

**AMARILDO SILVA DOS SANTOS**

**Redução do tempo de ciclo de processo, utilizando o método seis sigma**

São Paulo

2014

**AMARILDO SILVA DOS SANTOS**

**Redução do tempo de ciclo de processo, utilizando o método seis sigma**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Especialista em  
Gestão e Engenharia da Qualidade.

Orientador: Prof. Dr.  
Adherbal Caminada Netto

São Paulo  
2014

**AMARILDO SILVA DOS SANTOS**

**Redução do tempo de ciclo de processo, utilizando o método seis sigma**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Especialista em  
Gestão e Engenharia da Qualidade

Orientador: Prof. Dr.  
Adherbal Caminada Netto

São Paulo

2014

Dedico este trabalho a minha querida esposa e ao meu filho, que me apoiaram nesta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a meu Deus Jeová, por me dar forças, saúde e alegria, mesmo em um mundo rodeado de amargura, violência e tristeza.

Agradeço aos meus pais que com tantas dificuldades me educaram e fizeram com que eu me torno-se a pessoa que sou.

Agradeço a minha querida esposa e ao meu filho que nas horas boas e nas horas ruins da minha vida sempre me apoiaram, mesmo que sem palavras.

O único lugar aonde o sucesso vem  
antes do trabalho é no dicionário.  
Albert Einstein

## **RESUMO**

Este trabalho deseja apresentar o resultado da aplicação do método Seis Sigma DMAIC em um processo produtivo, objetivando a redução do tempo do ciclo do mesmo. Para a realização deste trabalho, foi estudado o tempo do ciclo de análise da documentação técnica gerada durante o processo de fabricação dos equipamentos *offshore* (cabeça de poço e ferramentas de instalação) pelo fabricante Oil & Gas. Durante dois trimestres, constatou-se uma variação de 10 a 50 dias (dados brutos) entre enviar toda a documentação para o Cliente analisar e receber a aprovação final do mesmo, com a devida emissão do Certificado de Liberação de Material, para embarque e transporte. Este processo tem impacto direto na data de entrega contratual final dos equipamentos, bem como nas metas financeiras da Oil & Gas.

Palavras-Chave: DMAIC. Seis Sigma. Processo.

## ABSTRACT

This paper wants to present the result of applying the Six Sigma DMAIC method in a production process, aiming at reduction of cycle time. For this work, has been studied cycle time analysis of technical documentation generated during the manufacturing process of *offshore* equipment (wellhead and installation tools) by the manufacturer Oil & Gas. For two quarters, had a variation of 10 to 50 days (gross data) between sending all documentation to the client analyzing and receive the final approval of the same, with the issuance of the Certificate of Release material for shipment and transportation. This process has a direct impact on the final contractual delivery of equipment as well as the financial goals of Oil & Gas.

Keywords: DMAIC. Six Sigma. Process.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Seis Sigma - Defeitos por milhões de oportunidades. ....	7
Figura 2	Resumo das origens do Seis Sigma. ....	10
Figura 3	COPQ versus Sigma Level. ....	11
Figura 4	Tradução do nível da qualidade para a linguagem. ....	12
Figura 5	Lean Seis Sigma - Solução híbrida. ....	13
Figura 6	O ciclo de melhoria Contínua. ....	15
Figura 7	Método DMAIC e o Ciclo PDCA. ....	16
Figura 8	Histograma - Tempo do ciclo de análise. ....	17
Figura 9	Planta Oil & Gas em Jandira-SP. ....	18
Figura 10	Ilustração da Unidade de Negócios - Oil & Gas. ....	19
Figura 11	Árvore de Natal Molhada (ANM). ....	20
Figura 12	Especificação Normativa - Equipamento. ....	20
Figura 13	Plano de Fabricação e Inspeção. ....	22
Figura 14	Sistemas de cabeça de poço. ....	23
Figura 15	Ilustração do equipamento CH (sem escala) ....	24
Figura 16	Ilustração do equipamento HPH (sem escala) ....	25
Figura 17	Ilustração do equipamento LPH (sem escala) ....	26
Figura 18	Ilustração da montagem da BAP e ANM no sistema. ....	27
Figura 19	Fluxo de Produção - Sistemas de Cabeção de Poço. ....	28
Figura 20	SIPOC. ....	29
Figura 21	Voz do Cliente. ....	30
Figura 22	Histograma - Tempo do ciclo de análise. ....	32
Figura 23	Desdobramento na Organização. ....	35
Figura 24	Impacto nos negócios. ....	36
Figura 25	Arvore de decisão. ....	36
Figura 26	Equipe do Projeto. ....	37
Figura 27	Etapas do Projeto. ....	38
Figura 28	Matriz Ameaças / Oportunidade. ....	39

Figura 29	Análise TPC. ....	40
Figura 30	Análise das partes interessadas. ....	42
Figura 31	Características CTQ ou "Y" do projeto. ....	43
Figura 32	CTQ Performance padrão. ....	44
Figura 33	Eficácia R&R. ....	46
Figura 34	Teste de Normalidade. ....	47
Figura 35	Resumo dos indicadores estatísticos. ....	48
Figura 36	Resultado do Teste de Normalidade. ....	49
Figura 37	DPMO inicial. ....	50
Figura 38	Z inicial. ....	51
Figura 39	Objetivos do Projeto. ....	52
Figura 40	Apollo root cause analysis. ....	53
Figura 41	Análise Causa-Efeito. ....	54
Figura 42	Caracterização do(s) X's. ....	55
Figura 43	Otimizando fluxo do processo. ....	56
Figura 44	Fluxograma do sistema PAD. ....	57
Figura 45	Fluxograma - Procedimento de análise. ....	58
Figura 46	Tolerâncias operacionais X's. ....	59
Figura 47	Teste de normalidade novo processo. ....	60
Figura 48	DPMO final. ....	61
Figura 49	Z final. ....	62
Figura 50	Teste de Hipótese. ....	63
Figura 51	Novo controle do processo. ....	64
Figura 52	Comparando objetivo com os resultados. ....	65
Figura 53	Resumo do retorno financeiro. ....	66
Gráfico 1	Defeitos encontrados durante a análise. ....	33
Gráfico 2	Defeitos encontrados durante a análise. ....	34
Tabela 1	Método Seis Sigma - DMAIC. ....	13
Tabela 2	Análise da VOC. ....	31

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS**

<b>ANM</b>	Árvore de Natal Molhada
<b>API</b>	American Petroleum Institute
<b>ASME</b>	American Society of Mechanical Engineers
<b>ASTM</b>	American Society for Testing Materials
<b>BAP</b>	Base Adaptadora de Produção
<b>BB</b>	Black Belt
<b>BGP</b>	Base Guia Permanente
<b>BGT</b>	Base Guia Temporária
<b>CH</b>	Casing Hanger
<b>CLM</b>	Comunicado de Liberação de Material
<b>CTQ</b>	Critical to Quality
<b>DPMO</b>	Defeitos Por Milhão de Oportunidades
<b>GB</b>	Green Belt
<b>HPH</b>	High Pressure Housing
<b>ITO</b>	Inquiry-to-Order Process
<b>LPH</b>	Low Pressure Housing
<b>LSL</b>	Límite Inferior de Especificação
<b>MBB</b>	Master Black Belt
<b>OTD</b>	On Time Delivery
<b>OTR</b>	Order-to-Remittance Process
<b>PFI</b>	Plano de Fabricação e Inspeção
<b>R&amp;R</b>	Reprodutibilidade & Repetibilidade
<b>RAD</b>	Relatório de Análise de Documentação
<b>RCR</b>	Relatório de Controle de Recebimento
<b>RI</b>	Relatório de Inspeção

<b>SWIP</b>	Standard Work-In-Process
<b>USL</b>	Limite Superior de Especificação
<b>VOC</b>	Voz do Cliente
<b>Y</b>	Saída do Processo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO. ....</b>	<b>7</b>
1.1	JUSTIFICATIVA. ....	7
1.2	OBJETIVO. ....	7
1.3	METODOLOGIA. ....	7
1.4	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO. ....	8
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO. ....</b>	<b>9</b>
2.1	MÉTODOS INTUITIVOS. ....	9
2.2	MÉTODO SEIS SIGMA. ....	9
2.3	SEIS SIGMA E O LEAN MANUFACTURING. ....	12
2.4	SEIS SIGMA - DMAIC E O CICLO PDCA. ....	13
<b>2.4.1</b>	<b>Características gerais do método Seis Sigma - DMAIC. ....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Características gerais do método PDCA. ....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Seis Sigma - DMAIC e o Ciclo PDCA. ....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO. ....</b>	<b>17</b>
3.1	PREFÁCIO. ....	17
3.2	OBJETIVO DO TRABALHO. ....	18
3.3	CARACTERIZAÇÕES DA ORGANIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO. ....	18
<b>3.3.1</b>	<b>Características gerais da empresa Oil &amp; Gas. ....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Características da área de documentação <i>offshore</i>. ....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Características dos sistemas de cabeça de poço. ....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Características da fabricação dos sistemas de cabeça de poço. ...</b>	<b>27</b>
3.4	FASE D - DEFINIÇÃO. ....	29
<b>3.4.1</b>	<b>Mapa do processo . ....</b>	<b>29</b>

<b>3.4.2</b>	<b>Identificando o Cliente e o(s) CTQ (s) do projeto.</b>	<b>30</b>
3.4.2.1	Identificando o Cliente.	30
3.4.2.2	Identificando o(s) CTQ (s) do projeto.	30
<b>3.4.3</b>	<b>Contrato do Projeto.</b>	<b>34</b>
3.4.3.1	Definindo o impacto do projeto no negócio e a(s) meta(s).	34
3.4.3.2	Definindo o escopo do projeto.	36
3.4.3.3	Definindo equipe de trabalho.	37
3.4.3.4	Etapas do Projeto.	38
3.4.3.5	Identificando riscos envolvidos e gerenciamento da mudança.	39
3.4.3.6	Identificando os interessados pelo projeto e suas necessidades.	41
<b>3.5</b>	<b>FASE M (MEDIÇÃO).</b>	<b>42</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Identificar as saídas do Processo (Y's).</b>	<b>42</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Identificando os objetivos e padrões de desempenho.</b>	<b>43</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Validando o Sistema de Medição</b>	<b>44</b>
<b>3.6</b>	<b>FASE A (ANÁLISE).</b>	<b>46</b>
<b>3.6.1</b>	<b>Determinando a capacidade do processo</b>	<b>46</b>
3.6.1.1	Teste de Normalidade.	46
3.6.1.2	Processo de Avaliação Comparativa.	49
3.6.1.3	Definindo objetivos de desempenho.	51
3.6.1.4	Identificando fontes de variação X's.	53
<b>3.7</b>	<b>FASE I (MELHORIA).</b>	<b>54</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Triagem das causas potenciais X's.</b>	<b>54</b>

<b>3.7.2</b>	<b>Relação das variáveis X's descoberta, com o processo. ....</b>	<b>54</b>
3.7.2.1	Caracterização do(s) X's. ....	54
3.7.2.2	Otimizando fluxo do processo - $X_1$ .....	56
3.7.2.3	Padronizando o processo - $X_2$ .....	58
3.7.2.4	Estabelecimento de tolerâncias operacionais X's. ....	59
<b>3.8</b>	<b>FASE C (CONTROLE). ....</b>	<b>59</b>
<b>3.8.1</b>	<b>Validando o novo sistema de Medição ....</b>	<b>59</b>
<b>3.8.2</b>	<b>Determinando a capacidade do novo processo ....</b>	<b>59</b>
<b>3.8.3</b>	<b>Confirmando o objetivo de melhoria do "Y" do projeto. ....</b>	<b>63</b>
<b>3.8.4</b>	<b>Implementando o controle de processo. ....</b>	<b>64</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS. ....</b>	<b>65</b>
4.1	COMPARANDO O OBJETIVO DO PROJETO. ....	65
4.2	VALIDAÇÃO E RETORNO FINANCEIRO DO PROJETO. ....	66
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO. ....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERÊNCIAS. ....</b>	<b>68</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O tempo do ciclo de análise da documentação técnica gerada durante o processo de fabricação dos equipamentos *offshore* (sistemas de cabeça de poço e ferramentas de instalação), pela OIL & GAS e pelo Cliente tem impactado negativamente na data de entrega contratual final dos equipamentos.

## 1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo reduzir o tempo de análise da documentação entre a Oil & Gas e o Cliente para os sistemas de cabeça de poço e ferramentas de instalação.

## 1.3 METODOLOGIA

A metodologia que será utilizada será a Seis Sigma - DMAIC, ferramenta que possibilitará a definição do problema de forma objetiva, investigando-se as relações de causa e efeito, analisando-se os dados identificados, as causas-raiz e as oportunidades de melhoria em função do nível sigma, inversamente proporcionais, como mostra a figura 1 que relaciona uma queda significativa das oportunidades de melhoria assim que há um aumento do nível sigma, por exemplo: nível sigma 6 é correspondente a uma oportunidade de melhoria de 3,4 parte por milhão (PPM).

Figura 1 - Seis Sigma - Defeitos por milhões de oportunidade

$\sigma$	PPM
2	308,537
3	66,807
4	6,210
5	233
6	3.4
Nível Sigma	Defeitos por milhão de oportunidade

Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...]



## 1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A estruturação deste trabalho consiste inicialmente em realizar uma revisão literária do tema proposto, buscando fundamentar as argumentações em experimentos, normas internacionais e livros.

Após a revisão da literatura, será descrito, o estudo de caso objeto deste trabalho, aplicando-se passo a passo os conceitos do Método Seis Sigma - DMAIC para atingir o objetivo proposto.

Por fim, o capítulo 4 deste trabalho, apresentará os resultados obtidos, incluindo os financeiros, bem como as melhorias obtidas no decorrer do desenvolvimento e aplicação das técnicas conceituadas do Método Seis Sigma -DMAIC.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO

### 2.1 MÉTODOS INTUITIVOS

Os métodos de resolução de problemas intuitivos como, por exemplo; o *Just do it* são amplamente utilizados para encontrar soluções rápidas para problemas de baixa complexidade dentro de uma organização. Segundo Vianna e Silva (2011) a intuição está vinculada ao grau de crença de um indivíduo, acerca das possibilidades de ocorrência de qualquer fenômeno sobre o qual esteja estudando ou decidindo. Em seu livro “O andar do bêbado” Mlodinow ilustra:

Freqüentemente empregamos processos intuitivos ao fazermos avaliações e escolhas em situações de incerteza. Não há dúvida que tais processos nos deram uma vantagem evolutiva quando tivemos que decidir se um tigre-dentes-de-sabre estava sorrindo por estar gordo e feliz ou porque estava faminto e nos via como sua próxima refeição. Mas o mundo moderno tem um equilíbrio diferente, e hoje tais processos intuitivos têm suas desvantagens. Quando utilizamos nossos modos habituais de pensar ante os tigres de hoje, podemos ser levados a decisões que se afastam do ideal, e que podem até ser incongruentes. (MLODINOW, LEONARD, 2009, p. 12)

Desta forma é possível afirmar que métodos intuitivos podem ser eficazes, porém quando não são aplicados de maneiras generalizadas, pois os problemas podem se repetir, causando um retrabalho e como consequência os prejuízos financeiros para a organização poderá aumentar.

### 2.2 MÉTODO SEIS SIGMA

O método Seis Sigma foi criado em 15 de janeiro de 1987 pela Motorola, em conjunto com empresas técnicas de consultoria e sobre fortes influências das idéias de Deming (1990), que acreditava que a melhora da qualidade teria como resultado custos mais baixos, melhor posição competitiva, aumento na satisfação no trabalho e conseqüentemente aumento nos empregos. Baseando-se nestes conceitos a Motorola lançou um programa de qualidade de longo prazo, chamado “Programa de

Qualidade Seis Sigma". Com os resultados positivos já no ano seguinte (1988) o método Seis Sigma criado pela Motorola foi o responsável pelo sucesso da organização ao ganhar o Prêmio Nacional da Qualidade Malcolm Baldrige. Assim que os resultados do método Seis Sigma tornou-se conhecido no mundo empresarial, outras grandes corporações, conforme ilustrado na figura 2, também o adotou. Em destaque a General Electric (GE) dirigida pelo CEO Jack Welch, que obteve com o método, notáveis resultados financeiros, com ganhos de 1,5 bilhões de dólares em 1999.

O fator predominante para o reconhecimento ao método Seis Sigma, dado pelas empresas, se deu, devido às mesmas desejarem alcançar melhores resultados com uma alta eficiência, o que segundo Deming (1990), seria uma reação em cadeia, uma vez que custos mais baixos, melhoraria a posição competitiva das empresas.

No entanto, apesar do aperfeiçoamento deste conceituado método e utilização pelas empresas como uma ferramenta estratégica de gerenciamento, alguns especialistas acreditavam que era algo passageiro. Porém, segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2001) o Seis Sigma não era apenas um modismo ou simples teoria, mas um sistema flexível, baseado nas melhores práticas e ferramentas já consagradas.

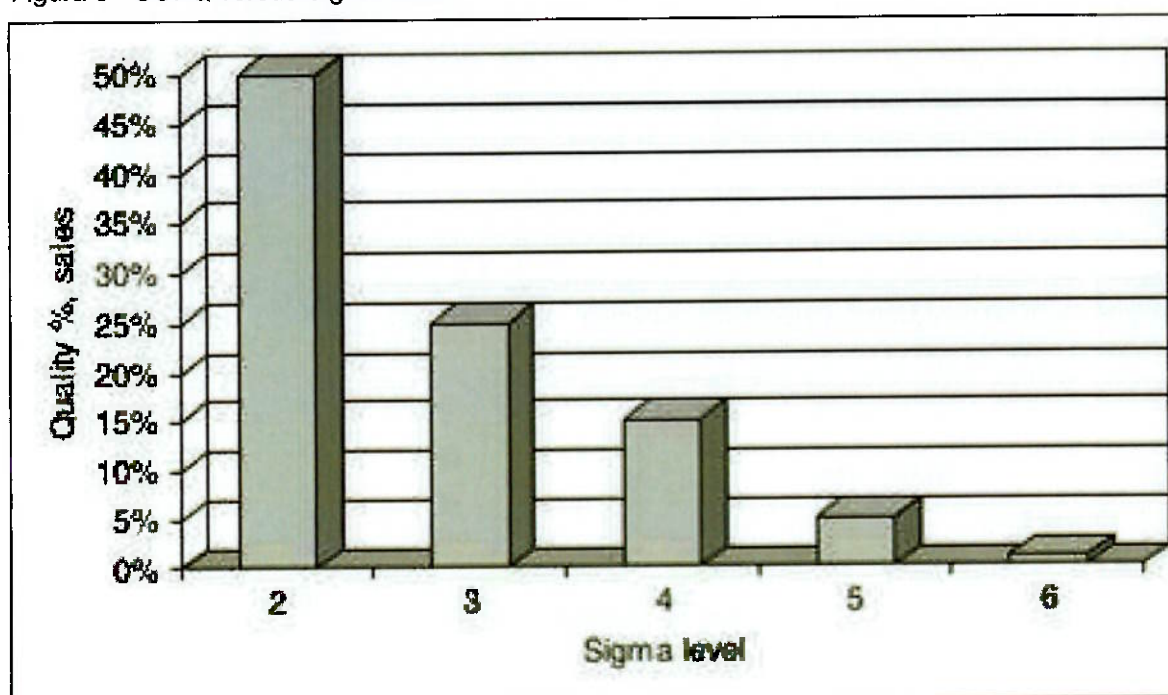
Figura 2 - Resumo das origens do Seis Sigma



Fonte: Werkema (2012)

Segundo Pyzdek e Keller (2010), empresas que não possuem a filosofia Seis Sigma, tem às vezes o custo da má qualidade ou COPQ (cost of poor quality) extremamente altos. Empresas que operam em três ou quatro sigmas tipicamente gastam 25% a 40% das suas receitas na tentativa de solucionar os problemas com a má qualidade, já aquelas que operam com a filosofia Seis Sigma gastam menos que 5%. Assim sendo, como mostra a figura 3, o COPQ são menores quando se aumenta o nível sigma da organização ou processo.

Figura 3 - COPQ versus Sigma Level



Fonte: Pyzdek e Keller (2010)

Ainda, segundo Werkema (2012), como ilustrado na figura 4, traduzindo para linguagem financeira, é possível constatar os benefícios de se alcançar o padrão Seis Sigma.

Figura 4 - Tradução do nível da qualidade para a linguagem financeira

Nível da qualidade	Defeitos por milhão (ppm)	Custo da não qualidade (percentual do faturamento da empresa)
Dois sigma	308.537	Não se aplica
Três sigma	66.807	25 a 40%
Quatro sigma	6.210	15 a 25%
Cinco sigma	233	5 a 15%
Seis sigma	3,4	< 1%

Fonte: Werkema (2012)

Segundo Jack Welch (1999) no Seis Sigma o foco no Cliente Interno e Externo deve ser intensificado. Ouvir o Cliente é fundamental para aplicação e o sucesso do método em qualquer processo de melhoria, uma vez que o problema ou defeito, de um processo ou produto é melhor definido do ângulo de visão daquele que recebe o mesmo, ou seja, o usuário final. Como consequência do problema ou defeito bem definido e através da aplicação dos métodos de controles estatísticos, haverá a redução de defeitos na manufatura ou serviços, o que impactaria positivamente nos custos de produção da empresa, bem como, um possível aumento nos lucros por constantemente detectar melhorias em seus processos ou produtos tornando-se mais eficiente.

O Seis Sigma é uma metodologia para resolução estruturada de problemas utilizando de ferramentas clássicas da qualidade, como por exemplo; Mapa de Processo, Matriz Causa & Efeito, Pareto, FMEA, CEP, entre outras.

### 2.3 SEIS SIGMA E O LEAN MANUFACTURING

Na atualidade, o método Seis Sigma é comumente conhecido como Lean Seis Sigma. Esta denominação se deu, após a integração do Seis Sigma com as práticas e a filosofia do Lean Manufacturing. Esse último é também conhecido como Produção Just-in-Time. Segundo Werkema (2012) a resultante da integração entre o Seis Sigma e o Lean Manufacturing gera uma estratégia abrangente, poderosa e eficaz, para solução de todos os tipos de problemas que visam a melhoria de processo e produtos, conforme ilustrado na figura 5.



Figura 5. - Lean Seis Sigma - Solução híbrida, superando a soma de suas partes



Fonte: Werkema (2012)

## 2.4 SEIS SIGMA - DMAIC E O CICLO PDCA

### 2.4.1 Características gerais do método Seis Sigma - DMAIC

O método Seis Sigma utiliza-se fortemente de conceitos estatísticos mais o compromisso com apuração financeira dos ganhos. Para aplicação divide-se em 5 fases denominado de DMAIC, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Método Seis Sigma - DMAIC

Fases	Objetivo	Atividades	Ferramentas
<b>Definição</b>	- Definir um projeto Seis Sigma relacionado a uma métrica da Organização.	- Justificar perante a organização o porquê de fazer o projeto.	- Histórico de variação da métrica ao longo do tempo.
	- Estabelecer ganhos, inclusive financeiros, para organização.	- Obter a aprovação do Patrocinador e do MBB/BB.	- Mapa Macro do Processo e Contrato do Projeto.
<b>Medição</b>	- Identificar a(s) saída(s) do Processo (Y's).	- Criar uma lista de 20 a 30 Potenciais X's (potenciais fontes de variação).	- Mapa do Processo.
	- Listar potenciais fontes de variação (potenciais X's).	- Realizar as primeiras análises estatísticas Y.	- Espinha de Peixe.
	- Validar o Sistema de Medição.	- Criar um banco de dados contendo informações sobre os X's e Y's.	- Matriz Causa & Efeito.
	- Identificar a Capacidade sigma e DPMO iniciais		- Estatística Básica.
			- Histograma.
			- Pareto.

Continua

## Conclusão

<b>Análise</b>	- Encontrar os poucos X's vitais que deverão ser atacados para reduzir a probabilidade do processo gerar defeitos.	- Estabelecer os X's óbvios.	- Box Plot.
	- Encontrar os poucos X's vitais que afetam significativamente a variação do processo.	- Validar quais X's tem influência sobre os Y's (graficamente).	- Diagrama de Dispersão.
<b>Melhoria</b>	- Tomar as ações sobre o processo.	- Validar quais X's tem influência sobre os Y's (estatisticamente).	- Análise Multi - Vari.
	- Confirmar que o processo melhorou.	- Validar quais X's tem influência sobre os Y's (análise de risco).	- Teste Chi Quadrado.
<b>Controle</b>	- Estabelecer os controles para manter as melhorias feitas no processo.	- Recalcular o sigma, DPMO	- Análise de Regressão.
	- Passar para o dono do processo a responsabilidade por monitorar o processo ao longo do tempo.	- Montar o Plano de Ação.	- Teste de Hipótese.
		- Validar as ações com o Patrocinador.	- FMEA
		- Realizar alterações nos procedimentos e instruções de trabalho.	- Plano de Ação.
			- Benchmarking.
			- FMEA.
			- Análise da cadeia de valor.
			- Normas e Procedimentos.
			- Auditorias.
			- Plano de Controle.
			- CEP
			- Procedimento Padrão de trabalho.

Fontes: Pyzdek e Keller (2010); Werkema (2013); Montgomery, D.C., Runger, G.C (2002); SETA - Desenvolvimento Gerencial Rev. 23 /08 (2006) [...]

## 2.4.2 Características gerais do método PDCA

Segundo Stankard (2002) o ciclo PDCA, foi idealizado por Shewhart, porém foi Willian Edwards Deming, estatístico e consultor norte-americano, quem o divulgou e efetivamente o aplicou. O ciclo de Deming, como também é conhecido o PDCA (Plan, Do, Check, Action), objetiva clarificar e tornar mais eficientes os processos integrantes em uma gestão, como por exemplo, na gestão da qualidade.

Ainda, segundo Werkema (2013), e conforme ilustra a figura 6, as etapas do ciclo PDCA podem ser resumidas da seguinte maneira: a) Plan - Planejamento que consiste em estabelecer metas e o método para alcançar as metas propostas; b) Do - Realizar as tarefas previstas na etapa de planejamento; c) Check - Verificação dos dados coletados na execução, comparando o resultado atingindo com a meta planejada; d) Action - Padronizar o plano proposto, se a meta fora alcançada ou agir sobre as causas, caso o plano não tenha sido efetivo.

Figura 6 - O ciclo de melhoria Contínua



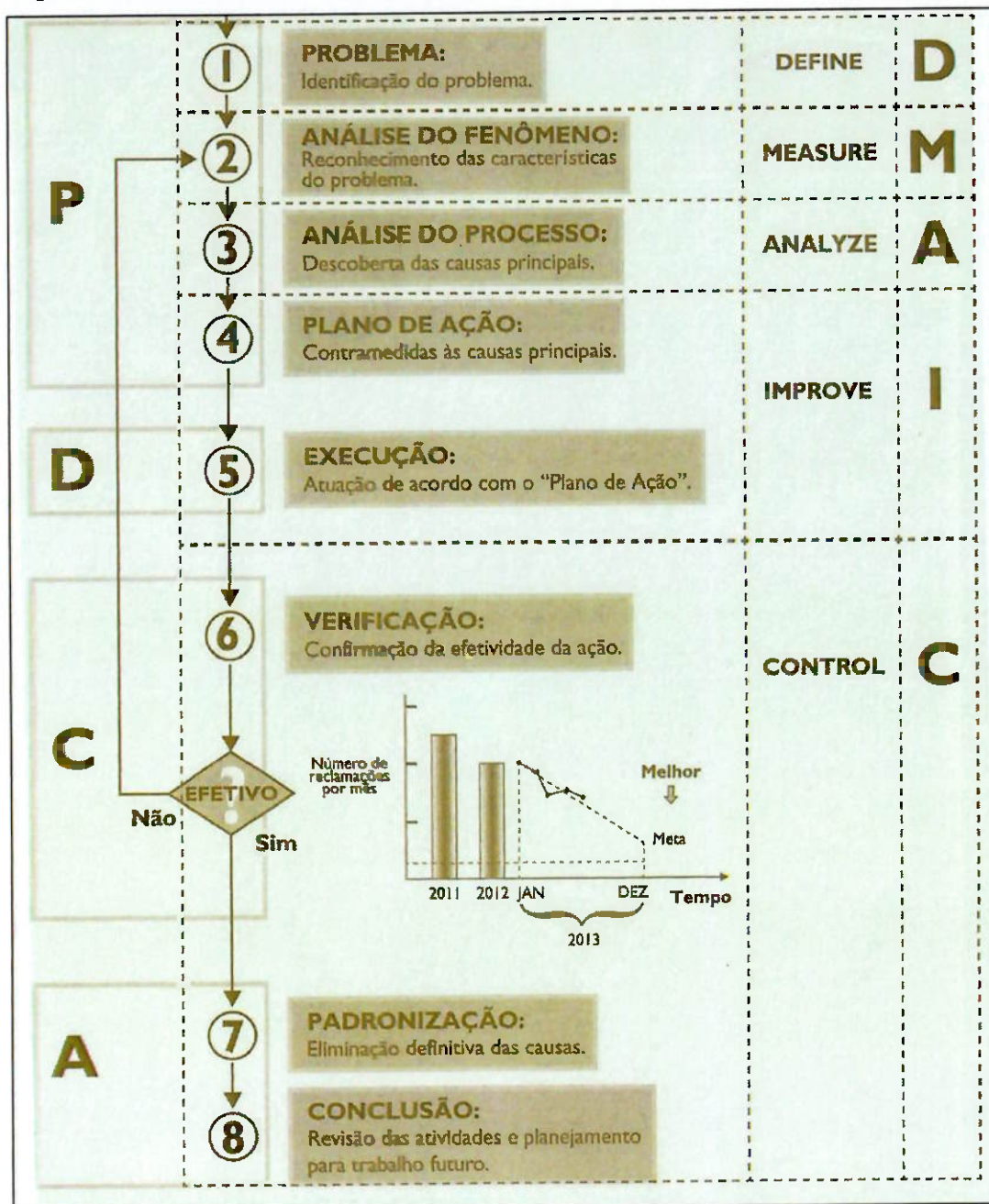
Fonte: Werkema (2013) e Campos (2004). Adaptado

#### 2.4.3 Seis Sigma - DMAIC e o Ciclo PDCA

Comparando o método DMAIC e Ciclo PDCA conforme ilustrado na figura 7, pode-se observar que ambos possuem as etapas semelhantes, porém é destaque que o DMAIC dá mais ênfase ao planejamento, análise dos dados e validação, antes das execuções.



**Figura 7 - Método DMAIC e o Ciclo PDCA**



Fonte: Werkema (2013) e Campos (2004)

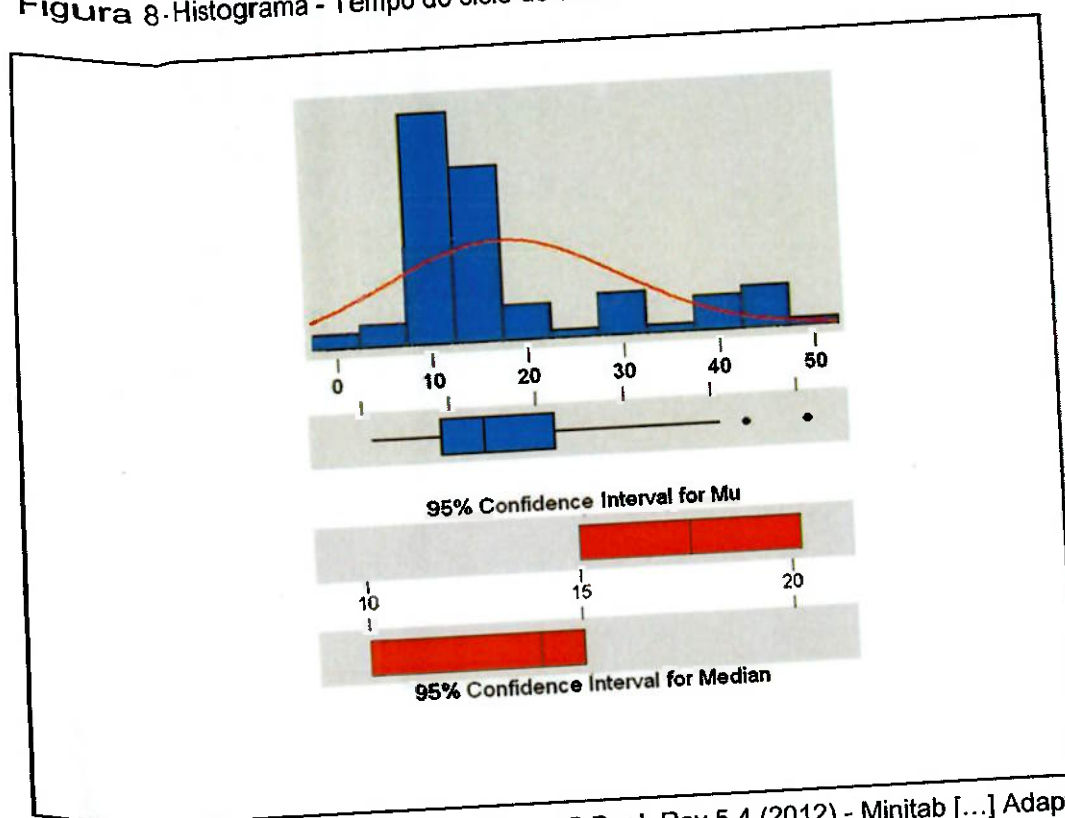
Baseando-se na análise das figuras 6 e 7, é possível afirmar que o Ciclo PDCA é um método que pode ser usado com algumas vantagens frente ao DMAIC. Por exemplo, quando o projeto não é complexo ou estiver sobre um cronograma com prazo relativamente curto, o PDCA poderá ser a escolha mais apropriada. Segundo Werkema (2013), os métodos não são conflitantes, podendo ser utilizados na mesma empresa, à medida que houver uma evolução do sistema de gestão e o nível de capacitação das pessoas da organização.

### 3 ESTUDO DE CASO

#### 3.1 PREFÁCIO

Durante dois trimestres na área da documentação técnica da qualidade, na subdivisão *offshore* da Oil & Gas, foram realizadas medições no tempo do ciclo do processo de análise de documentação, através de registro e controle, com auxílio do *Software Microsoft Excel*, das datas de entrega da documentação e aprovação pelo Cliente de 88 equipamentos, obtendo uma variação de 10 a 50 dias (dados brutos) entre enviar toda a documentação para o Cliente analisar e receber a aprovação final do mesmo, como evidencia e ilustra a figura 8.

Figura 8 - Histograma - Tempo do ciclo de análise da documentação (dias).



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) - Minitab [...] Adaptado

Na figura 8, pode-se observar que no eixo das abcissas (dias) há uma dispersão do processo não desejável, indicando a não-conformidade do mesmo frente as especificações do processo, que será analisada com mais detalhes na seção 3.4 deste estudo de caso.

### 3.2 OBJETIVO DO TRABALHO

Este trabalho visa apresentar a aplicação da metodologia Seis Sigma - DMAIC em um processo produtivo, objetivando reduzir o tempo do ciclo de análise da documentação técnica entre a Oil & Gas e o Cliente, gerada durante o processo de manufatura dos sistemas de cabeça de poço e ferramentas de instalação, fabricados na subdivisão *offshore* da Oil & Gás, localizada às margens da Rodovia Castelo Branco na cidade de Jandira, região da grande São Paulo.

### 3.3 CARACTERIZAÇÕES DA ORGANIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DO CASO

#### 3.3.1 Características gerais da empresa Oil & Gas

A Oil & Gas é líder mundial em equipamentos e serviços de tecnologia avançada, para todos os segmentos da indústria de petróleo e gás, de perfuração e produção, GNL, oleodutos e armazenamento a geração de energia, refino e petroquímica. Também oferece soluções de integridade de dutos, incluindo inspeção e gerenciamento de dados (informação via website)<sup>1</sup>.

Figura 9 - Planta Oil & Gas em Jandira-SP



Fonte: <http://www.dalpian.arq.br/pt-BR/projetos/industria-vetco-gray>

<sup>1</sup> Informações obtidas pelo website da GE Oil & Gas; Disponível em: [http://www.ge.com/br/solu%C3%A7%C3%B5es/oil\\_and\\_gas](http://www.ge.com/br/solu%C3%A7%C3%B5es/oil_and_gas). Acesso em: 16 maio 2014.



A unidade de negócio da OIL & GAS de Jandira-SP possui uma área de 35.700m<sup>2</sup>, conforme ilustrado nas figuras 9 e 10.

Figura 10 - Ilustração da Unidade de Negócios - Oil & Gas - Jandira-SP



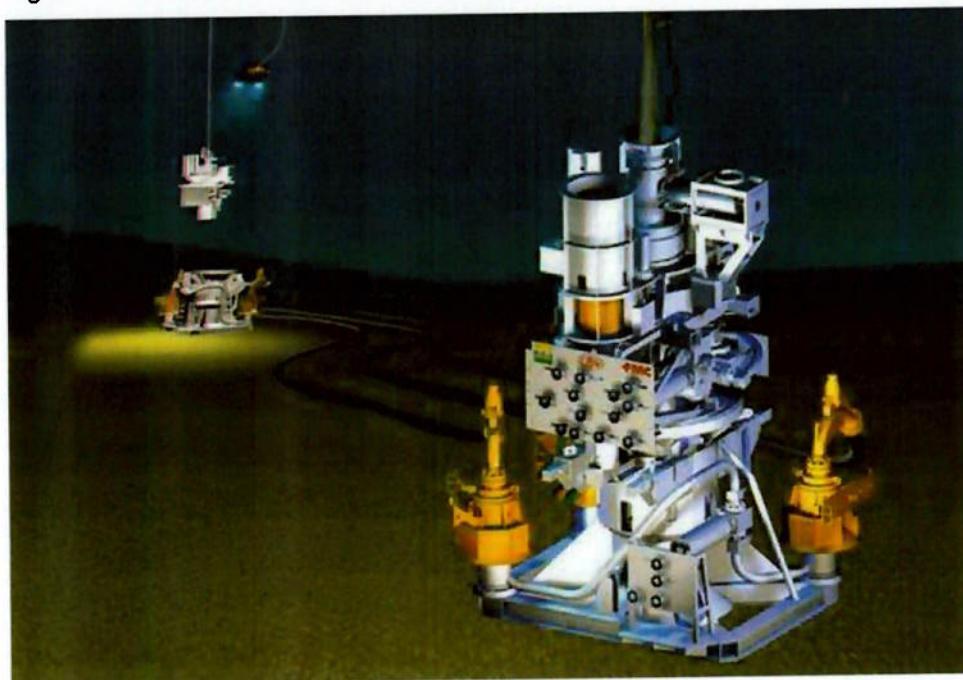
Fonte: <http://www.dalpian.arq.br/pt-BR/projetos/industria-vetco-gray>

Nessa unidade são fabricados equipamentos que permitem a exploração e produção de petróleo com a garantia de desempenho, segurança e alta confiabilidade no fundo do mar.

Entre os principais produtos fabricados em Jandira-SP encontram-se: cabeças de poço e árvore de natal molhada (ANM), além de projetos de engenharia para processos de instalação, controle e manutenção destes equipamentos.

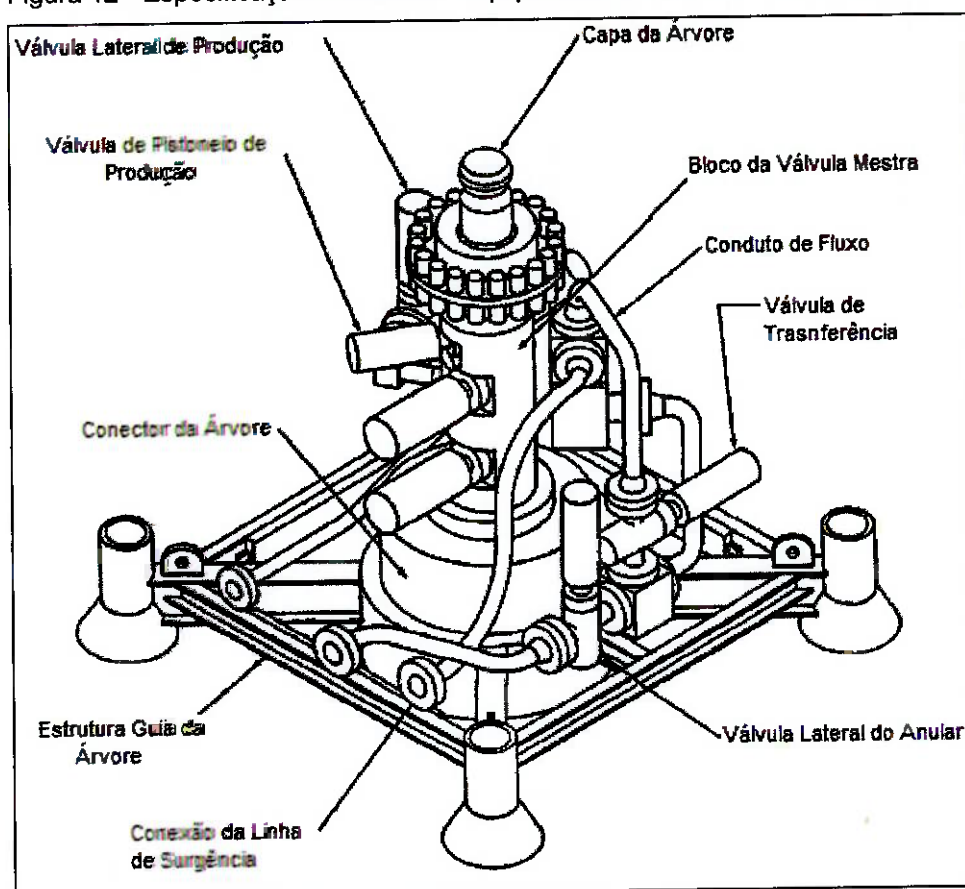
A figura 11 ilustra a complexidade de um dos equipamentos fabricados pela Oil & Gas, a ANM. Esse equipamento segundo Cardoso (2005) é um conjunto de válvulas com funções de dispositivos de segurança e controle de produção da extração do petróleo, conforme ilustrado na figura 12.

Figura 11 - Árvore de Natal Molhada (ANM)



Fonte: [www.tnpetroleo.com.br](http://www.tnpetroleo.com.br)

Figura 12 - Especificação Normativa - Equipamento Árvore de Natal Molhada



Fonte: Norma API Specification 17D

### 3.3.2 Características da área de documentação *offshore*

A área de análise da documentação técnica da subdivisão *offshore* da Oil & Gas é composta por técnicos e engenheiros que verificam a conformidade dos produtos e processos com as especificações das normas nacionais e internacionais, além dos requisitos contratuais dos Clientes.

Todo processo de análise é procedimentado e os profissionais recebem treinamentos constantes visando à melhoria contínua do processo. Em alguns casos o Cliente também realiza a análise da documentação do produto antes de emitir um parecer final para liberação do equipamento.

As atividades que envolvem a análise da documentação incluem a verificação dos seguintes documentos gerados durante o processo de fabricação dos equipamentos da subdivisão *offshore* da Oil & Gas: certificado de matéria-prima, relatório de inspeção dimensional, relatório de ultrassom, relatório de acompanhamento de soldagem, ensaios por partículas magnéticas, relatório de ensaio de líquido penetrante, relatório de inspeção de montagem, relatório de ensaio de radiografia, entre outros.

Essas atividades de análise de documentação são delineadas por um documento contratual denominado Plano de Fabricação e Inspeção (PFI), conforme ilustra a figura 13. O mesmo especifica as fases de fabricação, as inspeções e os respectivos critérios de aceitação, baseando-se nas normas de projeto.

O PFI é gerado durante a fase de análise contratual entre a Oil & Gas e o Cliente, que participa ativamente na elaboração do mesmo, onde insere os requisitos técnicos e contratuais, bem como os respectivos critérios de aceitação customizados.

Figura 13 - Plano de Fabricação e Inspeção

P/N: B112080-1 Base Adaptadora de Produção Rev.13 Pa			
ITEM	P/N DESCRIÇÃO	FASE DE FABRICAÇÃO	NORMA/PROC. CRIT. ACEITAÇÃO
Conjunto	B112080-1 Base Adaptadora de Produção	Montagem Teste Inspeção Final	Desenho + Part Info + BOM FAT B050405 Lista de Verificação (Check List)
1	B112238-1 Conector BHT-H4	Montagem Teste Integridade	Desenho + Part Info + BOM B040118
1.1	B112239-1 Corpo Superior	Dimensional Partícula Magnética Líquido Penetrante Dureza Bissulfeto Molibidênio	IT 3DBO9380-059 / Desenho + Part VGS 8.3.2 S1 VGS 8.4.2 S2 VGS 8.7.1 / 217-235 HB VGS 8.3.2
1.1.1	B112239-10 Corpo Superior (Pré-usinagem / Soldagem)	Dimensional Partícula Magnética Soldagem Alívio de Tensões	IT 3DBO9380-059 / Desenho + Part VGS 8.3.2 S2 IT 3DBO9380-069 VGS 18.0003.2.2 IT 3DBO9380-088 VGS 18.0003.2.2
1.1.1.1	B300002-089 Forjado 8630 85 KSI	Recebimento	PA-9AHA9380-152 VGS 5.112.1.92 API PSL 3
1.2	B112239-2 Anel Came / Pistão	Dimensional Líquido Penetrante Partícula Magnética Dureza Bissulfeto Molibidênio Rugosidade	IT 3DBO9380-069 / Desenho + Part VGS 8.4.2 S2 VGS 8.3.2 S1 VGS 8.7.1 / 302-352 HB VGS 8.3.2 ENGBZ 20.07
1.2.1	B112239-11 Anel Came / Pistão (Pré-usinagem / Soldagem)	Dimensional Partícula Magnética Soldagem	IT 3DBO9380-059 / Desenho + Part VGS 8.3.2 S2 IT 3DBO9380-069 VGS 7.0003.1.16
1.2.1.1	B300018-007 Forjado Especial 8630 120 KSI	Recebimento	PA-9AHA9380-152 VGS 5.112.4.1 API PSL 3
1.3	B112239-8 Haste Inferior de Des travamento Mecânico	Dimensional Líquido Penetrante Dureza Bissulfeto Molibidênio	IT 3DBO9380-059 / Desenho + Part VGS 8.4.2 S1 VGS 8.7.1 / 31-35 HRC VGS 8.3.3
1.3.1	B300102-002 Barra ASTM A453 GR880 105 KSI	Recebimento	PA-9AHA9380-152 VGS 5.720.1
1.4	B110857-4 Mordente	Montagem	Desenho + Part Info + BOM
1.4.1	B110857-6 Mordente	Dimensional (antes do corte) Dimensional (após corte) Dureza Partícula Magnética Fosfato Rugosidade	IT 3DBO9380-059 / Desenho + Part IT 3DBO9380-069 / Desenho + Part VGS 8.7.1 / 283-341 HB VGS 8.3.2 S1 VGS 6.2.3.1 / VGS 6.2.3.2 ENGBZ 20.07
1.4.1.1	B300022-028 Forjado 4340 120 KSI	Recebimento	PA-9AHA9380-152 VGS 5.111.1.10 API PSL 3
1.5	B112239-3 Corpo Inferior	Dimensional Partícula Magnética Dureza Bissulfeto Molibidênio	IT 3DBO9380-059 / Desenho + Part VGS 8.3.2 S1 VGS 8.7.1 / 204-302 HB VGS 8.3.2

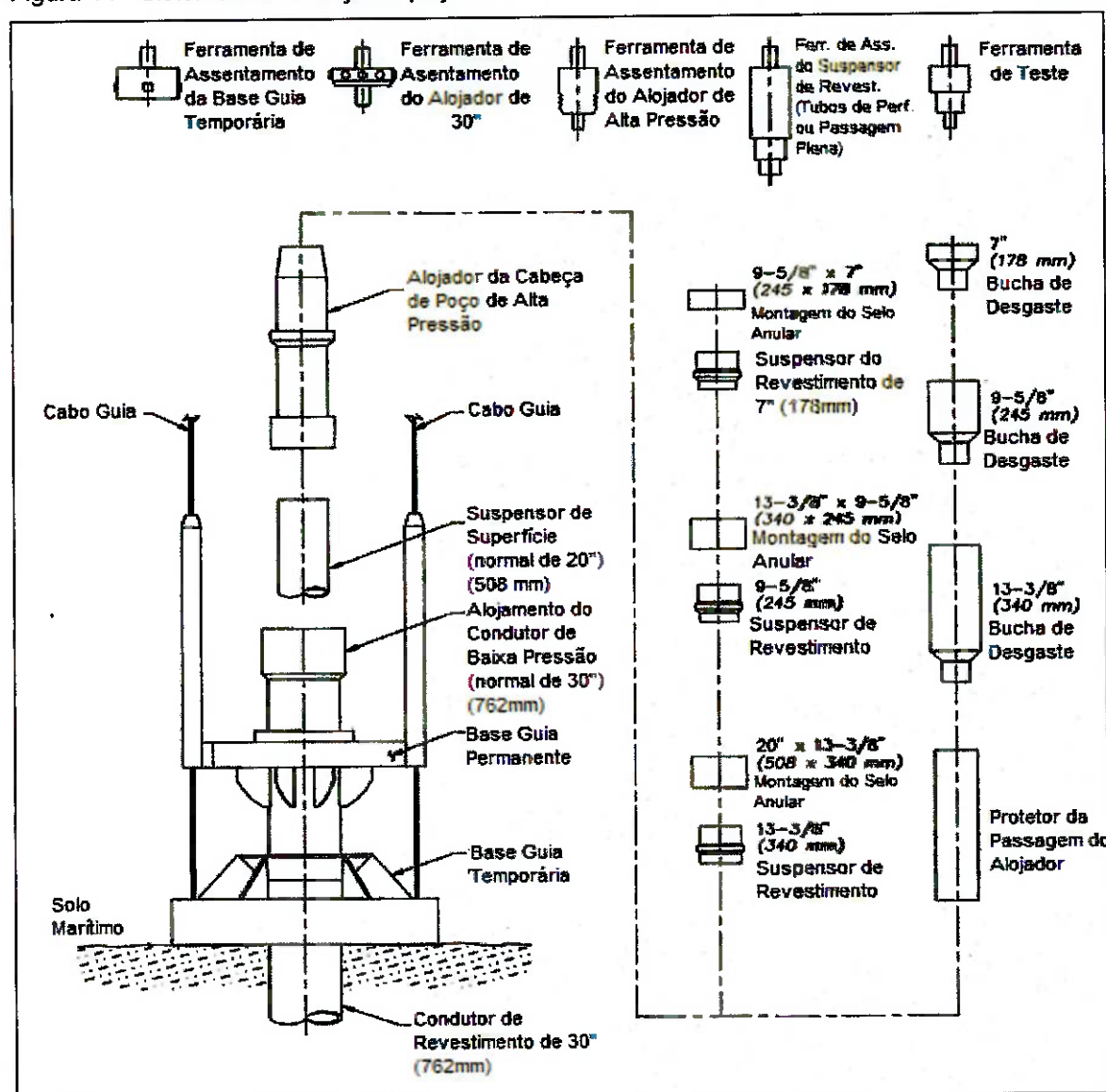
Fonte: Oil &amp; Gas - Procedimento de Análise da documentação Técnica (2012) [...]



### 3.3.3 Características dos sistemas de cabeça de poço

Os sistemas de cabeça de poço fabricados na subdivisão da Oil & Gás offshore, conforme ilustrados na figura 14, são equipamentos voltados para operar sob alta pressão e temperatura, carregamentos elevados de momento fletor, carregamentos elevados cíclicos de compressão, tração e flexão, carregamentos induzidos de torção provocados pelo giro da plataforma, mudanças da corrente marítima e as condições da água do mar. Estes equipamentos são fabricados sob especificações técnicas das Normas API 6A / 17D, acrescidas de especificações técnicas do Cliente, que neste estudo de caso, se trata da Petrobras.

Figura 14 - Sistemas de cabeça de poço



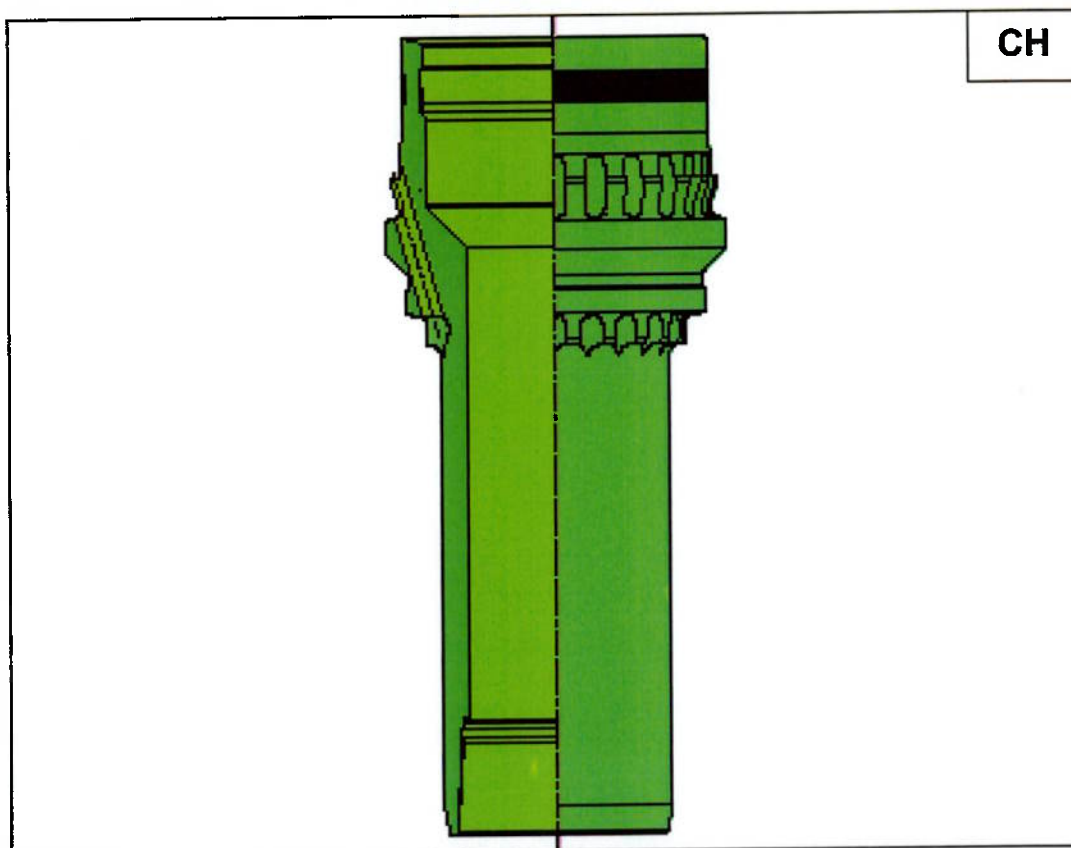
Fonte: Norma API Specification 17D



Os sistemas de cabeça de poço são compostos por diversos equipamentos como é ilustrado na figura 14, porém os equipamentos que serão objetos deste estudo de caso são: Suspensor de Revestimento (CH), Alojador de alta pressão (HPH) e Alojador de baixa pressão (LPH) conforme ilustra as figura 15, 16 e 17 respectivamente.

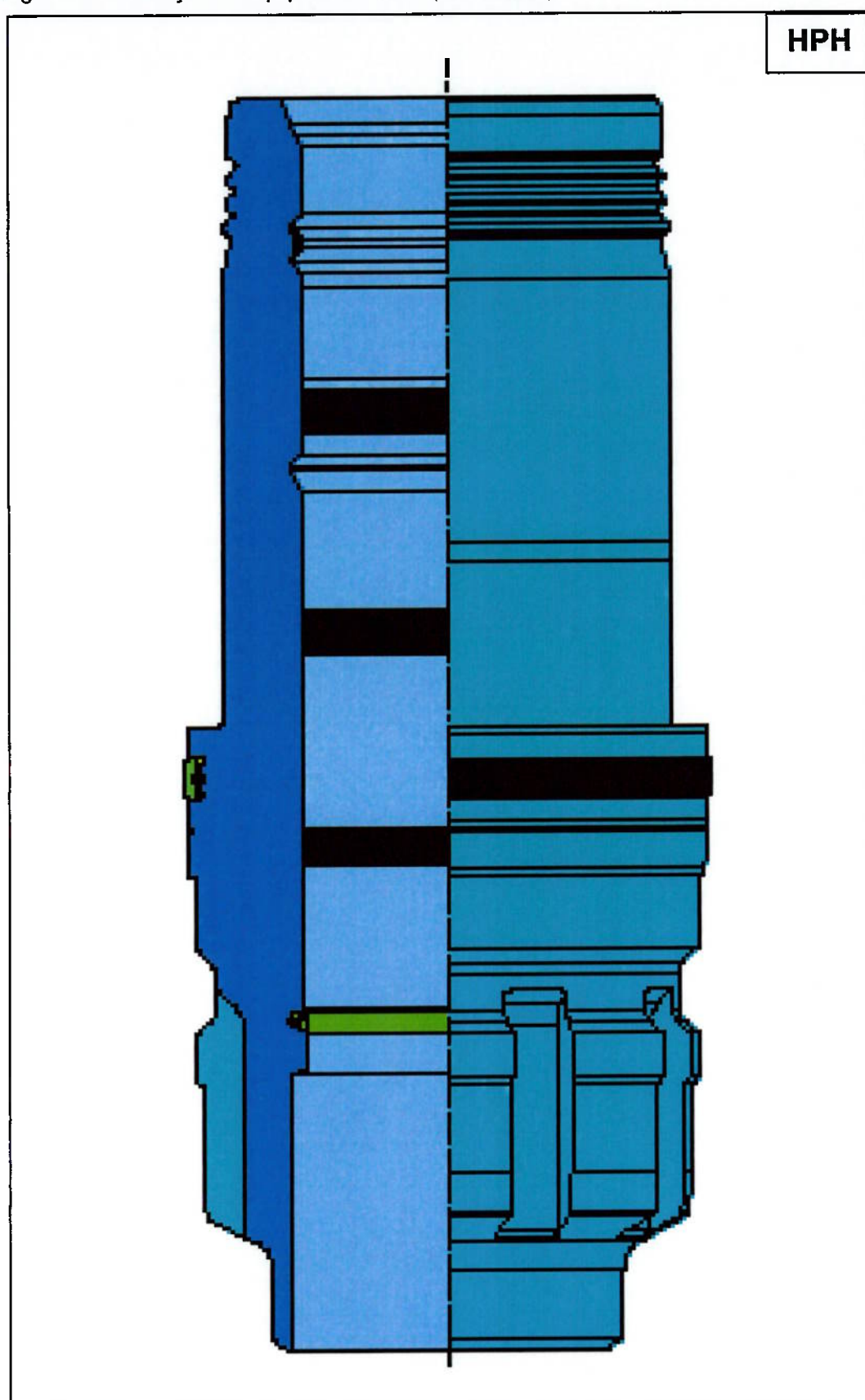
A justificativa para utilizar os equipamentos HPH, LPH e CH, como objeto do estudo deste caso, que a partir daqui, serão chamados simplesmente sistemas de cabeça de poço, se deu; a) devido pertencerem a uma mesma família, com as especificações de propriedades mecânicas e metalurgias semelhantes; b) por possuírem igual volume de documentação gerado durante a fase de fabricação, bem como o mesmo tempo de ciclo de análise; c) devido ao volume de equipamentos em fabricação e; d) devido ao alto valor financeiro que estes equipamentos representam dentro do contrato de vendas dos sistemas de cabeça de poço entre a Oil & Gas e o Cliente.

Figura 15 - Ilustração do equipamento CH (sem escala)



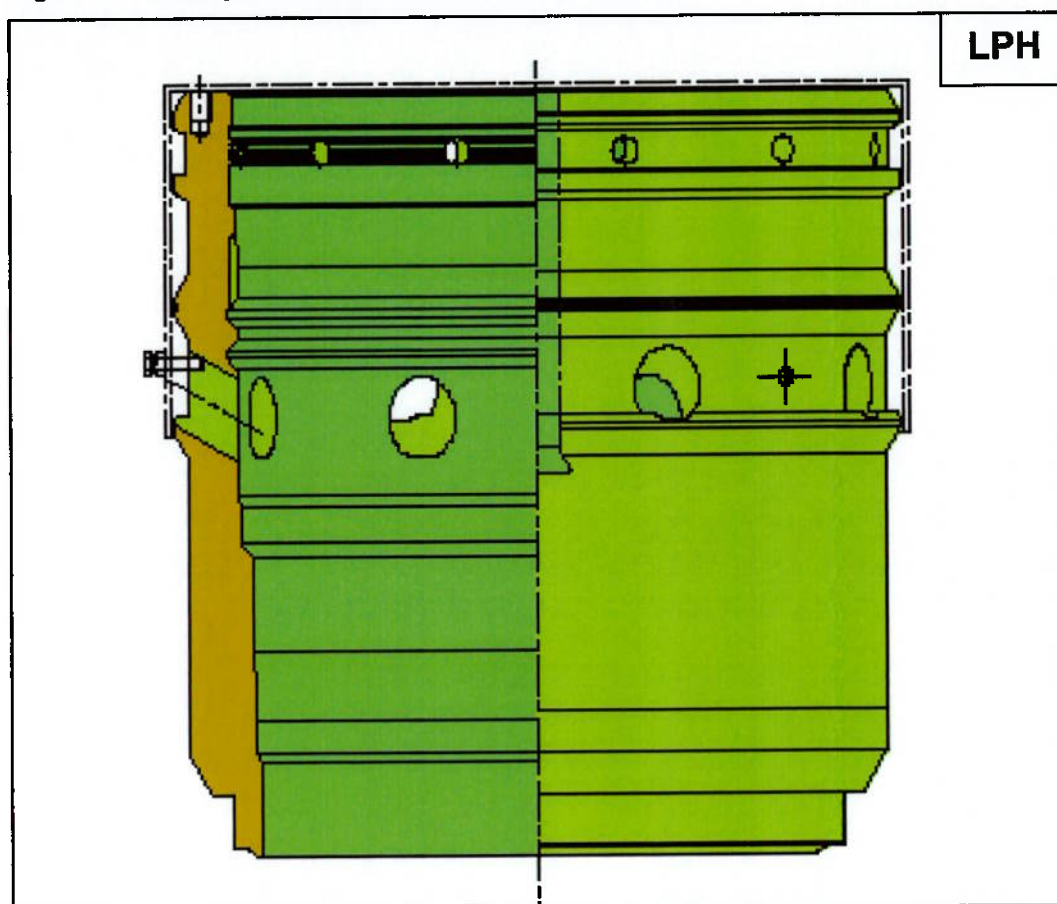
Fonte: Oil & Gas - Treinamento - Departamento de Assistência Técnica (2005) [...]

Figura 16 - Ilustração do equipamento HPH (sem escala)



Fonte: Oil & Gas - Treinamento - Departamento de Assistência Técnica (2005) [...]

Figura 17 - Ilustração do equipamento LPH (sem escala)

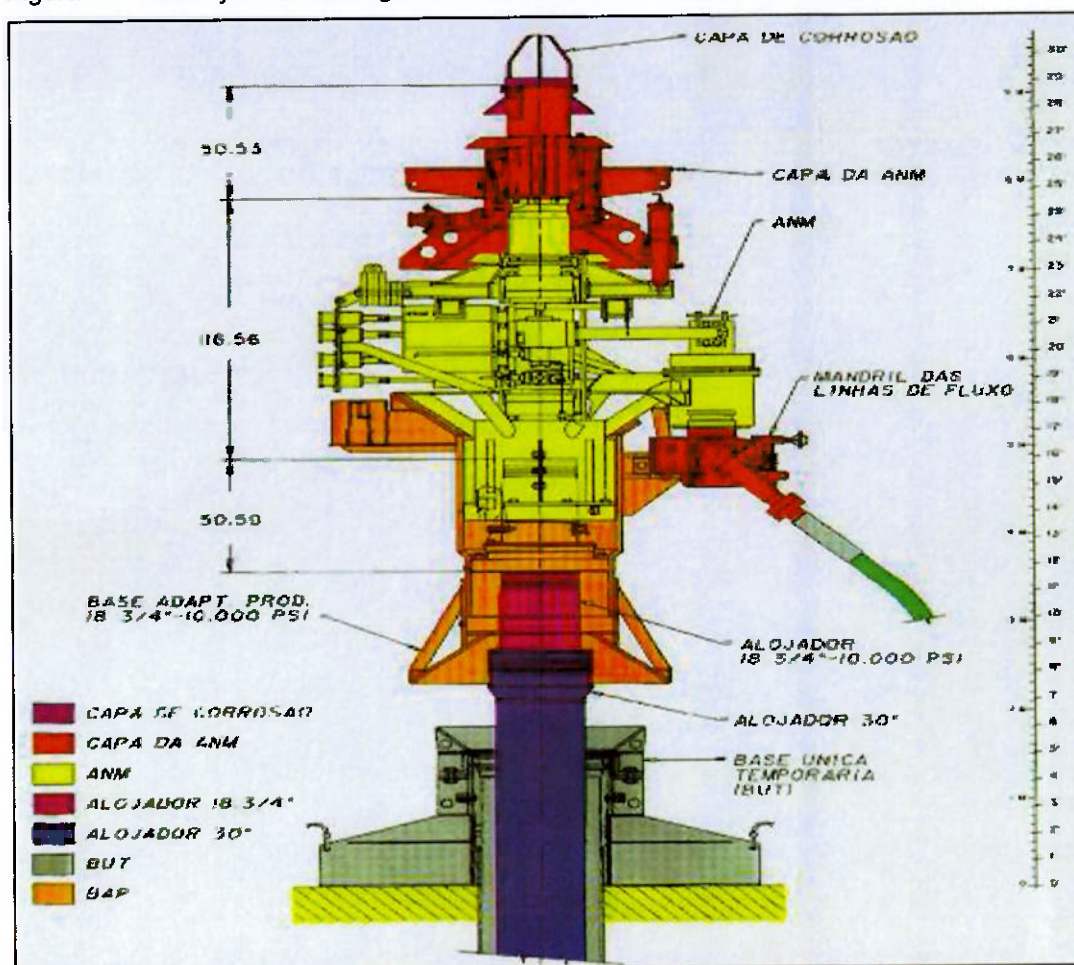


Fonte: Oil & Gas - Treinamento - Departamento de Assistência Técnica (2005) [...]

As principais funções dos equipamentos ilustrados nas figuras 15 a 17 são: a) HPH - tem como função a integração do revestimento de superfície com os demais componentes e permite a conexão dos equipamentos na fase de produção do poço, como por exemplo, a Base Adaptadora de Produção (BAP) e ANM conforme ilustra a figura 18; b) LPH - tem como função ser o conjunto de revestimento condutor juntamente com a Base Guia Permanente (BGP) além de sustentar os cascalhos ao redor do poço e; c) CH - tem como função sustentar a coluna de revestimento, projetados para sustentar cargas superiores a 7 milhões de libras e possui também um sistema de vedação contra o revestimento e contra o HPH. (informação obtida em treinamentos interno)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Informações obtidas em treinamentos internos; GE OIL & GAS - Treinamento Sistema de Perfuração - Departamento de Assistência Técnica (2005) [...]; GE OIL & GAS - Manual de Instalação e Operação Rev. 1 (2012) [...]

Figura 18 - Ilustração da montagem da BAP e ANM no sistema de cabeça de poço



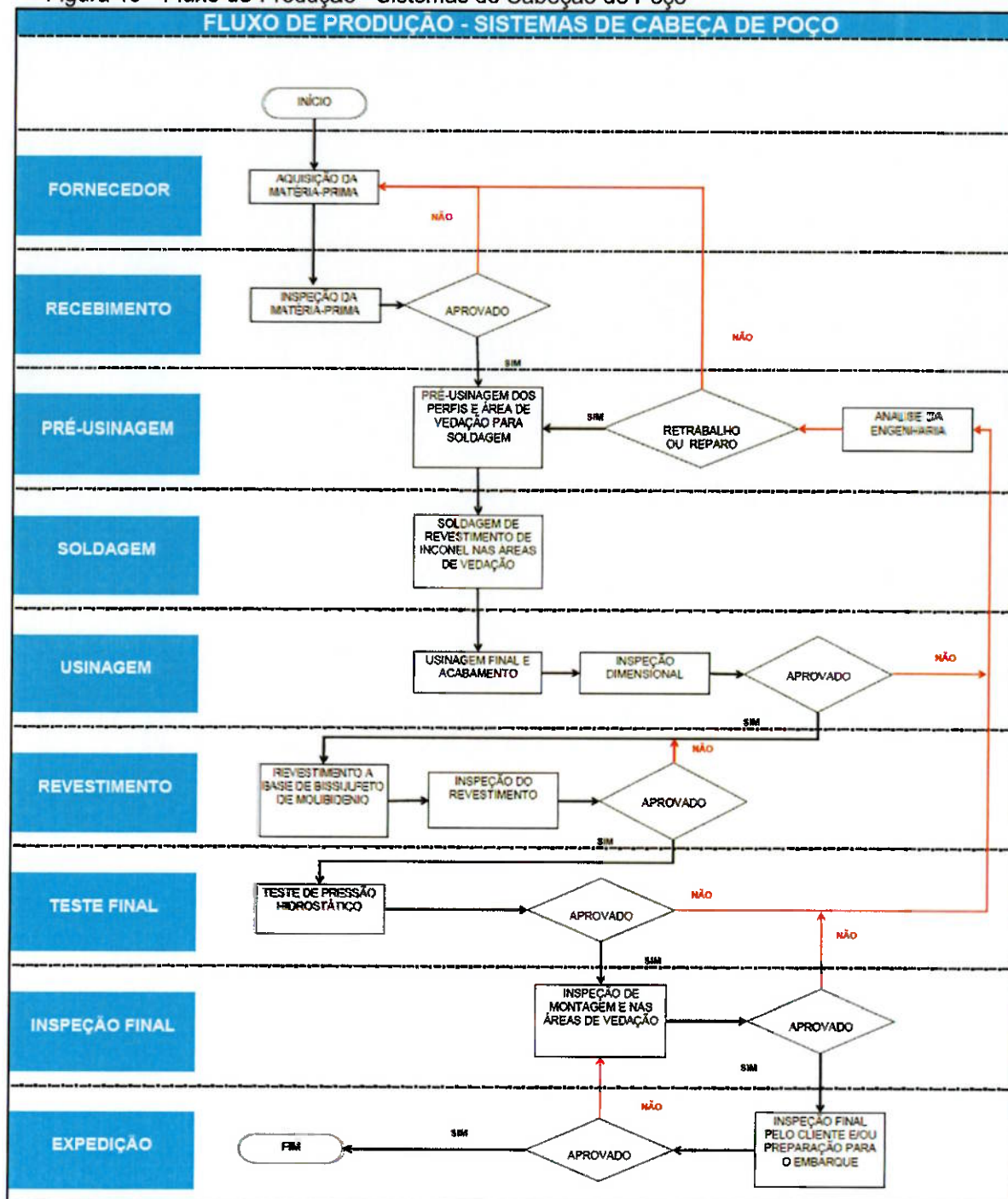
Fonte: Petrobras E&P-BC - Curso básico de Completação (2002) [...]

### 3.3.4 Características da fabricação dos sistemas de cabeça de poço

Sintetizando o processo de fabricação dos sistemas de cabeça de poço, o fluxo de produção, conforme é ilustrado na figura 19, consiste basicamente das seguintes etapas: a) aquisição da matéria-prima - aço de alta liga forjado de alta resistência mecânica e a corrosão; b) inspeção de recebimento do forjado e análise dos certificados de matéria-prima c) pré-usinagem dos perfis de vedação e acoplamento; d) soldagem de união entre componentes ou soldagem de revestimento das áreas de vedação; e) usinagem final dos perfis de vedação e acoplamento; f) verificação da conformidade dos relatórios e ensaios de fabricação frente aos requisitos normativos; g) inspeção final com ou sem teste e preparação para embarque; h) inspeção final do equipamento e preparação para embarque, por parte do Cliente, quando aplicável.



Figura 19 - Fluxo de Produção - Sistemas de Cabeção de Poço



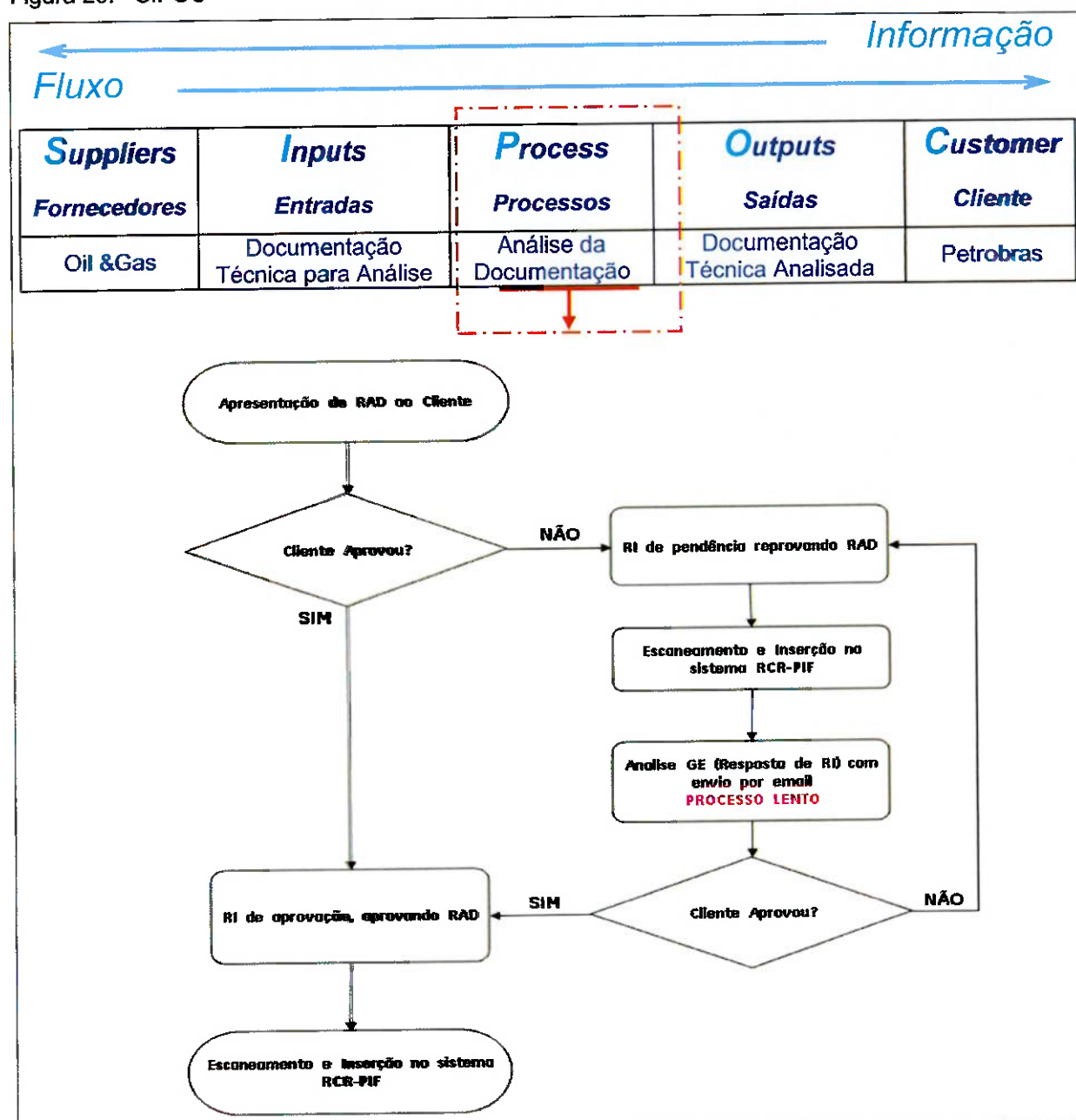
Fonte: Autoria própria

### 3.4 FASE D - DEFINIÇÃO

#### 3.4.1 Mapa do processo

Com objetivo de visualizar o processo de análise de documentação interno e sua conexão com o Cliente, ressaltando os pontos de melhoria do mesmo, a figura 20 ilustra um mapa do processo utilizando o conceito "SIPOC", porém com destaque somente ao fluxograma do processo de análise da documentação.

Figura 20. - SIPOC



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

### 3.4.2 Identificando o Cliente e o(s) CTQ (s) do projeto

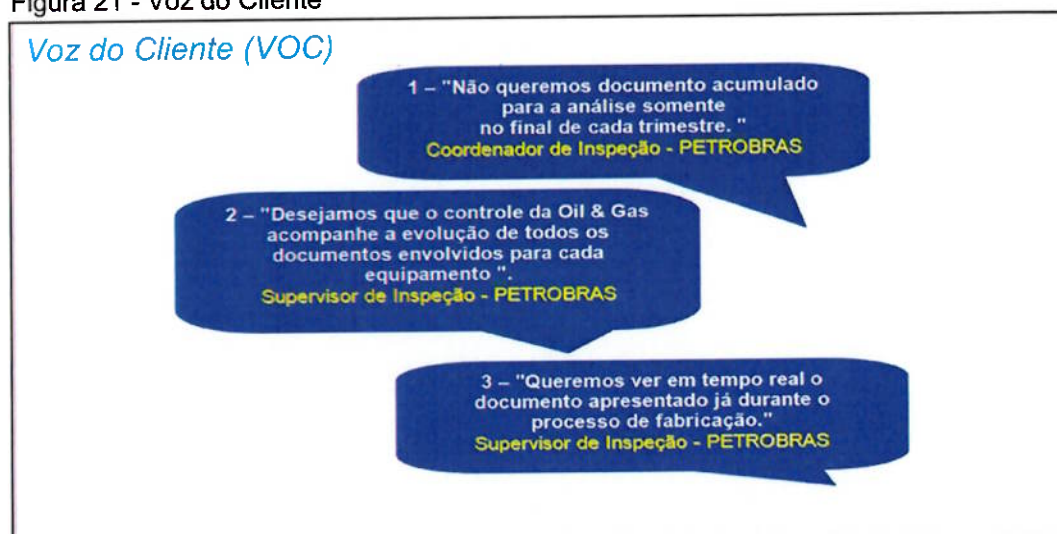
#### 3.4.2.1 Identificando o Cliente

Este trabalho tem como principal Cliente externo, a Petrobras. No entanto há alguns Clientes internos que serão beneficiados com os resultados do mesmo. Como por exemplo, as áreas de gerenciamento de contrato, inspeção e liberação final de equipamento, expedição de equipamentos, emissão de notas fiscais e faturamento.

#### 3.4.2.2 Identificando o(s) CTQ (s) do projeto

O Seis Sigma tem como principal foco, o Cliente interno ou o Cliente externo ao idealizar uma melhoria em um dado processo. Assim sendo, o primeiro passo para iniciar o projeto foi ouvir os Clientes da Oil & Gas. Para isso utilizou-se a ferramenta denominada a voz do Cliente (VOC) conforme ilustrada na figura 21. Segundo Bruzzi (2008), esta ferramenta permite que seja identificado o pensamento do Cliente, quantificando e priorizando as suas necessidades. Ainda Segundo DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] a ferramenta VOC é definida como o processo de descoberta através de pesquisa, grupos focais ou entrevistas, daquilo que é crítico para a qualidade do processo ou produto de acordo com a visão do Cliente.

Figura 21 - Voz do Cliente



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

Após escutar a voz do Cliente e perceber a sua insatisfação com o processo de análise de documentação da Oil & Gas, foi realizada uma reunião interna para a identificação dos pontos críticos para a qualidade (CTQ) baseando-se na visão do Cliente conforme tabela 2.

Tabela 2 - Análise da VOC

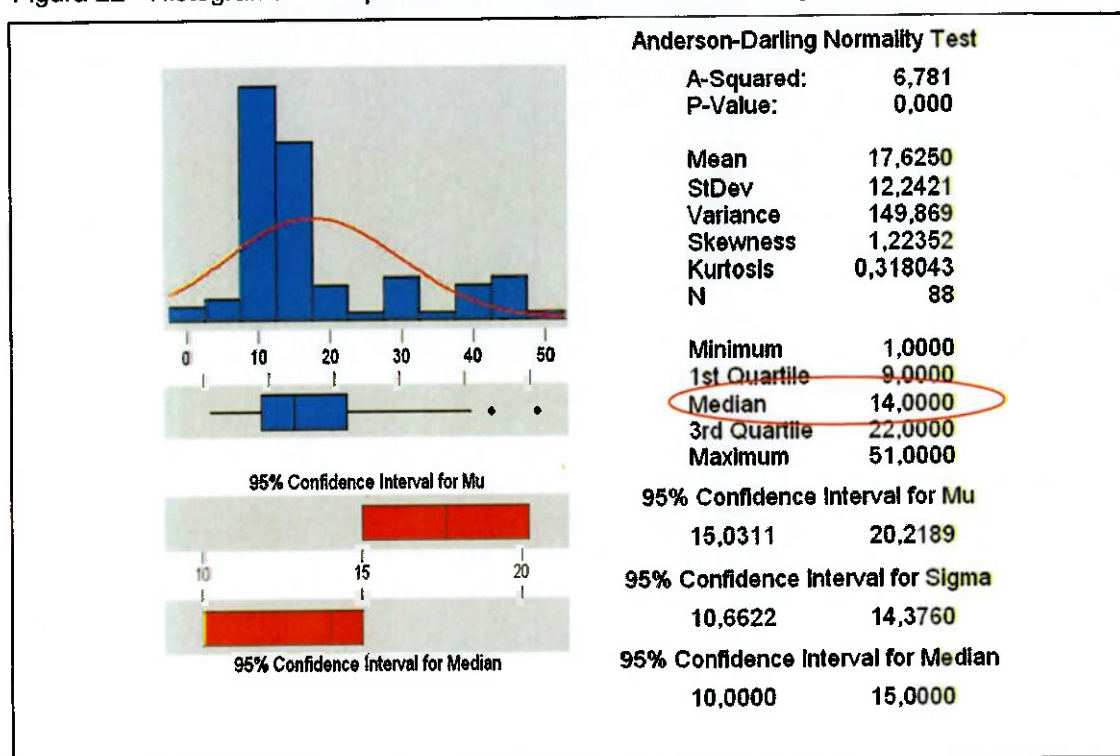
VOC	ANÁLISE DA VOC	CTQ(s)
"Não queremos documento acumulado para a análise somente no final de cada trimestre."	<p>O Cliente está sendo penalizado por receber toda a documentação de fabricação dos equipamentos produzidos no período de 3 meses, somente 15 a 20 dias antes da data final para faturamento.</p> <p>A sua insatisfação é justificada, pois o mesmo passa a maior parte do trimestre com uma equipe ociosa. Porém para atender a demanda do final do trimestre é obrigado a aumentar o seu quadro de analistas.</p>	a) Apresentar a documentação em paralelo com a fabricação do equipamento.
"Queremos ver em tempo real o documento apresentado já durante o processo de fabricação."	<p>O time de análise da documentação da Oil &amp; Gas também não realiza em tempo real com a fabricação a análise dos documentos gerados. Não sendo possível a apresentação ao Cliente, bem como qualquer antecipação de um possível problema técnico crítico, ou até mesmo uma não-conformidade no equipamento.</p>	b) Rastrear e analisar os documentos durante a fabricação do equipamento.
"Desejamos que o controle da Oil & Gas acompanhe a evolução de todos os documentos envolvidos para cada equipamento".	<p>O Cliente indica neste comentário que se faz necessário um monitoramento dos documentos gerados desde os fornecedores a até a última etapa da fabricação do equipamento.</p>	<p>c) aumentar a capacidade de monitorar e medir.</p> <p>d) simplificação dos relatórios e certificados apresentados.</p> <p>e) digitalização da documentação.</p>

Fonte: Autoria própria



Com intuito de confirmar os CTQ(s), apontados pelo Cliente, foram realizadas as seguintes análises com base em dados coletados durante 2 trimestres; a) Análise do tempo de ciclo de análise da documentação entre a Oil & Gas e o Cliente, conforme ilustrado na figura 22; b) Análise dos principais defeitos encontrados durante a análise da documentação, conforme ilustrado no gráfico 1 e; c) Análise das principais áreas geradoras de defeitos na documentação, conforme ilustrado no gráfico 2.

Figura 22 - Histograma - Tempo do ciclo de análise da documentação (dias).



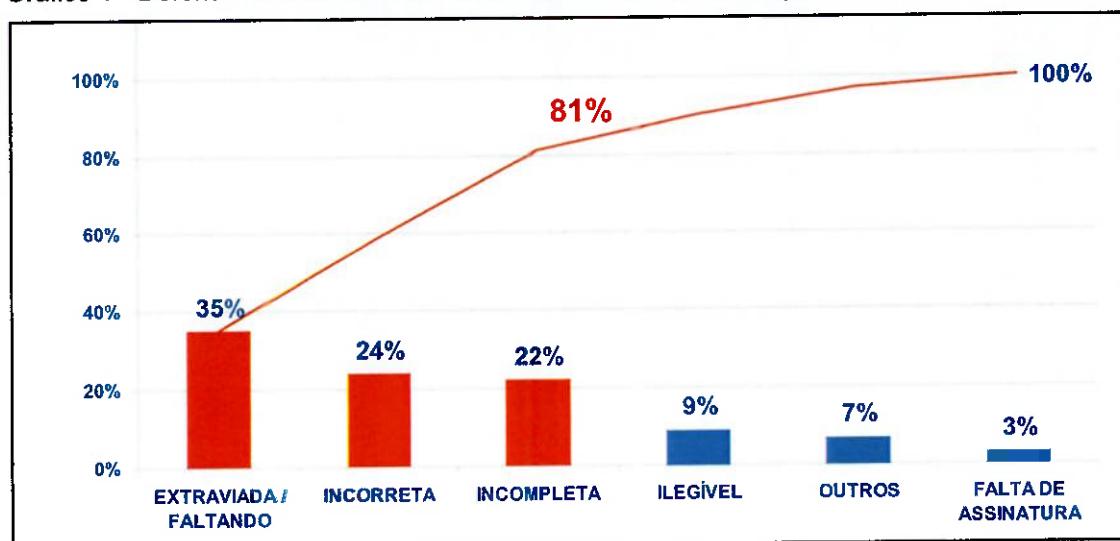
Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) - Minitab [...] Adaptado

A figura 22 acima representa o tempo do ciclo de análise da documentação de 88 sistemas de cabeça de poço apresentados para o Cliente, sendo que o monitoramento dos dados se deu a partir do recebimento da documentação pelo Cliente até a aprovação da mesma por eles, com a emissão do comunicado de liberação do material (CLM). Destaca-se que caso a documentação não fosse aprovada pelo Cliente, o ciclo de análise iniciava-se novamente, conforme mapa de processo ilustrado na seção 3.4.1.

No histograma da figura 22 é possível observar no eixo das abcissas (dias) que há uma dispersão do processo de análise não desejável, pois se atingiu 50 dias para fechamento do ciclo de análise de documentação para alguns equipamentos. Assim sendo, o processo apresentou uma mediana de 14 dias, indicando uma não-conformidade do processo frente as especificações, uma vez que foi estabelecido entre a Oil & Gas e o Cliente a meta de atingir uma mediana menor que 11 dias.

Analisando o gráfico 1, nota-se que durante a análise da documentação 81% dos defeitos encontrados são documentação (relatórios, certificados, roteiros, etc.) extraviadas, faltando, incorreta ou incompleta. Isso confirma a necessidade de rastrear, simplificar, digitalizar e aumentar o monitoramento da documentação gerada durante a fabricação dos equipamentos.

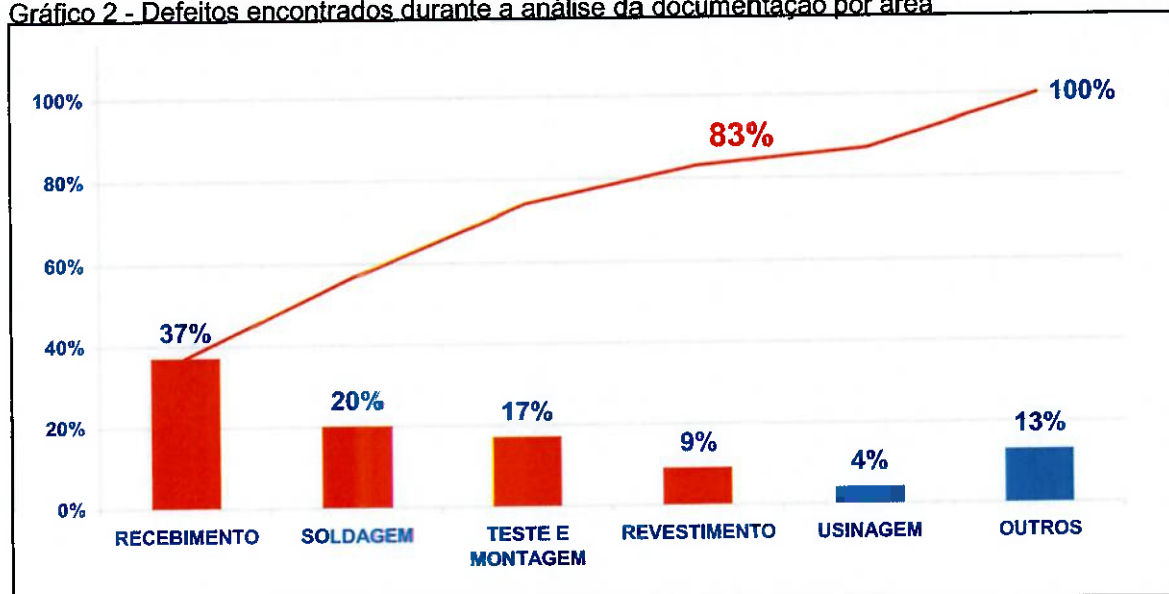
Gráfico 1 - Defeitos encontrados durante a análise da documentação



Fonte: Oil & Gas - Planilha de controle de documentação SDS, (2012) [...]

Analisando o gráfico 2, nota-se que durante a análise da documentação 83% dos defeitos encontrados são provenientes das áreas de recebimento, soldagem, teste e montagem. Isso confirma a necessidade de realizar a análise da documentação em tempo real, em paralelo com a fabricação dos equipamentos.

Gráfico 2 - Defeitos encontrados durante a análise da documentação por área



Fonte: Oil & Gas - Planilha de controle de documentação SDS, (2012) [...]

Após a análise dos dados, é possível afirmar que os CTQ's apontados pelo Cliente no processo de análise da documentação, são pontos críticos para a qualidade e factíveis. Sendo assim, se atingidos poderão influenciar diretamente no objetivo do projeto que é a redução do tempo de ciclo da análise da documentação entre Oil & Gas e o Cliente.

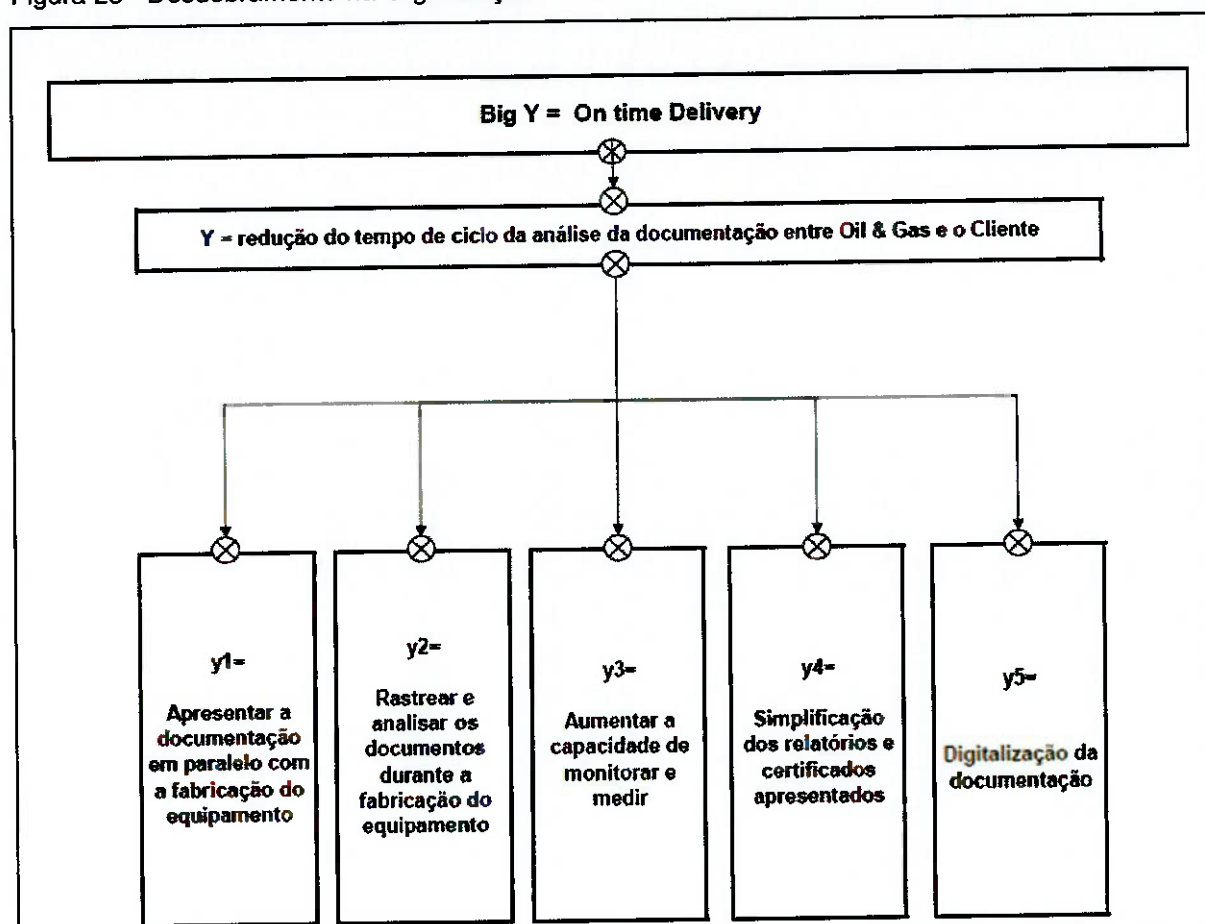
### 3.4.3 Contrato do Projeto

#### 3.4.3.1 Definindo o impacto do projeto no negócio e a(s) meta(s)

Uma das metas anuais do negócio da Oil & Gas denominadas "Big Y" é o "On time Delivery" (OTD), ou simplesmente entrega no tempo.

A figura 23 ilustra o desdobramento da meta da organização OTD sobre os objetivos deste projeto. Esta figura, é possível observar que todos os CTQ (s) identificados conforme tabela 2, possuem um forte relação e influência na meta da organização.

Figura 23 - Desdobramento na Organização



Fonte: Autoria própria

Para determinar em números qual seria a meta do projeto, foi considerado a base de dados já apresentada através da figura 22, onde o histograma mostra que para o processo atual a mediana é de 14 dias, indicando uma não-conformidade do processo frente as especificações, uma vez que foi estabelecido entre a Oil & Gas e o Cliente a meta de atingir uma mediana menor que 11 dias. Desta forma a meta do projeto fica estabelecida em reduzir o tempo de ciclo da análise da documentação entre Oil & Gas e o Cliente em pelo menos 20%, tomando como base a medida de posição estatística; mediana.

Em resumo, a figura 24 apresenta o impacto deste projeto no negócio da Oil & Gas, bem como o objetivo a ser atingindo. Entretanto ressalta-se que, sendo o tempo de ciclo da análise da documentação diminuído e melhor controlado, aumentarão as oportunidades de entregar os sistemas de cabeça de poço dentro do prazo contratual, consequentemente sem multas e juros ao faturar o mesmo.

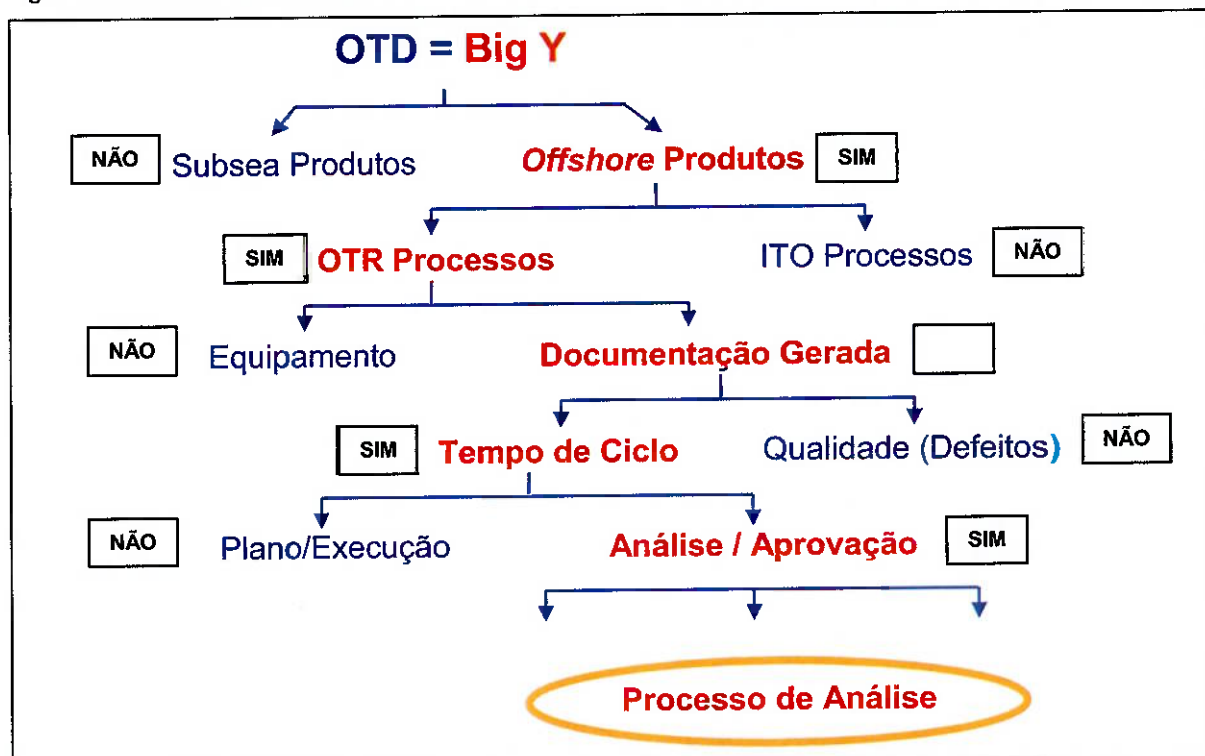
Figura 24 - Impacto nos negócios



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

### 3.4.3.2 Definindo o escopo do projeto

Figura 25 - Arvore de decisão



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

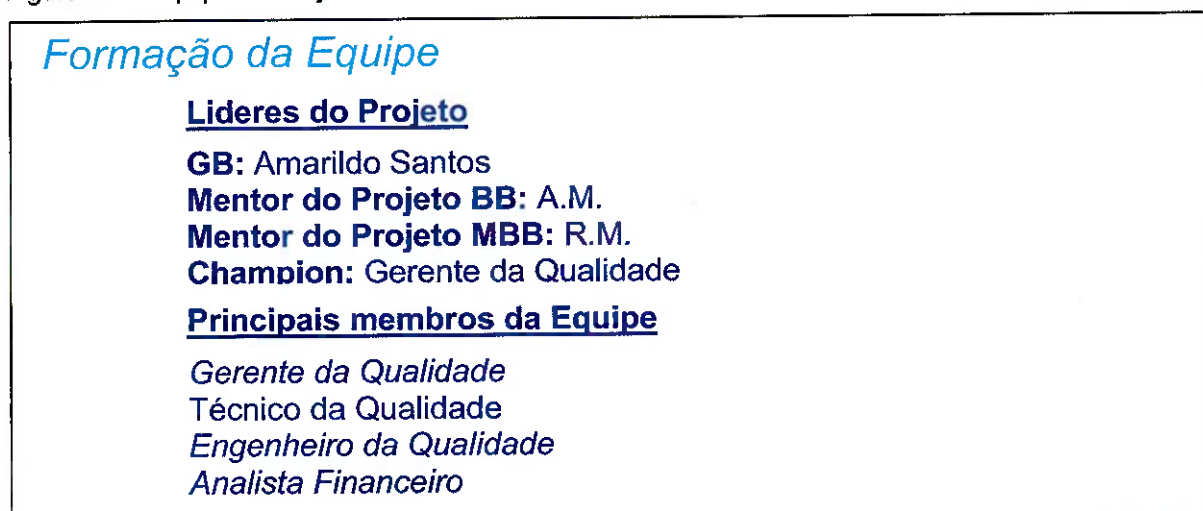
A definição do escopo do projeto se deu a partir da utilização da ferramenta denominada árvore de decisão, que possibilitou uma maneira gráfica de visualizar os pontos que permaneceriam no projeto, conforme ilustra a figura 25.

Portanto o escopo do trabalho se consolida em: a) OTD - Big "Y"; b) *Offshore* Produtos - Sistema de Cabeça de Poço e Ferramentas de Instalação; c) OTR Processos - Realização do Produto a partir da entrada do pedido; d) Documentação emitida - Certificados e Relatórios de Ensaios e Testes; e) Tempo de ciclo - Período de tempo de análise da documentação técnica; f) Análise / Aprovação - Documentação sem pendência e aprovada pela área de documentação técnica da qualidade da Oil & Gas e o Cliente; g) Processo de Análise - Processo de análise da documentação desde o recebimento da matéria-prima, passando pela manufatura dos produtos e montagem, até a expedição.

### 3.4.3.3 Definindo equipe de trabalho

Para definir a equipe de trabalho como ilustrado na figura 26, foram considerados três principais fatores; a) pessoas que poderiam contribuir e influenciar frente à organização positivamente na implantação do projeto; b) pessoas que possuíam poder de decisão na empresa, inclusive no quesito investimento financeiro e recursos humanos; c) pessoas que possuíam uma maior experiência relativa na área e nas tarefas que seriam desenvolvidas.

Figura 26. - Equipe do Projeto



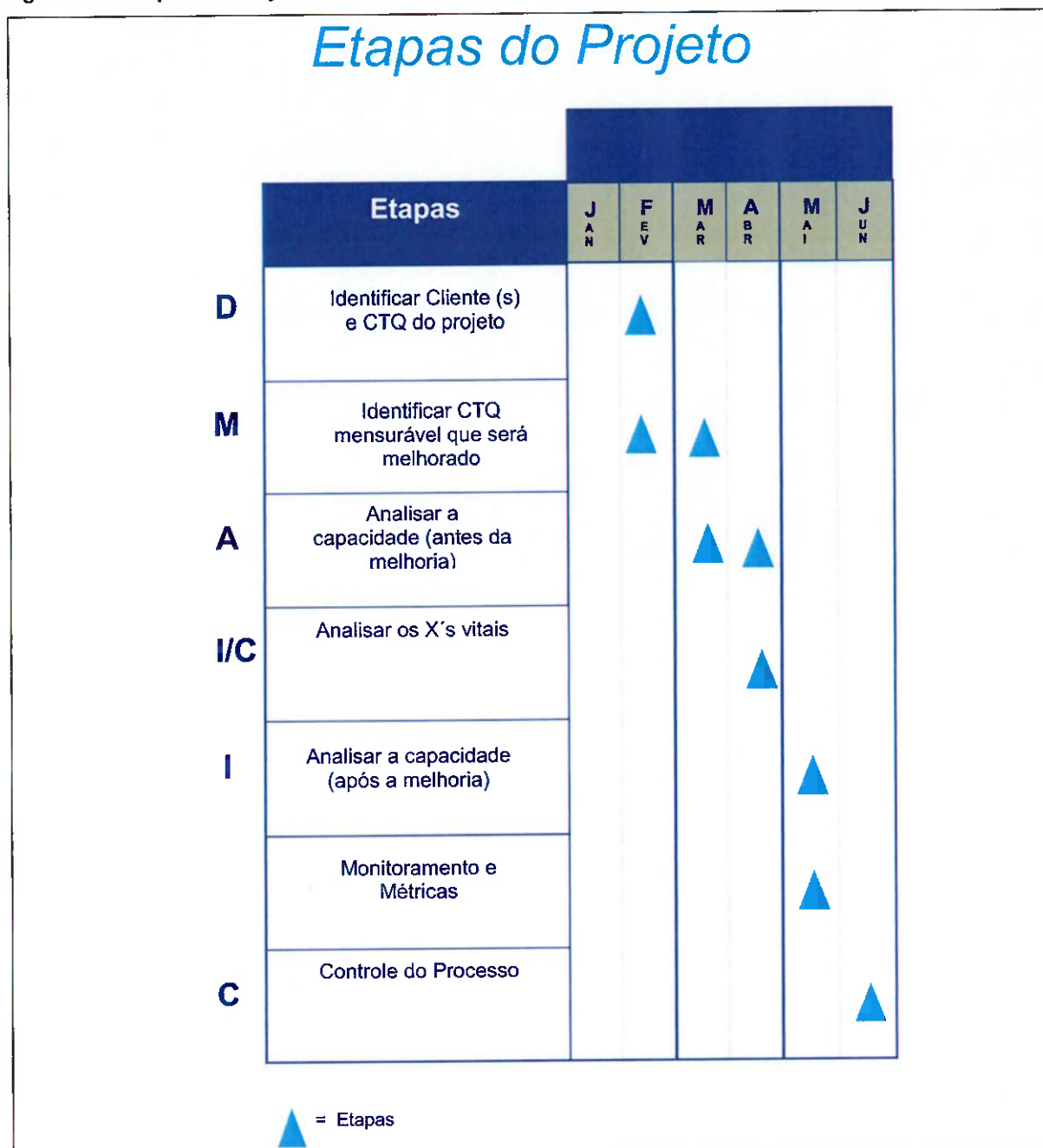
Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado



### 3.4.3.4 Etapas do Projeto

Pode-se observar conforme ilustra a figura 27, que se trata de um projeto de médio prazo (5 meses), ou seja, dentro do período médio dos projetos Seis Sigmas que variam de 04 a 06 meses. Isso se dá, devido a necessidade de observação e coleta de dados, bem como sua validação através de cálculos estatísticos utilizando as ferramentas já comentadas no capítulo 2 tabela 1.

Figura 27 - Etapas do Projeto



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

### 3.4.3.5 Identificando riscos envolvidos e gerenciamento da mudança

Identificar os riscos envolvidos e gerenciar as mudanças é fundamental para prever o sucesso do projeto e buscar caminhos alternativos para as principais barreiras. Para isso utilizou-se a ferramenta Matriz Ameaças / Oportunidade como ilustra a figura 28.

Figura 28 - Matriz Ameaças / Oportunidade

<i>Matriz Ameaças vs. Oportunidade</i>			
	<b>Ameaças Se não fizermos a mudança...</b>	<b>Oportunidades Se fizermos a mudança...</b>	<b>Ameaças Se fizermos a mudança...</b>
<i>Curto Prazo</i>	<input type="checkbox"/> Baixo OTD. <input type="checkbox"/> Cliente Insatisfeito. <input type="checkbox"/> Controle da documentação técnica ineficiente.	<input type="checkbox"/> Aumento OTD. <input type="checkbox"/> Cliente Satisfeito <input type="checkbox"/> Controle da documentação técnica eficiente. <input type="checkbox"/> Documentação submetida para o Cliente durante a fabricação do equipamento (on time). <input type="checkbox"/> Redução da Burocracia do Processo de Análise da Documentação.	<input type="checkbox"/> Impacto nas operações durante a mudança, agravados por colaboradores da Oil & Gas e do Cliente, resistentes à implantação de novas idéias. <input type="checkbox"/> 100% de dependência da rede intranet da empresa, incluindo a utilização pelo Cliente.
<i>Longo Prazo</i>	<input type="checkbox"/> Multa Contratual. <input type="checkbox"/> Cancelamento do contrato pelo Cliente.	<input type="checkbox"/> Novos contratos com o Cliente. <input type="checkbox"/> Aumento do fluxo de caixa.	<input type="checkbox"/> Aumento na demanda de armazenamento de dados na rede intranet. <input type="checkbox"/> Aumento do custo com treinamento para empregados.

Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

Observando a matriz, pode-se concluir que as ameaças a curto ou em longo prazo não superam os benefícios das oportunidades. Caso ocorram as mudanças e as mesmas mostrando-se eficazes em atingir o objetivo de reduzir o tempo de ciclo de análise da documentação em 20%, é certo que os ganhos financeiros para a Oil &



Gas, devido ao não pagamento de eventuais multas contratuais que incidiriam sobre o alto valor de venda dos sistemas de cabeça de poço, são maiores que os custos fixos de implantação, armazenamento e manutenção do banco de dados da organização somados aos custos com treinamentos de novos empregados.

Também é possível afirmar que a satisfação do Cliente aumentará com as mudanças, uma vez que o mesmo terá uma equipe menos ociosa e mais eficiente, em função de uma demanda de análise de documentação com volumes praticamente constantes durante todo o trimestre.

A fim de facilitar o estudo, a análise e a implantação das possíveis melhorias, se fez necessário uma análise detalhada das áreas e pessoas que seriam mais resistentes às mudanças, diminuindo as barreiras a) técnicas: aumento na demanda de armazenamento de dados na rede intranet; b) políticas: 100% de dependência da rede intranet da empresa, incluindo a utilização pelo Cliente e; c) culturais: Impacto nas operações durante a mudança, agravados por colaboradores da Oil & Gas e do Cliente, resistentes à implantação de novas idéias. Para isso utilizou-se dos melhores argumentos, conforme ilustrado na figura 29, para no mínimo obter o consentimento dos colaboradores e áreas resistentes, porém visando a colaboração absoluta dos mesmos.

Figura 29 - Análise TPC

<i>Análise TPC</i>		
Fontes de Resistência	Stakeholders	Estratégias para mitigar
<i>Técnicas</i>	<b>Gestão da Informação</b>	Realizar reunião com o especialista de programação da área de TI e explicar que a idéia é a implantação de um novo sistema em substituição do atual, sendo este último inutilizado, o banco de dados seria menos sobrecarregado.
<i>Políticas</i>	<b>Compliance</b>	Apresentar o fluxograma do novo sistema e mostrar onde o Cliente será inserido e que o acesso será por senha. Além disto, restringir a utilização da rede intranet para o Cliente somente nas páginas, dados e informações pertinentes à análise da documentação.
<i>Cultural</i>	<b>Cliente</b>	Apresentar a Matriz Ameaças / Oportunidades para o Cliente e sua equipe, persuadindo os mesmos que a sua equipe também ganhará com as possíveis melhorias que serão implantadas.

Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

### 3.4.3.6 Identificando os interessados pelo projeto e suas necessidades

Com as oportunidades encontradas no projeto, foi possível convencer os gerentes e diretores das outras áreas que o projeto traria vantagens para os mesmos e ampliando, para toda organização.

Contudo, a identificação dos maiores interessados ou simplesmente *stakeholders* do projeto, bem como suas necessidades é uma das fases que mais influenciam para o sucesso do mesmo, pois nela, buscam-se patrocinadores e apoio das áreas que diretamente executarão os trabalhos.

Segundo A. Hitt (2013) os *stakeholders* são pessoas ou grupos que podem afetar e são afetados pelos resultados obtidos em determinado projeto estratégico.

Nesse caso, como já analisado anteriormente com auxílio da ferramenta TPC - figura 29, os *stakeholders* que poderão afetar ou serem afetados neste projeto são: Compliance, Cliente, Gestão da Informação, Gerente da Qualidade e Analistas da Documentação da Oil & Gas.

Após a identificação dos *stakeholders*, foi aplicada uma ferramenta denominada “*Stakeholder Analysis*”. Esta ferramenta é muito utilizada na Oil & Gas, pois contribui para uma visualização gráfica das necessidades e expectativas dos *stakeholders*, conforme ilustrado na figura 30.

Figura 30 - Análise das partes interessadas

<i>Análise Stakeholders</i>						
Stakeholders	Contra --	Contra -	Neutro	Apóia +	Apóia ++	Razões para Classificação
<b>Compliance</b>		X			O	Cliente terá acesso a rede intranet da empresa, porém com restrições.
<b>Gerente da Qualidade</b>					XO	Aumento do OTD na área do controle da qualidade.
<b>Cliente</b>			X		O	Mudança do processo de análise da documentação revisada pelo Cliente.
<b>Analista da Documentação</b>				XO		Aumento do controle da documentação analisada.
<b>Gestão da Informação</b>			X	O		Tempo de espera para iniciar o estudo de um novo programa, muito alto.

X = Onde eles estão agora  
 O = Onde eles precisam estar  
 → = A diferença que precisa eliminar

Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

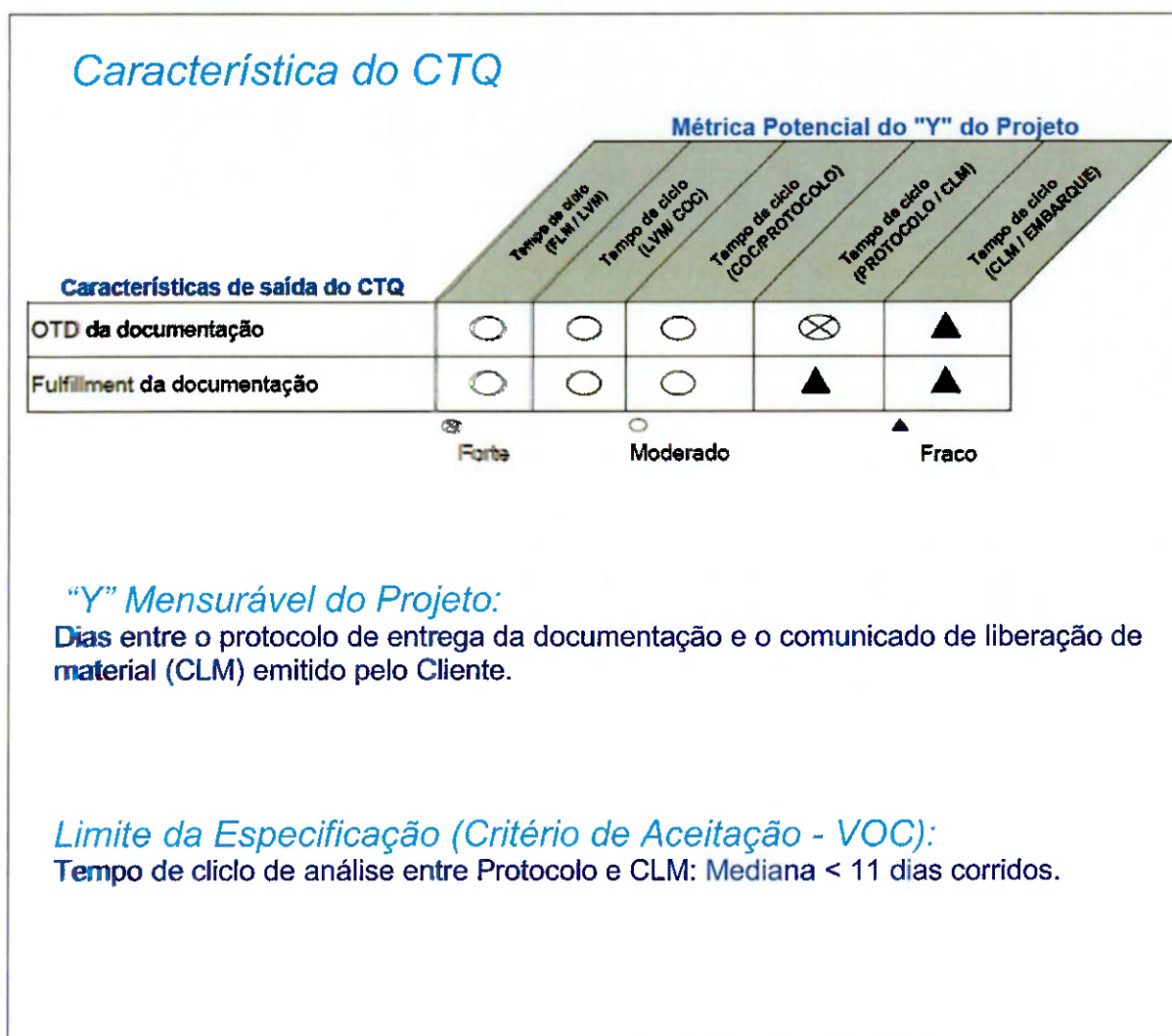
### 3.5 FASE M (MEDIÇÃO)

#### 3.5.1 Identificar as saídas do Processo (Y's)

Para confirmar a característica do "Y" do projeto utilizou-se a ferramenta "Quality Function Deployment" (QFD) ou como é mais conhecida "Casa da Qualidade". Segundo DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] a QFD é uma estruturada metodologia para identificar e traduzir as necessidades dos Clientes em requisitos técnicos e em

características mensuráveis. Desta forma é possível afirmar analisando a figura 30 que o “Y” do projeto é mensurável, estando fortemente relacionado com o CTQ(s) identificados pelo Cliente. Também é possível observar na figura 31, que o “Y” do projeto compreende somente o ciclo de análise de documentação no período entre a entrega do(s) documento(s) protocolado(s) pelo Cliente e liberação do equipamento com emissão do CLM.

Figura 31 - Características CTQ ou “Y” do projeto



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

### 3.5.2 Identificando os objetivos e padrões de desempenho

Nesta fase do projeto é definido os critérios de aceitação do Cliente, estabelecido como medir o processo, quais são as unidades de medida e se as mesmas são discretas ou contínuas. Ressalta-se que o padrão de desempenho para o projeto é o

resultado do consenso dos membros da equipe após análise dos dados dos ciclos do processo anteriores e atuais. Sendo assim, foi estabelecido entre a Oil & Gas e o Cliente a meta de atingir uma mediana menor que 11 dias, uma vez que o processo atual como ilustrou a figura 22 localizada na seção 3.4.2.2, apresentou uma mediana de 14 dias.

Figura 32 - CTQ Performance padrão

CTQ Performance Padrão

Esclarecer Dados		CTQ Performance Padrão									
CTQ Grandeza	Tipo de dados	Definição Operacional	Segmentação fatores					CTQ Características de desempenho			
								LIE	LSE	Meta	Admissível DPMO
Tempo	C	Dias entre o protocolo e o comunicado de liberação (CLM) emitido pelo Cliente.	-	-	-	-	-	0	14	11	-

Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

Como ilustrado na figura 32, referente aos objetivos e padrões de desempenho do Projeto define-se: a) tempo, em dias, entre o recebimento protocolado da documentação pelo Cliente e a emissão do CLM; b) dados contínuos; c) limite inferior da especificação (LIE) 0; d) limite superior da especificação (LSE) 14; e) meta 11 dias.

### 3.5.3 Validando o Sistema de Medição

Ao identificar o “Y” mensurável do projeto, conforme ilustra a figura 31, e determinar qual padrão de desempenho ou especificação do Cliente, conforme ilustra a figura 32, se fez necessário validar o sistema de medição.

Todavia, o sistema de medição e controle da área de documentação técnica da qualidade da Oil & Gas, era realizado através de uma planilha em *software Excel*



denominada “Status da documentação itens *Offshore*”, onde se controla todas as datas de entrega de documentação e protocolos de recebimento da documentação pelo Cliente, bem como datas de emissão do CLM.

Segundo DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] para validação do sistema de medição pode-se utilizar o método *Gauge R&R* por atributos, mesmo quando a característica do “Y” do projeto seja dados contínuos. A condição para que isso seja possível segundo DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] são; a) se os dados coletados podem ser classificados como atributos e; b) que os objetivos mantenham-se inalterados.

Considerando os parâmetros descritos no parágrafo acima, iniciou-se o processo de validação do sistema de medição conforme o seguinte procedimento: a) Escolheu-se 2 operadores (analistas de documentação) habilitados no *software Excel*; b) após coleta de dados por dois operadores; c) compilou-se as informações em uma única planilha denominada eficácia do Gage R&R por atributos; d) analisou-se os valores coletados pelo operador 1 e 2; e) subtraiu-se os valores coletados pela operador 1 e 2 obtendo o range; f) verificou-se se havia concordância entre os valores; g) detectou-se apenas uma discordância entre os operadores dentre 88 itens analisados.

O cálculo realizado consistem em: número de concordância(s) menos número de discordância(s) divididos pelo número de itens, conforme demonstra a figura 33. Quanto ao critério de aceitação, segundo DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...], se Gauge R&R for menos do que 10% - sistema de medição aceitável.

Com o resultado de 99% de concordância entre as medições dos operadores, pode-se concluir que o sistema de medição, planilha “Status da documentação itens *Offshore*” está validado.

Figura 33 - Eficácia R&amp;R

<i>Eficácia do Gage R &amp; R por Atributo</i>							
ITEM	Número do Equipamento	Número de Série Operador A	Número de Série Operador B	OPERADOR A (Medição 1)	OPERADOR B (Medição 1)	RANGE (A-B)	ACORDO
1	B51058-1	602995-01	602995-01	9	9	0	SIM
2	B51386-1	602083-01	602083-01	14	14	0	SIM
3	B51604-1	600299-01	600299-01	41	41	0	SIM
4	B51604-1	600301-01	600301-01	44	44	0	SIM
5	B51604-1	600302-01	600302-01	44	44	0	SIM
↓							
82	B51805-1	603085-01	603085-01	22	13	9	NAO
↓							
88	B51805-1	603091-01	603091-01	10	10	0	SIM
PONTUAÇÃO DO AVALIADOR:				100%	100%	----	----
TRIAGEM % EFICAZ PONTUAÇÃO						99%	

99% das vezes (87/88) houve acordo unânime para passar

Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

### 3.6 FASE A (ANÁLISE)

#### 3.6.1 Determinando a capacidade do processo

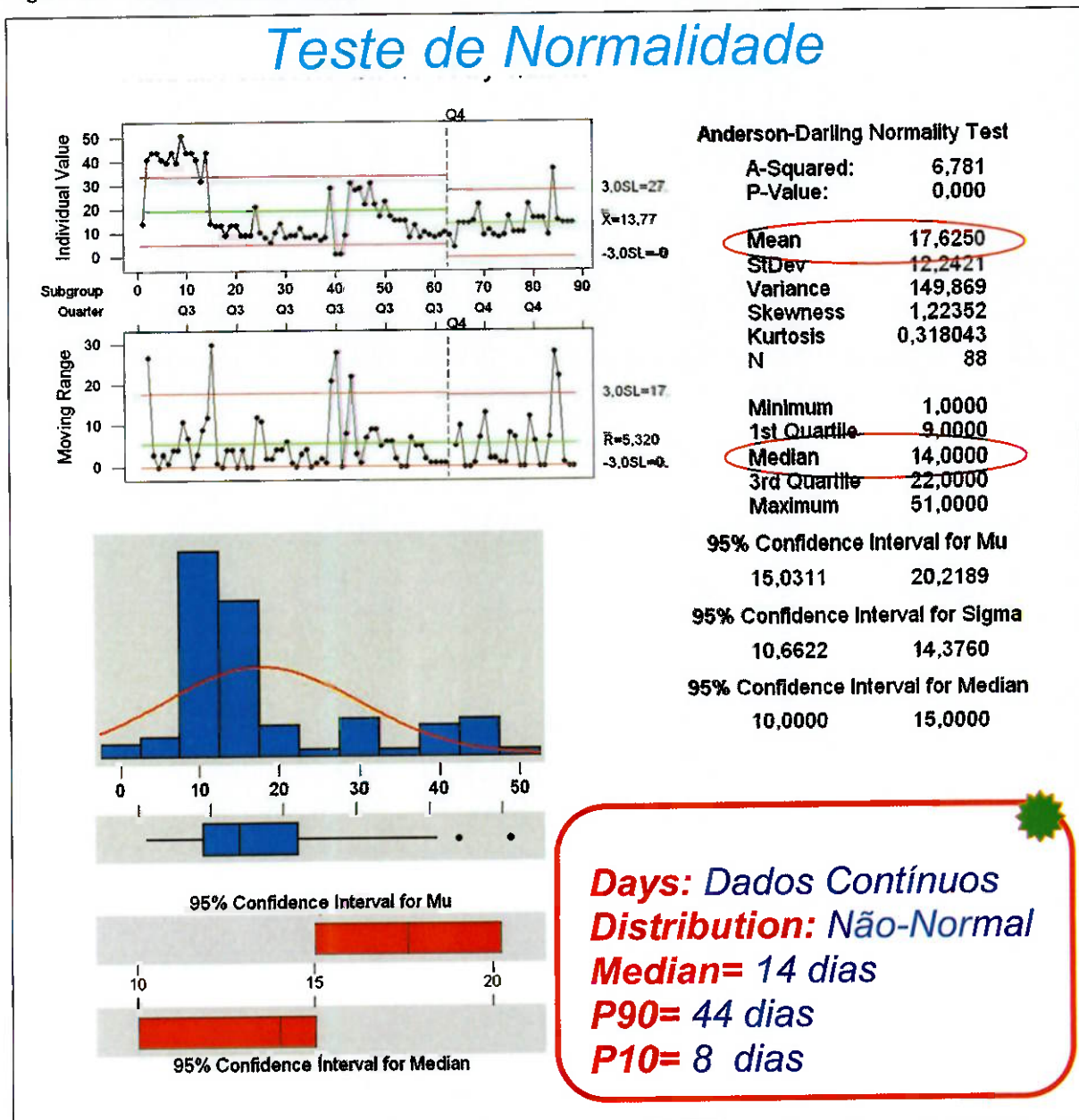
##### 3.6.1.1 Teste de Normalidade

Para realizar o teste de normalidade dos dados do processo foi utilizado as ferramentas do software Minitab® como ilustra as figuras 34. Os dados de entrada



foram coletados da planilha "Status da documentação itens *Offshore*", com tamanho da amostra de 88 equipamentos.







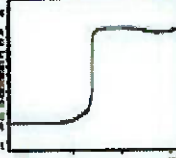

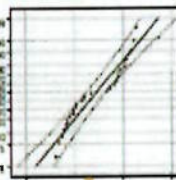
Figura 34 - Teste de Normalidade



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Minitab - Adaptado

O resultado do teste de normalidade apresentou os seguintes valores: a) média= 17,62; b) mediana= 14. Assim sendo conclui-se que o processo não apresentou uma curva normal, conforme ilustrado na figura 34. Contudo, segundo DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] nestes casos pode-se utilizar outros indicadores estatísticos de tendência central e variância, conforme ilustra a figura 35.

Figura 35 - Resumo dos indicadores estatísticos

Shape	Normality plot	Central tendency	Variance
 Normal	Normal probability plot for a normal distribution 	Mean ( $\bar{x}$ )	Standard deviation (S)
  Skewed	Normal probability plot for an exponential distribution 	Quartile Q1 or Q3	Stability factor (SF)
 Long-tailed	Normal probability plot for a long-tailed distribution 	Median ( $\tilde{x}$ )	Span or range
 Bi-modal	Normal probability plot for a bi-modal distribution 	The different processes must be separated before descriptive statistics can be calculated	

Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

Portanto, devido o resultado do teste de normalidade apresentar uma curva não-normal, conforme dados ilustrados na figura 34 e 36, conclui-se que a mediana (14 dias) será o melhor indicador para tendência central e o span ou range que denomina-se P10 (8 dias) a P90 (44 dias) (distância de 10% a 90%) será o melhor indicador para a variância.

Figura 36 - Resultado do Teste de Normalidade

Anderson-Darling Normality Test	
A-Squared:	6,781
P-Value:	0,000
Mean	17,6250
StDev	12,2421
Variance	149,869
Skewness	1,22352
Kurtosis	0,318043
N	88
Minimum	1,0000
1st Quartile	9,0000
Median	14,0000
3rd Quartile	22,0000
Maximum	51,0000
95% Confidence Interval for Mu	
	15,0311      20,2189
95% Confidence Interval for Sigma	
	10,6622      14,3760
95% Confidence Interval for Median	
	10,0000      15,0000

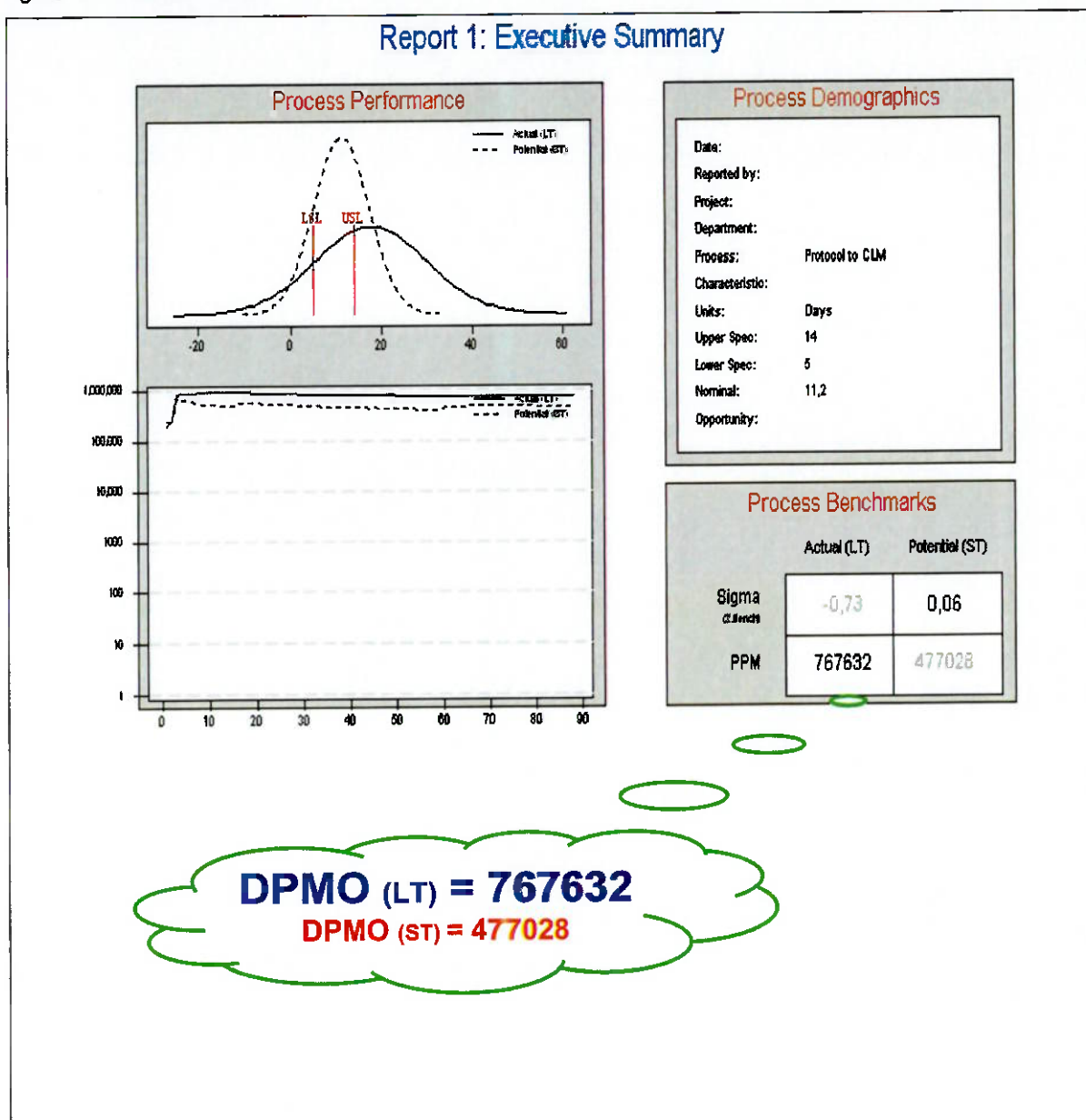
Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Minitab - Adaptado

### 3.6.1.2 Processo de Avaliação Comparativa

No processo de avaliação comparativa, verificaram-se quais eram as oportunidades de melhoria que se podia atingir. Isso se deu através dos cálculos estatísticos com o software Minitab®, mostrados nas figuras 37 e 38 que possibilitou obter o DPMO do processo, bem como Z(bench), índices comumente utilizados para análise da capacidade do processo.

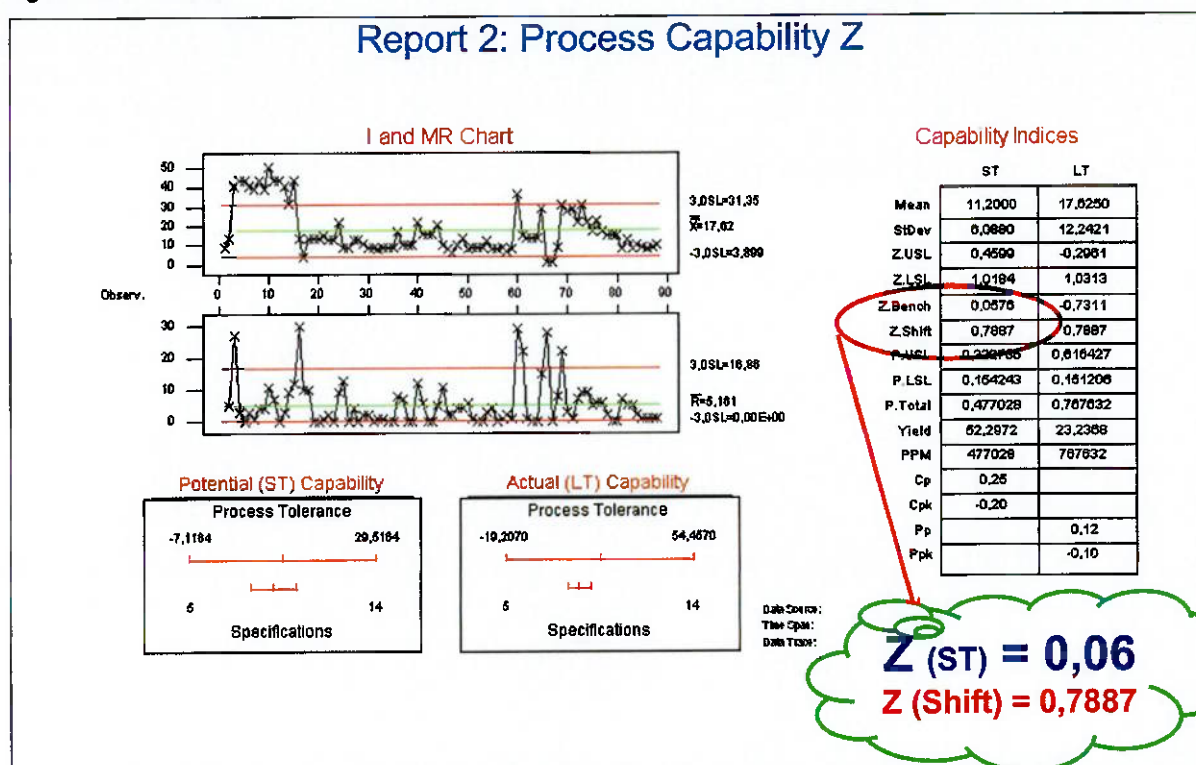
Interpretando os resultados ilustrados na figura 37 e 38 tem-se: DPMO do processo atual é de 767632, tendo um potencial de chegar em 477028, ou seja, fazendo a divisão do DPMO potencial pelo DPMO atual tem-se ( $477028 / 767632 = 0,62$  ou 62%). Este resultado mostra que o processo atual poderá ser melhorado com uma redução de defeito de até 40%.

Figura 37. - DPMO inicial



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

Figura 38. - Z inicial



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

Analisando a capacidade do processo, considerando um processo com curva não normal, como já comentado nos parágrafos anteriores, com os valores potenciais DPMO (ST) = 477028 e o Z (bench) = 0,06, foi possível constatar um amplo campo para melhorias de pelo menos 40%, restando a partir de então, traçar uma meta atingível com base nestes dados, para obter um plano de ação efetivo.

### 3.6.1.3 Definindo objetivos de desempenho

Os objetivos de desempenho são aqueles como ilustrados na figura 39, onde é possível constatar que no processo atual há um grande potencial para redução de pelo menos 40% do DPMO, que significa diretamente uma redução no tempo de ciclo da análise de documentação entre a Oil & Gas e o Cliente. Assim sendo, pode-se concluir que a meta de 20% na redução do tempo de ciclo é factível.



Figura 39 - Objetivos do Projeto

## Objetivos do Projeto

- **Days:** Continuous data
- **Distribution:** NonNormal
- **Median**= 14 days
- **P90**= 44 days
- **P10**= 8 days

### Process Benchmarks

	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Z Bench)	-0.73	0.06
PPM	767632	477028

Reduzir o tempo  
de ciclo de análise  
de documentação  
entre Oil & Gas e  
o Cliente em pelo  
menos 20%

### Process Entitlement

**DPMO (ST)** = 62%  
**DPMO (LT)**

**Mediana**= 11.2  
**P90**= 14  
**P10**= 5

**Reduzir DPMO (LT) em  
pelo menos 40%**

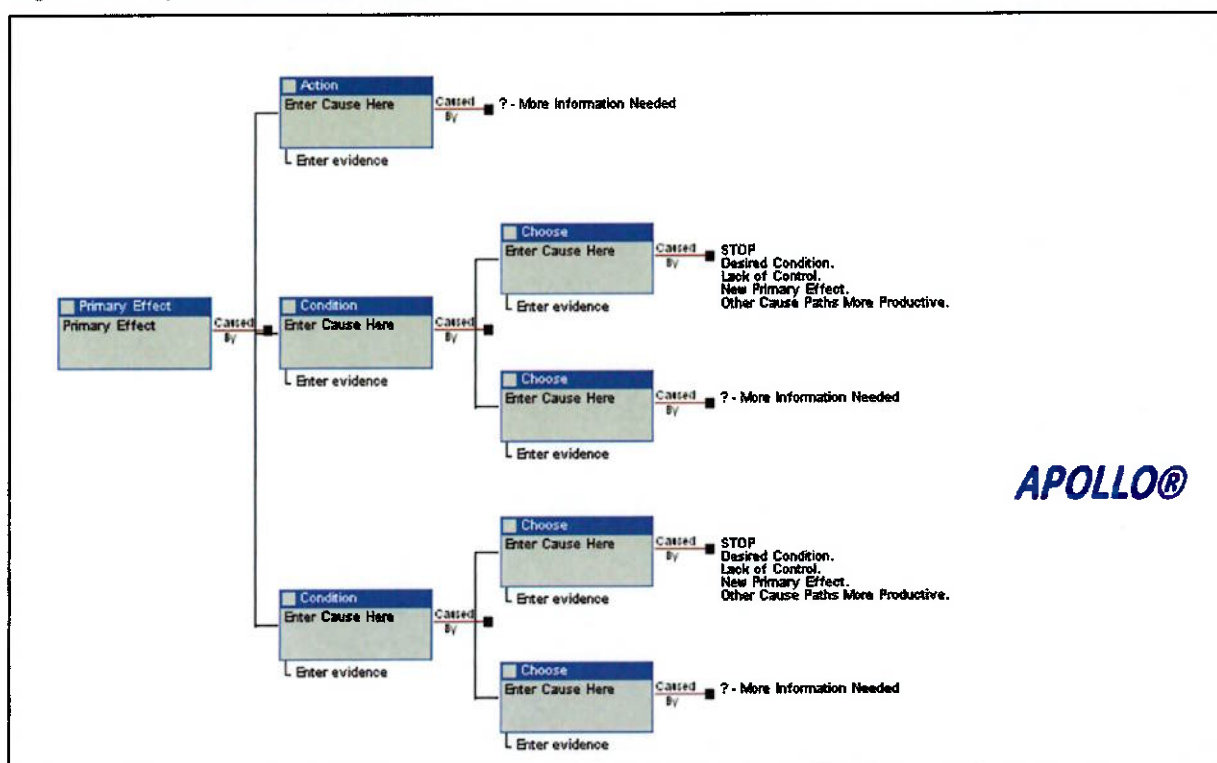
### 3.6.1.4 Identificando fontes de variação X's

Segundo Gano (2007) por conhecer as causas, pode-se encontrar variáveis que estão sobre controle, porém quando modificados ajudarão a alcançar as metas e objetivos. Com base neste conceito, esta fase do projeto identificou as fontes de variação "X's" que influenciavam diretamente no "Y" do projeto, para isso foi utilizado o software para análise de causa raiz denominado Apollo®.

O software Apollo®, como ilustra a figura 40, através da relação causa e efeito, iniciando com efeito primário (não-conformidade, acidente, etc.) da esquerda para direita, possibilita listar diversas soluções para uma determinada condição e ação que causou o efeito primário.

Utilizando este método de detectar a causa de um determinado efeito, é possível alcançar infinitas causas, porém para que seja determinada a causa mais provável daquele determinado efeito, é preciso que a mesma sempre esteja acompanhada por alguma evidência.

Figura 40 - Apollo root cause analysis



Fonte: Gano (2007)

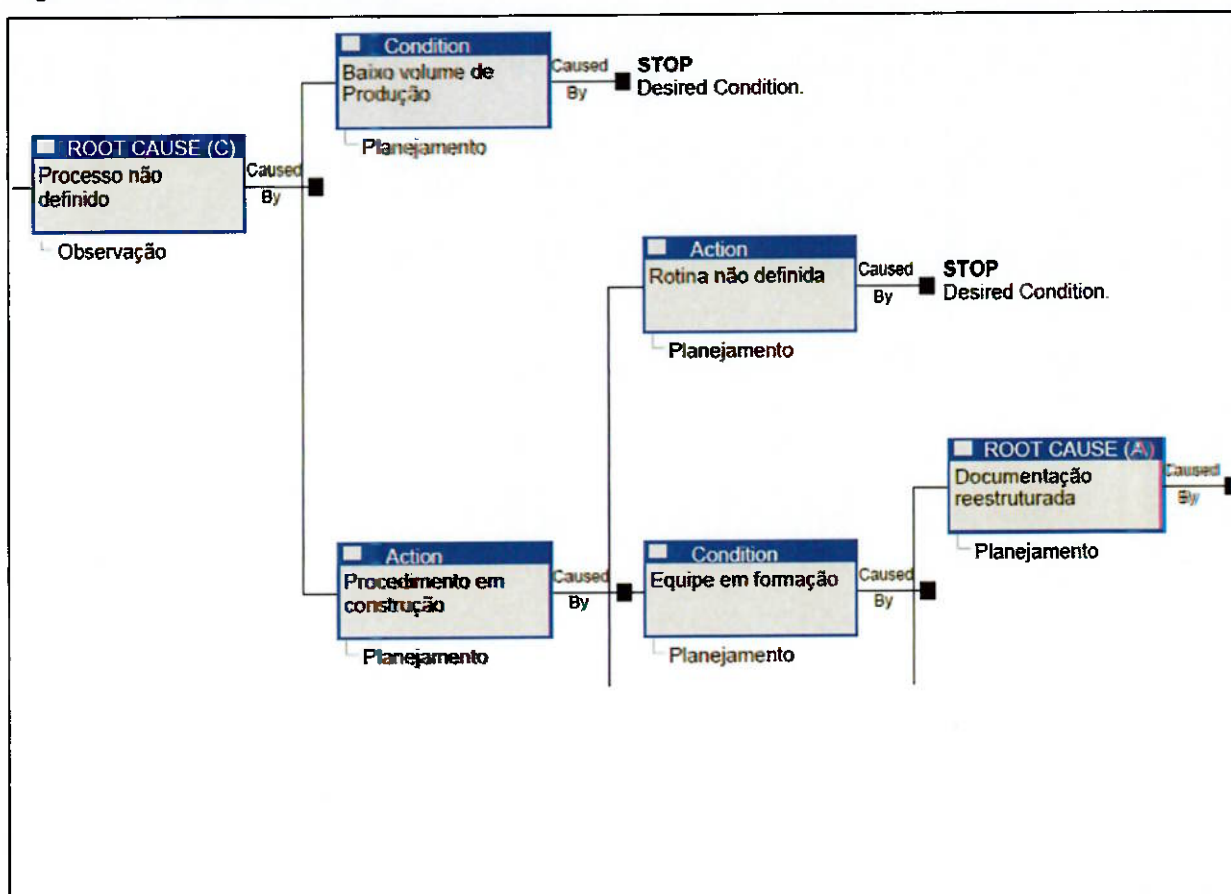


### 3.7 FASE I (MELHORIA)

#### 3.7.1 Triagem das causas potenciais X's

Para realizar a triagem das causas potenciais X's foi utilizado o software Apollo® root cause analysis, conforme ilustrado na figura 41. Com o método Apollo, foi possível identificar de maneira precisa os X's potenciais; X1 - Reestruturação do time da documentação e X2 - Falta de Processo (Comunicação) destacados na figura.

Figura 41 - Análise Causa-Efeito



Fonte: General Electric Company - Apollo (2007) [...] Adaptado

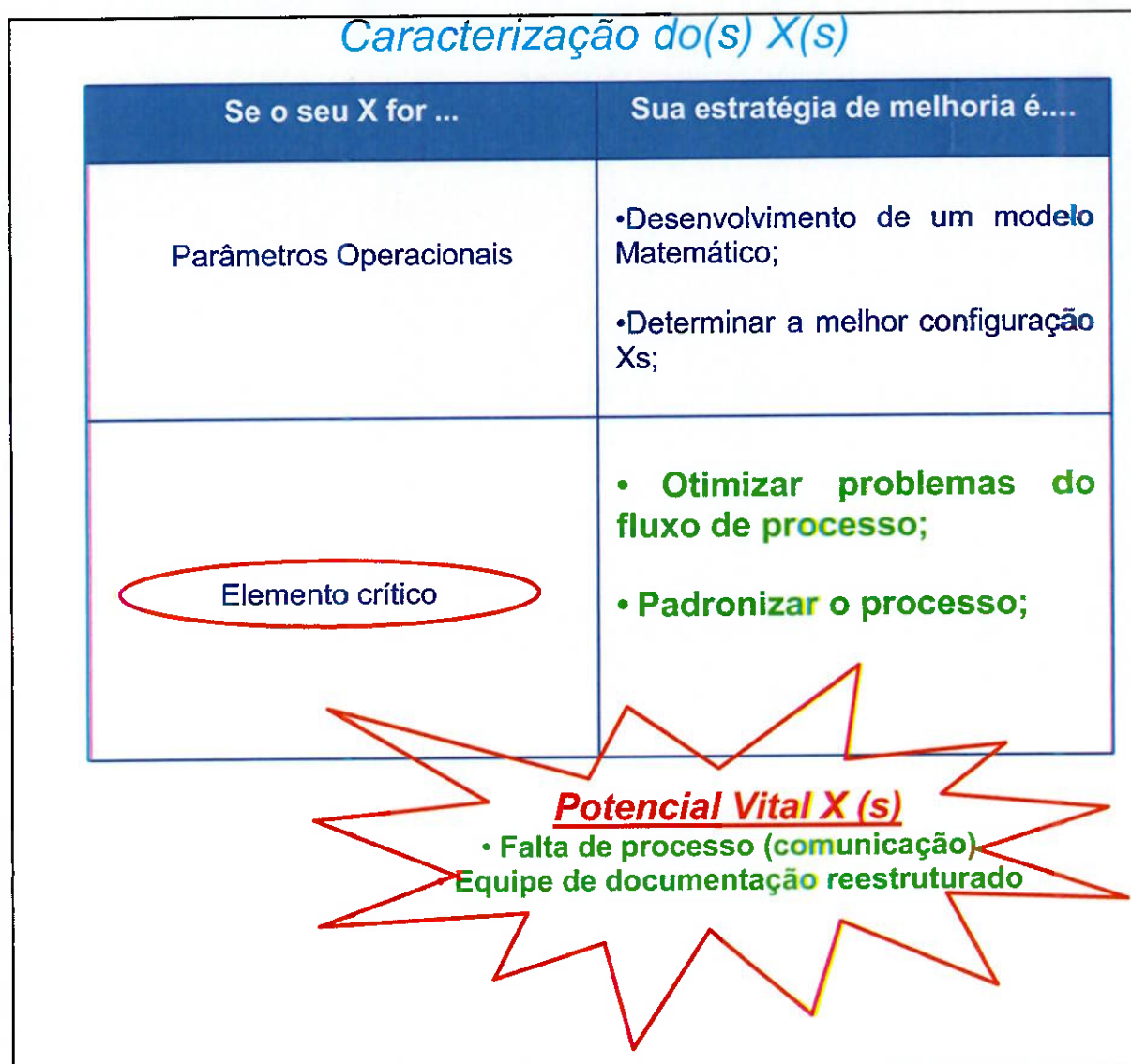
#### 3.7.2 Relação das variáveis X's descoberta, com o processo

##### 3.7.2.1 Caracterização do(s) X's

A caracterização do(s) X's, conforme ilustrado na figura 42, visa a identificação da melhor solução de melhoria para o processo, considerando que a diminuição da

variação dos “X’s” está diretamente ligada à variação do “Y” do projeto. Fato comprovado pela equação de simples entendimento, mas com grande aplicação  $Y = f(X)$ . No caso em questão, os X(s) identificados são elementos críticos para o sucesso do projeto. Assim sendo a estratégia de melhoria será: a) otimizar problemas do fluxo do processo; b) padronizar o processo.

Figura 42 - Caracterização do(s) X's



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

### 3.7.2.2 Otimizando fluxo do processo - X<sub>1</sub>

Para otimizar o fluxo com base no mapa de processo já explanado nos parágrafos anteriores, foi realizado um estudo de todos os documentos emitidos durante a operação de análise, envio e recebimento da documentação técnica pelo o Cliente. Isso se deu através de uma modernização e aperfeiçoamento da programação do sistema eletrônico desenvolvido internamente pela equipe do TI acessado via web-Intranet, utilizando para controle e tramitação de documentos, entre eles o “Relatório de Análise de Documentação (RAD), que passou a ser Protocolo de Análise de Documentação (PAD).

Figura 43 - Otimizando fluxo do processo

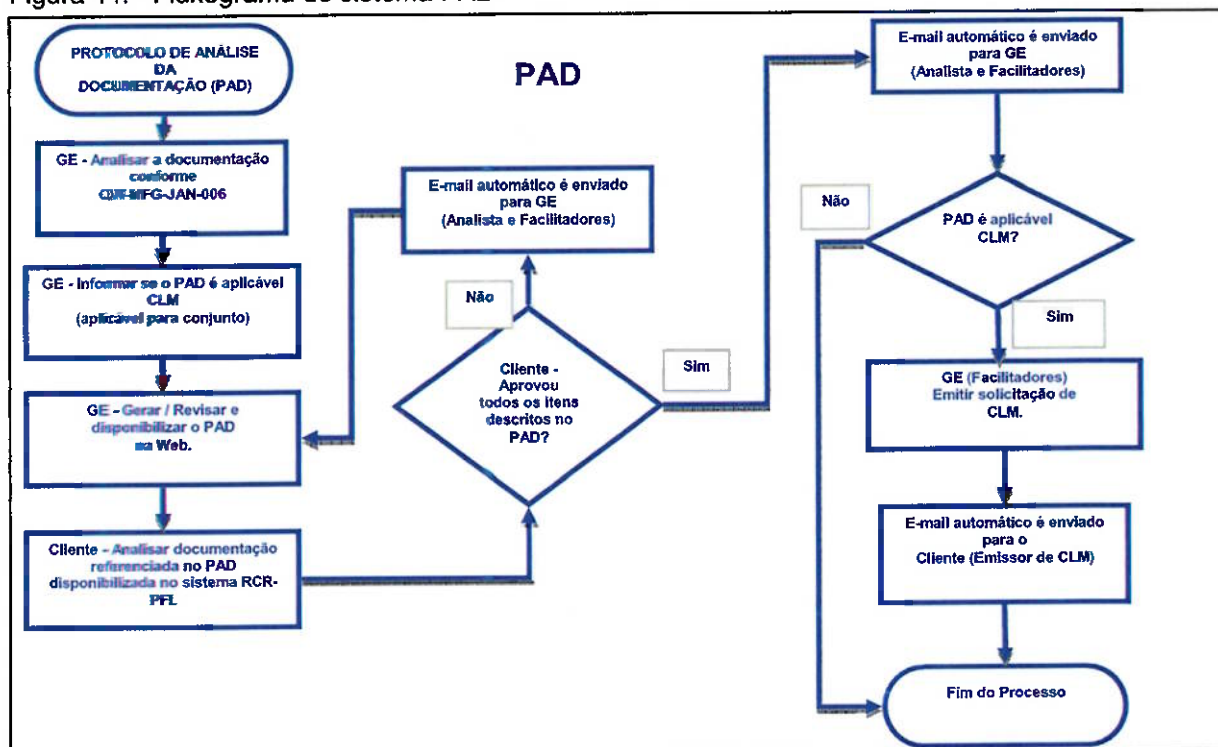


Fonte: Oil & Gas - Procedimento de Análise da documentação Técnica (2012) [...]

O aperfeiçoamento da programação do sistema eletrônico Intranet possibilitou a eliminação de 5 tipos de controle realizados durante o fluxo do processo em apenas 1, conforme ilustra a figura 43.

Um dos pontos fortes do sistema PAD, é que, o Cliente tem uma comunicação direta e online com a área da documentação técnica da qualidade da Oil & Gas. Logo todos os documentos gerados durante a fabricação dos equipamentos e inseridos no sistema PAD, são visualizados pelo Cliente “on time”, possibilitando o mesmo iniciar a sua análise e dar o seu parecer. Caso for um parecer de reprovação ou pendência o analista da documentação da Oil & Gas também recebe a informação “on time”, fazendo as devidas correções ou inserções de informações e encaminhando novamente ao Cliente, conforme fluxograma ilustrado na figura 44. Desta forma, quando o equipamento estiver com todas as fases de fabricação concluída, já haverá também toda a documentação aprovada pelo Cliente, sendo somente necessário solicitar via PAD, a emissão do comunicado de liberação de material.

Figura 44. - Fluxograma do sistema PAD



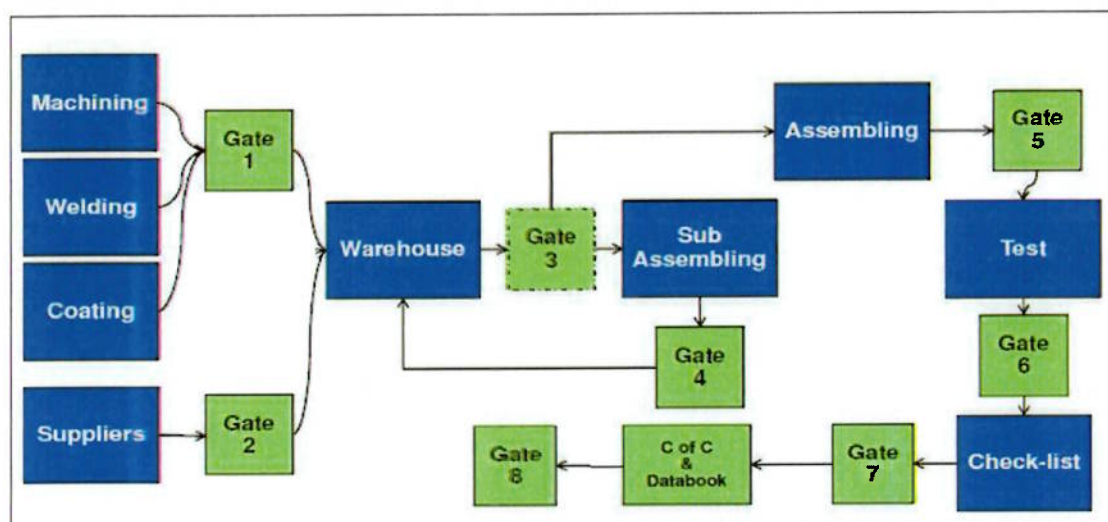
Fonte: Oil & Gas - Procedimento de Análise da documentação Técnica (2012) [...]

### 3.7.2.3 Padronizando o processo - X<sub>2</sub>

Com a detecção das causas das não-conformidades e pendências emitidas pelo Cliente nos documentos a eles submetidos, foi possível relacionar o impacto negativo no processo com a reestruturação da área de controle da qualidade e aumento na contratação de novos colaboradores pela Oil & Gas. Esta explosão de crescimento na área da documentação, colaborou com a falta de padronização dos processos.

Para solucionar a falta de padronização nos processos foi criado um novo procedimento de análise da documentação conforme fluxograma ilustrado na figura 45. Este procedimento contempla toda área de documentação técnica da qualidade e suas interfaces na organização, como por exemplo; o Cliente, áreas de manufatura, montagem, etc. Ressalta-se também que este novo procedimento possibilita a análise da documentação em tempo real, em paralelo com a fabricação do equipamento. Neste caso, os equipamentos somente passam de fase de fabricação se a documentação for aprovada nos pontos de parada obrigatórios denominados “Gates”.

Figura 45 - Fluxograma - Procedimento de análise da documentação



Fonte: Oil & Gas - Procedimento de Análise da documentação Técnica (2012) [...]

Para os novos colaboradores foi criado um programa de treinamento para os mesmo e aqueles recém contratados passaram por uma reciclagem, visando também o aperfeiçoamento na operação do novo sistema operacional PAD. É importante



destacar que a equipe de analista do Cliente também passou por um treinamento no novo procedimento de análise da documentação e no sistema operacional PAD.

### 3.7.2.4 Estabelecimento de tolerâncias operacionais X's

As variáveis críticas "X's" para o sucesso do "Y" do projeto, considerando  $Y=f(X)$  e já estando definidas e implantadas, se faz necessário o estabelecimento de tolerâncias operacionais para as mesmas, conforme ilustra a figura 46, com intuito de controlá-las e manter o processo dentro das especificações do Cliente, obtendo assim um monitoramento constante para melhoria contínua.

Figura 46 - Tolerâncias operacionais X's

<i>Tolerâncias Operacionais</i>						
Esclarecer Dados		Padrões de Desempenho Variável X				
"X" Grandeza	Tipo de Dados	Definição Operacional da Variável X	Características de desempenho variável X			
			LIE	LSE	Meta	Permitida DPMO
<b>Time</b>	<b>C</b>	Dias entre o protocolo e o comunicado de liberação (CLM) emitido pelo Cliente.	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>477028</b>

Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

## 3.8 FASE C (CONTROLE)

### 3.8.1 Validando o novo sistema de Medição

Devido ao novo sistema de medição ter a mesma base de dados e também os mesmos operadores, não se fez necessário realizar a validação da R&R.

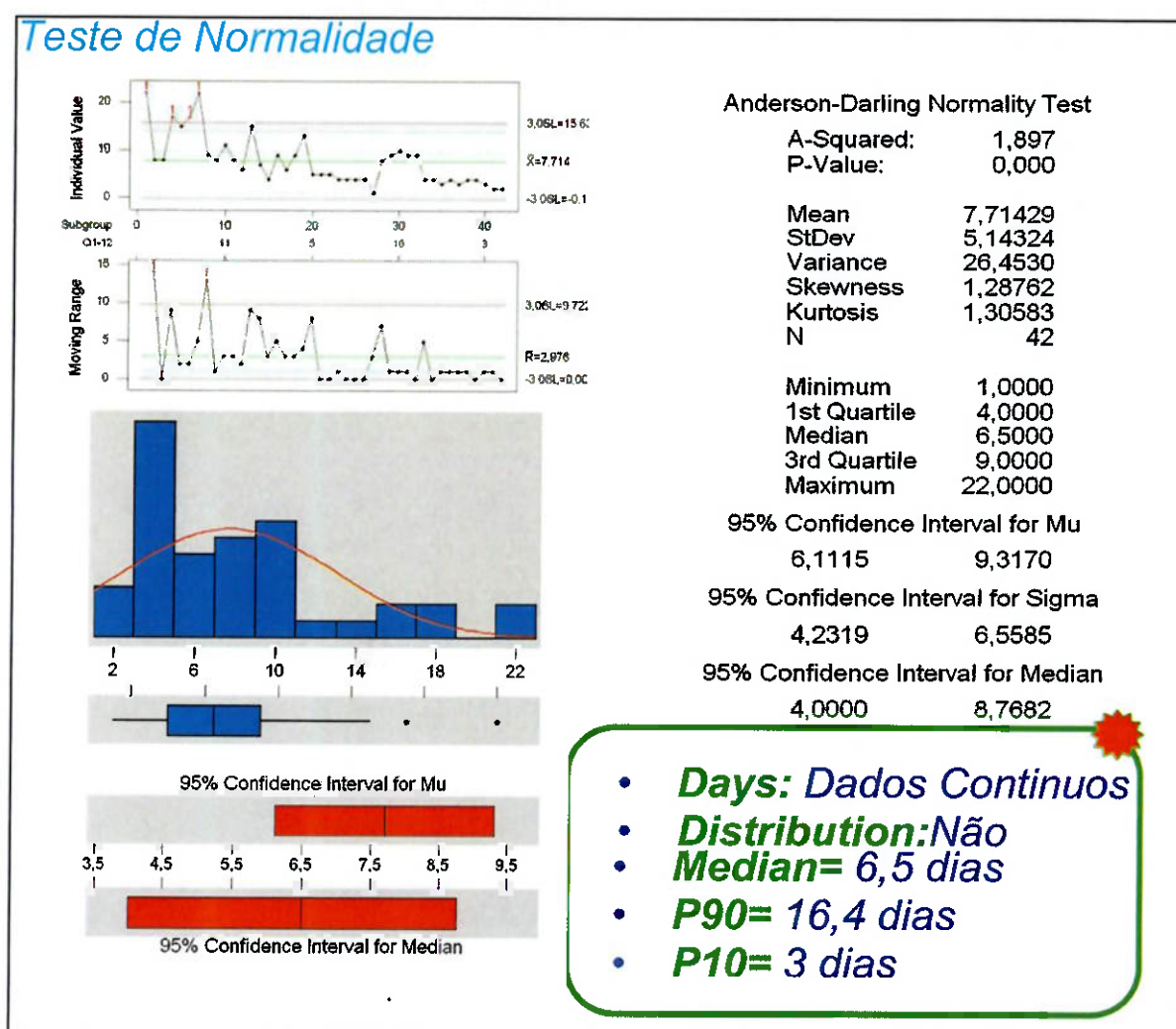
### 3.8.2 Determinando a capacidade do novo processo

Como se trata de uma melhoria de processo, se faz necessário novo cálculo estatístico para determinar qual é a capacidade do mesmo. Considerando que é um

processo que não possui uma curva de normalidade, é bom ressaltar que as especificações estão baseadas nos indicadores; mediana e span, conforme ilustra a figura 47.

Analisando os dados coletados durante o período de 1 trimestre como ilustrados na figura 47, é perceptível a melhoria no processo. Ao comparar os indicadores; mediana e span anteriores às melhorias implantadas tinham-se os seguintes valores: mediana 14 dias; P90 44 dias e; P10 8 dias, já para o novo processo tem-se: mediana 6,5 dias; P90 16,4 e P10 3 dias. Contudo, para confirmação desta interpretação ainda prematura, há dois índices que a estatística dispõe o DPMO e o Z(bench), além do teste de hipótese calculados conforme ilustrados nas figuras 48, 49 e 50.

Figura 47 - Teste de normalidade novo processo



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado



Analisando a figura 48 e 49, onde se encontra respectivamente, o DPMO final= 409670 e Z bench final= 0,23 do novo processo, pode-se confirmar a melhoria nos resultados, calculando-se a redução do DPMO final, comparando o mesmo com o DPMO inicial como segue:  $\text{DPMO final} / \text{DPMO inicial} = 409670 / 767632 = 54\%$ , ou seja ocorreu uma redução no DPMO de 46%.

Figura 48 - DPMO final

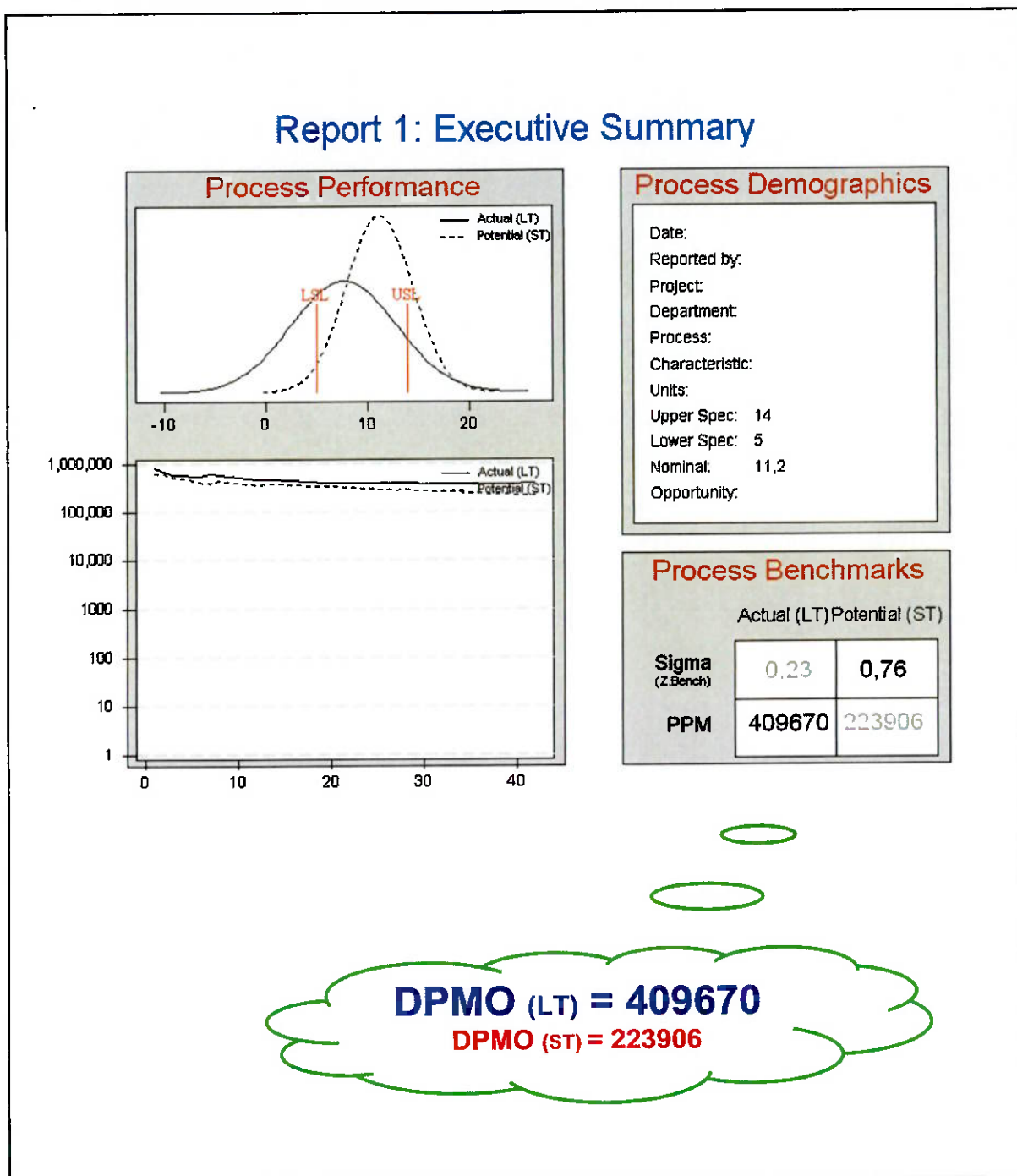
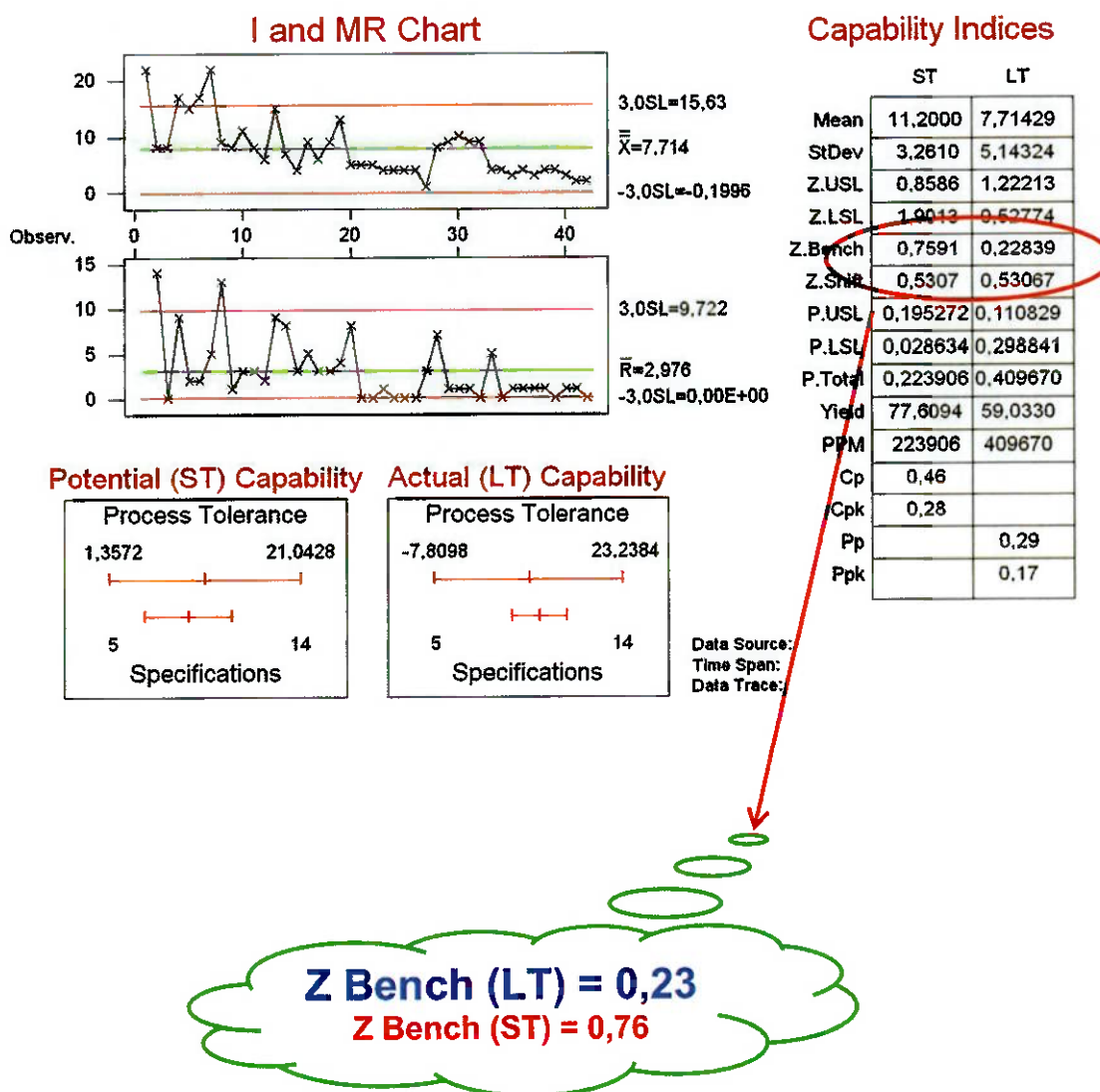


Figura 49 - Z final

## Report 2: Process Capability Z

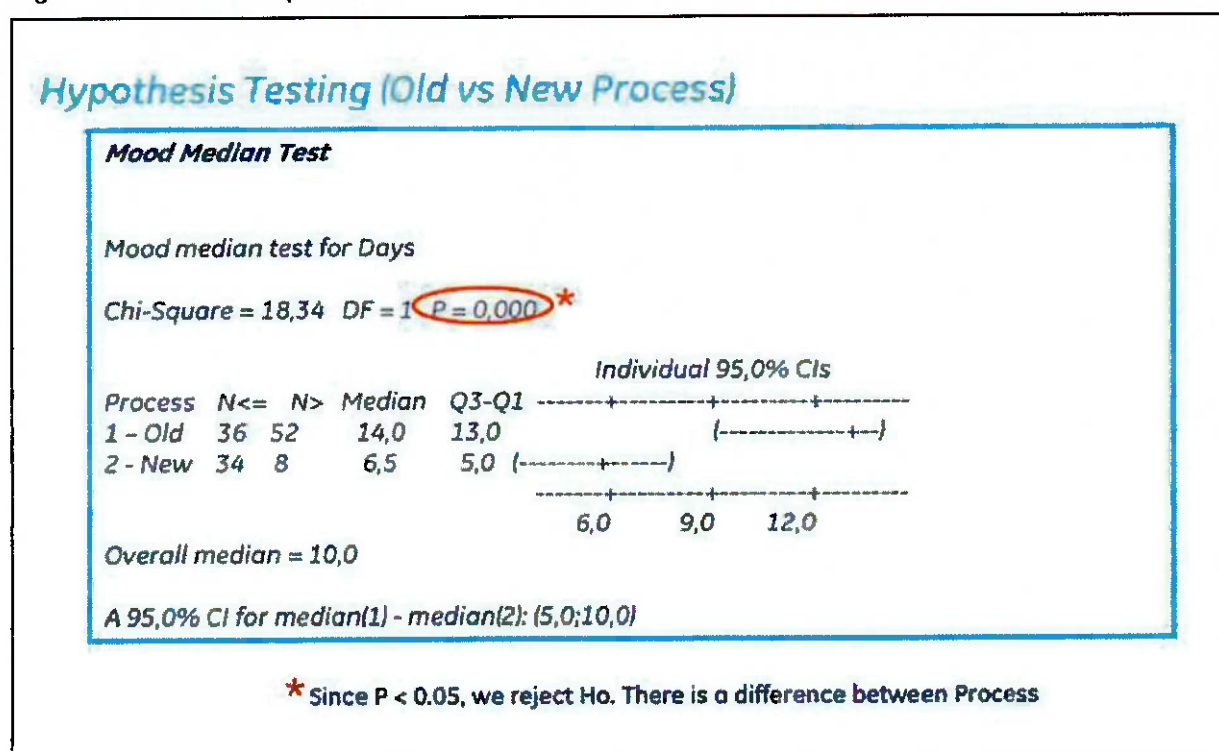


Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

### 3.8.3 Confirmando o objetivo de melhoria do “Y” do projeto

Para realizar a confirmação de melhoria entre o processo antigo com o novo, realizou-se um teste de hipótese. Porém por se tratar de um processo com dados não normais e segundo DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...], nestes casos utiliza-se a ferramenta estatística “Mood’s median test” pelo software Minitab®, conforme ilustrado na figura 50.

Figura 50 - Teste de Hipótese



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

Avaliando o teste de hipótese, onde  $P < 0.05$  rejeita-se  $H_0$ . É possível afirmar que a há uma diferença entre o processo antigo e o novo.

### 3.8.4 Implementando o controle de processo

Como já mencionado nos parágrafos anteriores, novos controles do processo foram implementados, bem como procedimentos e instruções técnicas conforme ilustrado na figura 51.

Figura 51 - Novo controle do processo

## Novo controle do processo



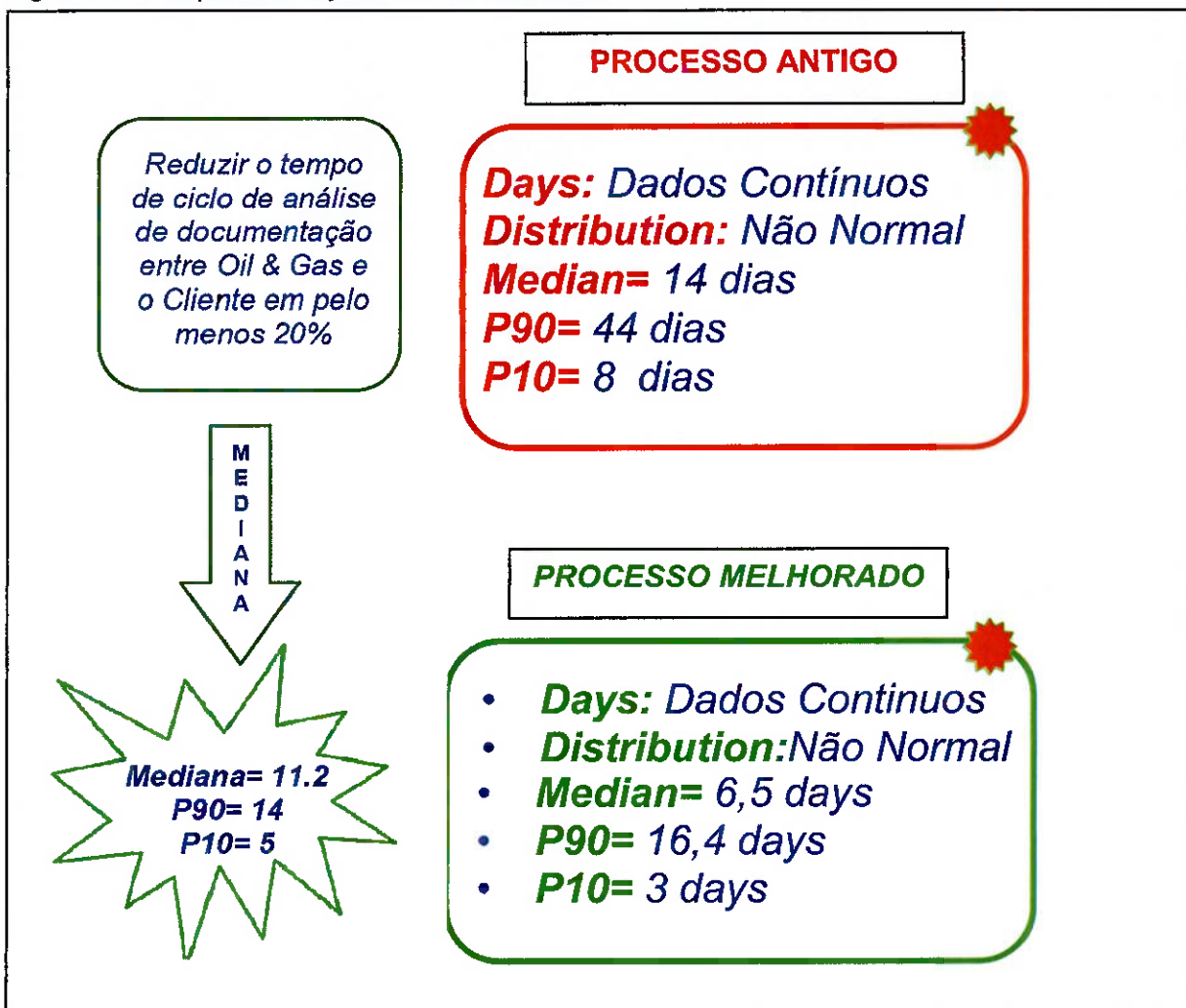
Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 4.1 COMPARANDO O OBJETIVO DO PROJETO COM OS RESULTADOS

Ao comparar o objetivo do projeto com os resultados alcançados, pode-se concluir que o mesmo superou as expectativas, conforme ilustra a figura 52.

Figura 52 - Comparando objetivo com os resultados



Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado

Ressalta-se que considerando a mediana e também o DPMO como base para o cálculo, observa-se uma redução de 46% no tempo de ciclo de análise da documentação técnica entre a Oil & Gas e o Cliente.

## 4.2 VALIDAÇÃO E RETORNO FINANCEIRO DO PROJETO

Com os resultados plausíveis no quesito satisfação dos Clientes interno e externo, o outro objetivo deste projeto Seis Sigma fora o OTD ou Big “Y”, uma vez que se fosse alcançado, traria retorno financeiro para organização. Nesse aspecto o projeto também alcançou excelente resultado. Após análise da área financeira da Oil & Gas, foi validado um retorno financeiro expresso em dólares de \$629,000 em apenas um trimestre de medição, conforme ilustra a figura 53.

Figura 53. - Resumo do retorno financeiro

QPTS

Project Number: **V227546.1**

---

**Title:** Cycle Time Reduction on Technical Documentation Approval (Offshore Equipment)

**Business "Y":** O&G-Fulfillment

**Big Y:** O&G-VG-On Time Delivery

**Business:** O&G VetcoGray

**Process/COE:** Integration

**Project Leader:** Santos, Amarildo Silva(GB-DMAIC)

**Financial Rep.:** Franco, Hilton de Oliveira

**QMS Leader:** Verbrugge, Michiel Adriaan(QMS-DMAIC)

**Function:** Vetco Operations

**Status:** Closed

**MBB:** McMillan, Gordon J H(MBB-DMAIC)

**Type:** PQ

**Financial Comments:**

The project is based on the time spent when all documentation for one equipment is ready and must be approved by the client. Before the project we were taking between 8 to 44days (P10/P90) and after improvements and system modification we are taking from 3 to 12 days besides those improvements on FTY avoiding rework.

**Is this project registered within another application?:** NO: QPTS Only

**Finance Rep. Participation required?:** Yes

Funds Flow	
Account	Amount
Inventory	629

All \$ are USD in 000's

Fonte: General Electric Company - DMAIC Book Rev 5.4 (2012) [...] Adaptado



## 5 CONCLUSÃO

O tema proposto por este trabalho visou apresentar a aplicação da metodologia Seis Sigma - DMAIC em um processo produtivo, objetivando reduzir o tempo do ciclo de análise da documentação técnica entre a Oil & Gas e o Cliente.

Além da aplicação prática, este trabalho também visou o aprendizado do autor e aperfeiçoamento das técnicas e ensinamentos obtidos em sala de aula.

Algo a destacar na metodologia Seis Sigma - DMAIC é a forma orientada de produzir resultados, seja a satisfação do Cliente ou retorno financeiro. Utiliza-se de ferramentas que muitas vezes já são seculares, porém a sua base estatística faz um incremento a todas estas, outrora já conhecidas, o que torna o Seis Sigma um método linear, de raciocínio lógico e exato, dando pequenas margens para o poder da intuição do ser humano.

É bom ressaltar que muitos quando pensam no método Seis Sigma imaginam que o mesmo é voltado apenas para melhoria da manufatura de bens tangíveis. Contudo neste projeto ficou comprovado que o Seis Sigma vai além, uma vez que aqui foi tratado de serviços, focando no fluxo de informações.

O método Seis Sigma também traz outro diferencial que é o foco no Cliente Interno e Externo. Para este projeto, ficou evidente que a participação do Cliente fazendo parte das soluções foi fundamental para o sucesso alcançado.

## REFERÊNCIAS

A. HITT, MICHAEL. **Administração Estratégica: competitividade e globalização**, 2 Edição - São Paulo: Cengage Learning, 2013, 415 p.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API Specification 17D: Specification for Subsea Wellhead and Christmas Tree Equipment**. Washington, D.C, 2003. 142 p.

A TN PETRÓLEO <<http://tnpetroleo.com.br/noticia/>>. Acesso em 16 maio 2014 e 04 de setembro de 2014.

BRUZZI, DEMERVAL GUILARDUCCI. **Gerência de Projetos**, SENAC - DF, 2008, 140 p.

CAMPOS, VICENTE FALCONI. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia**, Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004, 266 p.

CARDOSO, LUIZ CLÁUDIO. **Petróleo do poço ao posto**, Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005, 192 p.

DAL PIAN ARQUITETOS <<http://www.dalpian.arq.br/pt-BR/projetos/industria-vetco-gray>>. Acesso em 04 de Setembro 2014

DEAN L. GANO, **Apollo Root Cause Analysis**, 3ª ed., Apollonian Publications, LLC Ricland, Washington, 2008, 199 p.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Tradução: Clave Comunicações e Recursos Humanos. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

GENERAL ELECTRIC COMPANY - **DMAIC Book** Rev 5.4, 2012 [...]

GE OIL & GAS - **Manual de Instalação e Operação** Rev. 1 (2012) [...]

GE Oil & Gas - **Planilha de controle de documentação SDS**, (2012) [...]

GE OIL & GAS - **Procedimento de Análise da documentação Técnica** Rev. 0 (2012) [...]

GE OIL & GAS - **Treinamento Sistema de Perfuração** - Departamento de Assistência Técnica (2005) [...]

MLODINOW, LEONARD, **O Andar do Bêbado** - Como a aleatoriedade impacta nossas vidas. Editora Zahar, 2009, 261 p.

MONTGOMERY, D.C., RUNGER, G.C., **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**, 2ª ed., LTC Livros Técnicos e Científicos, 2002, 461 p.

PANDE, P.; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. **Estratégia Seis Sigma**: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Tradução: Cristina Bazán Tecnologia e Linguística. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PAUL A. KELLER; THOMAS PYZDEK , **The Six Sigma Handbook**, 3ª ed., McGraw-Hill Professional

PETROBRAS E&P-BC - **Curso básico de Completação** Rev. 0 (2002) [...]

PORTAL DA ENGENHARIA <http://www.brasilengenharia.com/portal/energia/3203/>>. Acesso em 15 maio 2014.

SETA - **Desenvolvimento Gerencial** REV. 23 /08 (2006) [...]

SILVA, L. M. A. ; VIANNA, N. W. H. **Intuição na tomada de decisão empresarial: confiar ou não confiar**. In: 1o. Seminário de Informação Corporativa, 2003, São Paulo. TECSI - Laboratório de Tecnologia e Sistemas de Informação ECA/FEA - Universidade de São Paulo.

STANKARD, MARTIN F. **Management systems and organizational performance**, Quorum Books, 2002, 333 P.

WERKEMA, CRISTINA. **Métodos PDCA e DMAIC** e suas ferramentas analíticas, Editora Elsevier, 2013, 201 p.

WERKEMA, CRISTINA. **Criando a cultura Seis Sigma**, Ed. Elsevier, 2012, 201 p.