

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

GILBERTO RODRIGUES PINTO NETO

DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PILOTO A PARTIR DA METODOLOGIA SEIS
SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO DE FALHAS NO SETOR DE
PINTURA DE ESTALEIRO NÁUTICO

Joinville

2018

GILBERTO RODRIGUES PINTO NETO

DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PILOTO A PARTIR DA METODOLOGIA SEIS
SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO DE FALHAS NO SETOR DE
PINTURA DE ESTALEIRO NÁUTICO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de graduação em
Engenharia Naval, da Universidade Federal
de Santa Catarina, Centro Tecnológico de
Joinville, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Dra. Janaina Renata Garcia

Joinville

2018

GILBERTO RODRIGUES PINTO NETO

DESENVOLVIMENTO DE PROJETO PILOTO A PARTIR DA METODOLOGIA SEIS
SIGMA E MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO DE FALHAS NO SETOR DE
PINTURA DE ESTALEIRO NÁUTICO

Aprovado em 21 de junho de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Janaína Renata Garcia (Orientadora)
UFSC

Dra. Elisete Santos da Silva Zagheni
UFSC

Dr. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto
UFSC

Joinville

2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por me conceder saúde e pessoas excelentes na minha vida.

À minha orientadora Dra. Janaína, que sempre esteve disponível e disposta à me auxiliar na realização desse trabalho.

À toda equipe do estaleiro Fibrafort, especialmente ao engenheiro Emerson, pelos ensinamentos, pela oportunidade e confiança depositada na realização de cada projeto.

Ao Iago, que junto comigo, como estagiário, realizou o projeto de melhoria no setor de retoque, compartilhando ideias e decisões.

À minha namorada Vitória, que desde o momento em que a conheci, me apoia em minhas decisões e me traz paz nos momentos de estresse.

À minha irmã Carmem, pelo companheirismo, amizade e carinho que, apesar da correria do estágio e faculdade, continuam presentes e permanentes.

Aos meus pais Paulo e Julita, por todo apoio e suporte incondicional, por acreditarem e investirem em mim. Em especial à minha mãe Julita, pelos seus sábios conselhos, palavras de incentivo e por todo amor entregue. Sem seu suporte e educação, essa conquista não teria sido realizada.

À todos que diretamente ou indiretamente fazem parte de minha formação e estiveram próximos de mim, o meu muito obrigado!

RESUMO

Com o aumento da competitividade dos estaleiros náuticos, há a necessidade dos mesmos se destacarem dos concorrentes, minimizando custos e otimizando a qualidade. Uma metodologia para melhoria no desempenho através da eliminação de desperdícios é a Seis Sigma, que desenvolve técnicas dentro das empresas de maneira estruturada. No presente trabalho é apresentado o estudo de um projeto piloto dentro de um estaleiro náutico, com o objetivo de redução de falhas no setor de retoque dos cascos e conveses, após as etapas de laminação e pintura das peças. O método utilizado é o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar), que envolve o encadeamento de ações planejadas e a utilização de ferramentas próprias para cada fase. Com a identificação de *gelcoat* fino como falha predominante da lancha mais produzida no estaleiro (com o auxílio do gráfico de pareto), encontrou-se que o problema raiz estava na falta de inspeção focalizada em regiões críticas, sendo então elaborada uma folha de inspeção de espessura de gel, com o intuito de controlar as variações de espessura nas peças. A contribuição desse trabalho para dentro da empresa foi facilitar o uso das ferramentas e da estrutura geral do DMAIC, introduzindo novos conceitos e gerando oportunidades para novos projetos de melhoria em diferentes setores do estaleiro.

Palavras-chave: Seis Sigma, DMAIC, Melhoria Contínua, Retrabalho.

ABSTRACT

With the enhance competitiveness of nautical shipyards, it is necessary for them to stand out from competitors, minimizing costs and optimizing quality. A methodology for improving performance through waste elimination is Six Sigma, which develops techniques within companies in a structured way. The present paper is presented the study of a pilot project inside a nautical shipyard, with the objective of reducing failures in the refinishing sector of hulls and decks, after the steps of lamination and painting of the pieces. The method used is the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improvement and Control), which involves the chaining of planned actions and the use of specific tools for each phase. With the identification of thin gelcoat as the predominant failure of the most produced boat at the shipyard (with the aid of the pareto chart), it was found that the root problem was the lack of focused inspection in critical regions, and a gel thickness inspection sheet was then prepared, in order to control the thickness variations in the parts. The contribution of this work within the company was to facilitate the use of the tools and the general structure of the DMAIC, introducing new concepts and generating opportunities for new improvement projects in different sectors of the shipyard.

Keywords: Six Sigma, DMAIC, Continuous Improvement, Rework.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O modelo DMAIC simplificado	14
Figura 2 - Símbolos para diagrama de fluxo de processo	16
Figura 3 - Diagrama de causa-efeito	17
Figura 4 - Project Charter	23
Figura 5 - Diagrama SIPOC	24
Figura 6 - Mapa de Processos	26
Figura 7 - Convés sendo taqueado com lixa 220	27
Figura 8 - Convés sendo lixado com o auxílio da lixadeira circular orbital	28
Figura 9 - Convés no processo de polimento	29
Figura 10 - Árvore de amostragem.....	30
Figura 11 - Subdivisão do casco em macro regiões.....	31
Figura 12 - Subdivisão do convés em macro regiões.....	32
Figura 13 - Divisões das laterais bombordo e boreste do convés	32
Figura 14 - Subdivisão do convés da FK210.....	34
Figura 15 - Diagrama de causa-efeito (método 6M).....	38
Figura 16 - Plano de ação (5W1H).....	40
Figura 17 - Pente medidor da espessura do gel coat.....	43
Figura 18 - Recipiente com líquido diluente para armazenar pente medidor	44
Figura 19 - Inspeção de espessura de gel convés FK210	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de Conversão Sigma Simplificada.....	11
Tabela 2 - Patrocinadores e especialistas do Seis Sigma.....	12
Tabela 3 - Divisão das lanchas Focker entre as linhas de produção.	20

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Amostragem das lanchas na fase “medir”	33
Gráfico 2 - Incidência de falhas no convés e casco da FK210.....	34
Gráfico 3 - Diagrama de pareto das falhas predominantes no convés da FK210	35
Gráfico 4 - Regiões afetadas pelo gel fino FK210	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVOS	9
1.1.1	Objetivo Geral	9
1.1.2	Objetivos Específicos	9
2	REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1	METODOLOGIA SEIS SIGMA	10
2.2	A EQUIPE SEIS SIGMA	11
2.3	MÉTODO DMAIC	12
2.3.1	Definir	14
2.3.2	Medir	15
2.3.3	Analisar	16
2.3.4	Melhorar	17
2.3.5	Controlar	18
3	METODOLOGIA	19
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	19
3.2	RESTRICÇÕES DA METODOLOGIA.....	20
4	ESTUDO DE CASO	22
4.1	ETAPA “DEFINIR”	22
4.1.1	Project Charter	22
4.1.2	Diagrama SIPOC	24
4.2	ETAPA “MEDIR”	25
4.2.1	Mapa de Processos	25
4.2.2	Árvore de Amostragem	29
4.2.3	Coleta de Dados	30
4.3	ETAPA “ANALISAR”.....	35
4.3.1	Diagrama de Causa e Efeito	37
4.4	ETAPA “MELHORAR”	38
4.4.1	Plano de Ação	38
4.4.2	Implementação do Plano de Ação	41
4.5	ETAPA “CONTROLAR”	45

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
6	REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, várias adaptações foram implementadas nos estaleiros náuticos brasileiros afim de favorecer o crescimento do setor e o aumento da competitividade frente aos produtos importados (MOURA; BOTTER, 2013). Considerado de grande potencial, o mercado de embarcações de recreio de Santa Catarina, Brasil, tem conseguido alcançar cada vez mais relevância no cenário nacional.

Segundo Spautz (2018), o aumento da procura por vagas nas marinas desde o último trimestre de 2017 até abril de 2018, foi de 15% na cidade de Itajaí e de 30% em Balneário Camboriú. Esse fato é um sinal de retomada do mercado náutico, após passar pela crise nacional que afetou uma série de outras áreas da indústria.

Com o crescimento do setor, há conseqüentemente a necessidade das empresas se destacarem diferenciando-se dos concorrentes, buscando maneiras de minimizar custos e oferecer um produto de qualidade ao cliente. A análise e otimizações dos processos dentro das empresas surge como forma de obter bons resultados e manter a competitividade.

Nos estaleiros náuticos, o principal gargalo de produção (ponto que limita a fabricação final) é o setor de retoque, onde há o retrabalho da peça, sendo casco ou convés, após a identificação das falhas. Os gargalos geram atrasos para os setores seguintes e, conseqüentemente, mais custos para a empresa, por isso a eliminação dos mesmos é uma necessidade para as organizações.

De acordo com a pesquisa realizada por Marion et al. (2002), na qual abrangeu pequenas empresas industriais na Região Central do estado do Rio Grande do Sul, e que tiveram como demanda o Programa 5S, mais de 41% das mesmas apresentaram custos provenientes de retrabalho sob peças defeituosas.

Atualmente existem metodologias que desenvolvem de maneira estruturada técnicas para essas otimizações dentro das indústrias. Uma delas é o Seis Sigma, uma estratégia gerencial quantitativa que objetiva aumentar a lucratividade das empresas por meio do aperfeiçoamento da qualidade dos produtos e processos (WERKEMA, 2004).

Estruturando de forma mais detalhada, o Seis Sigma segue o método DMAIC, que com o auxílio de algumas ferramentas, é definido como um ciclo de desenvolvimento de cinco etapas: Definir, medir, analisar, melhorar e controlar (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto piloto baseado na aplicação da metodologia Seis Sigma com o auxílio do método DMAIC no setor de pintura de um estaleiro de embarcações de recreio da região de Itajaí, Santa Catarina, afim de reduzir as falhas que geram retrabalho nas lanchas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Aplicar o método DMAIC, evidenciando cada etapa;
- Identificar as etapas do processo produtivo no setor de retrabalho;
- Propor soluções para melhorias a partir dos dados.
- Gerar documentos de controle.

Afim de obter conhecimento suficiente para o desenvolvimento do projeto piloto, foi inicialmente realizada uma pesquisa sobre o Seis Sigma e DMAIC. O capítulo seguinte trará conceitos e definições do tema de estudo que são essenciais para o entendimento do corpo do projeto na empresa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo é apresentada a metodologia Seis Sigma, sua definição e histórico, assim como os profissionais habilitados a atuarem na condução de projetos com esse tema. Em seguida, é tratado do método DMAIC, demonstrando as cinco etapas e, por fim, a funcionalidade de suas respectivas ferramentas.

2.1 METODOLOGIA SEIS SIGMA

O Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores (WERKEMA, 2004).

“O Seis Sigma não opera por si só, o sistema produtivo deve alcançar uma estabilidade básica através da padronização e eliminação de desperdício e de defeitos, o que envolve o estudo das operações da rotina do dia-a-dia.” (RIOS, 2006, p.16).

Com o objetivo de competir com os produtos estrangeiros, mais baratos e com qualidade superior, o Seis Sigma surge na empresa Motorola no ano de 1987, alcançando entre o final da década de 80 e início da década de 90, um lucro de 2,2 bilhões de dólares. Além da Motorola, a GE (General Eletric) também implementou o Seis Sigma nos anos 90, alcançando no ano de 2002 o patamar de 4 bilhões de dólares de economia por ano (WERKEMA, 2004; TAGHUZADEGAN, 2006).

Após a divulgação dos grandes lucros obtidos por essas empresas, que colocaram em prática o programa Seis Sigma, houve assim um grande interesse de outras organizações implementarem a metodologia.

De acordo com Pande et al (2000), a letra “sigma (σ)” do alfabeto grego é um símbolo utilizado na estatística para representar o desvio padrão de uma população, um indicador da quantidade de “variação” ou inconsistência em um grupo de itens ou processos. Logo, o nome Seis Sigma, na linguagem estatística, significa seis desvios padrão, implicando em um processo praticamente isento de erros, com 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (CARVALHO e PALADINI, 2012).

A tabela 1, adaptada de Pande et al (2000), mostra a conversão sigma simplificada a partir do rendimento da produção e o DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades), que significa quantos erros iriam aparecer se a atividade fosse repetida um milhão de vezes.

Tabela 1 - Tabela de Conversão Sigma Simplificada

Produção	DPMO	Sigma
30,9%	690.000	1
69,2%	308.000	2
93,3%	66.800	3
99,4%	6.210	4
99,98%	320	5
99,9997%	3,4	6

Fonte: Adaptado de Pande et al (2000)

Essa métrica do desempenho Seis Sigma é acompanhada de outras métricas essenciais a partir do pensamento estatístico, como a validação de causas raízes de problemas, identificação de fontes de variações nos processos e a geração de fontes alternativas de melhorias, fazendo com que a iniciativa Seis Sigma seja empregada com sucesso nas estratégias corporativas (ROOS, 2014).

2.2 A EQUIPE SEIS SIGMA

A metodologia do Seis Sigma, para funcionar corretamente, requer integração com todos os departamentos da empresa (TAGHIZADEGAN, 2006). Desse modo, é necessário o treinamento de pessoas que se transformarão em patrocinadores do programa ou em especialistas na metodologia e nas suas ferramentas (WERKEMA, 2004), apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Patrocinadores e especialistas do Seis Sigma

Profissional	Definição
Sponsor do Seis Sigma	É o "número um" da empresa, responsável por promover e definir as diretrizes para a implementação do Seis Sigma
Sponsor Facilitador	É um dos diretores da empresa. Esse gestor tem a responsabilidade de assessorar o <i>Sponsor</i> do Seis Sigma na implementação do programa
Champions	Gestores cuja responsabilidade é apoiar os projetos e remover possíveis barreiras para seus desenvolvimento. São diretores ou gerentes da empresa
Master Black Belts	São profissionais que assessoram os <i>Sponsors</i> e os <i>Champions</i> e atuam como mentores dos <i>Black Belts</i> e <i>Green Belts</i>
Black Belts	Lideram equipes na condução de projetos multifuncionais ou funcionais, alcançando maior visibilidade na estrutura do Seis Sigma
Green Belts	São profissionais que participam das equipes lideradas pelos <i>Black Belts</i> ou lideram equipes na condução de projetos funcionais
White Belts	São profissionais do nível operacional da empresa, treinados nos fundamentos do Seis Sigma para que possam dar suporte aos <i>Black Belts</i> e <i>Green Belts</i> na implementação dos projetos

Fonte: Adaptado de Werkema (2004)

Segundo Roos (2014), para cada especialista é necessário um perfil próprio para a condução de projetos Seis Sigma dentro de uma empresa, seja como líder operacional ou como gerentes que atuam no nível operacional, por exemplo.

2.3 MÉTODO DMAIC

De acordo com Andrietta e Miguel (2002), um dos conceitos que se bem compreendidos e aplicados asseguram a boa performance do Seis Sigma é a

utilização do método DMAIC, que significa: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

Shankar (2009) afirma que o método DMAIC seleciona um problema que foi identificado pela organização e utiliza uma série de ferramentas e técnicas de uma maneira lógica afim de entregar uma solução viável.

As cinco etapas do método DMAIC (Figura 1) são definidas sucintamente da seguinte maneira, segundo Werkema (2004):

- D – *Define* (Definir): Definir com precisão o escopo do projeto.
- M – *Measure* (Medir): Determinar a localização ou foco do problema.
- A – *Analyze* (Análise): Determinar as causas de cada problema prioritário.
- I – *Improve* (Melhorar): Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.
- C – *Control* (Controlar): Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.

Figura 1 - O modelo DMAIC simplificado



Fonte: Pande et al (2000)

Para Rios (2006), o ciclo DMAIC não é uma atividade puramente linear, ou seja, na medida em que se avança pelas fases, encontra-se problemas e processos não identificados anteriormente, afirmando que a meta poderá sempre ser revisada na etapa de análise.

2.3.1 Definir

A primeira etapa do método DMAIC é a etapa “Definir”, que consiste, de acordo com Carvalho e Paladini (2012), em decidir os requisitos do cliente (voz do cliente).

Uma ferramenta a ser utilizada nesta etapa com o intuito de registrar os passos iniciais do projeto é o *Project Charter*, que é um contrato consolidado entre a equipe responsável pelo projeto e os gestores da empresa (*Champions* e *Sponsors*) (WERKEMA, 2004).

Para definir o principal processo envolvido no projeto e, conseqüentemente, facilitar a visualização do escopo do trabalho, é utilizado o diagrama SIPOC (WERKEMA, 2004). O diagrama SIPOC possui um alto nível de visualização do

processo. Ele não necessita mostrar nenhum ponto de decisão, apenas blocos indicando alto nível de atividades (SHANKAR, 2009).

O diagrama SIPOC, conforme afirmado por Pande et al (2000), é composto por cinco elementos:

- S – *Suppliers* (Fornecedores): Quem fornece a informação, material ou outro recurso para o processo
- I – *Inputs* (Insumos): O que é fornecido ao processo
- P – *Process* (Processo): A série de passos que transforma e agrega valor aos insumos
- O – *Outputs* (Produtos): O produto final do processo
- C – *Customers* (Consumidores): Quem recebe o produto final do processo

2.3.2 Medir

A fase “Medir” inicia-se com a coleta dos dados e quantificação do problema. Nesse ponto há apenas a coleta de dados de uma maneira passível com o intuito de reunir informações. Esses dados são importantes para quantificar a melhoria na fase de “Controle” do DMAIC e apresentar aos responsáveis que o trabalho apresentou progresso significativo (SHANKAR, 2009).

Como comentam Carvalho e Paladini (2012), essa etapa é caracterizada pela obtenção de informações do processo através de um sistema que produza amostras representativas e aleatórias. No entanto, antes da coleta de novos dados, é necessário identificar a forma de estratificação para o problema, que é a observação do mesmo sob diferentes aspectos (WERKEMA, 2004).

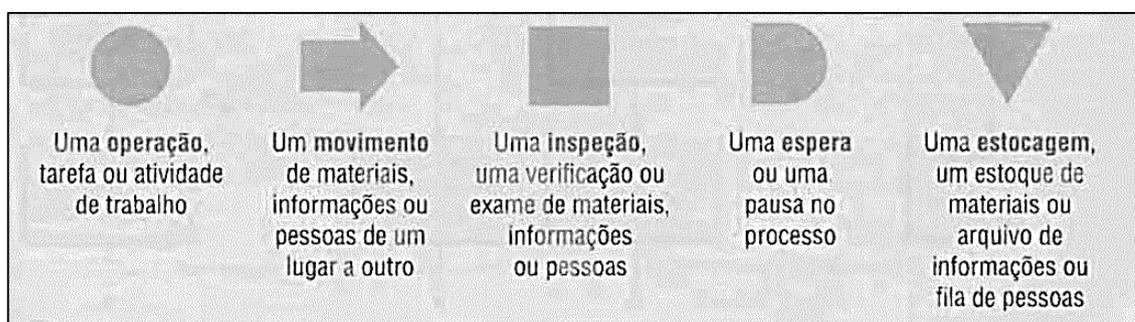
As ferramentas utilizadas na etapa “medir” incluem a árvore de amostragem (planejar a coleta de dados) e alguns indicadores como gráfico de pareto (analisar o impacto das várias partes do problema e identificar os problemas prioritários) e histogramas.

Por isso o plano de coleta de dados é uma ferramenta importante para que a medição seja eficaz, evitando que haja equívocos, medições desnecessária ou falta das mesmas para a etapa de análise.

Além disso, para descrição das principais atividades e tarefas, assim como as variáveis, parâmetros e especificações de cada etapa do processo, é utilizado o Mapa de Processo (TAGHIZADEGAN, 2006).

Uma técnica para a realização do mapa de processo é a utilização de fluxogramas, que oferecem uma compreensão detalhada das partes do processo e utiliza diversos símbolos diferentes para a identificação das atividades (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Figura 2 - Símbolos para diagrama de fluxo de processo



Fonte: Slack et al (2002)

2.3.3 Analisar

Carvalho e Paladini (2012) afirmam que a equipe Seis Sigma, nessa fase, realiza uma etapa muito importante da metodologia: a análise dos dados coletados, através de ferramentas da qualidade e ferramentas estatísticas.

Rios (2006) comenta que a causa fundamental do problema nem sempre encontra-se evidente, tornando-se dessa forma oculta por trás dos procedimentos tradicionais e operadores que fazem as tarefas “a sua maneira”, sem padronização.

Entretanto, uma ferramenta essencial na fase “analisar” é o diagrama de Causa-Efeito (*Ishikawa*), também conhecido como “Espinha de Peixe”, que de acordo com Pande et al (2000) é usado para auxiliar na determinação de hipóteses da causa raiz e os possíveis agentes para um efeito específico.

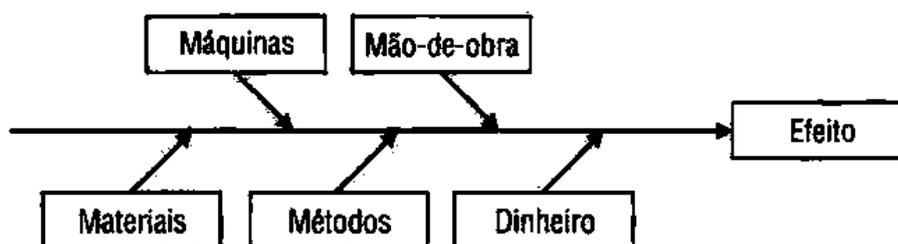
Segundo Slack et al (2002), o procedimento para a criação de um diagrama de causa e efeito é listado em basicamente quatro passos:

1. Colocar o problema na caixa “Efeito”.
2. Identificar as principais categorias das possíveis causas do problema.

3. Buscar fatos e discutir em grupos para gerar possíveis causas a partir das categoriais.
4. Registrar todas as causas potenciais no diagrama e discutir cada item.

Na Figura 3 é apresentado o diagrama de causa-efeito de forma simplificada, representando visualmente a forma de espinha de peixe.

Figura 3 - Diagrama de causa-efeito



Fonte: Slack et al (2002)

Após essa fase, o processo e suas variáveis devem-se estar claros e bem entendidos, afim de auxiliar na geração de soluções na execução do plano de melhorias (COUTINHO, 2011).

2.3.4 Melhorar

De acordo com Roos (2014), a quarta etapa do DMAIC é resumida em desenvolver ideias para remover as causas raízes, testar soluções, padronizá-las, e medir o novo desempenho junto das melhorias.

Com o intuito de testar as soluções selecionadas em pequena escala, Werkema (2004) demonstra que é sugerida a implementação de um teste piloto nessa fase do projeto, que se aprovado, será então elaborado e executado um plano para implementação das soluções em larga escala.

A ferramenta 5W2H é empregada nessa etapa, que consiste em uma série de perguntas direcionadas ao processo produtivo e permite identificar as rotinas mais importantes, detectando seus problemas e apontando soluções (PANDE et al, 2000).

Para Coutinho (2011), 5W2H nada mais é que responder as seguintes questões:

- *What?* – O que será feito?
- *Who?* – Quem fará?
- *When?* – Quando será feito?
- *Where?* – Onde será feito?
- *Why?* – Por que será feito?
- *How?* – Como será feito?
- *How much?* – Quanto custará?

2.3.5 Controlar

Para manter o processo após a fase de melhoria, a equipe deve definir como serão feitos esses controles para a sua manutenção. Nessa fase, deve se estabelecer e validar um sistema de medição e controle para aferir continuamente o processo de modo a garantir que a sua capacidade seja mantida (CARVALHO e PALADINI, 2012).

De acordo com Werkema (2004), uma série de atividades devem ser seguidas nessa fase, como padronizar as alterações realizadas no processo, implementando procedimentos padrões e *Poka-Yoke* (sistemas à prova de erros), se necessário, transmitir os novos padrões aos envolvidos através de manuais ou reuniões e definir, por fim, planos de monitoramento da performance do processo, com planos de coleta de dados ou relatórios periódicos.

Todas essas ferramentas servirão de apoio para a realização da concepção do trabalho. No capítulo seguinte será exposta a metodologia e suas restrições, além de apresentar a empresa na qual foi realizada todo o estudo e formalização do projeto piloto.

3 METODOLOGIA

Para a elaboração desse trabalho acadêmico, foi inicialmente realizada uma pesquisa bibliográfica a partir de livros e artigos sobre metodologia Seis Sigma e o Método DMAIC, tendo em vista a obtenção de conhecimento sobre o tema de trabalho.

Paralelamente à revisão bibliográfica, houve a aplicação do projeto Seis Sigma – DMAIC no estaleiro Fibrafort, no qual foi realizado o estudo de caso e projeto piloto. O engenheiro responsável para a condução do projeto possui a certificação *Green Belt*, que como visto na seção 2.2, é um profissional apto para o acompanhamento da tarefa. A participação direta como estagiário na empresa permitiu uma vasta coleta de dados para o desenvolvimento de todo o estudo de caso.

O método utilizado nesse projeto de melhoria segue a sequência estruturada do método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar), que envolve o encadeamento de ações planejadas e a utilização de ferramentas próprias para cada fase.

O estudo não visa encontrar a solução para todos os tipos de falhas que aparecem no setor de retoque, mas conhecer as falhas mais recorrentes durante a fase “medir”, assim como quais lanchas são produzidas em maior escala. Com isso, o estudo ficará mais restrito e dessa forma gerando resultados mais sólidos para a apresentação do projeto piloto.

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Fundada em 1990, a F. Marine, mais conhecida como Fibrafort, é considerada a maior fabricante da América do Sul em unidades produzidas, presente em 43 países. Localizada em Itajaí, Santa Catarina, são fabricados barcos de 16 a 42 pés, em uma área de 6700m², com mais de 15 mil barcos produzidos. (FIBRAFORT, 2017).

A empresa constrói embarcações em dois segmentos: a linha *Focker*, com barcos de 16 a 33 pés¹ e a linha *Yacht*, com o modelo único até o momento de 42 pés

¹ O uso do sistema imperial, nesse caso, justifica-se pela abordagem constante da notação “pés” para definir comprimentos no setor náutico. 1 pé equivale a 0,3048 metros.

de comprimento. O estudo realizado abrange apenas as lanchas *Focker*, divididos em 3 linhas distintas listadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Divisão das lanchas Focker entre as linhas de produção.

Linha	Modelo
1	FK 160
	FK 190
	FK 210
	FK 215
	FK 230
	FK 240
2	FK 255
	FK 265 <i>open</i>
	FK 265 <i>cabinada</i>
	FK 275
3	FK 305
	FK 330

Fonte: O autor (2018)

A distinção entre *open* e *cabinada* refere-se às embarcações de proa aberta e proa fechada (com cabine), respectivamente.

3.2 RESTRIÇÕES DA METODOLOGIA

O projeto é iniciado com todos os modelos da linha *Focker*, gerando um banco de dados preliminar com 12 lanchas. A partir do estudo da árvore de amostragem, definida e exposta na seção 4.2.2, observou-se que apenas o modelo FK210 (21 pés) apresentou um volume de amostras suficiente no período de coleta de dados. Logo, estabeleceu-se esse modelo como o objeto de estudo desse trabalho, evitando portanto a aleatoriedade estatística devido a carência de informações e garantindo um comportamento constante das falhas nas regiões críticas.

O período restrito de estágio dentro do estaleiro não possibilitou o estudo de todos os tipos de defeitos identificados nas lanchas. Logo, assim como o foco em um

só modelo para estudo, o diagrama de pareto (seção 4.2.3), auxiliou à orientar a pesquisa para um só tipo de falha: o gel com espessura fina (gel fino), com representação predominante de 23,35% de todas as falhas analisadas.

Foi observado que as falhas do setor de retrabalho surgem em regiões de geometria complexa e com descontinuidade, como curvas e quinas. Tais geometrias são mais evidentes no convés que no casco, gerando conseqüentemente mais propensão de surgimento de falhas nessas peças. Portanto, como forma de evidenciar inicialmente regiões mais predispostas à falhas, o atual estudo se baseia apenas na região do convés do modelo FK210.

O intuito do projeto piloto é demonstrar a metodologia aplicada em um objeto de estudo específico, no caso o gel com espessura fina no convés da FK210, para futuramente, como sugestão, a empresa dar seqüência à outros modelos de lanchas, assim como identificar soluções para outros tipos de falhas.

4 ESTUDO DE CASO

Nesse capítulo são apresentadas as etapas do método DMAIC aplicadas diretamente no objeto de estudo, o setor de retrabalho do estaleiro. Os objetivos partem da identificação das falhas mais recorrentes nas lanchas, seguido das medições e análise dos dados, implementando por fim melhorias tendo por objetivo a redução do número de falhas nas peças.

Como apresentado nas restrições da metodologia (seção 3.2), o estudo de caso irá tratar de todas as lanchas nas fases iniciais, restringindo-se na sequência do projeto à redução exclusiva da falha de gel com espessura fina no convés do modelo de 21 pés.

4.1 ETAPA “DEFINIR”

A etapa “definir” é a primeira fase do projeto e é de grande importância na definição do escopo do projeto. Nessa seção será apresentado o Project Charter e o mapeamento macro do processo a partir do SIPOC.

4.1.1 Project Charter

Com a finalidade de apresentar os objetivos, assim como os indicadores, restrições e responsáveis do projeto, foi elaborado o Project Charter, que é um contrato que envolve a equipe responsável pelo projeto e os gestores da empresa (WERKEMA, 2004), apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Project Charter

PROJECT CHARTER			
Nome do Projeto:		Redução de falhas no setor de pintura	
Setor da Empresa:		Engenharia Industrial	
Data:		21/08/2017	
1. Descrição Geral			
1.1 Objetivos do Projeto			
Reduzir o número de falhas provenientes do setor de pintura			
1.2 Razões para os esforços			
A melhoria contínua é um dos pilares da filosofia Lean. Logo, a otimização na linha de produção, identificando as falhas nos recursos provenientes da laminação, poderá diminuir o retrabalho nos setores subsequentes, reduzindo assim o lead time e custo de fabricação do produto.			
2. Resultados			
2.1 Indicadores			
Indicador (Y)	Frequência medição	Resultado Atual	Meta
Quantidade Falha	4 por semana	Desconhecido	Medição e redução
Tempo de Processo	Cada barco	Desconhecido	Medição e redução
2.2 Outras entregas esperadas do projeto			
Foco integral dos funcionários em suas específicas funções, não necessitando que o mesmo realize grandes tarefas de retoque e retrabalho.			
3. Restrições do projeto			
<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar sem a requisição de novos investimentos por parte da empresa; - Respeitar os limites de horário destinados aos estagiários; - Não impactar na perda de produtividade do processo de fabricação na empresa; - Restringir aos setores de retoque e compósitos. 			
4. Cronograma Macro			
Fase	Data de início	Data de término	
Define	Seg 21/08/17	Qui 24/08/17	
Measure	Sex 25/08/17	Seg 06/11/17	
Analyze	Ter 07/11/17	Sex 17/11/17	
Improve	Seg 20/11/17	Ter 28/11/17	
Control	-	-	
5. Time de projeto			
Sponsor:	Tiago		
Green Belt:	Emerson		
Estagiário:	Gilberto e Iago		

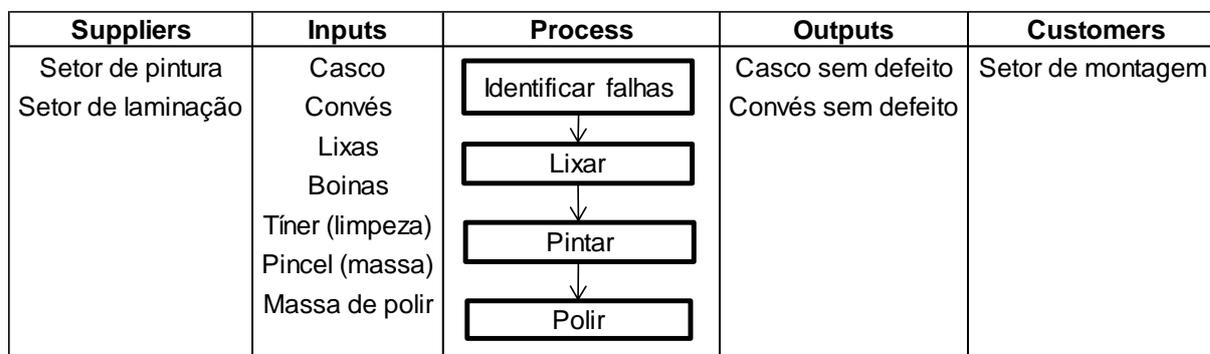
Fonte: O autor (2018)

4.1.2 Diagrama SIPOC

Com o objetivo de fornecer uma visão macro do processo, facilitando a visualização das etapas, é criado o diagrama SIPOC. O diagrama irá identificar os fornecedores e clientes, as entradas e saídas e o processo a ser melhorado.

O propósito básico do SIPOC é certificar que o processo seja esclarecido para todos os envolvidos no projeto, por isso não há um detalhamento maior como no mapa de processos (seção 4.2.1) da etapa “medir”, que traz outras finalidades.

Figura 5 - Diagrama SIPOC



Fonte: O autor (2018)

Como as peças de fibra vêm do setor de laminação e pintura, as mesmas são caracterizadas como fornecedores (*suppliers*), que abastecem o retoque basicamente com um casco ou convés, com possíveis falhas em sua superfície. Além das peças fornecidas, os materiais utilizados (como as lixas e boinas) são definidos como as entradas (*inputs*), pois são ferramentas para a realização do processo.

O processo (process) é resumido na identificação de uma falha através da visualização e experiência do operador, seguido da lixagem do local. Com a superfície lixada, é iniciado o processo de pintura com as pistolas à gel, lixando a região novamente e realizando o polimento. Essa sequência iterativa é feita até que não haja mais falhas, tendo como saída (*output*) o casco e convés sem defeito, para finalmente ser entregue ao setor de montagem, o cliente (*customer*) do retoque.

4.2 ETAPA “MEDIR”

A etapa “medir” é a segunda etapa de um projeto de melhoria. Essa fase é baseada no entendimento do processo atual e, segundo Shankar (2009), é onde ocorre a coleta de dados de maneira passiva, apenas com o intuito de reunir informações.

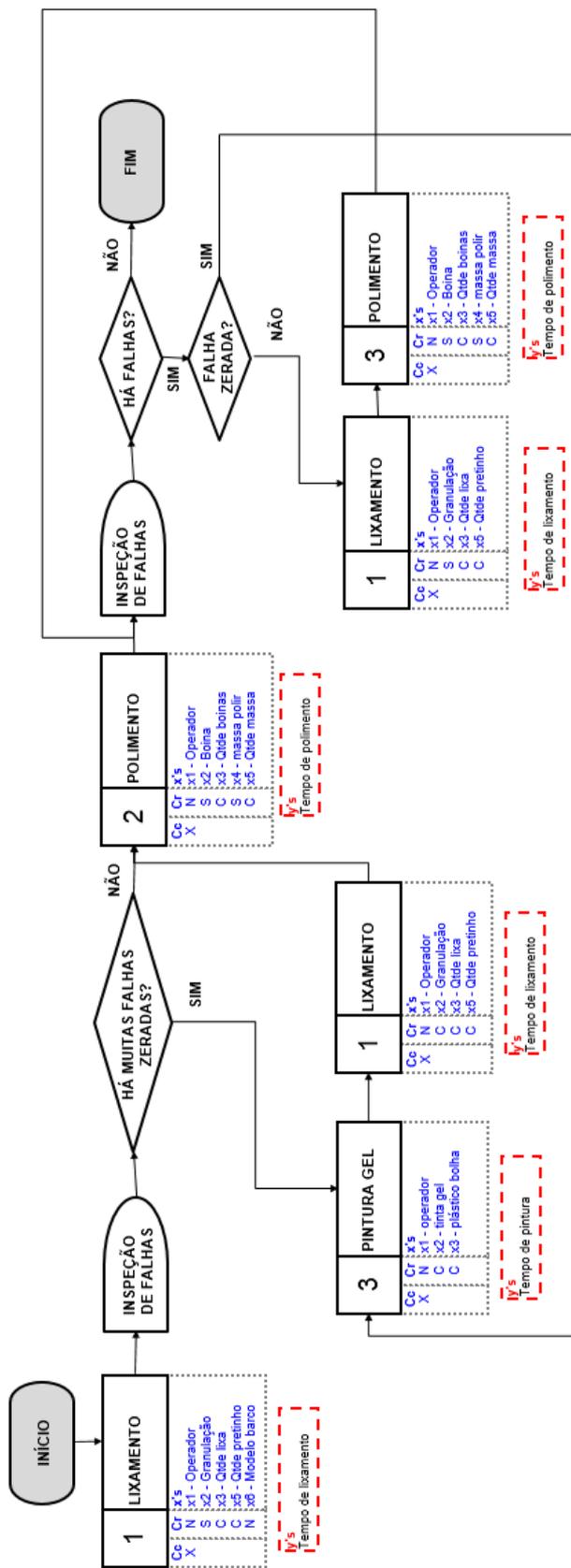
As ferramentas apresentadas nessa seção constituem-se no mapa de processo, a árvore de amostragem e o plano de coleta de dados, seguidas da exposição dos dados obtidos.

4.2.1 Mapa de Processos

O mapa de processos é utilizado para documentar o conhecimento existente sobre o mesmo, descrevendo suas principais atividades e parâmetros (WERKEMA, 2004). Ele é baseado inicialmente no diagrama SIPOC, porém nessa etapa há um maior detalhamento sobre o processo, identificando processos padrões, parâmetros controláveis, ruídos e outras características aprofundadas do processo.

Como afirma Rotondaro (2002), modelar o processo definindo as entradas e saídas de cada fase é essencial para identificar os pontos críticos. Na Figura 6 é apresentado o mapa de processos.

Figura 6 - Mapa de Processos



Fonte: O autor (2018)

Com uma visão mais aprofundada sobre o processo, é observado que o sequenciamento “identificar falhas, lixar, pintar e polir” do diagrama SIPOC não aborda alguns pontos-chave do setor do retoque.

Todo barco é iniciado com um lixamento, com a presença de um taco em contato com a lixa. Essa etapa é realizada independentemente de haver ou não falhas, com o intuito de nivelar e aparelhar a superfície da peça, buscando um melhor acabamento superficial. É utilizado o taco sobreposto com uma lixa-folha, avançando a troca de lixas com granulometrias crescentes, como na Figura 7.

Figura 7 - Convés sendo taqueado com lixa 220



Fonte: O autor (2018)

Durante essa primeira etapa, a peça é constantemente passada por inspeção visual dos operadores, afim de identificar as falhas devidas à remoção inicial de material. Essas falhas são divididas basicamente em duas: a primeira, quando a peça perde toda a espessura de gel coat, necessitando de pintura e posteriormente lixamento, e a segunda, que não perde totalmente o conteúdo de gel coat, tratadas diretamente com o lixamento através de lixadeiras circulares orbitais (*hookits*), como mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Convés sendo lixado com o auxílio da lixadeira circular orbital



Fonte: O autor (2018)

Uma vez que a peça perdeu sua espessura de gel coat, é necessária a repintura do local, isolando a área crítica com plástico afim de não pulverizar as áreas de contorno (que tem a espessura correta). A lixação é o próximo passo após a repintura.

Toda peça lixada é passada por uma fase de polimento. Tanto a superfície do casco como a do convés é totalmente polida com a aplicação de massa de polir, através de uma ferramenta chamada politriz. Essa etapa ressalta a cor e brilho da peça, eliminando as falhas superficiais remanescentes.

Figura 9 - Convés no processo de polimento



Fonte: O autor (2018)

4.2.2 Árvore de Amostragem

Como afirma Werkema (2004), o diagrama de árvore é utilizado para definir a estratégia para solucionar um problema, por meio do mapeamento detalhado dos caminhos a serem percorridos até o alcance do objetivo. Portanto, um diagrama de árvore ajuda a vincular características gerais com requisitos e atributos específicos (PANDE et al, 2000).

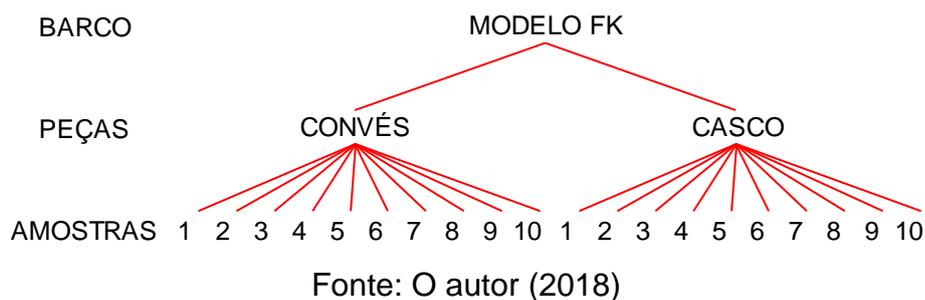
A árvore de amostragem, por conseguinte, é um diagrama de árvore que possui como ramificação final as amostras de um determinado produto.

Com base no conhecimento do processo (mapa de processo), é possível elaborar uma árvore de amostragem coerente com o objeto de estudo. A definição do tamanho de amostras foi feita através de questionamentos com os envolvidos no setor do retoque sobre a frequência média com que as falhas se repetem, afim de definir um tamanho de amostragem que contenha um comportamento constante das falhas em regiões específicas, evitando a aleatoriedade estatística das mesmas com barcos do mesmo modelo.

Outro fator importante para definir o tamanho da amostragem foi a viabilidade da coleta de dados a partir do recurso tempo, tendo como base o período curto de estágio.

Logo, com fundamento nesses dois pré-requisitos, definiu-se como 10 lanchas o número mínimo de amostras que irá caracterizar o estudo com a variação mínima de efeitos aleatórios. A Figura 10 mostra a árvore de amostragem de um modelo não especificado, demonstrando a subdivisão casco e convés, ramificando nas amostras.

Figura 10 - Árvore de amostragem



Cada amostra contém uma série de medições, abordando as características das falhas no setor e tempo da peça no centro de trabalho (CT).

4.2.3 Coleta de Dados

Com o intuito de conhecer o objeto de estudo e seu comportamento dentro do processo, é necessária a elaboração de uma planilha de coleta de dados. As informações são obtidas com o auxílio do inspetor e das operações do setor de retoque.

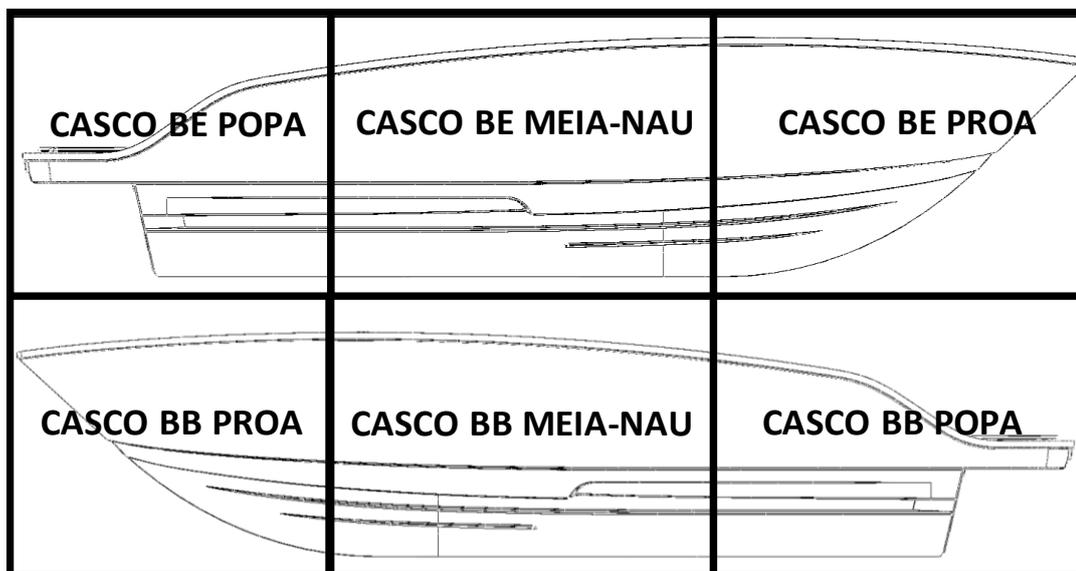
A coleta de dados compreende-se na obtenção das seguintes informações: modelo do barco, número de série, data e hora de início e de fim, tempo em *hora x homem* total, quantidade, tipo e local das falhas.

Após análise prévia do comportamento no setor, concluiu-se que uma averiguação com intervalo de quinze minutos na linha de produção, buscando anotar o número de operadores trabalhando em cada peça, satisfaz a necessidade de se encontrar o tempo efetivo total de trabalho das lanchas no retoque.

Para a identificar o local das falhas foi necessário criar uma subdivisão para casco e convés, afim de contemplar as regiões de maior ocorrência dessas falhas.

O casco foi subdividido em seis regiões, mostrado na Figura 11, dividindo-se em boreste (BE) e bombordo (BB), que refere-se ao lado direito e esquerdo do barco, respectivamente.

Figura 11 - Subdivisão do casco em macro regiões



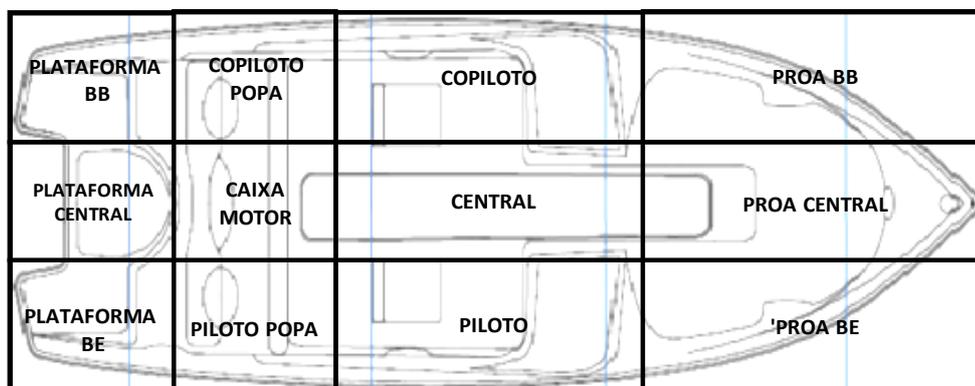
Fonte: O autor (2018)

O desafio maior nesse trabalho foi encontrar um método que fosse eficiente para identificar os locais onde ocorressem as falhas nos conveses, uma vez que, além de cada lancha apresentar curvas diferentes, as mesmas possuem regiões muito específicas de ocorrência de defeitos, tornando difícil achar um modo de dividir a peça em regiões suficientemente pequenas.

A Figura 12 apresenta a primeira abordagem, que compreendeu-se em dividir o convés em 12 macro regiões, usando como exemplo ilustrado a lancha FK160. Esse primeiro enfoque de divisão seguiu-se até o fim das medições, compreendendo todos os modelos de barcos. Isso se dá ao fato de não ser viável separar as regiões menores para cada lancha, identificando cada diferença de geometria e arranjo para cada convés. Portanto, as lanchas foram reduzidas à mesma escala de boca (largura) e comprimento para se aproximarem à essa primeira subdivisão.

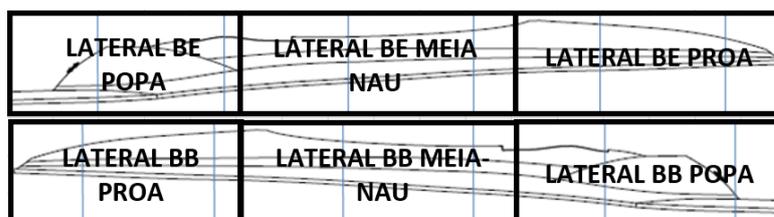
A Figura 13 apresenta as divisões das laterais bombordo e boreste do convés.

Figura 12 - Subdivisão do convés em macro regiões



Fonte: O autor (2018)

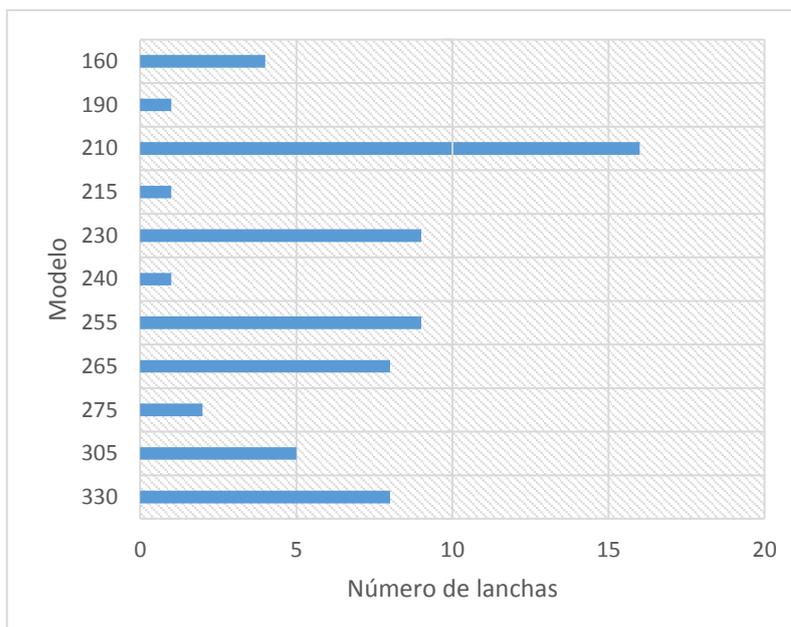
Figura 13 - Divisões das laterais bombordo e boreste do convés



Fonte: O autor (2018)

A coleta de dados foi iniciada, e a partir dela observou-se uma quantidade maior de algumas lanchas de acordo com a programação de produção do período, possibilitando enxergar certas tendências de falhas em regiões específicas das peças sem alguma análise de gráficos ou dados numéricos prévia. A amostragem final é apresentada no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Amostragem das lanchas na fase “medir”.



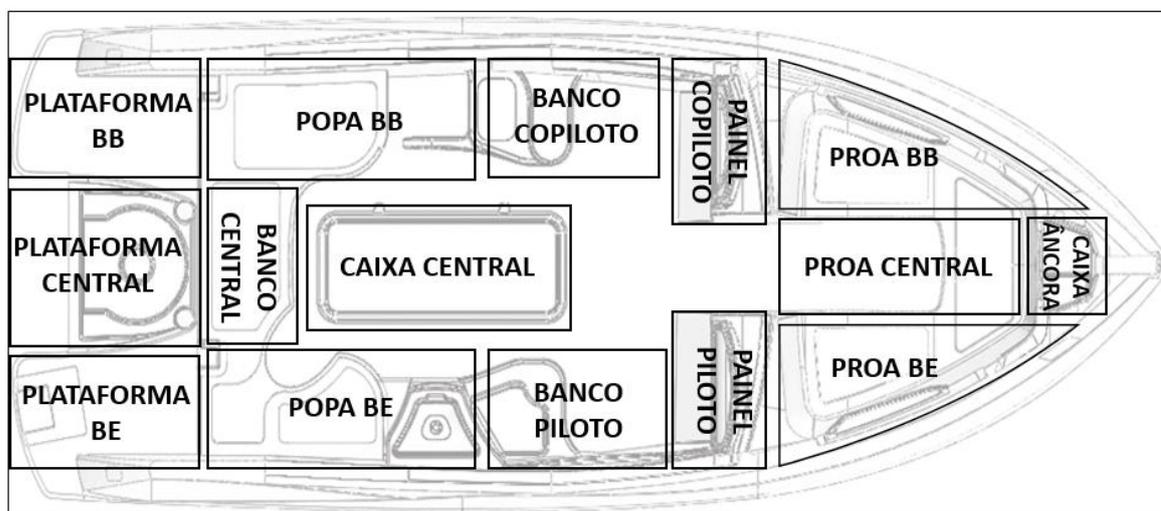
Fonte: O autor (2018)

Foi possível identificar que apenas um modelo de lancha atingiu o número mínimo de amostras: o FK210, de 21 pés, com 16 amostras. Esse fato fez com que os outros modelos não fossem validados de acordo com o pré-requisito da árvore de amostragem (de 10 amostras), sendo descartados do presente estudo.

Evidenciando apenas o modelo FK210, resolveu-se partir para uma segunda abordagem de separação das regiões do convés, uma vez que a primeira abordagem de divisão em doze blocos (Figura 12) não permite uma visualização clara do local exato de aparecimento das falhas.

Esse segundo enfoque, apresentado na Figura 14, parte do conhecimento obtido durante a coleta de dados, já identificando regiões mais específicas baseando-se apenas na geometria do convés da FK210.

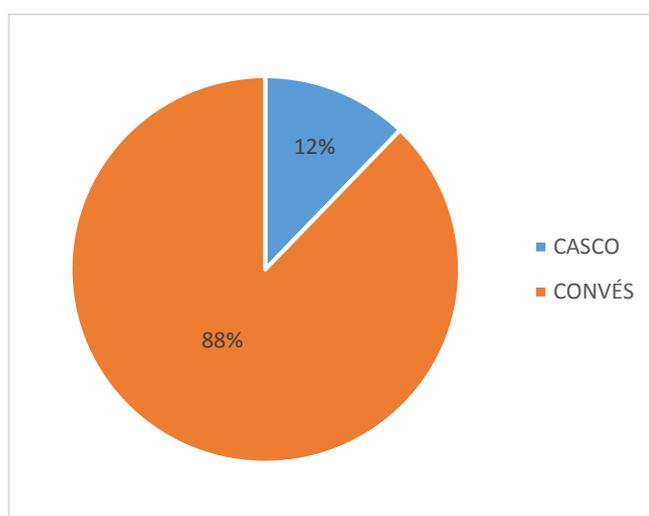
Figura 14 - Subdivisão do convés da FK210



Fonte: O autor (2018)

Durante o período de coleta de dados, houve mais facilidade dos operadores em identificar falhas nos conveses que nos cascos, devido principalmente em se tratar de regiões com mais curvas e ressaltos. Conseqüentemente, houve uma maior incidência de defeitos observados no convés, com 88% do total, como mostra o Gráfico 2, filtrando as falhas referentes apenas à FK210.

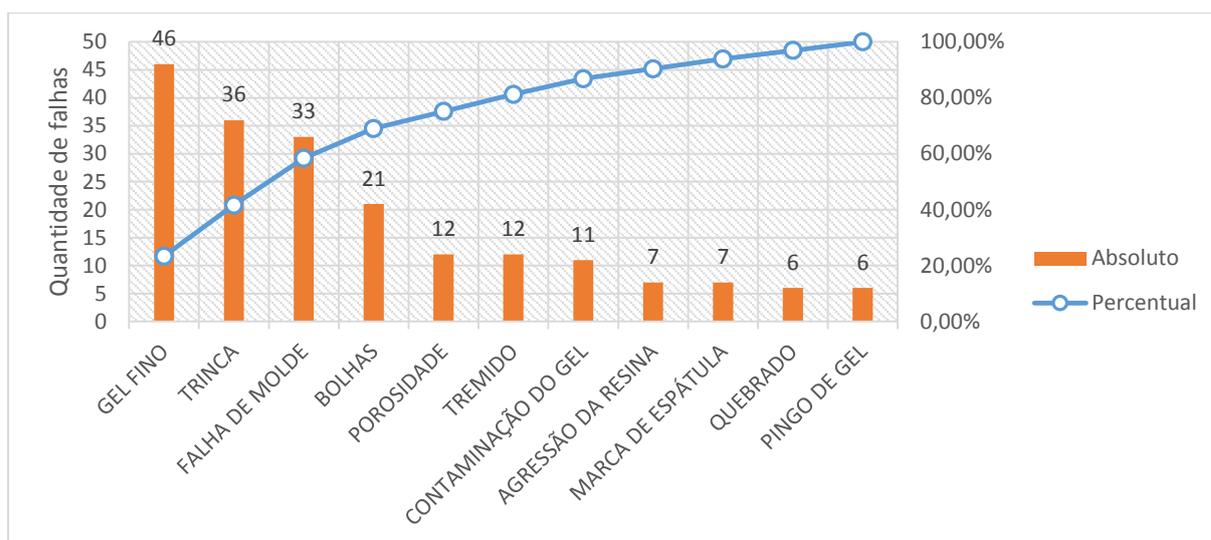
Gráfico 2 - Incidência de falhas no convés e casco da FK210.



Fonte: O autor (2018)

Por esse motivo, o presente estudo explana apenas a região do convés, possibilitando a obtenção de resultados mais fiéis. Uma vez filtrado o barco e a região, criou-se diagrama de pareto das falhas (Gráfico 3), que nessa fase de projeto servirá para visualizar qual falha predomina na região do convés da FK210.

Gráfico 3 - Diagrama de pareto das falhas predominantes no convés da FK210



Fonte: O autor (2018)

O gel com espessura fina aparece em primeiro lugar nas falhas mais recorrentes na FK210, com 23,35% de todas as falhas nesse mesmo modelo. Vale ressaltar que apesar da inspeção localizar 11 tipos diferentes de falhas durante o período especificado, 58,38% referem-se à apenas 3 tipos de falhas e, abrangendo para as 5 falhas mais anotadas, envolve 75,13% do total.

Logo, para um estudo posterior, abordar as causas de trinca, falha de molde, bolhas e porosidade no estaleiro, faria com que 75% das falhas atuais fossem controláveis e reduzidas. Entretanto, nesse trabalho optou-se por abordar apenas a falha de gel com espessura fina, tema de maior urgência no estaleiro, iniciando um projeto piloto na empresa.

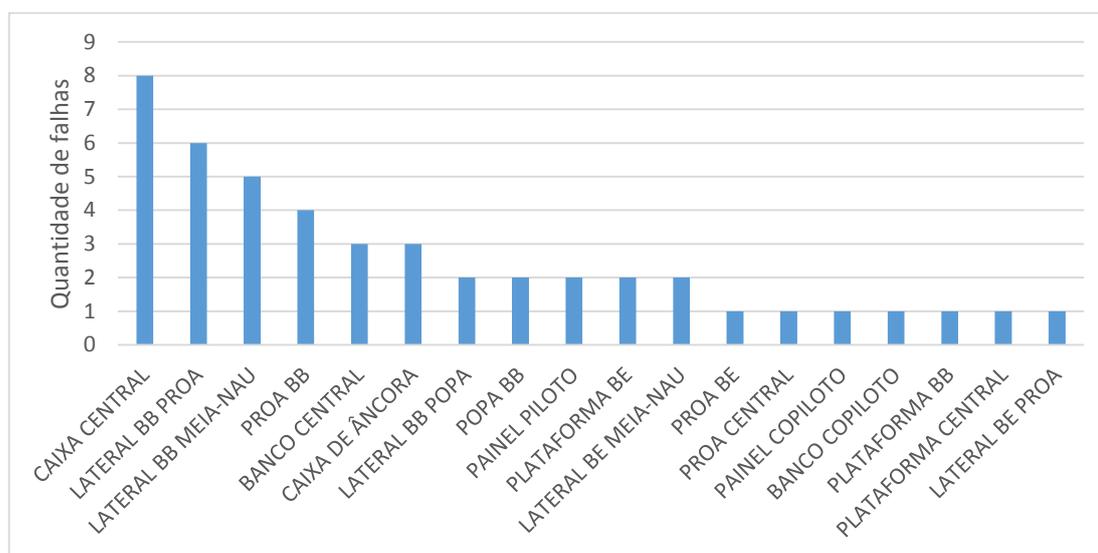
4.3 ETAPA “ANALISAR”

Com o objeto de estudo definido e suas informações obtidas através de um banco de dados, na etapa “analisar” realizou-se o levantamento das regiões mais

afetadas pela falha de gel com espessura fina do convés da FK210, além de identificar oportunidades de melhorias, com o auxílio da ferramenta Diagrama de Causa e Efeito, que tem como objetivo principal identificar as causas do problema.

O resultado da coleta de dados, com as falhas de gel com espessura fina já divididas em regiões específicas do convés da FK210 (Figura 14), é apresentado no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Regiões afetadas pelo gel fino FK210



Fonte: O autor (2018)

Observa-se que há uma frequência maior de aparecimento de gel com espessura fina em certas regiões do convés, apontando alguma falha no processo que se repete no decorrer das lanchas. Considerou-se, dessa forma, as regiões com menos de três vezes de ocorrência de falhas, de acordo com a amostragem, como sendo aleatórias no processo, não possuindo nenhum vínculo com algum erro repetitivo.

Portanto, apenas seis regiões foram consideradas como críticas de gel com espessura fina: caixa central, lateral bombordo proa, lateral bombordo meia-nau, proa bombordo, banco central e caixa de âncora.

4.3.1 Diagrama de Causa e Efeito

Conhecido também como “Espinha de Peixe” ou como “Diagrama de Ishikawa”, o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta de *brainstorming* utilizada para determinar as hipóteses da causa raiz (PANDE et al, 2000). As causas são visualizadas no diagrama como se fossem as espinhas do peixe, e o efeito (no caso a falha) como a cabeça do peixe.

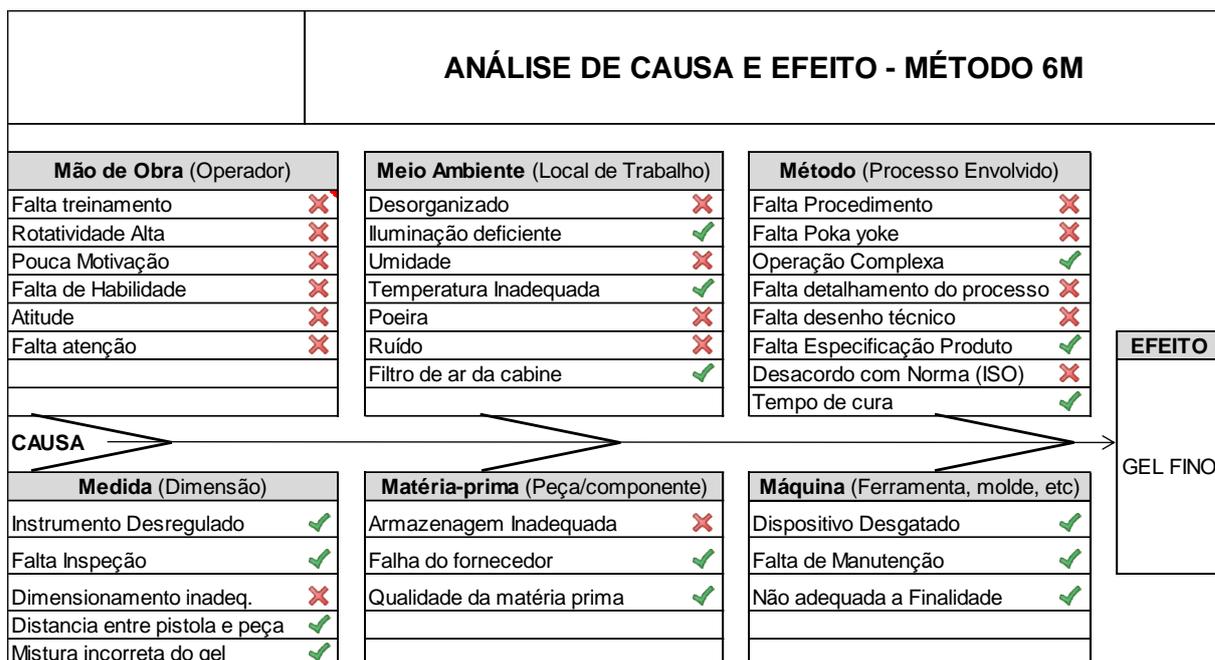
No presente trabalho, o diagrama Ishikawa foi composto pelos 6M's para listagem das causas: mão de obra, meio-ambiente, método, medida matéria prima e máquina.

Inicialmente ocorreu um *brainstorming* sobre as possíveis causas do gel com espessura fina, analisando todos os fatores que envolvem a execução do processo, listando possíveis influências como a falta de habilidade do operador, falta de manutenção da máquina, distância entre pistola de pintura e a peça e outros fatores.

Como se tratou de um *brainstorming*, muitas causas listadas não necessariamente estavam relacionadas com o estudo de caso em questão. Por isso, questionou-se os operadores e encarregados da pintura e compósitos sobre cada item listado anteriormente, marcando com “v” verde onde a causa é válida para o efeito observado em campo e um “x” vermelho como inválida, demonstrado na Figura 15.

Todas as afirmações passaram pela análise final da equipe de projeto. Por exemplo, não há influência do operador (mão de obra) sobre o gel com espessura fina. A falta de treinamento, habilidade e atenção, não esteve presente durante o acompanhamento no setor, não colaborando com a elaboração de nenhuma ação subsequente para a resolução do efeito “gel fino”.

Figura 15 - Diagrama de causa-efeito (método 6M)



Fonte: O autor (2018)

Para cada item validado como causa do problema é proposta uma solução através de um documento chamado Plano de Ação, que é apresentado na penúltima fase do DMAIC, a etapa “melhorar”.

4.4 ETAPA “MELHORAR”

Uma vez que o problema foi identificado, medido e analisado, encontrando suas causas raízes, possíveis soluções podem ser geradas para resolver esse problema. Nessa etapa do DMAIC, Plano de Ação irá definir e nortear as ações a serem tomadas, tornando mais controláveis as tarefas até chegar no resultado esperado: a eliminação das causas.

4.4.1 Plano de Ação

O Plano de Ação, também conhecido como 5W1H, “tem o objetivo de definir, para a estratégia de ação elaborada, os seguintes itens: O que será feito (*What*); quando será feito (*When*); quem fará (*Who*); onde será feito (*Where*); por que será feito (*Why*) e como será feito (*How*)” (WERKEMA, 2004, p.207).

Alguns autores citam a ferramenta 5W2H, incluindo a questão “quanto dinheiro” (*How much*), que se refere aos custos da operação, comentado na seção 2.3.4. Esses valores não foram quantificados nesse projeto por ausência de informação operacional e por evitar a publicação de valores internos.

O plano de ação, mostrado na Figura 16, é elaborado a partir do conhecimento das causas raiz do problema, obtido com o diagrama de Ishikawa, onde foi evidenciado quais são os agentes causadores do gel com espessura fina nos conveses.

Portanto, a partir da definição do objetivo (redução na quantidade de falhas de gel fino no convés da FK210), elaborou-se uma lista de atividades que serviu como guia afim de eliminar as origens do problema de gel com espessura fina. Essas atividades foram separadas em números, que não necessariamente foram realizadas na ordem listadas, e servirão de base para apresentar o desenvolvimento de cada item.

Figura 16 - Plano de ação (5W1H)

PLANO DE AÇÃO (5W1H)					
OBJETIVO		REDUZIR A QUANTIDADE DE FALHAS DE GEL FINO CONVÉS 210			
Nº	JUSTIFICATIVA (Por que fazer) WHY?	ATIVIDADE (O que fazer) WHAT?	RECURSO (Onde / Como) WHERE / HOW?	RESPONSÁVEL (Quem) WHO?	PRAZO (Quando) WHEN?
1	Conhecer o funcionamento do processo de pintura	Acompanhar a pintura gel de um convés	Inspeção visual	Gilberto / lago	nov/17
2	A iluminação é adequada para a realização da tarefa?	Verificar se a iluminação é deficiente nos pontos críticos	Inspeção visual	Gilberto / lago	nov/17
3	A temperatura do gel está adequada para o ambiente atual?	Verificar se o gel de inverno/verão está adequado ao ambiente atual	Questionando os responsáveis	Gilberto / lago	nov/17
4	O filtro de ar da cabine está regulado?	Verificar se a manutenção do filtro de ar está em dia	Questionando os responsáveis	Gilberto / lago	nov/17
5	Todas as falhas de gel fino identificadas na linha de produção, são realmente gel fino?	Verificar no molde as regiões críticas de gel fino se há falhas de molde	Inspeção visual	Gilberto / lago	nov/17
6	O tempo de cura do gel está sendo suficiente para garantir sua integridade, mesmo submetido aos esforços da espátula?	Aplicar o "teste do polegar" na região central	Aplicando o polegar imediatamente antes da utilização da espátula	Gilberto / lago	nov/17
7	O tempo de cura do gel está sendo suficiente para garantir sua integridade, mesmo submetido aos esforços da espátula?	Acompanhar o procedimento de aplicar a espátula na região central e verificar se há algum esforço desnecessário	Inspeção visual	Gilberto / lago	nov/17
8	O pente está desgastado / sujo? o mesmo é limpo corretamente após cada inspeção?	Verificar se o pente está desgastado / sujo	Inspeção visual	Gilberto / lago	nov/17
9	Existem pontos fixos para realização da medição (inspeção com o pente)?	Definir pontos obrigatórios de inspeção na pintura gel	Após a pintura/laminação, marcar os pontos onde continuaram com gel fino	Gilberto / lago	nov/17
10	Há regiões que mesmo com a espessura mínima especificada, ocorre gel fino?	Verificar a necessidade de aplicação de uma camada mais espessa em certas regiões	Inspeção visual	Gilberto / lago	nov/17

Fonte: O autor (2018)

4.4.2 Implementação do Plano de Ação

De acordo com o plano de ação apresentado no tópico anterior, iniciou-se a implementação das melhorias. Algumas ações servem exclusivamente para a obtenção de conhecimento aprofundado sobre o processo e outras são ações imediatas que foram implementadas na linha de produção.

Segue a listagem das ações assumidas de acordo com os tópicos da Figura 16:

- 1. Acompanhar a pintura à gel de um convés:

Essa é exclusivamente a primeira ação tomada, uma vez que não havia um conhecimento aprofundado sobre a realização dos procedimentos. O acompanhamento foi feito dentro da cabine de pintura de modo passivo, junto com dois operadores, exercendo o mínimo de influência sobre o processo.

- 2. Verificar se a iluminação é deficiente nos pontos críticos:

Esse passo resume-se em averiguar a possibilidade das regiões com maior incidência de gel com espessura fina (regiões/pontos críticos) estarem relacionadas com a iluminação no local, afetando a visualização dos operadores.

A conclusão tirada foi que a iluminação na cabine não está diretamente relacionada às regiões críticas, uma vez que há uma inspeção com o “pente medidor” em seguida (Figura 17), evitando que o gel apresente espessuras inferiores que a padronizada.

- 3. Verificar se o gel de inverno/verão está adequado ao ambiente atual:

Como as condições de umidade e temperatura são variáveis no inverno e no verão, há uma necessidade de alteração da categoria do lote de gel coat.

Foi verificado que há a troca entre o gel de inverno e verão de acordo com a estação e temperatura. O ajuste na transição entre as estações é dado pela concentração de catalizador na mistura, aumentando a quantidade de catalizador proporcionalmente com a diminuição da temperatura no dia. Logo, a princípio não há influência no gel com espessura fina com o lote de gel.

- 4. Verificar se a manutenção do filtro de ar está em dia:

O processo de pintura com as pistolas de gel coat gera uma pulverização na cabine inteira, dificultando a visualização da peça, O filtro de ar evita que se formem nuvens de pigmentos de gel, facilitando o trabalho do operador.

Foi verificado que a manutenção do filtro de ar estava em atraso, e que não atendia mais ao uso na empresa. O problema foi apresentado aos líderes e setor financeiro e o processo de compra de um filtro novo foi iniciado em seguida.

- 5. Verificar no molde as regiões críticas de gel fino, se há relação com falha de molde:

Observar se não houve inversão de conceitos na inspeção de gel com espessura fina, ou seja, se em algum local na peça aparece falhas no molde mascarando o problema de gel fino.

Essa análise foi feita com o setor de manutenção de moldes e não foi encontrada nenhuma evidência de falha de molde nas regiões críticas.

- 6. Aplicar o “teste do polegar” na região central:

Após a peça pintada, existe um tempo de cura para o gel antes de aplicar a primeira camada de laminação, o *skin coat*. Caso aplicada a primeira camada de laminação antes do gel ser curado, a mesma pode vir a causar deformações na espessura do gel pela pressão exercida com o rolete, equipamento utilizado para retirar as bolhas na mistura de manta e resina.

Após averiguação, foi confirmado que há o teste do polegar antes da peça ser enviada à laminação, logo descartando a possibilidade de geração de gel com espessura fina. O teste baseia-se em aplicar o polegar na borda do molde: se não marcar a digital na peça, significa que o gel está curado superficialmente e pronto para receber o *skin coat*.

- 7. Acompanhar o procedimento de aplicar a espátula na região central e verificar se há algum esforço desnecessário:

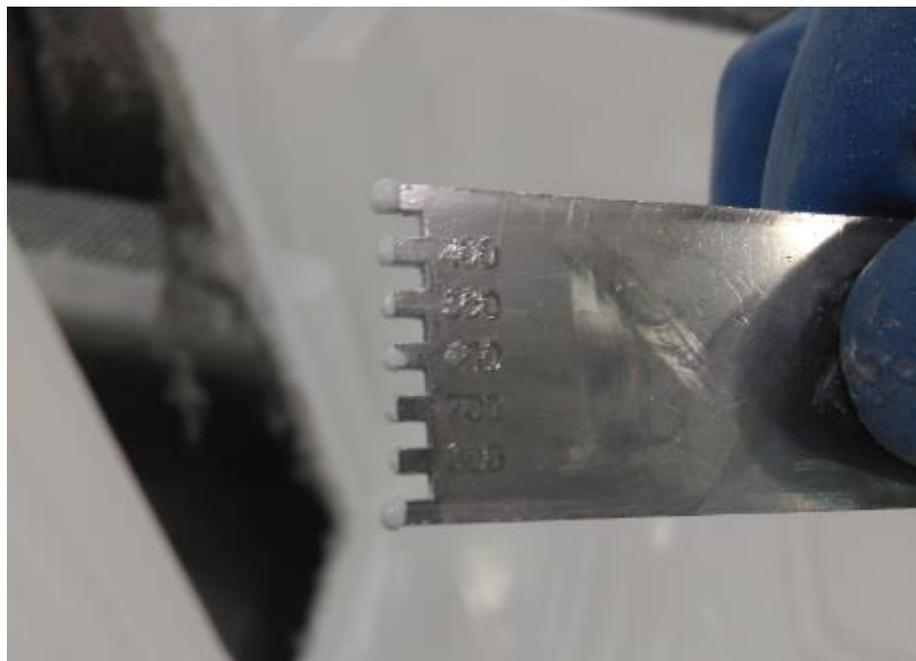
Posteriormente ao *skin coat*, a peça passa por um procedimento de eliminação de imperfeições na laminação. Isso se dá ao fato de ser a camada mais externa, onde aparece as falhas após o barco desmoldado.

O procedimento é feito com uma espátula para retirar qualquer indício de bolha no *skin coat*, aplicando pequenos esforços no local. Foi observado que esse esforço só iria gerar falhas se o gel não estivesse curado, além do impacto não ser grande o suficiente para gerar defeitos no gel.

- 8. Verificar se o pente está desgastado ou sujo:

O procedimento de pintura envolve a verificação da espessura do gel na peça a partir de um documento padronizado da empresa, não exposto nesse trabalho, que divide o casco ou convés em seções de aproximadamente um metro, e o operador utiliza uma ferramenta chamada de “pente” para medir as espessuras.

Figura 17 - Pente medidor da espessura do gel coat



Fonte: O autor (2018)

A espessura correta de aplicação é de 700 μ m (0,7mm) e o pente deve ser posicionado 90° sobre a superfície da peça. Se a aleta do pente correspondente à 700 μ m não estiver pintado com o gel após a aplicação, significa que o gel está fino e o operador deve pintar a região até que alcance a espessura correta.

Esse procedimento é realizado corretamente na cabine de pintura, porém é importante a averiguação da limpeza do pente entre uma operação e outra, uma vez que, com o gel seco no pente, o tamanho da aleta será acrescido, resultando em

verificações que revelam um gel de espessura maior que a real. Portanto, esse problema está diretamente ligado ao gel com espessura fina nas peças.

A solução encontrada foi a criação de um recipiente preenchido com solução química diluente com alto poder de obstrução (Figura 18), que servirá para guardar o pente entre uma pintura e outra.

Figura 18 - Recipiente com líquido diluente para armazenar pente medidor



Fonte: O autor (2018)

O recipiente foi implementado na cabine de pintura e os resultados positivos foram instantaneamente reconhecidos, eliminando qualquer vestígio de gel no pente e favorecendo uma leitura correta no medidor.

- 9 e 10 - Definir pontos obrigatórios de inspeção na pintura à gel e verificar a necessidade de aplicação de uma camada mais espessa em certas regiões:

A partir das informações coletadas sobre o aparecimento de gel com espessura fina vinculando a região do convés, elaborou-se um documento para controlar as regiões onde há uma incidência maior desse tipo de falha nas peças. Esse documento, apresentado na seção seguinte (Figura 19), é aplicado após a

pintura à gel, e atua como uma forma de controlar o processo para que o mesmo siga com as melhorias já implementadas.

Uma vez que essa ação é baseada no controle, o documento de inspeção será discutido na última etapa do método DMAIC (Controlar).

4.5 ETAPA “CONTROLAR”

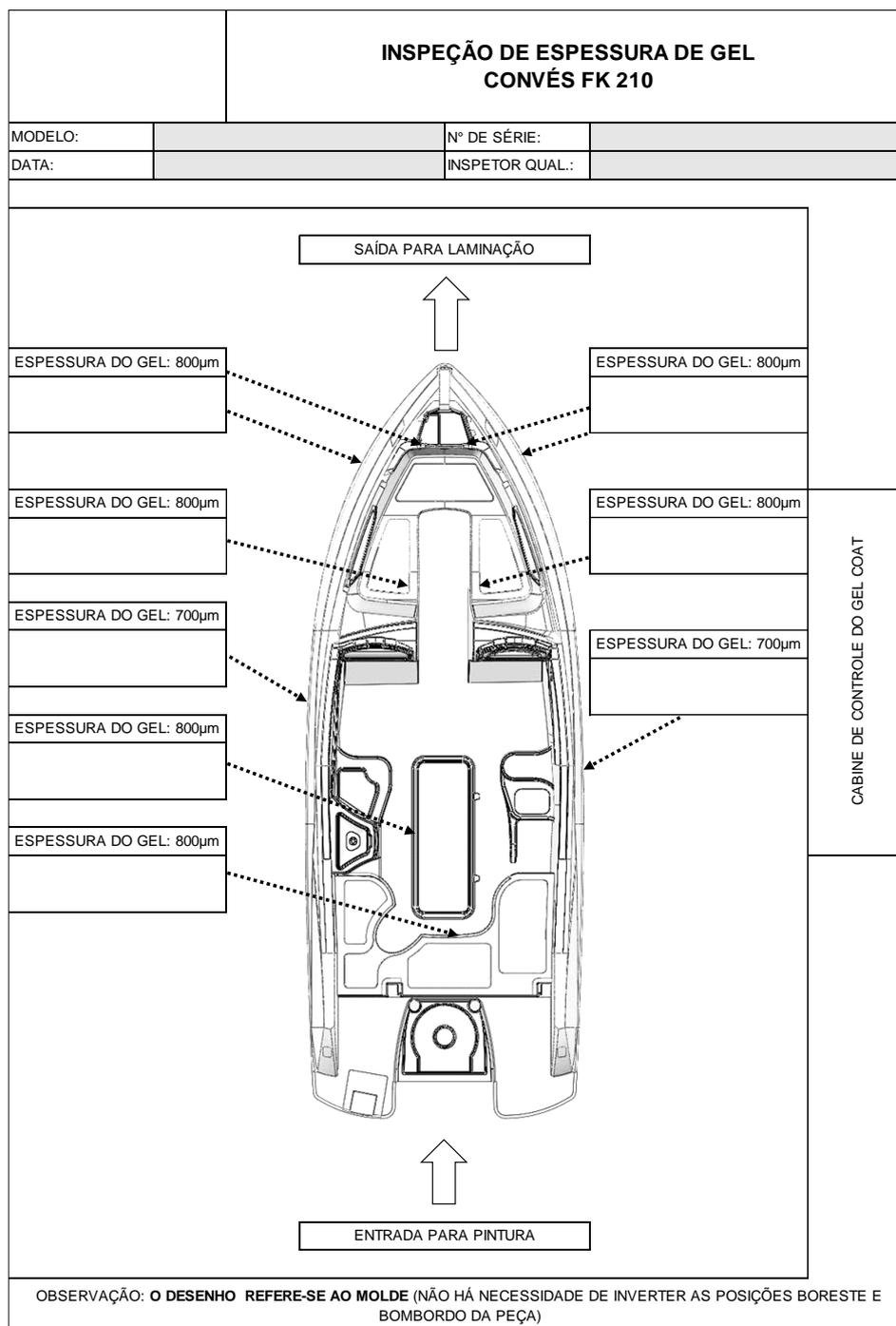
De acordo com Pande et al (2000), a última etapa do método DMAIC é definida basicamente em estabelecer medidas padrões e corrigir problemas remanescentes, quando necessário, para controlar a qualidade do processo e manter as melhorias realizadas na etapa “melhorar”.

A fim de controlar o processo, uma das medidas tomadas foi a criação de uma folha de inspeção de espessura de gel, inicialmente implementado nos conveses dos modelos FK210.

Como visto na seção 4.2.3, apenas seis regiões foram consideradas como críticas de gel com espessura fina: caixa central, lateral bombordo proa, lateral bombordo meia-nau, proa bombordo, banco central e caixa de âncora. Essas regiões foram tomadas como base para criação da folha de inspeção, sendo alguma delas replicadas para boreste ou bombordo, uma vez que possuem geometrias espelhadas.

A Figura 19 apresenta o modelo utilizado no barco FK210.

Figura 19 - Inspeção de espessura de gel convés FK210



Fonte: O autor (2018)

Após a pintura à gel, os operadores da cabine de pintura farão uma inspeção utilizando o pente de medição (o mesmo que foi realizada a limpeza prévia) para verificar se a espessura de gel da região atende à requisição estabelecida pelo fabricante, 700µm.

O convés é sempre acompanhado do documento na entrada da cabine de pintura e os operadores são responsáveis pela verificação e preenchimento da folha, sendo encaminhada à seguir para o setor de retoque.

Há algumas regiões que apresentam marcação de espessura de 800 μ m, pois foi verificada a presença de gel com espessura fina mesmo com a inspeção do pente no local. É importante o acompanhamento dessas locais com espessura superior, uma vez que podem ocasionar outros tipos de falhas, como porosidade, deslocamento e microfervura no gel.

A folha de inspeção é utilizada para monitoramento da performance do processo, sendo abastecida com dados periódicos e possuindo um controle contínuo da operação. Para sua implementação, necessitou-se de um treinamento rápido com os envolvidos, tanto inspetor e encarregados da pintura, quanto pintor, afim de auxiliar no preenchimento do documento e sua consequente vistoria.

No presente projeto, a fase de acompanhamento e controle encerrou-se com a elaboração da folha de inspeção, porém sugeriu-se continuar a coleta de dados com os barcos seguintes afim de verificar regiões onde ainda há a ocorrência de gel com espessura fina ou regiões nas quais não foi verificado esse tipo de falha anteriormente. O intuito dessa constante adaptação é de se realizar melhorias contínuas afim de manter o documento atualizado.

Os benefícios das melhorias foram observados desde o início de suas implementações, e a geração da folha de inspeção de gel auxiliou os operadores à encontrarem facilmente as regiões críticas através da visualização das flechas apontadas no desenho do convés. O modelo de plano de ação segue como documento padrão para outros projetos de melhorias dentro da empresa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho baseou-se na criação de um projeto piloto através da aplicação da metodologia Seis Sigma, que tem como foco a eliminação de desperdícios e defeitos, e o método DMAIC, que é um sequenciamento estruturado de etapas que auxiliam identificação e solução de problemas.

O projeto tem o objetivo demonstrar as etapas aplicadas do DMAIC afim de reduzir as falhas no setor de retrabalho do estaleiro Fibrafort. O respectivo objeto de estudo foi restringido às falhas de gel com espessura fina do convés do modelo FK210, após analisada as situações mais críticas do setor.

Através das etapas do DMAIC, foi possível conhecer e analisar o processo à ponto de gerar soluções de melhorias. No caso das falhas de gel fino, o problema raiz encontrado foi a falta de inspeção focalizada nas regiões críticas (e não apenas em seções longitudinais), além do objeto de medição ser facilmente adulterado por conta do seu mal armazenamento.

As melhorias foram implementadas e criou-se a folha de inspeção de espessura de gel da FK210, afim de controlar o processo e evitar que haja espessuras menores (ou maiores) nos lugares de mais surgimento de falhas de gel com espessura fina.

Portanto, com a diminuição das falhas no setor de pintura, haverá menos retrabalho e desperdícios de tempo no setor de retoque, diminuindo consequentemente o *leadtime* da lancha e reduzindo seu custo, aumentando assim a competitividade sobre os concorrentes.

Diante do projeto piloto, as recomendações para trabalhos futuros dentro da empresa é inicialmente uma segunda volta na aplicação do DMAIC, mensurando e analisando os dados atuais afim de identificar novas causas de problemas ou regiões nas quais não foram definidas como críticas em uma primeira análise.

Uma vez que foco do presente estudo restringiu-se às falhas de gel com espessura fina no convés das lanchas FK210, a sequência do projeto de melhoria no setor de retoque é a expansão para outros modelos de lanchas, assim como a identificação das causas para diferentes tipos de falhas como trinca, falha de molde e

bolha, que junto com o gel fino abrangem, segundo o presente trabalho, 69% de todas as falhas (baseado no convés do modelo de 21 pés).

A contribuição maior desse trabalho para dentro da empresa foi facilitar o uso das ferramentas e da estrutura geral do DMAIC, introduzindo novos conceitos e gerando oportunidades para novos projetos de melhoria em diferentes setores do estaleiro.

6 REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. **A importância do Método Seis Sigma na Gestão da Qualidade Analisada sob uma Abordagem Teórica.** Revista de Ciência & Tecnologia, v. 11, n. 20, p. 91-98. 2002.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: teoria e casos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

COUTINHO, M. N. S. **Aplicação do método dmaic no processo de pintura de uma linha de montagem de ônibus.** Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Florianópolis, SC, UFSC, 2011.

FIBRAFORT. Disponível em: <<http://fibrafort.com.br/empresa>>. Acesso em: 26/10/2017.

MARION, P. J. ; FREITAS, L. A. R.; GODOY, L. P. ; KERPEL, C. L. ; CASADO, F. L. **Custo do Desperdício nas Empresas Industriais.** In: XXII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002, Curitiba-PR. Custos, 2002.

MOURA, D. A.; BOTTER, R. C. Uma visão geral do segmento da construção náutica, turismo e lazer no Brasil. In: XXII CONGRESSO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUÁRIA. 20 p. **Anais.**, Buenos Aires, : IPIN, sep. 27-30, 2011.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **The six sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance.** New York: McGraw-Hill, 2000.

RIOS, L. V. **Um modelo de referência para melhoria de processos industriais usando conceitos seis sigma.** Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica,

Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Florianópolis, SC, UFSC, 2006.

ROOS, C. **Modelo para seleção de projetos Seis Sigma**. Dissertação Doutorado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção. Florianópolis, SC, UFSC, 2014.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SHANKAR, R. **Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide**. Milwaukee: Asq Quality Press, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SPAUTZ, D. **Economia aquece setor náutico e aumenta procura por vagas em marinas**. Disponível em: <<https://www.nsctotal.com.br/colunistas/dagmara-spautz/economia-aquece-setor-nautico-e-aumenta-procura-por-vagas-em-marinas>>. Acesso em: 17/05/2018.

TAGHIZADEGAN, S. **Essentials of Lean Six Sigma**. Burlington: Elsevier, 2006.

WERKEMA, C. **Criando a cultura Seis Sigma**. Nova Lima: Werkema, 2004.