



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – CTG

ENGENHARIA NAVAL – DEMEC

Luiz Bernardo de Souza Neto

**METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA DE REDUÇÃO
DE CUSTOS E AUMENTO NA PRODUTIVIDADE:**

Estudo de caso sobre a redução de retrabalhos no setor de conformação

Recife

Fevereiro, 2017

Luiz Bernardo de Souza Neto

**METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA DE REDUÇÃO
DE CUSTOS E AUMENTO NA PRODUTIVIDADE:**

Estudo de caso sobre a redução de retrabalhos no setor de conformação.

Trabalho de Conclusão de Graduação, apresentado ao Curso de Engenharia Naval do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Naval.

Orientador: Marco Petkovic.

Recife

Fevereiro, 2017

Luiz Bernardo de Souza Neto

**METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA DE REDUÇÃO
DE CUSTOS E AUMENTO NA PRODUTIVIDADE:**

Estudo de caso sobre a redução de retrabalhos no setor de conformação.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Departamento de Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologias e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Naval.

Aprovado por:

Prof. Marco Antonio Ladislau Petkovic, MsC.

Prof.^a Paula Michima, MsC

Prof. Silvio Eduardo Gomes de Melo, DsC.

Recife

Fevereiro, 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Meu bondoso e gracioso Deus por mais uma realização de um sonho.

A minha família, pai, mãe, irmão e esposa por todo carinho, amor, incentivo, em cada momento feliz e muito mais em momentos extremamente difíceis.

Ao orientador Prof. Marco Petkovic, pelo apoio, orientação e amizade.

Aos meus companheiros de turma pela grande amizade construída e apoio dado durante o decorrer da graduação.

Aos demais professores do curso de Engenharia Naval da UFPE que tanto contribuem para nossa formação do profissional e pessoal.

Ao Prof. Armando Hideki Shinohara por todo o suporte dado junto à Petrobras e o Programa de Formação de Recursos Humanos – PFRH PB 204.

Aos meus companheiros de trabalho, Welligton Nunes, Paulo Assis, Pedro Cunha, Luiz Morgado, Rodrigo Griz, Vinicius Félix, Anderson Sousa, por todo auxílio e conselhos em minha vida profissional.

Aos meus amigos Elidiel, Júlio, Rodrigo, Reynan e os demais por toda força em oração, que Deus os abençoe.

*“Feliz é a nação cujo DEUS é o
senhor”*

(Salmos cap.33 vers.12)

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo principal apresentar um estudo de caso de um projeto Seis Sigma realizado em um Estaleiro, com a finalidade de identificar e solucionar desvios no setor de conformação da empresa. O projeto teve uma duração de onze meses e envolveu os setores de engenharia de produto e a produção, tendo por finalidade o aumento de produtividade no setor e redução de custos. O projeto foi desenvolvido com a utilização da metodologia Seis Sigma, demonstrando que é possível conseguir resultados significativos, com o aumento da qualidade no produto e processo, assim como o aumento da produtividade e redução de custos, tornando a empresa mais competitiva no mercado.

Palavras-chave: *Conformação, Seis sigma, Produtividade, DMAIC, Produção enxuta.*

ABSTRACT

This study had the main objective to present a case study of a Six Sigma project carried out in the shipyard with the purpose of identifying and solving deviations in the company forming industry. The project lasted eleven months and involved the product engineering industries and production, with the aim to increase productivity in the sector and therefore a financial return to the company. The project was developed using the Six Sigma methodology, showing that no matter the company's line of business is possible to achieve significant results, with an increase in quality in product and process, as well as increased productivity and cost reduction, making the company more competitive in the market.

.Keywords: *Bending, Six Sigma, Productivity, DMAIC, Lean Production.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação entre nível sigma, defeitos. (Fonte: HARRY, 1997).....	19
Figura 2 - Ganhos financeiros das empresas após a implementação da metodologia seis sigma. (Fonte: AURUS CONSULTORIA).....	20
Figura 3 - Gráfico Tensão x Deformação. (Fonte: http://www.infoescola.com/fisica/ensaio-de-tracao/).....	22
Figura 4 - Processos e produtos típicos de conformação plástica. (Fonte: Desenho BRESCIANI,1991).	24
Figura 5 - Arranjo geral de uma embarcação. (Fonte: TIPOS DE NAVIOS. NOTAS DE AULA).....	25
Figura 6 - Classificação dos tipos de navios. (Fonte: REGULAMENTO GERAL DAS CAPITANIAS).	26
Figura 7- Desenho esquemático das nomenclaturas. (Fonte: LINO, 2011, apud PEREIRA, 2012, p.6).....	27
Figura 8 –(a) Detalhe da proa do navio. (Fonte: PARUTY); (b) Detalhe da construção da praça de máquina do navio. (Fonte: http://www.sonave.com.br/noticias/3017/maior-navio-cargueiro-do-mundo-maersk-triple-e/); (c) Detalhe da curvatura do chapeamento na região da popa do navio. (Fonte: NSNET, 1998, apud, PEREIRA, 2012, p. 7).....	28
Figura 9 - Tipos de chapas curvas que compõe a proa do navio. (Fonte: PEREIRA, 2012).	29
Figura 10 - Chapas do tipo côncovas.....	29
Figura 11 - Chapas do tipo cilíndrica.....	30
Figura 12 - Chapas do tipo torcida.	30
Figura 13 - Chapas do tipo semicurvas.....	30
Figura 14 - Chapas do tipo cônicas.....	30
Figura 15 - Processo produtivo de um estaleiro, de forma geral. (Fonte: PINTO, 2007).	31
Figura 16 - (a) Processo de calandragem;(b) Prensa vertical. (Fonte: AUTOR).....	32
Figura 17 - Conformação térmica da chapa. (Fonte: NSNET,1998, apud, PEREIRA, 2012, p.:11).	33
Figura 18 - (a) Chapa pré-conformada; (b) Chapa conformada após aplicação. (Fonte: NSNET,1998, apud, PEREIRA, 2012, p.:11).	34
Figura 19 - Fluxo das chapas curvas no estaleiro. (Fonte: PEREIRA, 2012).	34
Figura 20 - Representação esquemática da muda. (Fonte: AUTOR).	35
Figura 21- Metodologia Seis Sigma. (Fonte: AURUS CONSULTORIA).	39
Figura 22 - Notas na avaliação dos problemas na matriz de priorização GUT. (Fonte: CANDELORO, 2008).	43
Figura 23 - Símbolos para ilustração do mapeamento do processo. (Fonte: AUTOR).44	
Figura 24 - Processo de conformação. (Fonte: AUTOR).....	48
Figura 25 - Processo de marcação da contra curva. (Fonte: AUTOR).	50
Figura 26 - Estoque excessivo de barras conformadas. (Fonte: AUTOR).	51
Figura 27 - Remarcação da linha de visada. (Fonte: AUTOR).	51
Figura 28 - Empeno dos elementos estruturais. (Fonte: AUTOR).	52
Figura 29 - Matriz de Priorização. (Fonte: AUTOR).....	52
Figura 30 - Mapeamento do Processo. (Fonte: AUTOR).	55
Figura 31 - Plano de coleta de dados. (Fonte: AUTOR).....	56

Figura 32-Ilustração do modo coleta de medidas. (Fonte: AUTOR).....	57
Figura 33- Desvios Encontrados. (Fonte: AUTOR).	57
Figura 34 - Descrição das possíveis causas. (Fonte: AUTOR).	59
Figura 35- Ilustração do novo modo coleta de medidas. (Fonte: AUTOR).	64
Figura 36 - Plano de controle. (Fonte: AUTOR).	66
Figura 37 - Plano do projeto. (Fonte: AUTOR).....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Paradoxo entre o antigo e novo pensamento.....	18
Tabela 2 - Relação entre nível sigma e defeitos por milhão de oportunidades (Fonte: AURUS CONSULTORIA).....	21
Tabela 3 - Classificação da conformação plástica quanto ao esforço predominante. (Fonte: APOSTILA CONFORMAÇÃO PLÁSTICA DOS METAIS).....	23
Tabela 5- Conjunto de dados.....	71
Tabela 6- Novo conjunto de dados.	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Desvios encontrados entre as linhas de referências. (Fonte: AUTOR).....	58
Gráfico 2-Distribuição dos valores após a aplicação do novo método. (Fonte: AUTOR).	64
Gráfico 3- Comparação dos resultados Antes X Depois. (Fonte: AUTOR).....	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	17
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
4.1. Conformação	22
4.1.1. Classificações do processo de conformação plástica.	23
4.2. Navios e suas nomenclaturas.....	25
4.2.1. Regiões do navio que sofrem processo de conformação	27
4.2.2. Classificação das chapas conformadas	29
4.3. O processo de conformação nos estaleiros.....	31
4.3.1. Fluxo da chapa curva	34
4.4. Produção enxuta.....	35
4.4.1. Ferramentas da produção enxuta	37
4.4.2. Cinco S (5S)	37
4.4.3. Just in time.....	37
4.4.4. Kanban	38
4.4.5. Kaizen.....	38
4.4.6. Metodologia Seis Sigma.....	38
4.5. DMAIC.....	40
4.5.1. Pré-estudo e Definir.....	40
4.5.2. Medir.....	40
4.5.3. Analisar	41
4.5.4. Implementar	41
4.5.5. Controlar	41
5. METODOLOGIA.....	42
5.1. Fase Definir	42
5.2. Fase Medir.....	43
5.3. Fase Analisar	44
5.4. Fase Implementar	45
5.5. Fase Controlar	45
6. ESTUDO DE CASO	47
6.1. Descrição da Empresa	47
6.2. Descrição Inicial do Projeto.....	48

6.3. Definir	49
6.4. Medir	53
6.5. Analisar	59
6.6. Implementar	62
6.7. Controlar	65
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXO 01	71
ANEXO 02	72

1. INTRODUÇÃO

O cenário atual do mercado vem criando grandes desafios para a indústria mundial, acarretando em redefinições e modificações no sistema de produção para que as empresas se tornassem mais competitivas, ou seja, buscando sempre oferecer produtos com qualidade, no prazo certo com menor custo envolvido.

O cliente exigente e o mercado altamente competitivo têm feito com que as indústrias nacionais como, por exemplo, do ramo naval, aprimorem a sua gestão de produção, visto que ainda existe uma defasagem produtiva, quando comparadas com empresas pioneiras do mesmo ramo industrial. Esses fatores apresentam um grande desafio para que as empresas procurem novas ferramentas que lhes permitam continuar crescendo num mercado global no qual a concorrência é crescente. Para superar esta situação e tornarem-se mais rentáveis, muitos fabricantes voltaram-se para os princípios da produção enxuta (*Lean Production*) para elevar o desempenho de suas empresas.

Conceitos como redução de estoques de produtos e componentes e a melhoria contínua dos processos por meio da eliminação e/ou redução de desperdícios por toda a empresa, assim como a redução da variabilidade no processo/produto embasado em dados, com aumento da satisfação do cliente são princípios fundamentais do *Lean Six Sigma*.

A metodologia Lean seis sigma é uma prática que traz inúmeras vantagens nas organizações que a utilizam, tais como vantagens econômicas, qualidade, de processo, ambientais. Tais vantagens permitem às empresas conquistas expressivas no mercado tão competitivo atualmente.

Neste trabalho foi realizado um projeto Seis Sigma, no setor de conformação, em um estaleiro de construção naval, durante onze meses. No projeto foram envolvidos setores como engenharia de produção e produto assim como a produção (mão de obra direta).

Para o desenvolvimento do projeto, desde a fase inicial de identificação de problemas até as soluções dos mesmos, foi utilizada a metodologia *DMAIC*

(Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar). Na primeira fase, definir, tem-se a definição do projeto (identificação de oportunidade, seleção do projeto, e validação). Na fase medir, tem-se a realização do mapeamento do processo e coleta de dados. Na fase posterior, analisar, tem-se a análise dos dados coletados (utilização de ferramentas como *SIPOC*, *ISHIKAWA*, *5 PORQUÊS*). Na fase implementar, foram implementadas soluções para tratar e eliminar a causa raiz (*5W2H*, Plano de ação). Na última fase, controlar, foi desenvolvido plano de controle para garantir a melhoria do desempenho do setor.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é a realização de um estudo de caso, com aplicação da metodologia Seis Sigma, em uma empresa de ramo industrial voltado para a construção naval, embasado nas ferramentas da produção enxuta, buscando a eliminação ou minimização de desperdícios e melhoria contínua nos processos de produção. Os objetivos específicos, do projeto são:

- Redução/eliminação das marcações refeitas pelos operadores do setor de conformação da empresa;
- Aumento na produtividade em 20%;
- Retorno financeiro a empresa de, no mínimo, R\$ 5000,00 por projeto desenvolvido.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A origem da metodologia Seis Sigma está vinculada a um estudo, de Benchmarking realizado na década de 80 conduzido pela Motorola, com objetivo do aumento da qualidade dos produtos e vendas. A Motorola pesquisou empresas, na época, conhecidas pela elevada qualidade nos produtos vendidos e ótimo nível de satisfação dos clientes (“*best-in-class*”), e chegou à conclusão que tais empresas apresentavam um resultado de 34 falhas por milhão, tal número corresponde ao nível Seis Sigma. Então em busca de uma maior lucratividade e melhoria nos resultados, a empresa definiu a busca pela meta, o nível Seis Sigma. A seguir têm-se trechos do depoimento de Robert W. Galvin da HSM Management no artigo “Seis sigma: memórias do pioneiro”.

“Muito antes de pensarmos no Seis Sigma, fizemos uma reunião de executivos. Nessa ocasião Art Sundry, diretor da área de rádios bidirecionais, declarou: ‘Nossa qualidade é nojenta’. Tínhamos 85% do market share mundial e estávamos conseguindo um crescimento de dois dígitos. A despeito disso, todos nós diretores levamos Sundry a sério. Rapidamente percebemos que, se conseguíssemos controlar a variação na produção, poderíamos fazer funcionar todas as peças e processos e alcançar um resultado final de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, ou seja, um nível Seis Sigma. Nosso pessoal cunhou o termo e ele ‘pegou’. Era prático, pois as pessoas entendiam que, quando se consegue controlar a variação, é possível obter resultados notáveis.”

“Seis Sigma, de início, parece complicado, mas é um método que pode ser explicado a qualquer pessoa. Se conseguirmos tornar todas as peças idênticas, seremos capazes de fazer coisas de modo muito melhor. Na linha de produção, temos pessoas para quem tudo funciona, desde que consigam manter seu trabalho dentro da escala de qualidade. Elas dizem: ‘Ora, vejam, consigo entender os dados estatísticos!’”.

Em 1991, Robert W. Galvin escreveu um texto, com o título de “As heresias bem-vindas da qualidade”, onde ele destaca um paradoxo entre o antigo e novo pensamento após a difusão da metodologia Seis Sigma.

Antigo Pensamento	Novo Pensamento
- O controle de qualidade é de responsabilidade do setor de Qualidade.	- A melhoria da qualidade não é algo institucional, mas uma prioridade individual e obrigação de todos.
- Quanto maior a qualidade maior será o custo.	- Com o aumento na qualidade não há por que os custos elevarem.
- Errar é Humano	- Em busca da perfeição, total satisfação do cliente.
- Os defeitos devem ser categorizados em menores e maiores.	- Defeitos são intoleráveis.
- Fazer bem as coisas demanda tempo extra.	- A qualidade economiza tempo e não o gasta.

Tabela 1 - Paradoxo entre o antigo e novo pensamento.

Mari, 1997 (apud, Figueiredo, 2006, p. 12) afirma, “obtenha os dados de seu processo, transforme em dados estatísticos, resolva o problema estatisticamente, transforme os resultados em dados de seu processo”, ou seja, a maneira mais eficiente, para entender e controlar a variabilidade do processo é análise através de dados estatísticos.

O nome Seis Sigma é uma referência à letra do alfabeto grego Sigma (σ), que representa os desvios padrão em uma distribuição normal de valores. O método busca a redução da variabilidade do processo, almejando uma quantidade de defeitos nos produtos próxima a zero. O Alcance do nível Seis Sigma simboliza que o processo produz 3,4 peças com falhas a cada milhão de peças confeccionadas.

No Brasil, o Seis Sigma foi disseminado a partir de 1997 através da sua utilização pelo Grupo Brasmotor, que alcançou resultados expressivos em 1999. (WERKEMA, 2002, apud, Cleto, 2011, p.211). Segundo uma citação em um site, a maioria das empresas brasileiras opera em um nível três ou quatro

Sigma, que significa que a cada milhão de oportunidades, espera-se que o processo falhe 66.807 vezes e 6.210 vezes, respectivamente. (www.minitabbrasil.com.br,2006).

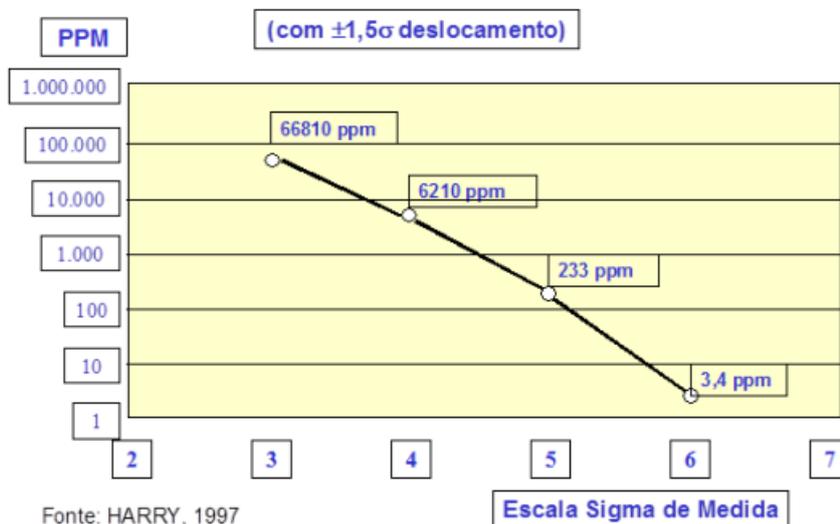


Figura 1 - Relação entre nível sigma, defeitos. (Fonte: HARRY, 1997).

Baseado em filosofias, ferramentas e técnicas da produção enxuta, o Seis sigma, traz resultados financeiramente mensuráveis para uma empresa através de redução de desperdícios, satisfação do cliente e melhoria nos processos, redução dos ciclos das operações e redução de custos. A metodologia Seis Sigma também é responsável por uma mudança na cultura nas empresas, através de treinamentos as lideranças as deixando capazes para aplicação da técnica, consolidação das hierarquias internas e garantia da eficiência e eficácia em todas as etapas do processo.

A identificação da característica crítica de qualidade que afeta o cliente serve como embasamento para o sucesso da metodologia Seis Sigma, ou seja, a voz do cliente e os indicadores apontam o desempenho para atendimento aos requisitos do cliente servem como base do Seis Sigma. É uma ferramenta fundamental nas empresas, pois tem como objetivos corrigir, as causas raízes dos problemas sem mudança radical dos processos, e a estrutura organizacional já existente.

Harry et al., 1998, afirma que o objetivo do Seis sigma não é de alcançar seis sigma de qualidade, mas aumentar a lucratividade de uma empresa

quando é implementada por ela. Estudos recentes mostram que empresas que adotaram programas de qualidade, como o Seis Sigma, tiveram grande sucesso tanto em termos de seus indicadores de qualidade como em relação ao retorno do investimento. (CARVALHO et al., 2008, apud, Cleto, 2011, p.211).

A seguir são relatados os benefícios, que algumas empresas como a Motorola, obtidos após a implementação da metodologia Seis Sigma, ao longo de anos.

- “O presidente da General Electric, Jack Welch, descreve o programa Seis Sigma como “a mais importante iniciativa que a GE já empreendeu”. Só em 1999, a GE economizou mais de US\$ 1,5 bilhão por causa do programa;

- Somente em uma única planta da Asea Brown Boveri (ABB), nos Estados Unidos, tem sido gerada uma economia de cerca de US\$ 770 mil por ano com a aplicação dos Seis Sigma;

- A Motorola estima que, em pouco mais de 10 anos, conseguiu economizar mais de US\$ 11 bilhões.” (HARRY et al., 1998).

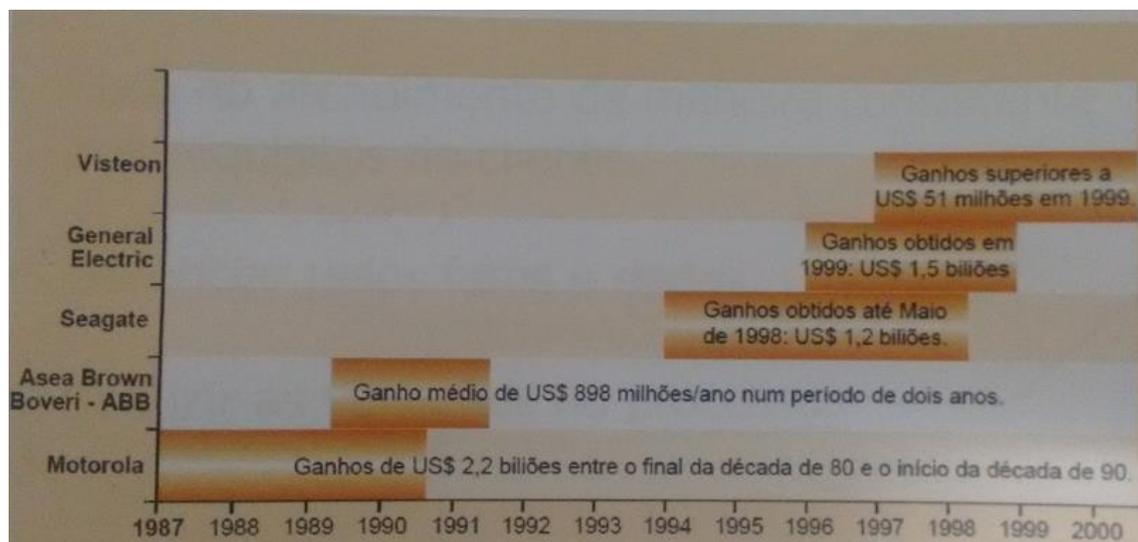


Figura 2 - Ganhos financeiros das empresas após a implementação da metodologia seis sigma. (Fonte: AURUS CONSULTORIA).

A qualidade no sentido tradicional busca com que as empresas se adequem as normas vigentes, assim como os requisitos internos. Um exemplo disto é que na década de 90, no Brasil, várias empresas adquiriram

certificações dos Sistemas de Qualidade, por exemplo, a ISO 9000. Com o surgimento da metodologia Seis Sigma uma nova abordagem foi criada cujo objetivo é tornar a qualidade uma ferramenta que auxilie a empresa a atingir os seus objetivos estratégicos.

O Seis Sigma é uma evolução da abordagem da qualidade tradicional, com um escopo mais robusto e a busca pela correção de deficiências presentes e a perseguição pelo zero defeito. A tabela a seguir ilustra o impacto nos custos de vendas para cada nível sigma.

Nível Sigma	Custo da não Qualidade
6 σ	<10% das vendas
5 σ	10 a 15% das vendas
4 σ	15 a 20% das vendas
3 σ	20 a 30% das vendas
2 σ	30 a 40% das vendas

Tabela 2 - Relação entre nível sigma e defeitos por milhão de oportunidades (Fonte: AURUS CONSULTORIA).

Segundo Rotondaro, 2002 (apud, Figueiredo, 2006, p.18), os principais objetivos para a implementação da metodologia Seis Sigma são a redução da variabilidade dos processos, redução de custos, maximizar a qualidade de saída, eliminar problemas nas causas raízes, promover mudança na cultura, mapeamento dos processos, satisfação do cliente, retorno financeiro, entre outros objetivos.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Conformação

A conformação consiste em um processo de fabricação, no qual um corpo metálico tem sua forma modificada para outra forma definida. Os objetivos principais deste processo são dimensão e forma, propriedades mecânicas e condições superficiais, como especificações do produto final. O processo tem por vantagens um bom aproveitamento da matéria prima, baixos custos de produção, além das propriedades mecânicas do material, melhoradas e controladas.

Os processos de conformação podem ser divididos em dois grupos, processos mecânicos e processos metalúrgicos. Em ambos a modificação da forma é devido à aplicação de tensões externas, e às vezes em altas temperaturas. No entanto, nos processos metalúrgicos ocorre à liquefação do metal ou a difusão de partículas metálicas. Nos processos mecânicos não há liquefação do metal.

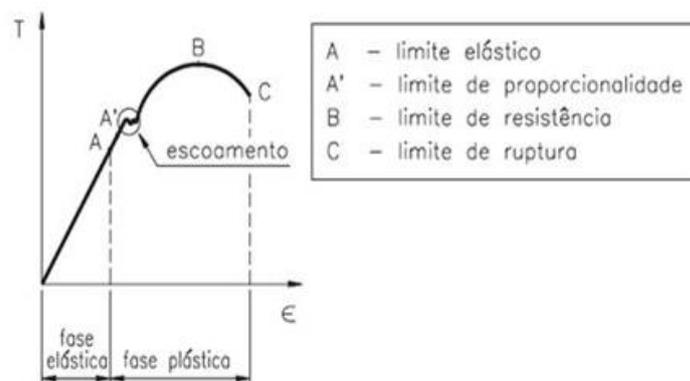


Figura 3 - Gráfico Tensão x Deformação. (Fonte: <http://www.infoescola.com/fisica/ensaio-de-tracao/>).

A Figura 3 mostra o diagrama tensão x deformação de um material que foi submetido ao teste de tração. O processo de conformação mecânica é constituído pelos processos de conformação plástica e conformação por usinagem. O ponto C corresponde o limite de resistência à ruptura do material.

No processo de conformação plástica as tensões aplicadas são, geralmente, inferiores ao limite de ruptura do material. No processo de

conformação por usinagem as tensões aplicadas, sempre, são superiores ao limite mencionado anteriormente.

4.1.1. Classificações do processo de conformação plástica.

Existem várias classificações para os processos de conformação plásticas, dentre elas se destacam a classificação conforme o esforço predominante e quanto à temperatura de trabalho.

A classificação de acordo com esforço predominante é dada conforme a tabela seguir:

FORÇA PREDOMINANTE	FUNCIÓNAMENTO	EXEMPLOS
Compressão direta	O esforço externo ocorre diretamente na peça de trabalho. Realizando a conformação.	Forjamento (livre e em matriz), Laminação (plana e de perfis).
Compressão indireta	As forças desenvolvidas pela reação da matriz na peça realizam a conformação.	Extrusão e Trefilação de tubos e fios. Estampagem profunda de chapas.
Conformação por tração	Aplicação de forças de tração nas extremidades do material.	Estiramento de chapas.
Conformação por cisalhamento	Aplicação de forças capazes ou não de romper o metal no seu plano de cisalhamento.	Torção de barras e cortes de chapas
Conformação por flexão	Aplicação de um momento fletor.	Dobramento livre, de borda e de matriz. Calandragem.

Tabela 3 - Classificação da conformação plástica quanto ao esforço predominante. (Fonte: APOSTILA CONFORMAÇÃO PLÁSTICA DOS METAIS).

Os processos de conformação classificados quanto à temperatura de trabalho, são classificados em trabalho mecânico a frio ou trabalho mecânico a quente. Quando a temperatura de trabalho é menor do que a temperatura de recristalização do metal, o processo é classificado como trabalho a frio, acima desta temperatura, o trabalho é classificado a quente.

No trabalho a frio ocorre o fenômeno de encruamento do metal, que consiste no aumento da resistência mecânica com a deformação plástica. Enquanto o trabalho a quente se caracteriza pela eliminação do encruamento devido à recristalização do metal, após aplicação de calor durante um intervalo de tempo.

Existem outros tipos de classificações, não comumente utilizadas, para os processos de conformação plástica. Quanto ao tamanho da região deformada (localizada ou generalizada), quanto ao tipo de fluxo (contínuos ou intermitentes) e quanto ao tipo de produto obtido (semiacabado ou acabado).

Bresciani (1991) apresenta um quadro contendo um resumo da classificação dos processos de conformação plástica.

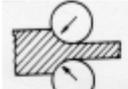
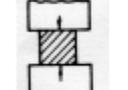
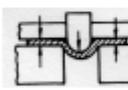
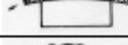
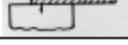
Processo	Força preponderante	Trabalho		Ilustração	Semi-produtos ou produtos	
		A quente	A frio		Aços	Não ferrosos
Laminação	Compressão direta	x			Placas Chapas Barras Perfis	Placas Chapas Barras
			x		Chapas	
Trefilação	Compressão indireta		x		Barras Aramés Fios	Barras Aramés Fios Tubos
Extrusão	Compressão indireta	x			Tubos	Barras Tubos Perfis
			x		Peças pequenas extrudadas	Peças longas extrudadas
Forjamento	Compressão direta	x			Peças forjadas	
			x		Peças pequenas forjadas	
Estampagem (profunda)	Compressão indireta em parte	x			Peças grandes estampadas (a partir de placas)	
			x		Peças de chapas estampadas	
Estiramento de chapas	Tração		x		Peças de chapas estiradas	
Dobramento	Flexão	x	x		Peças de chapas e tiras dobradas	
Calandragem	Flexão		x		Tubos	
Corte	Cisalhamento	x	x		Peças cortadas de chapas ou pequenos diversos	

Figura 4 - Processos e produtos típicos de conformação plástica. (Fonte: Desenho BRESCIANI, 1991).

4.2. Navios e suas nomenclaturas

Um navio é uma embarcação composta estruturalmente por diversas regiões, dentre as quais se podem destacar a proa, popa, região de carga, praça de máquinas superestrutura.

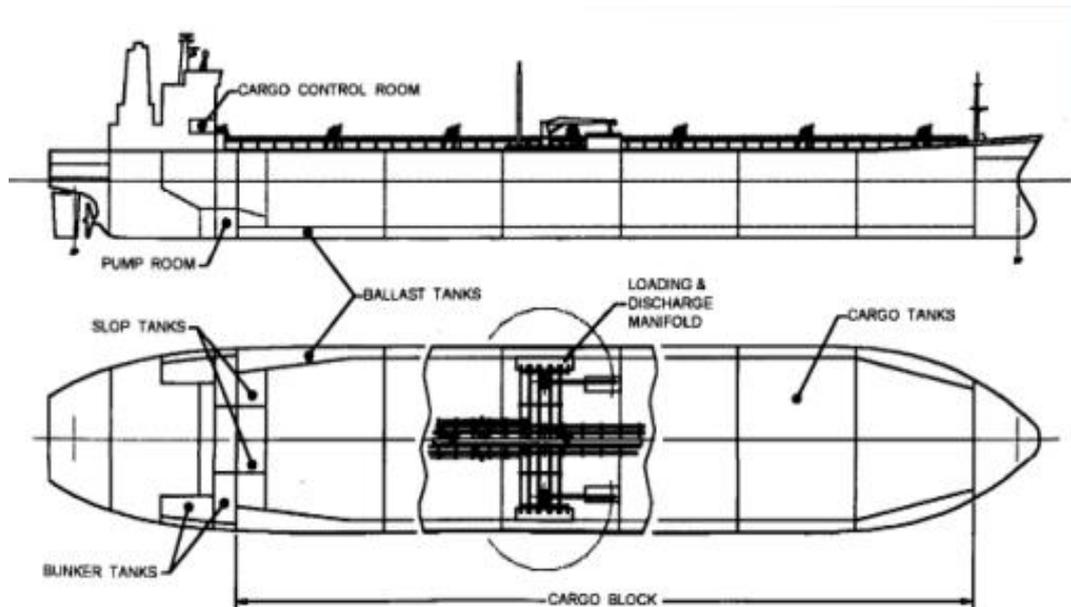


Figura 5 - Arranjo geral de uma embarcação. (Fonte: TIPOS DE NAVIOS. NOTAS DE AULA).

Geralmente os navios são classificados de acordo com a sua atividade de atuação. Segundo o Regulamento Geral das Capitânicas existem cinco categorias de navios não militares, comércio, pesca, recreio, rebocadores, auxiliares. A classificação ilustrada abaixo agrupa tipos de navios que se assemelham na natureza de tráfego, forma do casco, sistema propulsivo entre outros.

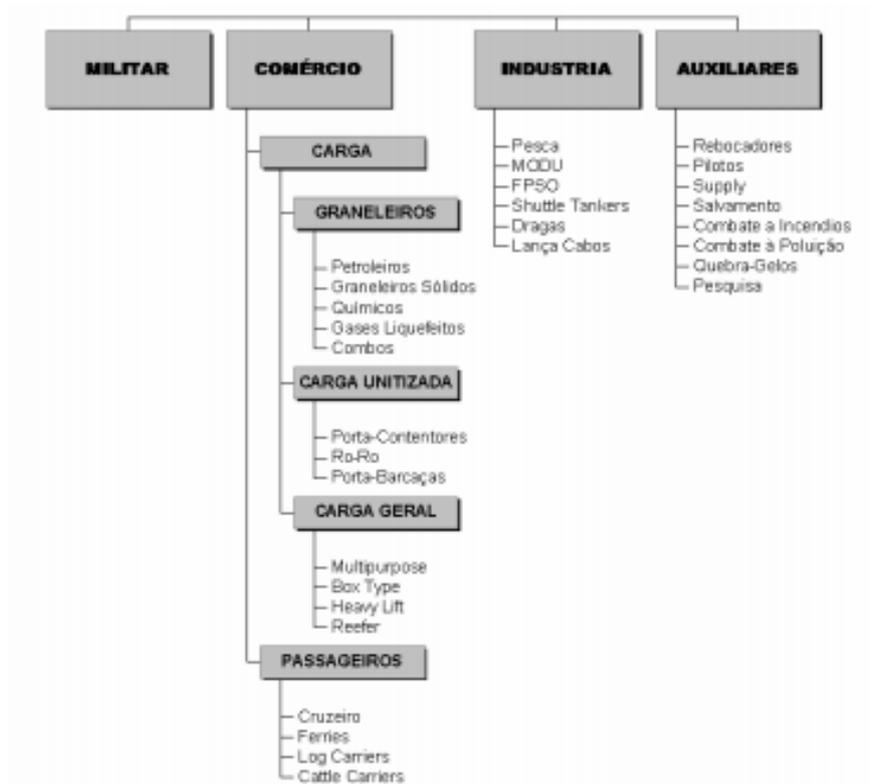


Figura 6 - Classificação dos tipos de navios. (Fonte: REGULAMENTO GERAL DAS CAPITANIAS).

Dentre os vários tipos de navios, se podem destacar o navio de carga do tipo petroleiro. Os navios petroleiros correspondem à aproximadamente a 48% da frota mundial, constituindo o maior segmento do mercado. Estes tipos de navios podem ser classificados de acordo com o produto a ser transportado, assim como pelo porte.

A figura a seguir ilustra as nomenclaturas utilizadas em navios, com características técnicas como dimensões geométricas (comprimento, boca, calado, pontal, borda livre, comprimento entre perpendiculares).

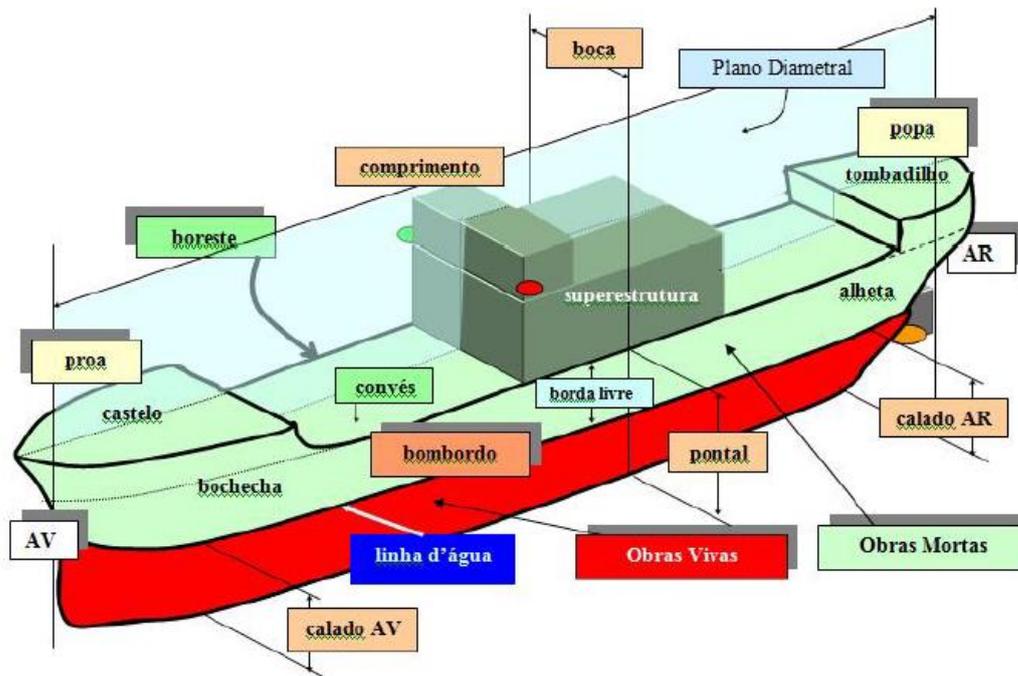


Figura 7 - Desenho esquemático das nomenclaturas. (Fonte: LINO, 2011, apud PEREIRA, 2012, p.6).

4.2.1. Regiões do navio que sofrem processo de conformação

As regiões do navio, que apresentam produtos que possivelmente terão um processo de conformação (dobramento da chapa), são a proa, popa, praça de máquina e a região do bojo no corpo paralelo.



(a)



(b)



(c)

Figura 8 - (a) Detalhe da proa do navio. (Fonte: PARUTY); (b) Detalhe da construção da praça de máquina do navio. (Fonte: <http://www.sonave.com.br/noticias/3017/maior-navio-cargueiro-do-mundo-maersk-triple-e/>); (c) Detalhe da curvatura do chapeamento na região da popa do navio. (Fonte: NSNET, 1998, apud, PEREIRA, 2012, p. 7).

4.2.2. Classificação das chapas conformadas

Para a construção de um navio existe uma série de chapas conformadas com curvaturas específicas para se ter a forma do casco. Dentre as curvaturas mais utilizadas se podem citar, chapas de simples curvatura, chapas de duplas curvaturas, chapas de curvaturas reversas, chapas tipo setor de cone, chapas torcidas, chapas tipo cilíndricas, chapas semicurvas. A figura a seguir ilustra o arranjo dos tipos de chapas, baseados em sua curvatura, para se adquirir a forma da proa do navio.

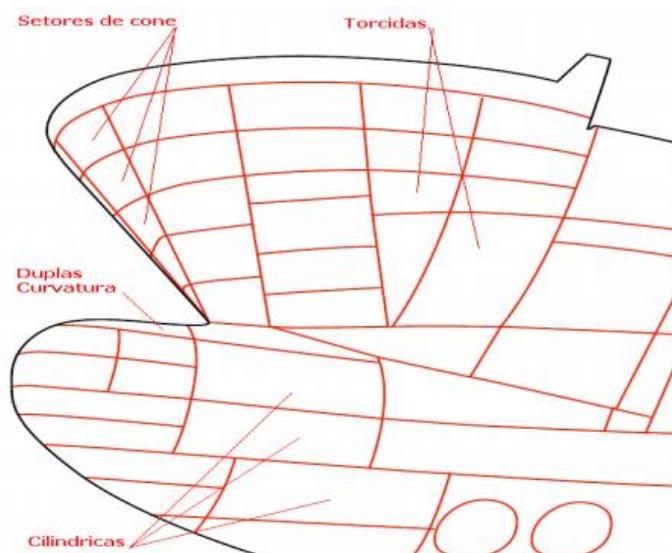


Figura 9 - Tipos de chapas curvas que compõe a proa do navio. (Fonte: PEREIRA, 2012).

A classificação das chapas conformadas baseadas nas características do processo de fabricação é especificada a seguir, (Gordo, 2003, apud Pereira, 2012, p.:9).

- Chapas côncavas (chapas semiesféricas): são chapas conformadas uniformemente em todas as direções;

Chapa Deformada
tipo CÔNCAVA



Figura 10 - Chapas do tipo côncavas.

- Chapas cilíndricas: esse tipo de chapa conformado é dividida em chapas sem flecha e com flecha. Chapas cilíndricas com flechas

também são subdividida em chapa conformada do tipo sela ou chapa conformada do tipo concha.

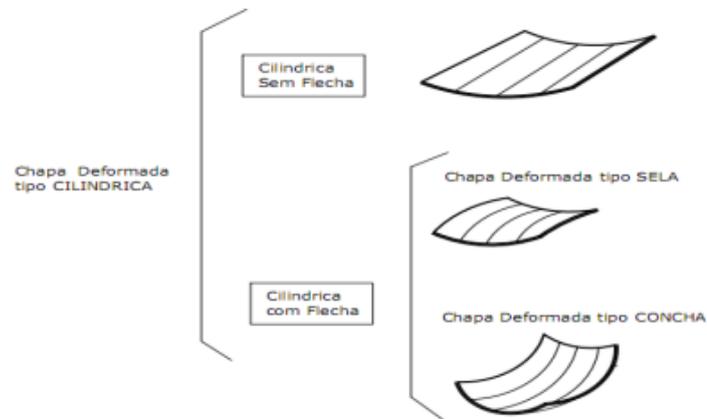


Figura 11 - Chapas do tipo cilíndrica.

- Chapas torcidas: são chapas que se caracterizam pelo não paralelismo entre as extremidades das chapas.



Figura 12 - Chapas do tipo torcida.

- Chapas semicurvas: são chapas que se caracterizam por apenas uma determinada região da chapa ser conformada.



Figura 13 - Chapas do tipo semicurvas.

- Chapas cônicas: são chapas conformadas que se caracterizam a uma geometria a um cone planificado.



Figura 14 - Chapas do tipo cônicas.

4.3. O processo de conformação nos estaleiros

Um estaleiro se caracteriza por ser uma indústria de metal de grande porte, devido ao alto volume de processamento de aço. Os principais processos tecnológicos utilizados para a construção estrutural são Projeto detalhado, estudo e preparação, traçagem e planificação, marcação, manufatura, pré-fabricação, montagem de blocos, montagem do navio, controle de qualidade, proteção superficial.

A seguir têm-se uma ilustração do processo produtivo dos estaleiros desde o a aquisição da matéria- prima até a entrega do navio.

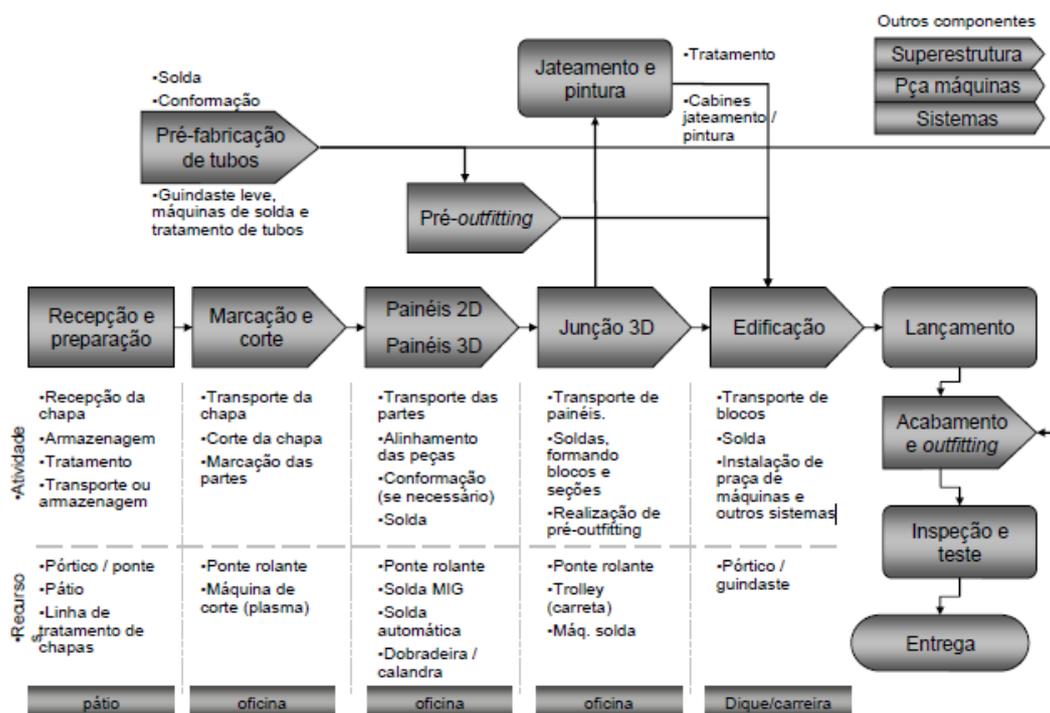


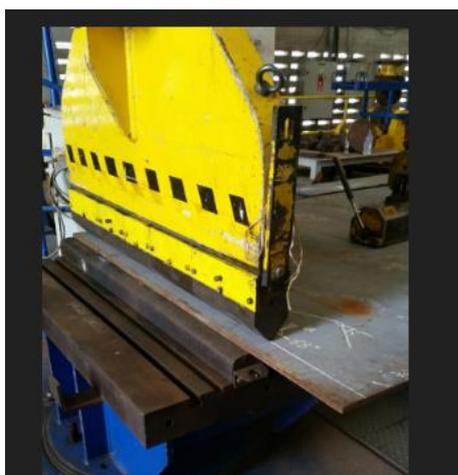
Figura 15 - Processo produtivo de um estaleiro, de forma geral. (Fonte: PINTO, 2007).

Dentre vários processos existentes, a conformação consiste na alteração da forma plana da chapa em formas curvadas, como chapas com curvaturas, duplas curvaturas, torcidas entre outras. Este processo de fabricação pode ser dividido em dois tipos, conformação mecânica e conformação térmica.

A conformação mecânica consiste na aplicação de uma determinada pressão na chapa, para que a mesma atinja a curvatura desejada, para este processo utilizado calandra ou prensa verticais.



(a)



(b)

Figura 16 - (a) Processo de calandragem;(b) Prensa vertical. (Fonte: AUTOR).

A conformação térmica consiste na aplicação de calor (chama oxiacetilênica), em seguida o produto é resfriado com a aplicação de água, para que a chapa atinja a curvatura desejada. Os pontos da chapa no quais sofreram a aplicação do calor são denominadas de linhas de calor.

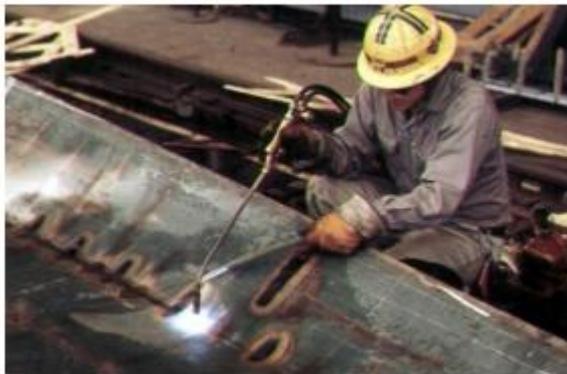
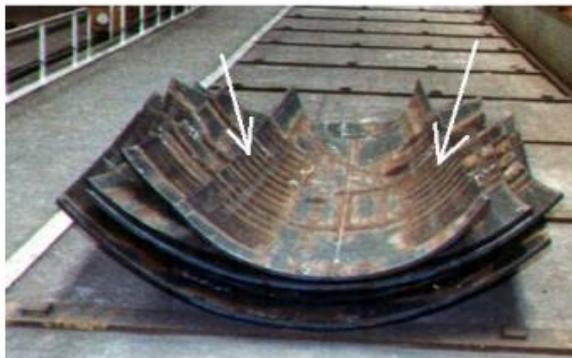


Figura 17 - Conformação térmica da chapa. (Fonte: NSNET,1998, apud, PEREIRA, 2012, p.:11).

Dependendo do tipo de produto a ser conformado, o mesmo sofrerá os dois processos de conformação. Primeiramente, sofrerá o processo de conformação mecânica para pré-conformar a chapa obtendo uma curvatura simples. E em seguida, para se atingir a curvatura desejada, é aplicado calor nas linhas de calores chapa e ao mesmo tempo aplicação de água para o seu resfriamento. A figura a seguir ilustra a chapas conformadas após sofrer o processo de conformação mecânica e térmica, respectivamente.



(a)



(b)

Figura 18 - (a) Chapa pré-conformada; (b) Chapa conformada após aplicação. (Fonte: NSNET, 1998, apud, PEREIRA, 2012, p.:11).

4.3.1. Fluxo da chapa curva

O primeiro processo de fabricação no qual a chapa¹, que contém um produto a ser conformado, sofrerá é o tratamento da superfície da chapa que consiste na remoção óxidos, óleos e graxas, e execução da pintura superficial da chapa. Em seguida a chapa será marcada com a identificação dos desenhos e posições de montagem dos elementos estruturais. A próxima etapa é o processo de corte (utilização de sistemas térmicos como, oxicorte, plasma, entre outros.), com a segregação das peças.

Após a segregação das peças, os painéis que necessitam de alguma curvatura específica são enviados para o setor de conformação e sofrem alguns dos processos descritos no item anterior. Por fim, os painéis curvos são unidos na oficina de montagem de blocos, através de processo de soldagem.



Figura 19 - Fluxo das chapas curvas no estaleiro. (Fonte: PEREIRA, 2012).

¹ Esta chapa contém um plano de corte (nesting) definido pela engenharia.

4.4. Produção enxuta

O sistema de produção enxuta é baseado em um conjunto abrangente de técnicas, que combinadas e amadurecidas, proporcionarão a atenuação de todos os tipos de desperdício. Isso não só tornará a empresa mais enxuta, mas posteriormente também mais flexível e ágil a redução dos desperdícios. Quando este objetivo é alcançado, ocorre uma consistente redução de custos e melhoria da qualidade. Várias ferramentas da produção enxuta são aplicadas para atingir este objetivo: os cinco S (5S), ciclo PDCA, kanban, six sigma, just in time e demais outras. Elas são também as chaves para alcançar outro importante objetivo da produção enxuta: fazer a produção fluir.

A produção enxuta ou *lean production*, além do esforço para eliminação dos desperdícios, caracteriza-se pelo conceito de negócio no qual o objetivo é minimizar a quantidade de tempo e recursos utilizados nos processos de fabricação e em outras atividades de uma empresa, isto é, trabalha o aspecto de produzir o máximo com o mínimo recurso, menos tempo, menos inventário, menor espaço.

A produção enxuta centra-se sobre a supressão ou redução de desperdícios ou "muda", a palavra japonesa para desperdícios, que é qualquer ação que agregue tempo, esforço, custo, mas não agregue valor, utilizando atividades que agregam valor a partir da perspectiva do cliente.



Figura 20 - Representação esquemática da muda. (Fonte: AUTOR).

Do ponto de vista do cliente, o valor é equivalente a tudo pelo que ele está disposto a pagar num produto ou serviço. Assim, a eliminação de desperdícios é o princípio base da manufatura enxuta. Para as empresas industriais, isto pode envolver qualquer um dos sete desperdícios seguintes:

- 1) Transporte - é o movimento de materiais, peças ou produto acabado de um local para outro. É um desperdício, uma vez que não acrescenta valor ao produto.
- 2) Estoque- Excesso de matéria prima, estoque em processo ou produtos acabados, causando produtos danificados, custos com transporte e armazenagem e atrasos, lead time mais longos, entre outros. O estoque extra, oculta outros problemas como, desequilíbrio na produção, defeitos, paralisação e setup de equipamentos.
- 3) Movimentos desnecessários – Qualquer movimento que o operador tem que fazer durante seu período de trabalho que não agrega valor a peças. Localizar, procurar ou empilhar, peças e ferramentas, são exemplos.
- 4) Espera – Operadores esperando pela próxima etapa do processo, ferramentas, peças, ou está parado por falta de estoque, atrasos, gargalos, paralisação de equipamentos.
- 5) Superprodução – Produzir peças mais cedo ou em quantidades superiores à demanda cliente. Com esta perda estão atrelados outros custos como transporte e armazenagem das peças, estoque excessivo, excesso de pessoas.
- 6) Excesso de processamento - é o uso de técnicas inadequadas. Equipamentos fora de padrão, trabalhando com tolerâncias muito apertadas, executando processos que não são exigidos pelo cliente. Todas estas coisas custam tempo e dinheiro.
- 7) Defeitos – Produção ou correção de peças defeituosas. Conserto ou retrabalho, descarte, produção para substituição e inspeção significam desperdícios de tempo, de manuseio e de esforço.

Não há dúvida de que a eliminação de desperdício é um ingrediente essencial para a sobrevivência no mundo de hoje. As empresas devem esforçar-se para criar produtos de baixo custo e alta qualidade, que possam chegar aos clientes no menor tempo possível.

4.4.1. Ferramentas da produção enxuta

Algumas das ferramentas ou técnicas empregadas no sistema de produção enxuta são: os cinco S (5S), just in time, kanban, kaizen, Seis sigma.

4.4.2. Cinco S (5S)

O 5S refere-se às palavras japonesas "seiri, seiton, seison, seiketsu e shitsuke", que livremente traduzidas significam, utilizar, arrumar, limpar, padronizar e disciplinar. O 5S ajuda uma área de produção, seja uma fábrica ou escritório, a manter um nível de ordem e padronização que evidencia os desperdícios, defeitos e anormalidades, ou seja, os 5S significam boa gestão e organização do local de trabalho.

4.4.3. Just in time

Intimamente associado à manufatura enxuta está o princípio do just-in-time. É uma ideia de gestão direcionada a eliminar fontes de desperdício de fabricação, produzindo corretamente no lugar certo, no momento certo.

O Just-in-time de produção fundamenta-se em não ter excesso de matérias-primas, de material em processo ou de produtos que são necessários para uma operação suave. O JIT utiliza o que é conhecido como um "system pull". A demanda dos clientes é o fato gerador da ordem que envia o primeiro sinal para a produção. Um dos principais objetivos da manufatura enxuta é interligar os processos de produção por fluxo contínuo. Onde o fluxo desejado não é possível, devido a operações à distância ou processos pouco confiáveis, um fabricante pode converter a produção de empurrar em operações de puxar, ou seja, desde a fabricação até a previsão de produção, a fim de reabastecer unidades vendidas.

4.4.4. Kanban

Kankan é um sistema de informação visual que é usado para controlar o número de peças a serem produzidas em cada processo. Os tipos mais comuns de Kanbans são os kanbans de retirada, que especificam a quantidade de material que o processo deve puxar a partir do processo anterior, e os kanbans de produção, que especificam a quantidade a ser produzida pelo processo anterior.

A ideia é que cada produto será fornecido apenas quando outro do mesmo é consumido, o objetivo máximo é controlar o estoque, sendo o número de kanbans a quantidade total de estoque no sistema. O sistema é um mecanismo poderoso para implementação da produção puxada, já que significa produzir apenas quando o processo seguinte requer, e o que ele quiser.

4.4.5. Kaizen

A palavra Kaizen tem origem japonesa e significa “mudar para melhor”. Na prática das empresas significa que nenhum dia deve passar sem que sejam feitas melhorias. O Kaizen também pode ser definido como melhoramento contínuo, e tem por objetivo a promoção de melhoramentos sucessivos e constantes, ou seja, mais e menores passos de melhoramento incremental. (SLACK et al., 2002).

4.4.6. Metodologia Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma tem por pilares o foco no atendimento aos requisitos dos clientes, a redução da variabilidade no processo, maior controle na qualidade, realização de atividades de melhoria de forma sistemática e gerenciamento de análises e soluções baseadas em dados, fatos e recursos disponíveis de forma correta.



Figura 21- Metodologia Seis Sigma. (Fonte: AURUS CONSULTORIA).

Fernandes e Turrioni, 2007, (apud, Cleto, 2011, p.212) afirmam que a seleção do projeto é de suma importância para o sucesso do projeto Seis Sigma a ser implementado, tendo como passo inicial o entendimento das características críticas para a qualidade. Após a seleção do projeto, escolhe-se o método de solução de problemas. Alguns deles são:

- M-PCpS (*machine-process characterization study*), que é um estudo para a caracterização e otimização de processos, com o objetivo de eliminar perda de tempo e dinheiro;
- DFSS (*design for Six Sigma*);
- DMADV, que contempla as fases definir, medir, analisar, desenhar e verificar;
- DMEDI, com as etapas definir, medir, explorar, desenvolver e implementar;
- DMAIC, composto pelas etapas: *define* (definir), *measure* (medir), *analyse* (analisar), *improve* (melhorar) e *control* (controlar).

Andrietta e Miguel, 2007, (apud, Cleto, 2011, p.212) afirmam que o método de solução de problemas mais utilizado, por possibilitar uma adequada organização na implantação, desenvolvimento e conclusão dos projetos seis sigma, é o DMAIC. Além da seleção do método de solução, o projeto seis sigma, também é composto por técnicas e ferramentas que são utilizadas para obter, tratar, analisar os dados. As mais utilizadas tem sido: Coleta de Dados, Histograma, Diagrama de Pareto, *Brainstorming*, Cartas de Controle, Índices de Capacidade, Fluxograma, Mapeamento do Processo, Avaliação de Sistema de Medição e CEP – Controle Estatístico de Processo.

4.5. DMAIC

A metodologia DMAIC é composta por cinco etapas críticas, *define* (definir), *measure* (medir), *analyse* (analisar), *improve* (melhorar) e *control* (controlar).

- Pré- estudo e Definir (D): Identificação das oportunidades de melhorias e definição do escopo do projeto;
- Medir (M): Determinação do foco do problema;
- Analisar (A): Determinação das causas raízes;
- Implementar (I): Implementação das soluções dos problemas;
- Controlar (C): Garantia que o objetivo alcançado se perpetue.

4.5.1. Pré-estudo e Definir

A princípio, são identificadas informações e oportunidades de melhorias relevantes para o início do projeto. Após tem-se a definição do escopo do projeto. Também são estabelecidas as metas do projeto, como aumento da produtividade, redução dos defeitos, retorno financeiro, entre outros. Nesta fase, também é elaborado o cronograma de execução de cada etapa da metodologia, assim como a determinação da equipe, definindo as atividades e metas individuais dos membros. São selecionados os indicadores que mostraram os resultados obtidos, e a comparação entre os cenários antes e após a implementação do projeto.

4.5.2. Medir

Nesta fase é realizado o mapeamento do processo atual com intuito de identificar as áreas afins ao problema diagnosticado. Esta etapa fundamental, pois permite a equipe do projeto uma visualização de todas as etapas que compõe o processo, desde a entrada até a saída do produto final. Também é estabelecido o plano de coleta de dados para o levantamento de informações para avaliação do desempenho atual do processo.

De posse dos dados são realizados cálculos e avaliações que mostram a realidade do desempenho atual, baseados nos indicadores definidos na etapa anterior da metodologia. Ao final desta etapa são realizadas reuniões de brainstorming (reuniões para juntar informações, com intuito de resolver problemas ou desenvolver novos projetos) para o levantamento das possíveis causas do problema detectado.

4.5.3. Analisar

Nesta fase é identificada a causa raiz do problema. Permite a análise do processo a fim de eliminar as lacunas entre o desempenho atual e o a meta do projeto Seis Sigma. Os dados, informações, perguntas relatadas na etapa anterior são estudadas, e as principais causas dos problemas são analisadas através de ferramentas como Pareto, diagramas de causa e efeito, 5 por quês, regressão, entre outros.

4.5.4. Implementar

Nesta fase são implementadas soluções para a causa raiz diagnosticada na fase anterior. Utiliza-se ferramenta de gerenciamento e planejamento para a nova abordagem, como o PDCA. São realizados cálculos estatísticos para a validação, da melhoria e eficiência, do novo processo.

4.5.5. Controlar

Nesta etapa ocorre a avaliação das metas atingidas ao longo do projeto. Os resultados obtidos na fase anterior devem ser monitorados para a validação da solução do problema de forma permanente. São estabelecidos planos de controles para controlar as principais variáveis atreladas ao processo que possam influenciar na qualidade do produto final.

5. METODOLOGIA

A utilização da metodologia DMAIC, em um projeto Seis Sigma, deve ser aplicada em um problema desempenho organizacional, onde a solução de tal é desconhecida. Deve existir o estabelecimento de metas a serem alcançadas interligadas a indicadores definidos que simbolizam a uma oportunidade de solução. O objetivo do projeto é trazer benefícios de custo, tempo ou qualidade onde for desenvolvido. O seu monitoramento deve ser feito através de indicadores.

O DMAIC é um método de solução de problemas composto por um conjunto de etapas ordenadas. À medida que há um avanço no projeto, as etapas da metodologia vão se complementando e informações fundamentais irão surgindo, fazendo que com o grupo do projeto ganhe confiança para que solução do problema seja definitivamente alcançada.

O método utilizado, para este projeto, nas cinco etapas que compõe a metodologia DMAIC será apresentado a seguir.

5.1. Fase Definir

A etapa definir seguiu os seguintes passos:

- O Porquê do desenvolvimento do projeto e quais as consequências da não aplicação da metodologia;
- Formação da equipe: Determinação dos componentes do projeto;
- Estabelecimento do cronograma do projeto: prazo para o desenvolvimento de cada da metodologia DMAIC;
- Identificação e levantamento de problemas e oportunidades de melhorias. Para esta etapa utilizou-se uma ferramenta conhecida como voz do cliente, através de entrevistas.

Em uma entrevista à HSM Management no artigo “Seis Sigma: memórias do pioneiro”, (www.minitab.com.br, 2006), Robert W. Galvin diz que se deve aumentar a capacidade de ouvir e levar os clientes a sério, pois eles não gostavam da qualidade dos produtos fabricados pela empresa;

- Seleção do projeto. Foi utilizada a matriz de priorização, GUT (gravidade, urgência, tendência), para a definição de qual problema gerará um impacto maior ao setor caso não seja reduzido ou eliminado. No quesito gravidade são avaliados os impactos do problema sobre operações e pessoas da empresa, efeitos que surgirão em longo prazo em caso de não resolução. No quesito, urgência é avaliada, o tempo disponível ou necessário para resolver o problema, já no quesito tendência é avaliado potencial de crescimento (piora) do problema, a nota final, de cada problema, é dada pela multiplicação entre as notas da gravidade, urgência e tendência;

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Extremamente urgente	Se não for resolvido, piora imediatamente
4	Muito grave	Muito urgente	Vai piorar a curto prazo
3	Grave	Urgente	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco grave	Pouco urgente	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Sem urgência	Sem tendência de piorar

Figura 22 - Notas na avaliação dos problemas na matriz de priorização GUT. (Fonte: CANDELORO, 2008).

- Definir os indicadores: Monitoramento do projeto, evidenciar o estado atual e os ganhos no estado futuro;
- Objetivos e metas do projeto: Quais resultados esperados.

5.2. Fase Medir

A etapa medir seguiu os seguintes passos:

- Realização do mapeamento do processo, os símbolos abaixo ilustram as etapas que representam o processo, ponto de inspeção, e pontos de preparação. Descrever a ligação entre os processos desde a entrada até a saída do produto. Apresentação do escopo de cada etapa do processo.

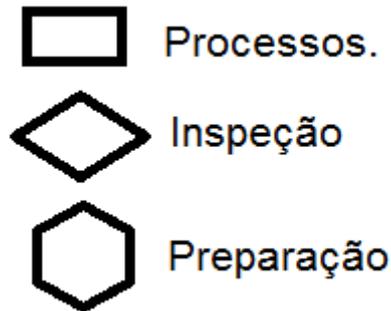


Figura 23 - Símbolos para ilustração do mapeamento do processo. (Fonte: AUTOR).

- Fazer o plano de coleta de dados e valida-lo: definir, o que medir, como medir, quem irá medir e qual plano de amostragem;
- Coleta de dados;
- Mostrar o desempenho atual do setor através dos indicadores definidos na etapa anterior da metodologia;
- Baseado no mapeamento do processo, realizar o levantamento das possíveis causas, através de brainstorming.

5.3. Fase Analisar

A etapa analisar seguiu os seguintes passos:

- Fazer uma síntese do estado atual mostrado na etapa medir;
- Realização de Brainstorming para responder os tópicos levantados na etapa anterior;
- Utilização do Ishikawa para levantamento das possíveis causas do problema. Também conhecido como diagrama de causa e efeito, o Ishikawa, é uma das setes ferramentas da qualidade, onde as causas dos problemas podem ser classificadas em seis tipos de causas que afetam o processo Método, Máquina, Medição, Mão de obra, Material, Meio ambiente (6M).

Método: problemas relacionados ao modo de executar o trabalho;

Máquina: problemas derivados de falhas de máquina falta de manutenção, por exemplo;

Matéria prima: quando a matéria prima do produto pode ser a causa do problema;

Mão de obra: falta de qualificação, pressa, imprudência;

Medida: instrumentos de medição inadequados, entre outros;

Meio ambiente: o ambiente de trabalho pode favorecer a ocorrência de problemas;

- Determinação da causa raiz. Utilização da ferramenta 5 por quês. Esta ferramenta permite entender o problema com clareza e eficiência. A ferramenta tem a seguinte diretriz, começasse com um problema então se faz a pergunta “por que” para identificar o que está ocorrendo se policiando para que as respostas sejam baseadas em fato. Continuasse este processo até encontrar a causa raiz do problema e identificar uma contramedida que vai prevenir que ocorra novamente;
- Realizar pesquisas de benchmarking: pesquisas de como funciona os processos em empresas do mesmo ramo industrial;
- Levantamento de hipóteses da próxima etapa da metodologia.

5.4. Fase Implementar

A etapa implementar seguiu os seguintes passos:

- Realizar um teste piloto para validar o novo método;
- Ajustar o mapa do estado futuro conforme o teste piloto;
- Implementação da solução;
- Mostrar o desempenho atual do setor através dos indicadores;
- Atualizar as instruções de trabalho para o novo método;
- Realizar treinamentos.

5.5. Fase Controlar

A etapa controlar seguiu os seguintes passos:

- Quais são os riscos do novo processo após a implementação das melhorias;
- Elaborar plano de controle;
- Realizar um novo cálculo para evidenciar se o processo está controlado.

6. ESTUDO DE CASO

6.1. Descrição da Empresa

Criada há aproximadamente 10 anos, a Empresa de construção naval, onde foi realizado o estudo, simbolizou o ressurgimento da indústria naval Brasileira. A empresa tem a capacidade de produzir todos os tipos de navios cargueiros, de até 500 mil toneladas de porte bruto (TPB), além de plataformas offshore dos tipos semissubmersível (FPSO, TLP e SPAR). O Estaleiro tem capacidade de processar até 160 mil toneladas de aço/ano, é equipado com guindastes de 35 mil e 50 mil toneladas de capacidade, além de dois pórticos Goliaths, que tem capacidade de 2500 toneladas, cada. O porte desses equipamentos proporciona ao Estaleiro ser classificado como uma planta naval de quarta geração, tendo por principal objetivo a redução no tempo de edificação das embarcações.

Em um estaleiro existem vários processos de fabricação como, processamento (corte da chapa), tratamento e pintura, soldagem, conformação entre outros. Na Empresa, o setor de conformação realiza a alteração da parte plana, da chapa, barras e perfis, em formas curvas conforme a descrição do projeto.

A Empresa de construção naval possui três equipamentos que realizam a conformação mecânica da chapa (calandra e prensa vertical), barras (prensa vertical) e perfis longitudinais (prensa horizontal). Também possui duas bases de calor nas quais realizados, é realizada a conformação térmica dos produtos. Na conformação mecânica é aplicada pressão que transforma a forma dos produtos, no entanto, não se garante totalmente a curvatura segundo a descrição do projeto, pois o processo de fabricação tem característica “artesanal”, e o manuseio do equipamento se baseia na experiência do operador, então para que a curvatura fique conforme as configurações do desenho, o produto sofre a conformação térmica, se necessário. Esta, além de realizar o acabamento final, também é responsável pela conformação de produtos com grau de complexidade maior.

O processo tem uma característica bastante “artesanal”, pois não é utilizado nenhum tipo de programação que realize a conformação de forma

automática. A aplicação e distribuição da pressão na chapa se baseiam na experiência do operador e, para garantir a curvatura desejada, utilizam-se gabaritos de madeira como referência. Estes gabaritos são ferramentas que auxiliam no processo de fabricação e suas formas também são descritas no projeto.

Os gabaritos (modelos) são distribuídos e posicionados na chapa conforme as linhas de referências transversais e longitudinais que são marcadas na máquina de marcação. Tanto a chapa como os gabaritos apresentam uma marcação denominada de visada que serve como alinhamento transversal dos modelos. Para garantir o alinhamento longitudinal, ambos, apresentam textos que indicam seus posicionamentos.



Figura 24 - Processo de conformação. (Fonte: AUTOR).

Os setores envolvidos para o desenvolvimento do trabalho foram o PCP (responsável pelo o planejamento da produção), Engenharia (Detentora do projeto, desenhos de fabricação), Engenharia de Manufatura (responsável dos processos de fabricação), e a Produção (responsável pela a fabricação do produto).

6.2. Descrição Inicial do Projeto

Foi realizado um projeto no setor de conformação de um Estaleiro embasado na metodologia DMAIC (definir, medir, analisar, implementar e

controlar), com intuito se obter um retorno financeiro de R\$ 5000,00 e aumento de 20% na produtividade do setor.

6.3. Definir

O desenvolvimento do projeto DMAIC busca a eliminação e/ou redução dos retrabalhos, com o aumento da qualidade, diminuindo a variabilidade no processo e, conseqüentemente, aumento da capacidade de produção. A não realização de projeto como este, para evidenciar e solucionar problemas recorrentes no setor de conformação da fábrica compromete tanto a capacidade de produção como o prazo de entrega no desenvolvimento de novos projetos. Outros fatores como, a desmotivação pessoal, conflitos entre setores e piora nos indicadores, também são conseqüências devido à inexistência de melhoria de qualidade.

A primeira etapa do projeto foi à formação da equipe e estabelecimento do cronograma para a conclusão de cada etapa da metodologia. O grupo foi composto por profissionais da área da engenharia de produto (detentora do projeto), engenharia de manufatura (responsável por toda estratégia produtiva) e produção (responsável pela transformação do produto). A previsão inicial para a duração de cada etapa é 1- definir: um mês; 2- medir: dois meses; 3- analisar: quatro meses; 4- implementar: 2 meses; 5- controlar: um mês. A equipe se reuniu semanalmente para a explanação do avanço do projeto.

Após as primeiras definições, a equipe passou uma semana acompanhando o processo e analisando os principais problemas que estavam afetando a produtividade ou fluxo produtivo do setor. A seguir é apresentada a relação dos problemas diagnosticados, assim como os relatos do cliente:

- De acordo com a imagem a seguir a marcação da contra curva nos perfis (linha de referência para a conformação) é realizada manualmente, baseada no desenho. Os instrumentos utilizados para a marcação são pesos, giz, trena, cantoneira (régua) e tinta. O setor de blocos curvos, cliente da conformação, reclamava do

alto índice de reprovação de perfil curvo por não atender os critérios de qualidade dimensional.



Figura 25 - Processo de marcação da contra curva. (Fonte: AUTOR).

- Devido ao sistema não ser puxado, produzir o que realmente é necessário, no prazo correto, existe uma geração de estoque conforme a ilustração da imagem a seguir. Os setores de sub montagem e blocos curvos relatavam que não havia uma sincronização nos pagamentos das peças conformadas.



Figura 26 - Estoque excessivo de barras conformadas. (Fonte: AUTOR).

- Foram diagnosticados problemas em relação às marcações, as linhas de referência na chapa não estavam condizentes com as informações no desenho do processo de conformação, acarretando no retrabalho de remarcação das linhas para se então iniciar o processo de transformação da forma. O próprio setor de conformação reclamava o alto índice de chapas que tinham que ser retrabalhadas para as remarcações das linhas.

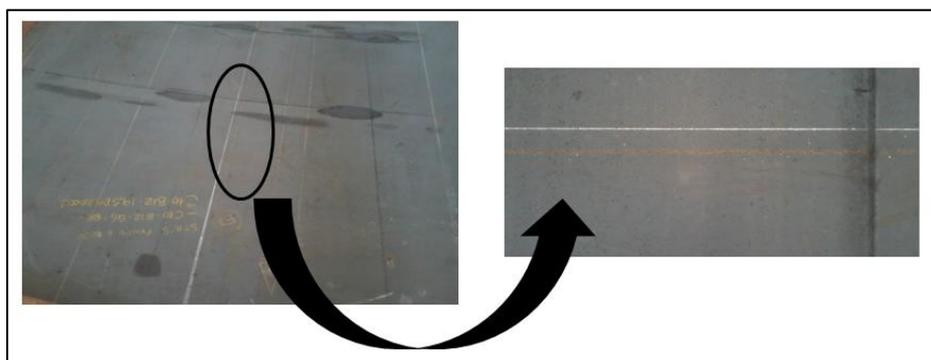


Figura 27 - Remarcação da linha de visada. (Fonte: AUTOR).

- Os perfis ao chegarem ao setor da conformação apresentam deformações tanto na alma como no flange da longarina. Isso pode acarretar em retrabalho para deixar a peça conformada com o dimensional correto.



Figura 28 - Empeno dos elementos estruturais. (Fonte: AUTOR).

Para a seleção do projeto foi utilizado a matriz de priorização. Cada problema foi analisado com uma nota de 1 a 5, em cada uma das características da matriz de priorização, conforme a tabela abaixo. As notas foram dadas em um consenso da equipe.



Figura 29 - Matriz de Priorização. (Fonte: AUTOR).

Conforme a matriz de priorização os problemas da marcação, estoque excessivo e remarcação das linhas de referências são bastante relevantes para os fatores de avaliação. No entanto, os dois primeiros problemas já estavam sendo resolvidos no início deste projeto. A marcação da contra curva agora é realizada na máquina de marcação e o sistema de produção deixou de ser empurrado e passou a ser puxado, ou seja, só produz o que realmente é

necessário. Então baseado na matriz de priorização e em tais fatores, o problema estudado foi o da remarcação das linhas de referências.

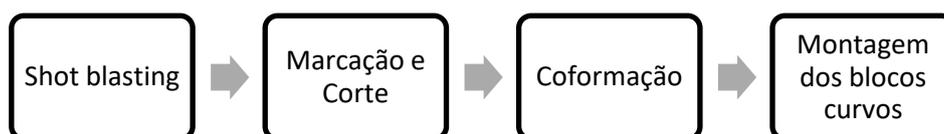
O objetivo do projeto é a redução/eliminação das marcações refeitas pelos operadores do setor de conformação da empresa, com o intuito de se ter um aumento na produtividade em 20%, com redução de mão-de-obra alocada no setor, e um retorno financeiro a empresa de, no mínimo, R\$ 5000,00 por navio construído.

Os indicadores selecionados para visualização e monitoramento do projeto são percentagem de produtos com as marcações deslocadas e o custo do retrabalho para corrigi-los.

6.4. Medir

A segunda fase do projeto iniciou com a elaboração do mapeamento do processo, com intuito de descrever e analisar quais etapas do fluxo produtivo pode interferir ou ocasionar o problema das remarcações das linhas de referência.

O modelo de produção está baseado no sistema puxado, portanto, quando o PCP (planejamento e controle da produção) programa o início da montagem de blocos curvos, conseqüentemente planeja todas as outras atividades anteriores da cadeia produtiva para conseguir anteder ao prazo de início da montagem. As etapas de produção estão descritas abaixo no fluxograma:

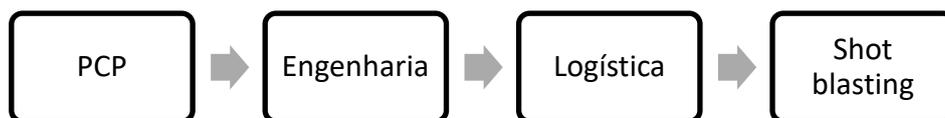


De posse das datas, a Engenharia inicia todo o processo de elaboração e emissão de desenhos, assim como a gestão de material, ou seja, indica para

a logística uma chapa com características descritas no projeto (dimensões, espessura, grau), para o atendimento ao bloco planejado pelo PCP. A Engenharia elabora o plano de corte e os “caminhos” de marcação e corte (programação de como a máquina deve marcar e cortar). Também é responsável pelo o desenho construtivo da conformação das chapas, cujo indica as cotas dimensionais, e qual a curvatura desejada.

Um ponto fundamental é que os gabaritos que, servem como ferramentas de inspeção do processo de conformação da chapa, se aplicam apenas a certa configuração da chapa, ou seja, quando a Engenharia altera as configurações geométricas de uma chapa, todas as linhas de referências têm suas posições deslocadas, conseqüentemente, novos gabaritos deverão ser fabricados.

Após a indicação, por parte da Engenharia, de qual chapa deve ser buscada no estoque, a logística é responsável pelo transporte do produto até a shot blasting. Neste processo são removidas da chapa todas as impurezas, óleos e graxas através do processo de lavagem (aplicação de água e detergente) e jateamento com granalha. Após, a chapa é encaminhada para a cabine de pintura onde recebe o primer. A seguir é ilustrado o fluxo do material e informações entre os setores.



Após o tratamento superficial, a chapa, sofre uma inspeção de qualidade para certificação de que a espessura está condizente com a especificação do projeto. O produto, sendo aprovado, é transportado para a máquina de marcação.

Na máquina de marcação são marcadas todas as linhas estruturais, e textos que identificam a hierarquia da peça e qual o andamento delas (fluxo de

material). No caso das chapas da conformação, as linhas estruturais são compostas pelas linhas referências, linhas de calor e as posições das cavernas para facilitar a montagem dos blocos. Depois a chapa é movimentada para a bancada de corte onde é realizado o processamento do produto na configuração descrita no plano de corte. Antes de realizar tanto processo de marcação como o de corte, têm-se a operação de SETUP da máquina, na qual são realizados o alinhamento e a referência entre a chapa e o cabeçote.

Por fim, a chapa passa pelo processo de conformação, no qual são checadas todas as linhas referências marcadas (baseado no desenho construtivo de conformação da chapa), utilizando como instrumento de medição a trena. Após a certificação é encaminhada para a calandra, transformando a parte plana do produto em uma curvatura conforme a especificações do projeto, para esta atividade são necessárias duas pessoas, uma para a manipulação da máquina (calandra) e outra para a certificação do processo. Se necessário à chapa passa por um processo de tratamento térmico para acabamento final da forma.

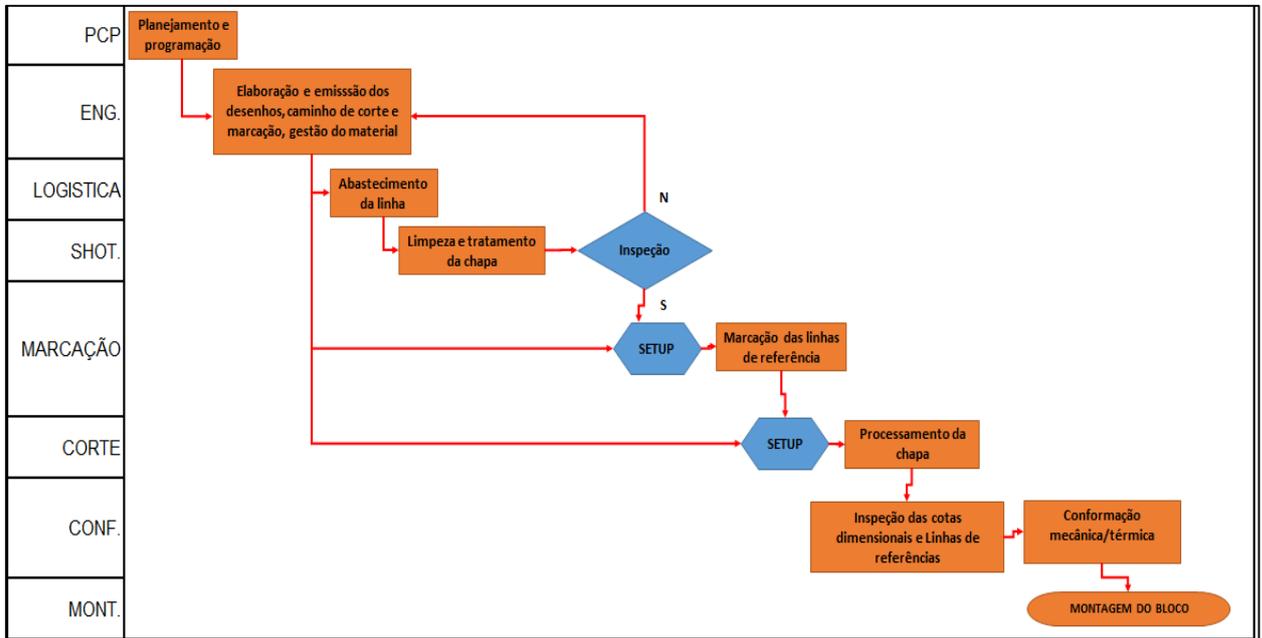


Figura 30 - Mapeamento do Processo. (Fonte: AUTOR).

Descritas todas as etapas que compõe o processo, foi elaborado o plano de coleta de dados, no qual os indicadores definidos na fase anterior, serão analisados. No plano de coleta de dados, é definido o que medir, como medir,

quem será responsável e a quantidade de amostras. Ao todo foram 30 amostras medidas, que demonstravam o tempo de retrabalho para remarcar as linhas referência e as distâncias entre as linhas marcadas na máquina e as remarcadas pelo o operador. Para a constatação do tempo foi utilizado o cronometro, tendo como responsável a Engenharia de manufatura, já para a medição entre as distâncias das linhas foi utilizado uma paquímetro, tendo como responsável a Produção.

<i>Defina o que medir</i>			<i>Defina como medir</i>		
Medida	Tipo de Medida	Definição Operacional	Medida ou metodo de teste	Identificadores para estratificar a amostra	Metodo de coleta de dados
Posicionamento das linhas de referências	Produto inicial-antes da conformação	Distância entre linhas de referências	Paquímetro	Rastreabilidade do processo de corte/marcação;	Inspeção em 100% a partir de ferramenta métrica(paquímetro), armazenando em planilha e compilando em programa específico (excel)
Tempo de retrabalho	Produto inicial-antes da conformação	Distância entre linhas de referências	Cronometro	Rastreabilidade do processo de corte/marcação;	Inspeção em 100% a partir de ferramenta de tempo (cronometro) armazenando em planilha e compilando em programa específico (excel)

Medida	<i>Quem ?</i>	<i>Plano de amostragem</i>				
	Pessoas Designadas	O que	Como	Onde	Quando	Quantos
Posicionamento das linhas de referências	Produção	Chapas a ser conformadas	Amostragem de 100 %	Início da linha de produção	Cada chapa	30
Tempo de retrabalho	Eng.Produção	Chapas a ser conformadas	Amostragem de 100 %	Início da linha de produção	Cada chapa	30

Figura 31 - Plano de coleta de dados. (Fonte: AUTOR).

A Figura a seguir demonstra como o desvio foi medido. A borda de cor preta simboliza a geometria da chapa, a linha de cor azul simboliza a linha de referência marcada na máquina de marcação, a linha de cor vermelha ilustra a nova linha de referência, o símbolo x significa a medida, em mm, entre as linhas de referências.

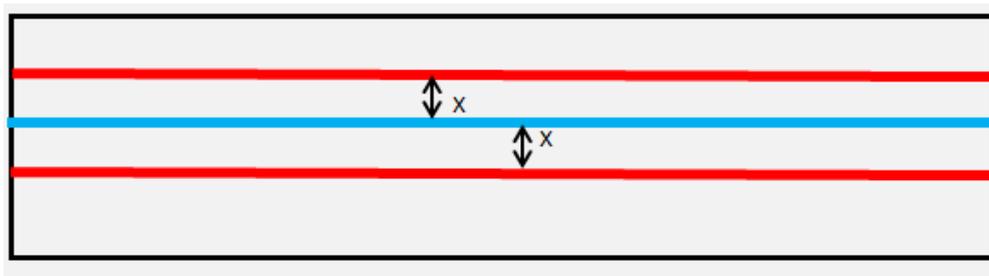


Figura 32-Illustração do modo coleta de medidas. (Fonte: AUTOR).

Os dados coletados se encontram no Anexo 01. O gráfico abaixo ilustra a distribuição das diferenças entre as linhas de referências marcadas na máquina e as remarcações pelos operadores. Os limites superiores e inferiores, para a aprovação das peças, são baseados em referências de outros estaleiros, que é mais ou menos, 2 mm. O valor que se busca é zero, representando a redução/eliminação do retrabalho. Os valores encontrados mostram a alta variabilidade. Do conjunto de 30 amostras, 20 estão fora da tolerância estabelecida, portanto, 67% de rejeição do produto. Os valores encontrados mostram que a chapas pertencentes à mesma região do navio, apresentam o mesmo valor de desvio entre as linhas de referências.

DESVIOS (mm)	Quantidades
0	10
5	7
10	2
20	7
40	4

Figura 33- Desvios Encontrados. (Fonte: AUTOR).

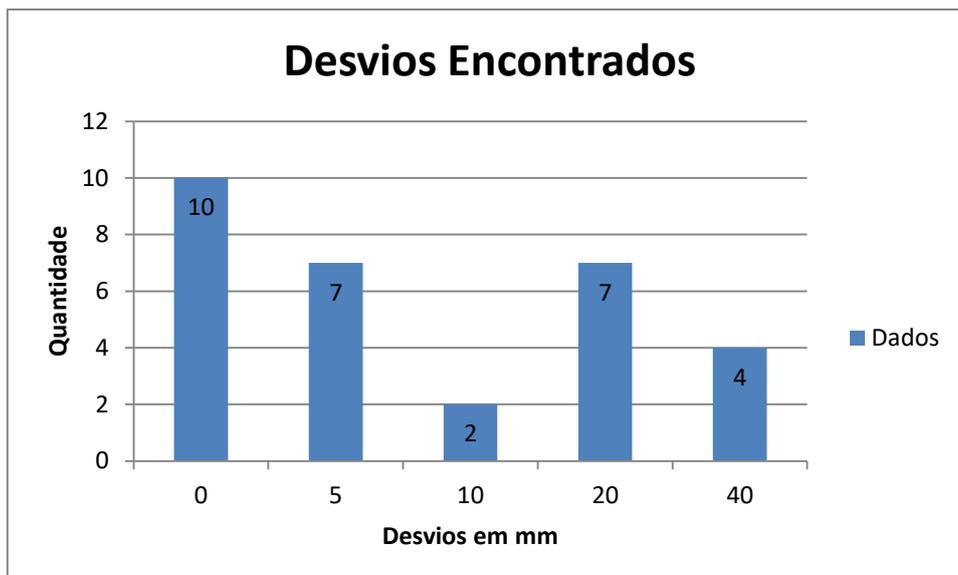


Gráfico 1- Desvios encontrados entre as linhas de referências. (Fonte: AUTOR).

Na média, o tempo de retrabalho tem uma duração de 13 min (dados no Anexo 01). Fazendo algumas ponderações como, estimativa do custo da mão de obra, recursos utilizados, tempo de desperdício é possível estimar o custo do retrabalho. Para a realização deste cálculo foi considerado o custo do retrabalho na conformação.

- Custo na conformação:

Segundo o Planejamento (PCP), o custo da mão de obra direta é aproximadamente 34,6 reais/hora. A quantidade de pessoas envolvidas para a realização da atividade é de duas. E o tempo do retrabalho por chapa é 13 min.

Custos	\$	Unidade	Tempo de retrabalho	Recurso	Custo
Custo da mão de obra direta	34,6	hora	13	2	15,0

$$\text{CUSTO DE RETRABALHO (C1)} = 34,6 \text{ reais} * \frac{13\text{min/chapa}}{60(\text{min})} * 2 =$$

15 reais/chapa.

Para enumerar e descrever possíveis hipóteses foram realizadas várias atividades de brainstorming, e após esta análise, algumas dúvidas ficaram sem respostas, e serão respondidas no próximo tópico, são:

- A máquina de marcação está calibrada?

-O alinhamento e referenciamento entre a máquina e a chapa estão corretos?

- Os operadores da conformação estão sabendo interpretar os desenhos construtivos?

- O instrumento de medição que utilizam está adequado?

- Existe divergência entre as informações do desenho do plano de corte e conformação?

-O processo, de fabricação e de desenvolvimento dos desenhos, está bem definido?

6.5. Analisar

Na fase anterior foi constatada a alta variabilidade no processo, com alto índice de reprovação peças, também foi demonstrado o custo (por chapa) alocado ao retrabalho para corrigir as linhas de referências. Tais evidências mostraram que a produtividade para o desenvolvimento de novos projetos será afetada caso este problema não reduzido/eliminado.

No final do tópico anterior foram relatadas perguntas que poderiam estar associadas à causa raiz do problema, então se utilizou o diagrama de Ishikawa para descrição das possíveis causas, e o “5 por quês” para a detecção e determinação da causa raiz.

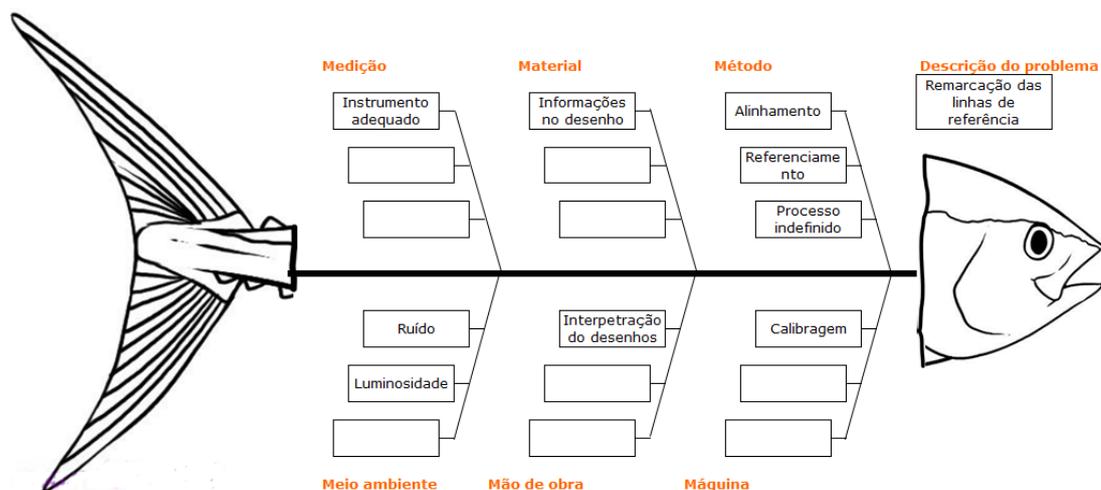


Figura 34 - Descrição das possíveis causas. (Fonte: AUTOR).

Nas reuniões de brainstorming, para cada pergunta descrita, foram levantados pontos que auxiliaram para a detecção das possíveis causas, e estes estão listadas abaixo:

- Todas as máquinas de marcações passam por um teste de qualidade para a verificação da calibração dela, antes do início de cada turno. Caso haja alguma divergência a manutenção é acionada.
- O alinhamento e referenciamento entre a máquina e a chapa são de forma automática.
- Os colaboradores do setor receberam treinamento para a interpretação dos desenhos, e em casos de dúvidas, a Engenharia deve ser acionada.
- Todos os instrumentos de medição utilizados têm um selo da Qualidade (setor da empresa), certificando a utilização do instrumento.
- As informações dos desenhos do plano de corte e de conformação apresentavam divergência no espaçamento e localização (configurações) das linhas de referência.
- Foram diagnosticadas várias mudanças na estratégia construtiva. Tais mudanças interferiam na geometria das chapas que seriam conformadas. Como já dito, os gabaritos servem apenas para certa configuração da chapa, ou seja, para certa característica de linhas de referência.

De posse das informações foi utilizada a ferramenta 5 por quês para a determinação da causa raiz, a aplicação da ferramenta está descrita abaixo:

1. Por que

Por que está havendo remarcações das linhas de referências?

- Divergência nas informações entre os desenhos de plano de corte e conformação.

2. Por que

Por que há divergências entre os desenhos?

- A cada atualização no desenho do processamento de corte das chapas, as linhas de referência apresentam uma nova configuração, já o desenho de conformação não sofreu nenhuma atualização.

3. Por que

Por que o desenho do corte sofre alterações e o da conformação não?

- Havia várias mudanças na estratégia construtiva, em uma delas, as geometrias das chapas eram alteradas, e por sua vez, as configurações das linhas de referências também sofriam alterações. O desenho de conformação não sofria atualização, porque os gabaritos utilizados se aplicam apenas a certa configuração de linhas de referências (localização e espaçamento entre elas). Portanto, quando havia uma alteração na geometria da chapa, tinham-se duas opções, ou se fabricavam novos gabaritos para esta nova configuração de linhas de referências, ou se remarjavam todas as linhas de referências para a aplicação dos gabaritos já existentes.

4. Por que

- Por que havia mudanças na estratégia construtiva?

- A mudança na estratégia construtiva se devia por não ser ter um desenho do processo definido.

5. Por que

- Por que o desenho do processo não estava definido?

- Por ser uma empresa considerada “nova”, ainda está em processo de elaboração e definição dos seus processos.

Após a determinação da causa raiz (desenho do processo não definido) foram buscadas as possíveis soluções. Foram feitas atividades de benchmarking (investigação das melhores práticas), através de pesquisa de como funciona processo de estaleiros mundiais que já tem os seus processos

construtivos definidos. A equipe do projeto recebeu uma visita de um técnico da Samsung (estaleiro mundial com processo definido), onde foram feitas as seguintes perguntas, com as respectivas respostas:

- A Samsung também tem o retrabalho de remarcar as linhas de referências?
-Não, a Samsung confia nas linhas de referência feitas na máquina de marcação.
- Mas, se houvesse divergência entre as informações dos desenhos de conformação e plano de corte?
- Se houver alguma divergência, utilizar o desenho de bloco para sanar qualquer dúvida, mas insistiram em dizer que confiam nas linhas de referências marcadas.

Como o projeto Aframax foi comprado a Samsung, a Empresa de construção naval adotou a estratégia de seguir o modelo de processo semelhante ao utilizado na Samsung, para o desenvolvimento do primeiro casco. Portanto, no processo de conformação, os colaboradores iriam confiar e distribuir os gabaritos nas linhas de referências marcadas no processo anterior.

Como forma de auditoria, a equipe selecionou algumas chapas e verificou se os espaçamentos e localização das linhas de referências estavam condizentes com as informações descritas no desenho, o resultado será mostrado no tópico posterior.

6.6. Implementar

Diferentemente de outros ramos industriais que realizam testes para definição de estratégias construtivas, a construção de navios apresenta algumas peculiaridades, os testes para a validação de métodos construtivos geralmente acontecem no desenvolvimento da construção de um casco para um cliente.

Antes do primeiro contato com o novo método construtivo, os colaboradores foram reunidos em uma sala, posteriormente instruídos e

treinados para confiarem nas linhas de referências marcadas na máquina de marcação.

Para a validação do teste, a equipe acompanhou o fluxo da chapa curva, de um determinado bloco, desde a entrada até a entrega ao cliente (blocos curvos). Quando a chapa foi entregue ao cliente e disposta sobre a base de JIG, foi diagnosticado que a chapa não se assentava completamente na base, ou seja, existia um gap entre os pontaletes e a superfície da chapa. Dessa forma, a equipe realizou uma investigação com finalidade de descobrir a causa raiz do problema. Após uma análise criteriosa, a equipe diagnosticou que o problema não estava nas linhas de referências e sim que a conformação térmica da chapa não havia sido finalizada, pois no processo de inspeção de qualidade, no próprio setor de conformação, existia um gap entre o gabarito e a chapa, espaçamento este igual à divergência entre a chapa e os pontaletes da base de JIG.

Apesar do problema enfrentado durante o teste de validação, ficou evidenciado que o novo método construtivo é válido, pois a distribuição dos gabaritos em suas respectivas posições baseados nas linhas de referência, estava conforme a descrição do projeto.

Todas as etapas que compõem o processo, descritas na fase Medir do projeto (ver Figura 30) foram mantidas, exceto que, a partir do novo método construtivo a chapa não passará por um processo de inspeção para certificar se as linhas de referências estão conforme o projeto, ou seja, os operadores da conformação devem confiar e distribuir os gabaritos nas linhas marcadas na máquina de marcação.

Baseado no novo modelo, foi realizada uma nova coleta de dados de acordo com o plano de coleta de dados descrito na fase Medir (ver Figura 31). A Figura a seguir demonstra como o desvio foi medido. A borda de cor preta simboliza a geometria da chapa, a linha de cor azul simboliza a linha de referência marcada na máquina de marcação, o símbolo x significa a medida, em mm, entre as linhas de referências e borda da chapa. A nova coleta de dados buscou evidenciar que as marcações realizadas na máquina de

marcação estavam conforme a descrição do projeto. Como já foi citado, a tolerância é demais ou menos 2 mm.



Figura 35- Ilustração do novo modo coleta de medidas. (Fonte: AUTOR).

Os dados coletados se encontram no Anexo 02. O gráfico abaixo ilustra a distribuição das diferenças entre as cotas (Projeto x Real) das linhas de referências marcadas na máquina de marcação. Do conjunto de 30 amostras, 3 estão fora da tolerância estabelecida, portanto, 10% de rejeição do produto. A média dos valores encontrados é 0,67mm e um desvio padrão 1,72 mm.

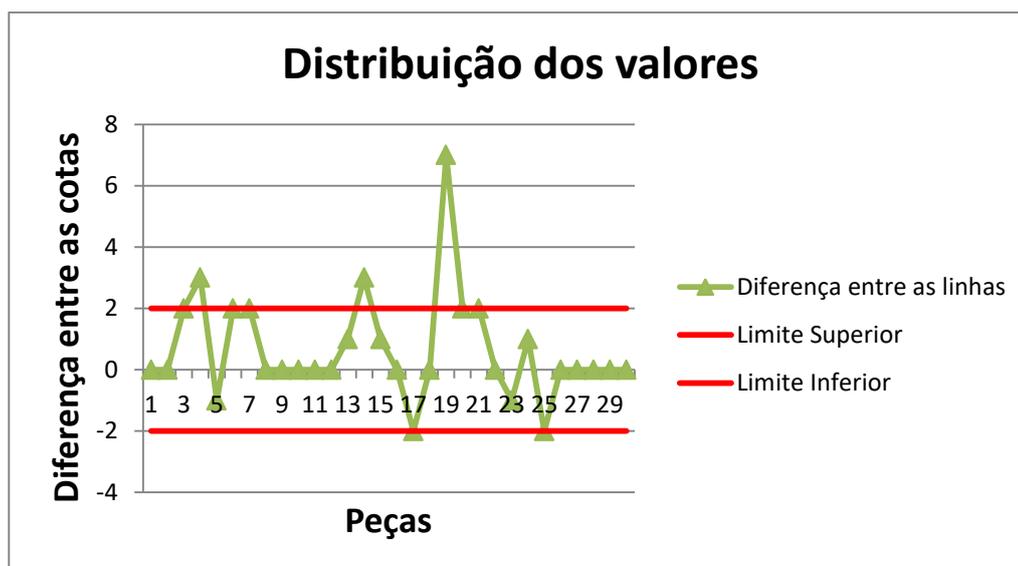


Gráfico 2-Distribuição dos valores após a aplicação do novo método. (Fonte: AUTOR).

O gráfico a seguir mostra o comparativo entre o modelo antes da aplicação do projeto e após a aplicação do projeto.

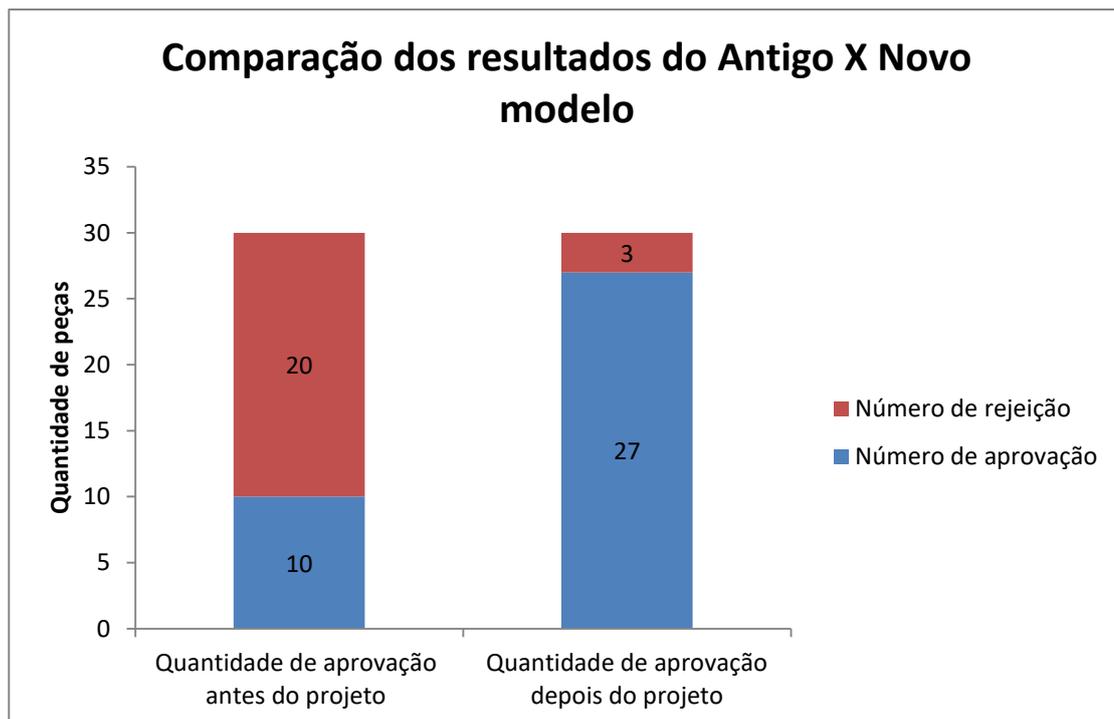


Gráfico 3- Comparação dos resultados Antes X Depois. (Fonte: AUTOR).

6.7. Controlar

Na última fase do projeto, a equipe se concentrou em elaborar um plano de controle, para que os ganhos obtidos no projeto sejam garantidos continuamente. O plano de controle foi elaborado de forma extremamente minuciosa e ampla, envolvendo todas as atividades e todos os responsáveis por estas para garantir que tudo fosse devidamente controlado. O objetivo é controlar tanto o produto como os processos, assim como quais ações tomadas quando surgir um problema. Todas as pessoas envolvidas, com plano de controle, foram devidamente treinadas.

- No início de cada turno deve ser feito um teste em que certifica que as marcações e corte, em uma peça, estão de acordo com o desenho emitido pela a engenharia. A tolerância para a aprovação do teste é de mais ou menos 2 mm. Caso o teste esteja fora da tolerância, a manutenção e a engenharia de produção devem ser acionadas para a solução do problema.

- Em uma chapa por semana o setor de conformação deve verificar se os espaçamentos entre as linhas de referências estão de acordo com os parâmetros descritos no desenho.

Informações do processo			Especificação do processo			Sistema de medida	Quem	Onde	Quando	Plano de contingência
Passo do processo	Entrada	Saida	Limite Superior	Limite Inferior	Objetivo					
Marcação e corte de uma peça de gabarito	Gabaritos e caminho de marcação e corte	Peça marcada e cortada	+2 mm	-2 mm	0mm	Trena, paquímetro	Operador de máquina	Máquina de marcação e corte	Início de cada turno	Caso as marcações corte estejam fora da tolerância informar a eng. Produção (irá analisar a causa raiz do problema) para que uma ação seja tomada.
Inspeção nas linhas de referências na conformação	Chapa marcada e cortada	Chapa inspecionada	+2 mm	-2 mm	0mm	Trena, paquímetro	Operador da conformação	Conformação	Uma chapa por semana	Caso as marcações da chapa estejam fora da tolerância informar a eng. Produção (irá analisar a causa raiz do problema) para que uma ação seja tomada.

Figura 36 - Plano de controle. (Fonte: AUTOR).

A SHI apresenta um processo bem mais controlado quando comparado ao da Empresa de construção naval. Devido a sua experiência e controle no seu processo, a Samsung, confia em suas linhas de marcações para todos os processos vindouros após o processo de marcação. Um dos riscos deste novo método de trabalho, é que o erro só será detectado quando o cliente, oficina de blocos curvos, iniciar a montagem do bloco curvo e verificar que as chapas conformadas não atendem às especificações do projeto, por não “encostarem, assentarem” na base de JIG.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento do projeto de um navio do tipo Aframax existem cerca de 650 chapas que precisaram passar pelo o processo de conformação para a alteração da forma geométrica. Antes da implementação do projeto, tinha-se uma rejeição de 67% dos produtos, ou seja, realizando uma ponderação, aproximadamente, em 434 chapas tinha-se o retrabalho de remarcar as linhas de referências, baseado no custo unitário (15/chapa) do retrabalho demonstrado na fase Medir do Oprojeto, o custo total do retrabalho era de R\$6.510,00.

Após a implementação da solução na causa raiz, a rejeição do produto caiu para 10%, que corresponde, aproximadamente, a 65 chapas. O custo do retrabalho, então, passou a ser R\$ 975,00. A redução do custo após a implementação do projeto foi de R\$5.535,00, atendendo, portanto um dos objetivos do projeto.

Os 10% de reprovação que corresponde ao custo de R\$ 975,00 pode ser tema de outro projeto, já que a causa da reprovação não está associada a tema deste trabalho.

Como havia um tempo restrito para realizar o retrabalho, a produtividade do setor ficava comprometida, conseqüentemente tendo que trabalhar em dois turnos para atender a necessidade do cliente. Antes do projeto eram 10 colaboradores que trabalhavam no setor, após a implementação da melhoria, o número de colaboradores passou a ser 8. Como a demanda é a mesma para setor, o objetivo de se ter um aumento de 20% na produtividade do setor foi alcançado.

O plano do projeto, em termos de planejamento, teve um atraso de um mês, tanto a etapa medir como a implementar foram afetadas devido abaixa demanda no setor, por ser a época de transição de um projeto (Suezmax) para o desenvolvimento de um novo (Aframax). Devido a este atraso, não foi realizado o cálculo do processo, para certificar se o mesmo está controlado.

ETAPAS	PLAN/REAL	1º mês	2º mês	3º mês	4º mês	5º mês	6º mês	7º mês	8º mês	9º mês	10º mês	11º mês
DEFINIR	Plan	█										
	Real	█										
MEDIR	Plan		█	█								
	Real		█	█	█							
ANALISAR	Plan				█	█	█	█				
	Real				█	█	█	█				
IMPLEMENTAR	Plan								█	█		
	Real								█	█	█	
CONTROLAR	Plan										█	
	Real										█	█

Figura 37 - Plano do projeto. (Fonte: AUTOR).

A implementação do projeto de Seis Sigma no setor de conformação em uma empresa de construção naval foi satisfatória, atendendo as metas estabelecidas no início do trabalho. Outro trabalho que poderá ser desenvolvido é o controle das marcações nas máquinas de marcação, com objetivo de diminuir a variabilidade entre as cotas medidas e as cotas do projeto.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AURUS CONSULTORIA. **Metodologia lean six sigma**. Recife, 2016. (Apostila).

BRESCIANI, L. P. **Tecnologia, organização do trabalho e ação sindical: da resistência à contratação**. São Paulo: USP, 1991.

CANDELORO, Raúl. **Matriz de Priorização**. 2008. <http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/matriz-epriorizacao/25080/>. Acesso em: 15/012017.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. **Gestão de projetos através do dmaic: um estudo de caso na indústria automotiva**. Revista Produção Online, v.11, n.1, p. 210-239, mar., 2011.

ENSAIO DE TRAÇÃO. Disponível em: < <http://www.infoescola.com/fisica/ensaio-de-tracao/>>. Acesso em: 15 JAN. 2017.

FIGUEIREDO, T. G. **Metodologia seis sigma como estratégia para redução de custos: Estudo de caso sobre a redução de consumo de óleo sintético na Operação de usinagem**. Juiz de Fora, MG – Brasil. Dezembro de 2006.

FILHO, E. B., et al. **Conformação plástica dos metais**. Campinas, 2011. (Apostila).

GALVIN, R. W. **The welcome heresies of quality**. www.asq.org. Maio de 2002. Acesso em: 15/01/2017.

HARRY, M. J. **Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability**. Quality Progress, p. 60-65, Mai 1998.

HARRY, M., **The Vision of Six Sigma: A Roadmap for Breakthrough**. Quinta Edição. Sigma Consultants, LLC. Phoenix, 1997.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota: Manual de Aplicação**. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2007.

Maior navio cargueiro do mundo - Maersk Triple. **SONAVE**, 3 ago. 2015. Disponível em: < <http://www.sonave.com.br/noticias/3017/maior-navio-cargueiro-do-mundo-maersk-triple-e/>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

MANAGEMENT, H. S. M. **Seis Sigma: Memórias do pioneiro**. www.minitabbrasil.com.br, (consulta: julho/2017).

MELO, S. **Tipos de navios**. Introdução à Engenharia Naval. Curso de Engenharia Naval, 1º semestre de 2012. Notas de aula.

PARUTY, F. **Petroleiro Sérgio Buarque está pronto para navegar.** www.colunas.revistaepoca.globo.com/felipepatury/2012/06/22/petroleiro-sergio-buarque-esta-pronto-para-navegar/. Junho de 2012. Acesso em: 08/02/2017.

PEREIRA, E. F. **Estudo da conformação de chapas navais por linhas de calor utilizando a teoria simplificada termo-elástico-plástica.** 2012. 94 f. (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Dissertação submetida à Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

PINTO, M. M. O. **Desenvolvimento e aplicação de método para definição da estrutura de produto de um navio tanque (SUEZMAX) com aplicação de Planejamento, Programação e Controle da Produção num estaleiro.** São Paulo – SP, 2007.

Regulamento Geral das Capitânicas. Decreto-Lei n.º 265/72, de 31 de Julho. Aprovado por Decreto de 1 de Dezembro de 1892.

SLACK, et al. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ANEXO 01

Peças	Blocos	Tempo de remarcação	Desvios
Peça 1	B21	13 min	20 mm
Peça 2	B21	13 min	20 mm
Peça 3	B21	12 min	20 mm
Peça 4	B21	9 min	20 mm
Peça 5	B21	15 min	20 mm
Peça 6	B21	10 min	20 mm
Peça 7	B21	16 min	20 mm
Peça 8	F11	8 min	40 mm
Peça 9	F11	9 min	40 mm
Peça 10	F11	14 min	40 mm
Peça 11	F11	11 min	40 mm
Peça 12	S22	11 min	10 mm
Peça 13	S22	15 min	10 mm
Peça 14	B12	16 min	5 mm
Peça 15	B12	20 min	5 mm
Peça 16	B12	9 min	5 mm
Peça 17	B12	10 min	5 mm
Peça 18	B12	11 min	5 mm
Peça 19	B12	12 min	5 mm
Peça 20	B12	13 min	5 mm
Peça 21	S12	0	0
Peça 22	S12	0	0
Peça 23	S12	0	0
Peça 24	S12	0	0
Peça 25	S12	0	0
Peça 26	S12	0	0
Peça 27	A11	0	0
Peça 28	A11	0	0
Peça 29	A11	0	0
Peça 30	A11	0	0

Tabela 4- Conjunto de dados.

ANEXO 02

Peças	Cotas Projeto	Cotas medida	Diff
Peça 1	1263	1263	0
Peça 2	1223	1223	0
Peça 3	1231	1229	2
Peça 4	1261	1258	3
Peça 5	1564	1565	-1
Peça 6	1641	1639	2
Peça 7	1652	1650	2
Peça 8	1547	1547	0
Peça 9	1715	1715	0
Peça 10	1720	1720	0
Peça 11	1704	1704	0
Peça 12	1707	1707	0
Peça 13	1641	1640	1
Peça 14	1640	1637	3
Peça 15	1640	1639	1
Peça 16	1640	1640	0
Peça 17	476	478	-2
Peça 18	457	457	0
Peça 19	1007	1000	7
Peça 20	973	971	2
Peça 21	1335	1333	2
Peça 22	1340	1340	0
Peça 23	1473	1474	-1
Peça 24	1480	1479	1
Peça 25	1405	1407	-2
Peça 26	1011	1011	0
Peça 27	1250	1250	0
Peça 28	1255	1255	0
Peça 29	1250	1250	0
Peça 30	1255	1255	0

Tabela 5- Novo conjunto de dados.