das estações de trabalho chegam até o Posto de Inspeção Final, onde são detectados pelos inspetores de qualidade, registrados no sistema interno da fábrica e resolvidos para que o produto final seja entregue sem defeitos ao cliente.

Para poder analisar o problema mais a fundo, foram levantados alguns dados a respeito de cada estação:

- **Rotina de Montagem:** cada estação possui sua rotina de montagem, que é um manual de instruções que possui, em média, 200 instruções. Esse manual é dividido entre operações e cada operação possui um número de instruções;
- **Inspeção por estação:** a inspeção só ocorre quando uma montagem é finalizada em uma estação. O inspetor de qualidade realiza uma lista de checagem com aproximadamente 70 itens e verifica quais desses itens não estão de acordo com a rotina de montagem. Após verificar toda a lista de checagem é que a montagem pode ser liberada para a próxima estação;
- **Registro de defeitos:** os defeitos que ocorrem dentro da estação, durante o processo de montagem, não são registrados no sistema da planta. O único momento em que defeitos são registrados é quando o produto chega no PIF. O histórico de dados desses registros, ao longo do ano, foi reunido numa planilha em excel chamada de “Problemas Detectados em Inspeção de Expedição (PDIE)”.

3.2.2 ANÁLISE DE DADOS ATRAVÉS DOS DOCUMENTOS DE REGISTRO

Apesar de existir um protocolo de inspeção para que os defeitos sejam minimizados, eles continuam ocorrendo dentro da estação a uma taxa considerável. Apenas no último registro feito no PIF, foram identificados 40 defeitos em uma única máquina. Isso ocorre porque ainda existem brechas no sistema de inspeção, pois:

- Os itens analisados na checklist nem sempre são onde os defeitos ocorrem;
- Os defeitos só são registrados no PIF, dificultando uma análise mais profunda sobre como, quando, onde e por que os defeitos ocorrem dentro das estações, o que impede uma tomada de decisão mais precisa no momento de resolver o problema.

Como não existia nenhum registro sobre como os defeitos ocorriam dentro das estações, foi estabelecido um curso de ação, a fim de nortear a investigação sobre esse problema, para que fosse identificado:

- 1) Os principais defeitos na linha de montagem;
- 2) Os defeitos em cada estação;
- 3) Qual estação possui o maior número defeitos;
- 4) Quais os principais problemas dentro de uma estação específica;
- 5) Por que os principais defeitos ocorrem;
- 6) Onde os defeitos ocorrem dentro de uma estação.

Para começar a pesquisa sobre os principais defeitos que ocorrem na linha de montagem, entrevistou-se vários operadores dentro da fábrica, perguntando quais os problemas mais recorrentes que aconteciam durante uma montagem dentro de uma estação. Anotamos algumas respostas e, após isso, verificamos os dados fornecidos pelo PDIE para comparar as respostas. Chegou-se à conclusão de que existem 7 principais tipos de defeitos dentro da fábrica: falta de montagem, falta de peça, falta de limpeza, falta de pintura, falta de inspeção, montagem incorreta e problema de processo.

Através do último registro do Posto de Inspeção Final, foi possível identificar que, para a última máquina inspecionada, ocorreram 40 defeitos na linha de produção. Pelo tipo de defeito encontrado, foi possível rastrear em qual estação cada defeito ocorreu e, conseqüentemente, quantos defeitos ocorreram em cada estação. Assim, observa-se que a estação 4.2 era a estação em que estavam acontecendo o maior número de problemas

nas últimas máquinas, por isso foi decidido escolhê-la como objeto de estudo para seguir com o curso de ação.

Em seguida, após analisar os registros do PDIE de janeiro até julho de 2016, identificou-se que ocorreram 53 defeitos na estação 4.2 ao longo desse período, tendo “Falta de Montagem” e “Falta de Peça” como os tipos de problema com o maior número de ocorrências. Para simplificar a análise, utilizamos os dados para construir gráficos de pareto no excel, para montagem mecânica e elétrica, respectivamente, como mostram as figuras abaixo:

Figura 9 - Montagem Mecânica: Quantidade de defeitos x Tipo de defeito



Fonte: Autor

Figura 10 - Montagem Elétrica: Quantidade de defeitos x Tipo de defeito



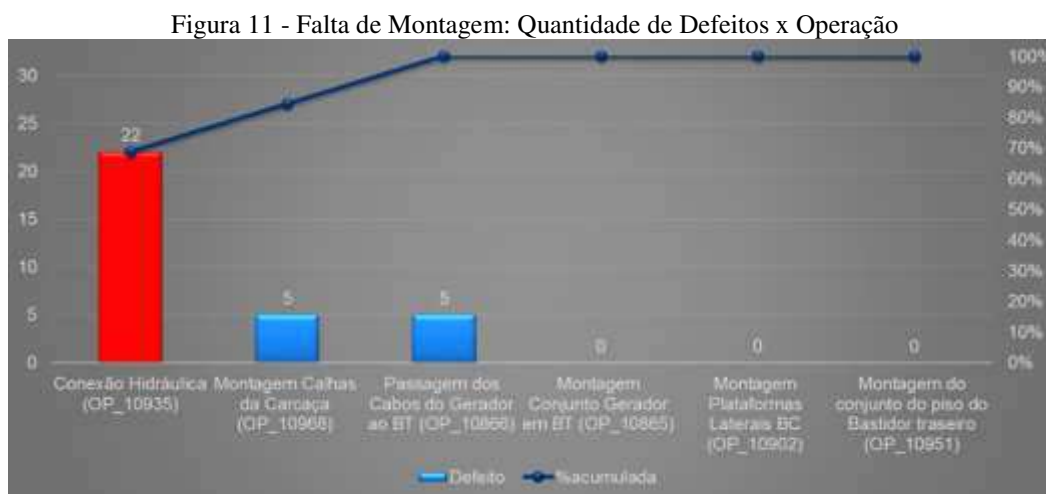
Fonte: Autor

3.2.3 CONTRUÇÃO DE UM FLUXO DE INFORMAÇÕES

Após descobrir os principais tipos de defeito que ocorriam na estação 4.2, cruzou-se as informações do PDIE com as informações do Roteiro de Montagem dessa estação. Como o PDIE fornecia uma breve descrição do problema, foi possível detectar exatamente onde os problemas estavam acontecendo. Assim, Foi feito um passo-a-passo de como as informações foram sendo detalhadas:

A partir dos gráficos nas imagens 98 e 99, percebe-se que as montagens mecânicas são as que apresentam a maior quantidade de problemas, por isso vamos detalhar as informações a partir do seu gráfico, que mostra que “Falta de Montagem” é o tipo mais recorrente, com 32 ocorrências.

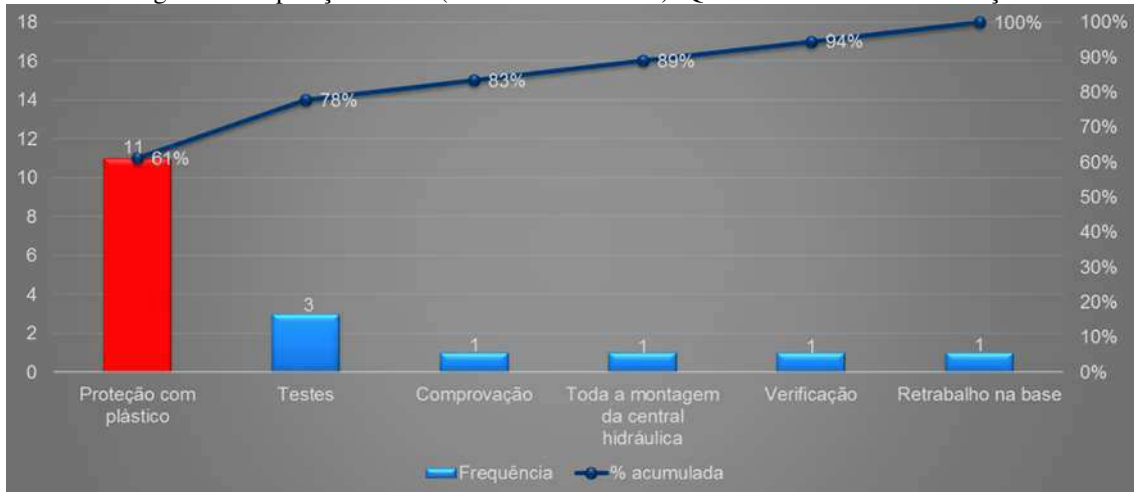
Dos defeitos que foram caracterizados como “Falta de Montagem”, utilizando a estratégia de informação cruzada, foi identificado que, dentro da estação 4.2, a Operação 10935, caracterizada como “Conexão Hidráulica”, foi a operação em que ocorreram a maior quantidade de defeitos desse tipo, como mostra a figura 15.



Fonte: Autor

Detalhando ainda mais, foi possível saber qual peça estava sendo afetada dentro da operação especificada, como mostra a figura 16.

Figura 12 - Operação 10935 (Conexão Hidráulica): Quantidade de Defeitos x Peça



Fonte: Autor.

Utilizando esse método manual, foi possível descobrir onde, quando e como os defeitos estavam acontecendo dentro da estação 4.2. Com essas informações em mãos, seria possível fazer uma análise de padrão de defeitos e tomar uma ação rápida sempre que um problema ocorresse dentro da estação, de modo a não deixar que defeitos continuassem prosseguindo para as próximas estações. No entanto, foram necessárias cerca de duas semanas para reunir todas as informações e especificar cada uma delas para que pudessem ser construídos os gráficos mostrados acima. O fluxo de informações ficou como se segue.

Figura 13 - Fluxo de Dados Estação->Defeito->Operação->Peça



Fonte: Autor

Além disso, a maneira como esse fluxo de informações foi construído torna possível a replicação do método para as outras estações, de modo a identificar o que estava acontecendo com a fábrica como um todo. No entanto, é importante enfatizar duas características sobre a construção desse fluxo:

- **Tempo:** O intervalo de tempo de duas semanas, necessário para extrair as informações relevantes e construir gráficos, é muito grande para que seja feita uma análise de problemas que necessita de uma resposta rápida;
- **Acessibilidade:** O acesso às informações necessárias é muito restrito, visto que nem todos os funcionários tem acesso rápido às informações construídas nesse fluxo. Além disso, para extrair algumas informações chave, foi necessário usar informações cruzadas de vários documentos diferentes, o que torna o processo de análise mais complexo.

Por isso, para formular uma solução geral, foi desenvolvido um sistema de identificação de defeitos, baseado nesse fluxo de dados, com o objetivo de extrair onde, quando e como os defeitos ocorrem dentro de uma estação de trabalho de maneira rápida e acessível. Desse modo, torna-se possível fazer uma análise mais madura para que se tome ações rápidas com o objetivo de evitar que os defeitos continuem saindo da estação de trabalho, alcançando, assim, o terceiro nível de qualidade.

3.3 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO DIGITAL

Através da plataforma Formsite, foi construído um sistema de aquisição de dados com a finalidade de substituir o atual processo de inspeção baseado em lista de checagem.

O sistema foi construído de maneira muito simples na forma de um formulário, a fim de extrair as informações necessárias para reconstruir o fluxo de dados da Figura 17 de maneira mais simples, como se mostra a seguir:

Figura 14 - Primeira página do formulário.

GE - Imagination at work

Usuário *
Rickson

Linha de Produção *
 Machine Head
 Hub

Número da Máquina *
438

Estações da MH *
 Estação 3.0
 Estação 3.1
 Estação 3.2
 Estação 3.3
 Estação 4.0
 Estação 4.1
 Estação 4.2
 Estação 4.3
 Estação 5.1
 Estação 5.2

formsite PRO TRIAL Report abuse

NEXT >>

Fonte: Autor.

Figura 15 - Segunda página do formulário.

GE - Imagination at work

Qual foi o problema encontrado? *

Falta de Peça
 Não Conformidade com Fornecedor
 Falta de Limpeza
 Falta de Pintura
 Montagem Incorreta
 Montagem não ocorreu
 Outro (Favor descrever)

Qual é a operação que está ocorrendo o problema?
10602 (Colocação Cabos Terra do Transformador)

Quais são as peças que estão faltando?

Peça 1	Qtd	Peça 2	Qtd
OP10602 WND_35867 (L=0,5m)	1		

Porque o problema ocorreu? Descreva brevemente. *

A peça foi canalizada pela produção na estação 4.1.

formsite PRO TRIAL Report abuse

PREVIOUS SUBMIT

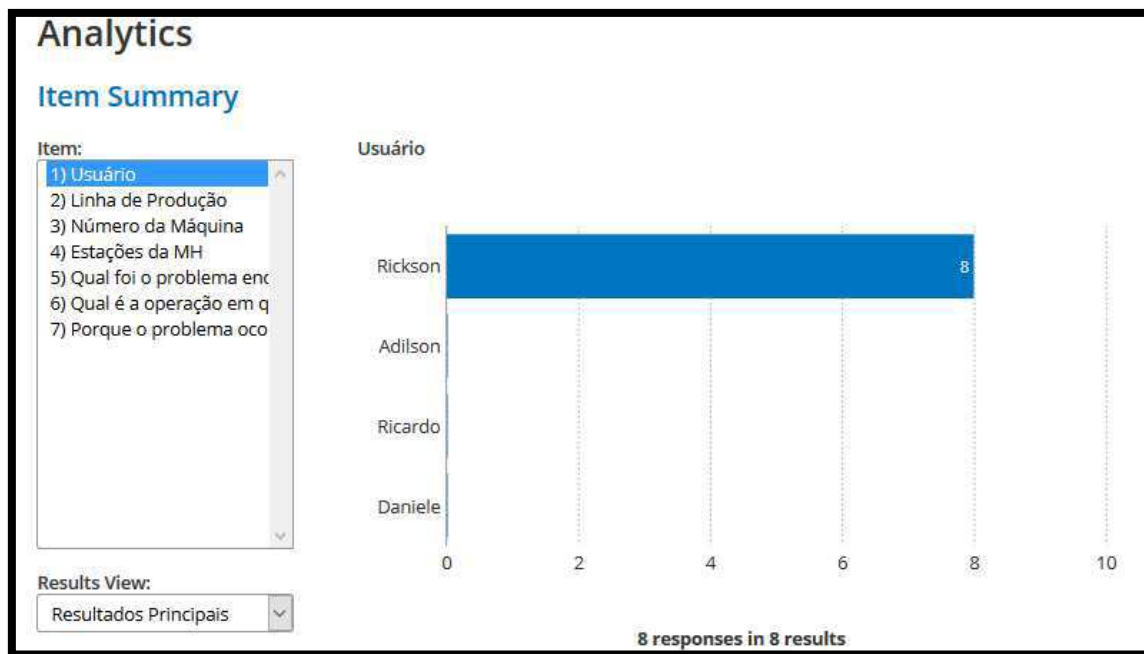
Fonte: Autor

3.4 IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO DIGITAL

Para o funcionamento do novo método, também foi necessária uma pequena mudança na rotina dos inspetores de qualidade. Para validar a solução desenvolvida, sempre que ocorre um problema dentro de uma estação, o operador da estação entra em contato imediato com o inspetor de qualidade que, por sua vez, faz a rotina de inspeção de acordo com o formulário desenvolvido, registra a ocorrência e parte para a solução de consertar o defeito em questão. Além disso, para tornar a inspeção mais simples, o inspetor utiliza de um dispositivo móvel (tablet ou celular) para registrar a ocorrência de defeitos através desse formulário.

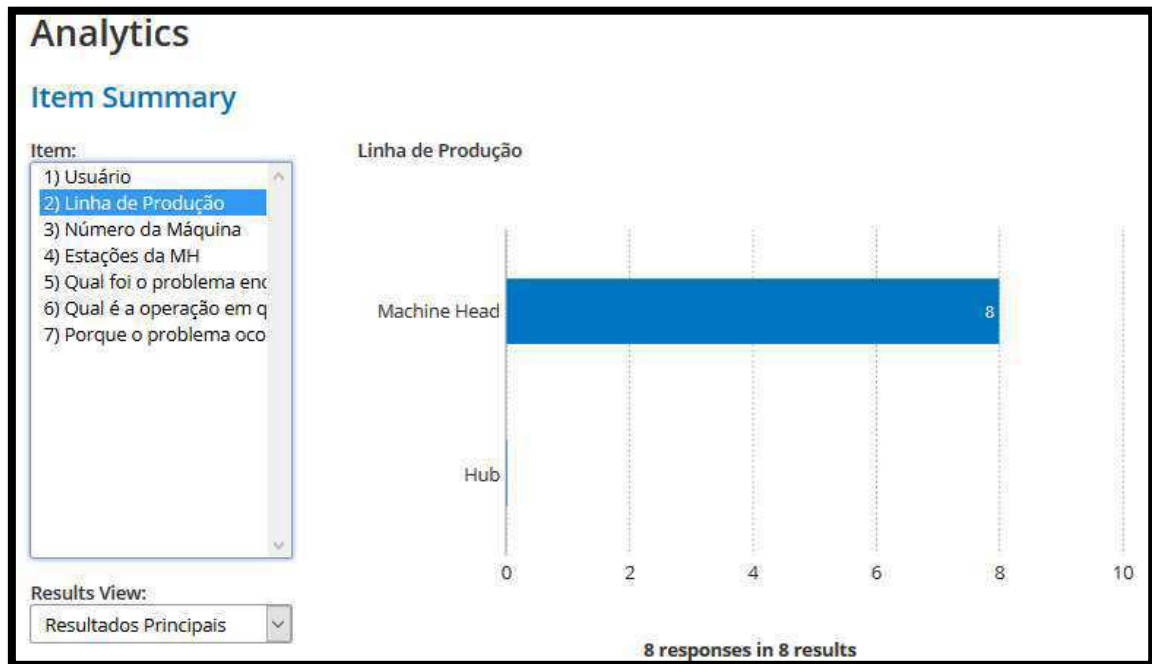
O sistema extrai os resultados e os coloca em forma de tabela, indicando, inclusive, a data e a hora em que o formulário foi preenchido. A partir dessa tabela de resultados, o sistema cria, automaticamente, gráficos para tornar a análise de dados mais eficiente. Esses gráficos mostram a quantidade de defeitos em vários tipos de ocorrência, e, após 1 semana de testes, apresentou-se os seguintes resultados:

Figura 16 - Quantidade de defeitos por usuário



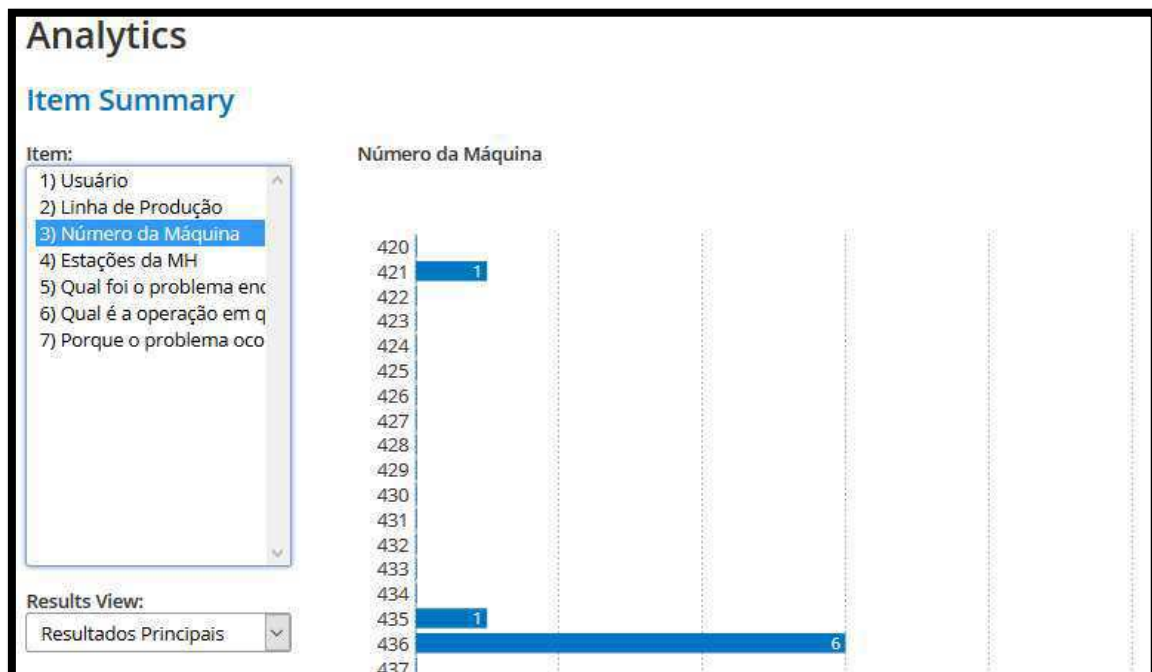
Fonte: Autor.

Figura 17 - Quantidade de defeitos por linha de produção



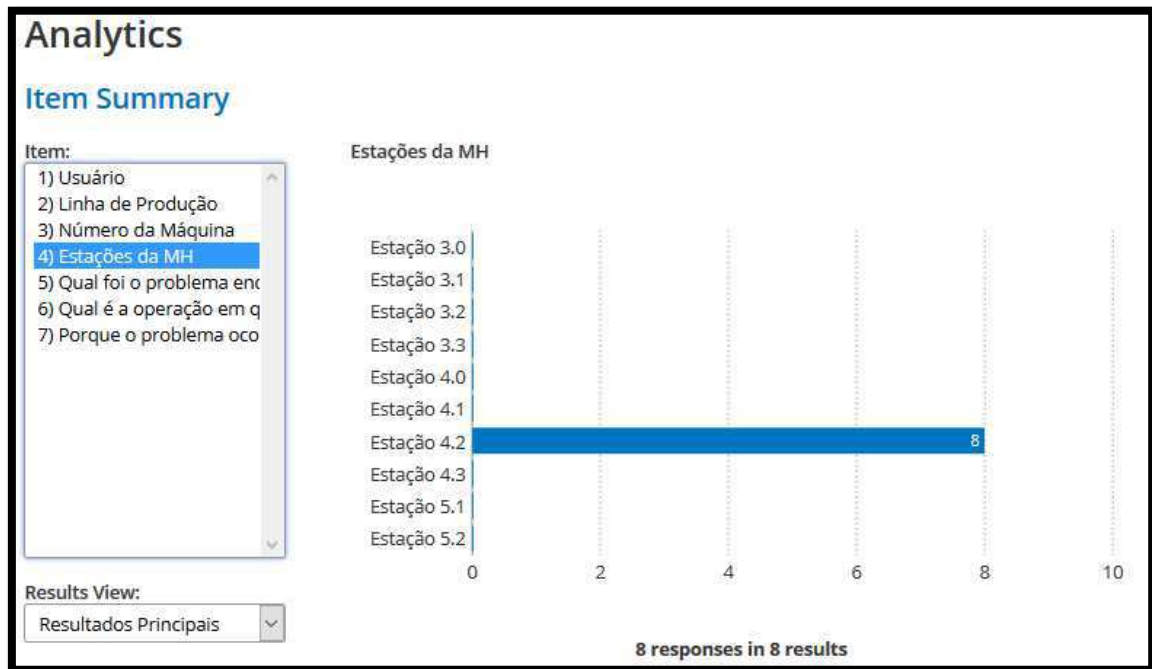
Fonte: Autor.

Figura 18 - Quantidade de defeito por máquina



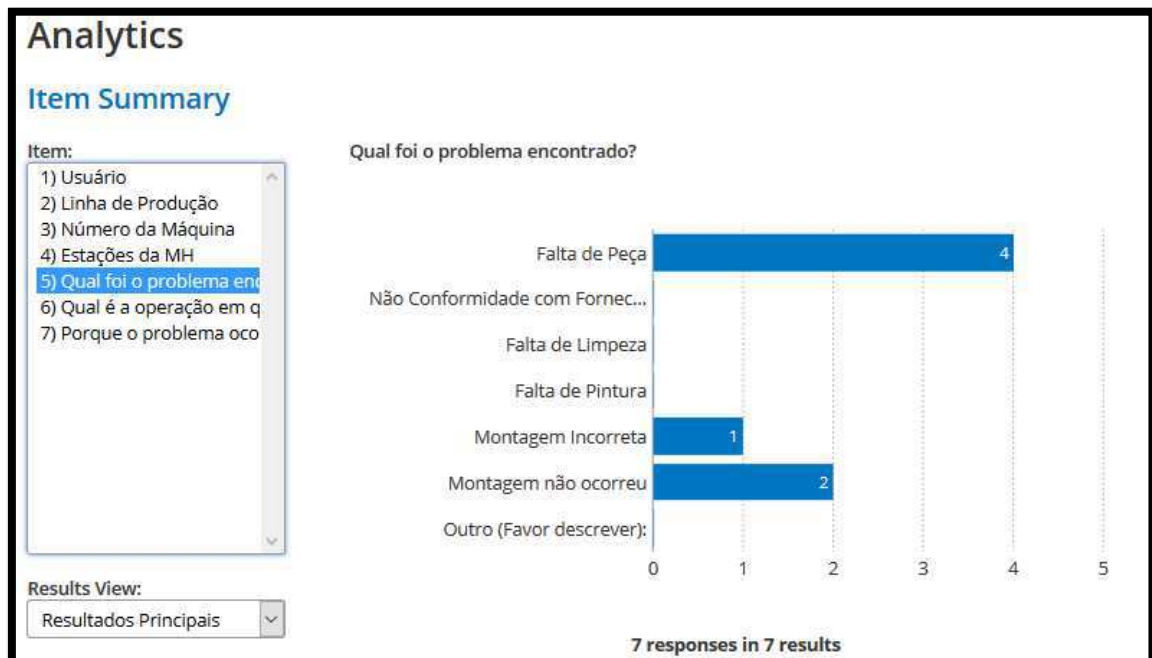
Fonte: Autor

Figura 19 - Quantidade de defeito por estação.



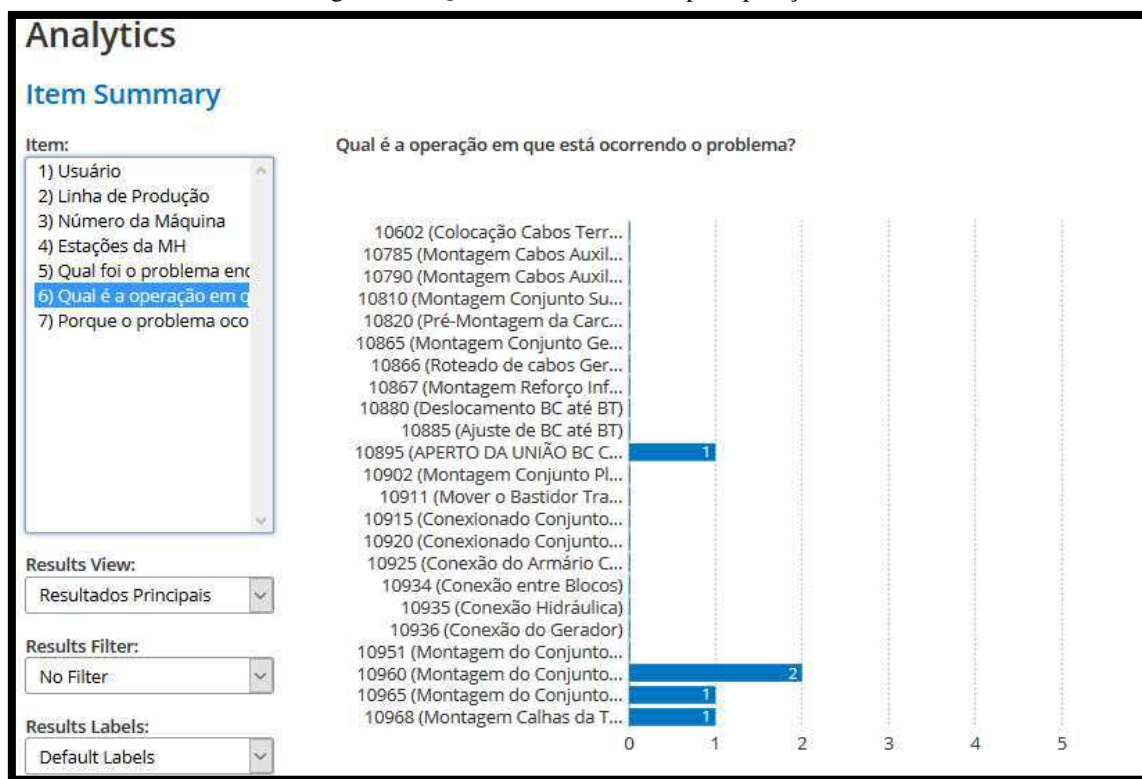
Fonte: Autor.

Figura 20 - Quantidade de defeito por tipo de defeito



Fonte: Autor.

Figura 21 - Quantidade de defeitos por operação



Fonte: Autor.

4 CONCLUSÃO E RESULTADOS

A construção de variáveis que possam ser quantificadas e monetizadas, como a quantidade de defeitos por funcionário, é indispensável para gerenciar qualquer tipo de negócio, principalmente no ambiente industrial, onde se faz necessário analisar padrões de comportamento dentro da fábrica, a fim de diminuir desperdícios e aumentar a margem de lucro. Assim, o primeiro passo para construir métricas relevantes é tornar dados disponíveis.

Esse sistema de aquisição de dados criou as ferramentas necessárias para que a fábrica pudesse alcançar o terceiro nível no plano de qualidade, em que os defeitos não devem sair da estação de trabalho. Ainda mais, se considerarmos as aplicações de Big Data e o nível de abstração que foi alcançado através desse projeto, já foi dado o primeiro passo para que a fábrica possa começar a construir seu caminho para alcançar o quarto nível no plano de qualidade, em que os defeitos não saem da operação.

Após implementar essa solução, o tempo gasto por um inspetor de qualidade em uma inspeção diminuiu, em média, 40% em relação ao método utilizado pela fábrica.

Como o sistema é conectado pela rede interna, a atualização dos dados é feita a partir do momento em que um inspetor registra um problema através do formulário. Com isso, foi possível extrair dados relevantes de maneira muito mais simples e acessível se comparado ao método anterior. Assim, essa possibilidade permite que a análise de dados sobre o comportamento da fábrica seja feita em tempo real.

Além disso, como o registro de ocorrências passaria a ser feito digitalmente através desse formulário, todos os dados começariam a ficar armazenados dentro da própria rede interna da fábrica. Isso traria uma economia tanto na quantidade de papel impressa quanto no estoque necessário para armazenar o registro de cada máquina produzida na linha de montagem.

Por fim, a experiência de viver o dia-a-dia de um ambiente industrial em uma das maiores empresas de engenharia do mundo foi de grande contribuição para a experiência profissional de um estudante concluinte. Graças à formação acadêmica recebida pela UFCG, foi possível enxergar que os problemas da indústria são muito mais simples do que aparentam ser, criando a certeza de que essa formação foi essencial para a realização deste projeto e dos próximos desafios que virão.

REFERÊNCIAS

Grace L. Duffy's Modular Kaizen: Continuous and Breakthrough Improvement, ASQ Quality Press, 2014, páginas 119-120. Disponível em < <http://asq.org/learn-about-quality/eight-disciplines-8d/index.html> >. Acesso em 10 de Outubro de 2016.

Ron Bialek, Grace L. Duffy, and John W. Moran, The Public Health Quality Improvement Handbook (Milwaukee, WI: ASQ Quality Press, 2009), páginas 168–170. Disponível em < <http://asq.org/healthcare-use/why-quality/five-whys.html> >. Acesso em 10 de Outubro de 2016.

Nancy R. Tague (2004). «Seven Basic Quality Tools». The Quality Toolbox. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality. página 15. Consultado em 10 de Outubro de 2016.

Jack B. ReVelle's Quality Essentials: A Reference Guide from A to Z, ASQ Quality Press, 2004, páginas 56-58. Disponível em < <http://asq.org/learn-about-quality/lean/overview/five-s-tutorial.html> >. Acesso em 10 de Outubro de 2016.

GENERAL ELECTRIC. Disponível em < <https://www.ge.com/br/integridade> >. Acesso em 10 de Outubro de 2016.

GENERAL ELECTRIC. Disponível em < <http://www.gesustainability.com/how-ge-works/environment-health-safety/> >. Acesso em 10 de Outubro de 2016.

I SIX SIGMA. Disponível em < <https://www.isixsigma.com/methodology/kaizen/kaizen-six-sigma-ensures-continuous-improvement/> >. Acesso em 10 de Outubro de 2016.