

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

THAYSE GONÇALVES DE MELLO

**ESTUDO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA ATRAVES DA FERRAMENTA
DMAIC: PROJETO PILOTO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
CIMENTEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Bagé
2017**

THAYSE GONÇALVES DE MELLO

**ESTUDO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA ATRAVES DA FERRAMENTA
DMAIC: PROJETO PILOTO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
CIMENTEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Mauricio Nunes Macedo de Carvalho

**Bagé
2017**

THAYSE GONÇALVES DE MELLO

**ESTUDO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA ATRAVES DA FERRAMENTA
DMAIC: PROJETO PILOTO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
CIMENTEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia de Produção da Universidade
Federal do Pampa como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Trabalho defendido e aprovado: 08 de Dezembro de 2017.

Banca examinadora:

Prof. Me. Mauricio Nunes Macedo de Carvalho

Orientador

UNIPAMPA

Prof. Me. Fernanda Gobbi de Boer Garbin

Coorientador

UNIPAMPA

Prof. Me. Carla Beatriz da Luz Peralta

UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

Aos professores que nos apoiam e compartilham do seu conhecimento e lições para que comecemos nossa trajetória profissional.

Em especial ao Professor Me. Mauricio de Carvalho, pela orientação segura, paciente e amiga que me incentivou para que eu concluísse este trabalho.

À minha família e amigos que sempre me apoiaram e estiveram presentes frente às dificuldades e alegrias no decorrer desta etapa acadêmica.

“Pensamentos viram ações,
Ações viram hábitos,
Hábitos viram caráter,
E o caráter vira seu destino.”

James C. Hunter

RESUMO

A busca da excelência em processos, entrega de produtos e serviços de alta qualidade e atendimento aos requisitos do cliente só é possível se as organizações utilizarem de métodos e ferramentas que tenham como objetivo a melhoria contínua da qualidade e padronização de todas etapas dos seus processos produtivos ou de prestação de serviços. A metodologia Seis Sigma, introduzida no setor produtivo pela empresa Motorola na década de 80, traz uma nova abordagem da utilização de ferramentas de gestão da qualidade para beneficiamento nos resultados de satisfação do cliente, redução de custos e melhoria contínua dos seus processos. O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa mista, pois irá basear-se em dados quantitativos e qualitativos para fundamentar suas conclusões, tendo como principal ferramenta de abordagem o levantamento de dados. Os dados serão coletados através de *softwares*, planilhas *Excel* e entrevistas em uma fábrica do ramo cimenteiro localizada na Região Gaúcha. Foram realizadas entrevistas informais, levantamento e análise de causas de gargalos no processo carregamento do principal produto produzido pela fábrica, setor de responsabilidade da área de logística, responsável por este, com o auxílio de ferramentas da qualidade para execução de cada etapa DMAIC. Conclui-se que os principais impactos no aumento do tempo de atendimento ao cliente são provenientes do processo de carregamento e enlonaamento ocorrer no mesmo local em dias de instabilidade meteorológica, as causas foram levantadas e as sugestões de melhorias apresentadas, porém para aperfeiçoamento do processo é necessário investimento por parte da organização. Sendo assim, as etapas para o projeto e implantação da metodologia Seis Sigma foram concluídos. Como sugestão para pesquisas futuras vislumbram-se realizar estudos nos processos de adição de clínquer na área de Moagem de Cimento e análise e levantamento de problemas na área de Ensacadeira, especificamente na atividade de pesagem dos sacos após o processo de ensacamento do cimento para verificação do rejeito de sacos com variabilidade de peso além do estabelecido.

Palavras-chave: Seis Sigma, melhoria de processos, DMAIC.

ABSTRACT

The pursuit of excellence in processes, delivery of high quality products and services and meeting customer requirements is only possible if organizations use methods and tools that aim to continuously improve the quality and standardization of all stages of their production processes or service provision. The Six Sigma methodology introduced in the manufacturing sector by Motorola in the 1980s brings a new approach to the use of quality management tools to improve customer satisfaction, reduce costs and continually improve processes. The present study is characterized as a mixed research, since it will be based on quantitative and qualitative data to base its conclusions, having as main tool of approach the data collection. The data will be collected through software, Excel spreadsheets and interviews in a cement factory located in the Gaucho Region. Informal interviews, surveys and analysis of causes of bottlenecks were carried out in the process of loading the main product produced by the factory, responsible for the area of logistics, with the help of quality tools to carry out each DMAIC stage. It is concluded that the main impacts in the increase of the customer service time come from the loading and queuing process occur in the same place on days of meteorological instability, the causes were raised and the suggestions for improvements presented, but for improvement of the process is investment by the organization. Therefore, the steps for the design and implementation of the Six Sigma methodology have been completed. As a suggestion for future research, studies on clinker addition processes in the area of cement milling and analysis and survey of problems in the bagging area, specifically in the bag weighing activity after the bagging process of the cement to verify the bags with weight variability beyond that established.

Keywords: Six Sigma, Process Improvement, DMAIC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bases do Seis Sigma	19
Figura 2 – Distribuição normal padronizada	20
Figura 3 – Fatores críticos para o sucesso do Seis Sigma	21
Figura 4 – Método Seis Sigma para Melhorias	22
Figura 5 – Ferramentas essenciais da metodologia Seis Sigma	22
Figura 6 – Origem do Seis Sigma e evolução no Brasil.....	24
Figura 7 – Definição dos requisitos críticos pelos clientes	26
Figura 8 – Fluxograma para dispositivos de controle.....	30
Figura 9 – Patrocinadores e Especialistas do Seis Sigma.....	31
Figura 10 – Procedimentos Metodológicos	36
Figura 11 – <i>Head Count</i> área da logística	39
Figura 12 – Macro processo fabricação de cimento	45
Figura 13 – Macroprocesso Fabricação Cimento	46
Figura 14 – SIPOC processo carregamento.....	46
Figura 15 – Fluxograma Processo de Carregamento.....	47
Figura 16 – Trajeto Carregamento.....	54
Figura 17 – Diagrama Causa e Efeito.....	55

LISTA DE SIGLAS

ALBRAS – Alumínio Brasileiro

CEP – Controle Estatístico do Processo

CEMEX – Cimentos Mexicanos

CNBM – *China National Building Materials*

CRH – *Cement Roadstone Holdings*

CTQ – *Controls Technical Quality*

CVRP – *Crystal Rock Holdings Inc*

DMAIC – Definir, Mensurar, Analisar, *Improve* e Controlar

DMADOV – Definir, Mensurar, Analisar, *Design*, Otimizar, Verificar

DMADV – Definir, Mensurar, Analisar, *Design*, Verificar

DMAPV – Definir, Mensurar, Analisar, Projetar, Verificar

DPMO – Defeito por milhão de oportunidades

DPU – Defeitos por Unidade

EVOP – Operação Evolutiva

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

FTA- *Failure Tree Analysis*

GE – *General Eletric*

GQT – Gestão da Qualidade Total

J&J – *Johnson&Johnson*

MSE – Avaliação de Sistema de Medição

NPS – *Net Promoter Score*

OCAP – *Out of control action plan*

OJT – *On the job training*

OTIF – *On Time In Full*

PDPC – Diagrama de Processo Decisório

PERT/CPM – *Program Evaluation and Review Technique*

QFD – *Quality Function Deployment*

SIPOC – *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*

SNIC – Sindicato Nacional das Indústrias de Cimento

TMAC – Tempo Médio de Atendimento ao Cliente

VCP – Votorantim Celulose e Papel

VW – *Volkswagen*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização do tema.....	13
1.2	Justificativa.....	15
1.3	Questão da Pesquisa	15
1.4	Objetivo Principal.....	15
1.4	Objetivos Secundários	15
1.5	Estrutura do Trabalho	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	Seis Sigma (6σ)	17
2.1.1	Benefícios do Seis Sigma	23
2.1.2	Seis Sigma no Brasil.....	23
2.1.3	Gestão da Qualidade Total e Seis Sigma.....	24
2.1.4	Ferramentas Seis Sigma	26
2.1.5	Patrocinadores e especialistas da Metodologia Seis Sigma	31
2.1.6	Capacidade Sigma de Processos.....	32
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	Classificação de Pesquisas.....	34
3.2	Seleção da Abordagem de Pesquisa	35
3.3	Coleta e Análise de Dados.....	35
3.4	Limitações do Método	36
3.5	Procedimentos Metodológicos	36
4	RESULTADOS E ANÁLISES DA PESQUISA.....	37
4.1	Etapa: Definir	38
4.1.1	<i>Project Charter</i>	38
4.1.2	Métricas do Seis Sigma	40
4.1.3	Análise Econômica	42
4.1.4	Voz do Cliente	43
4.1.5	Definição do principal processo envolvido – SIPOC.....	44
4.2	Etapa: Mensurar.....	47
4.2.1	Estratificação	47
4.2.2	Plano para coleta de dados.....	47
4.2.3	Diagrama de Pareto	48

4.2.4	Cartas de Controle	49
4.2.6	Gráfico Sequencial	52
4.2.7	Avaliação 6 Sigma.....	53
4.3	Etapa: Análise.....	54
4.3.1	Fluxograma.....	54
4.3.2	<i>Brainstorming</i>	55
4.3.3	Diagrama de Causa e Efeito	55
4.3.4	FMEA	58
4.4	Etapa: Aperfeiçoar.....	60
4.5	Etapa: Controlar.....	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
5.1	Conclusões da pesquisa	64
5.2	Limitações da pesquisa.....	65
5.3	Sugestões para pesquisas futuras	65

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo irá apresentar à contextualização do tema, justificativa e questão de pesquisa, os objetivos principais e secundários e, por fim, a estrutura do trabalho.

1.1 Contextualização do tema

Atualmente, com a competitividade de mercado advinda da globalização, as organizações devem apresentar condições para manterem-se sustentáveis economicamente, para a viabilidade destas empresas neste novo cenário, faz-se uso de ferramentas da qualidade para atendimento a requisitos dos clientes internos e externos, e a produtos e serviços prestados.

O setor da qualidade das organizações apresentam diversos avanços no acompanhamento às melhorias em todos os setores, tendo em vista que, seus produtos e serviços sejam de alta qualidade, todas as etapas do processo, desde entradas até suas saídas, devem manter uma alta padronização e controle.

As empresas que procuram a excelência e melhoria contínua, utilizam de ferramentas para análise das causas raízes em seus processos de manufatura, de medições e controles para que não ocorram inconformidades, retrabalho ou reclamações advindas de seus produtos disponibilizados ou serviços prestados.

A metodologia Seis Sigma propõe a melhoria no desempenho por meio do uso de ferramentas para desenho e monitoramento de suas atividades de rotina, desde suas atividades básicas até as atividades de alta complexidade. Como consequência desse controle, elimina-se variabilidades do processo, reduzindo custos, desperdícios de recursos, insumos e mão de obra e, principalmente, traz a alavancagem nos resultados de satisfação do cliente.

Esta metodologia foi desenvolvida pela Motorola na década de 80 e, por razão dos ganhos advindos de sua prática, tornou-se popular no ambiente corporativo. Diferente de outras metodologias que focam na identificação e correção de defeitos já entregues ao consumidor, a metodologia Seis Sigma propõe métodos para redesenho de processos, de forma que erros e defeitos passem a não existir, com isso melhora-se a comunicação com o cliente, equipe de trabalho e demais partes interessadas.

O Seis Sigma surgiu no setor de qualidade da empresa Motorola, os conceitos desenvolvidos por William Edwards Deming sobre variação de processos, foram utilizadas

como base para o desenvolvimento de uma metodologia que tivesse como objetivo focar nas causas das não conformidades dos processos da organização, a fim de mitigar as variações ocorridas, para melhoria contínua no atendimento ao cliente. A metodologia Seis Sigma, em particular, enfatiza os resultados financeiros de um projeto. Isso possibilita que os funcionários possam participar mais do processo, pois estes conseguem visualizar onde seus esforços surtem mais efeito (JUNIOR, 2006, p. 20).

Neste estudo, esta metodologia foi aplicada na indústria cimenteira, em particular em uma unidade fabril na região gaúcha, de um dos grupos produtores que possuem a maior porcentagem do mercado nacional. Esta metodologia apresenta como ferramenta o DMAIC, as etapas de definir, mensurar, analisar, melhorar e controlar, desenvolvidas para um dos processos desta unidade fabril.

A fabricação do cimento é relativamente simples, porém necessita grandes investimentos, por esta razão poucas empresas dividem este mercado. De acordo com o Sindicato Nacional das Indústrias de Cimento, o produto é o componente básico do concreto, atualmente no segundo lugar de materiais mais utilizados pelo homem, atrás somente da utilização da água. A história e evolução deste material começam antes do século XVIII concretizando-se na década de 1780 com o descobrimento da fórmula por cientistas e pesquisadores europeus. No Brasil, o cimento desenvolveu-se no século XIX com a exigência da implantação de uma indústria nacional de cimento. A expansão do mercado foi devido à remodelação da cidade do Rio de Janeiro e da demanda surgida com a Primeira Guerra Mundial, quando o país exportava 40 mil toneladas do produto para Europa. (SNIC, 2016)

A empresa ALFA, objeto de estudo desta pesquisa, tem como um dos seus negócios a produção de cimento, desde a construção de sua primeira unidade na década de 1940. Atualmente, a organização está entre as 10 maiores empresas do mundo no setor com capacidade produtiva de 54,4 milhões de toneladas/ano.

A empresa ALFA é uma multinacional presente em mais de treze países no ramo das indústrias de cimento, possui fábricas de cimento, moagens, centrais de concreto e instalações de agregados espalhadas em vários estados do Brasil. No estado do Rio Grande do Sul, possui uma moagem na região metropolitana e uma fábrica completa na região da campanha, a mesma é produtora de trezentas mil toneladas/ano, esta unidade abastece o mercado consumidor da região sul do estado, sendo 70% de suas vendas direcionadas ao varejo.

1.2 Justificativa

O presente trabalho contribui para o desenvolvimento de pesquisas na área de gestão da qualidade, como também sobre a metodologia Seis Sigma. Devido ao grande cenário de competitividade de mercado entre as empresas nos dias de hoje, projetos devem utilizar ferramentas de grande impacto e assertividade para melhoria contínua e com foco no cliente. A metodologia estudada é de grande aplicabilidade em processos complexos e, este trabalho procura demonstrar suas etapas, aplicações e o perfil dos profissionais capacitados para participação e intervenção nestes processos.

1.3 Questão da Pesquisa

O presente trabalho busca responder a seguinte questão de pesquisa:

“Quais etapas devem ser seguidas para a implantação do Programa Seis Sigma no desenvolvimento de um projeto piloto em uma indústria cimenteira?”

1.4 Objetivo Principal

O objetivo principal deste estudo é a implementação do método DMAIC em um projeto piloto dentro dos processos de uma indústria cimenteira.

1.4 Objetivos Secundários

Como objetivos secundários, o presente estudo buscará:

- a) analisar os setores que necessitam de maior controle da qualidade no processo fabril de uma indústria cimenteira;
- b) identificar as etapas necessárias para implantação da metodologia Seis Sigma;
- c) verificar resultados preliminares da aplicação desta metodologia.

1.5 Estrutura do Trabalho

Para melhor entendimento dos temas abordados no presente trabalho, segue a estrutura apresentada para o mesmo. No capítulo 1, é introduzido o tema da pesquisa, a justificativa para aplicação desta investigação e, os objetivos para a realização do estudo. No capítulo 2

será apresentada à fundamentação teórica, onde o tema Seis Sigma será mais bem explicitado, evidenciando-se como a metodologia surgiu, em que conceitos esta alicerçada e, os resultados gerados pela sua implementação. Neste mesmo capítulo apresenta-se como deve ocorrer à implementação nos setores das empresas e os principais públicos participantes do processo. No capítulo 3, será exposta a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa. O capítulo 4 apresenta as etapas de implementação no processo de carregamento na área de logística da empresa. E por fim, o capítulo 5 como conclusão deste estudo apresentando as considerações finais, limitações do trabalho e sugestões de pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos relacionados à metodologia dos Seis Sigma, cuja finalidade é a melhoria contínua de processos de uma organização, maximizando o desempenho, e redução de desperdícios e não conformidades nas especificações de produtos e serviços. A metodologia foi desenvolvida na empresa Motorola, na década de 80, por Bill Smith para mensurar defeitos e melhoria da qualidade global.

2.1 Seis Sigma (6σ)

O símbolo sigma é uma letra grega, σ , utilizada na estatística e matemática representa o desvio padrão. Geralmente as letras gregas representam parâmetros não conhecidos, isto acontece com o sigma, onde o mesmo é estimado a partir de uma amostra e, quantifica a variabilidade existente em um processo. Para cálculo desta variável, utiliza-se a equação 1. Esta medida é de extrema importância para andamento das etapas de implementação da metodologia Seis Sigma em projetos que apresentam variabilidade de qualidade.

$$S = \sqrt{\sum \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{e} \quad \bar{S} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{k} \quad \dots(1)$$

Onde:

S é o desvio padrão;

\bar{S} é o desvio padrão das amostras;

X_i é a medida obtida no processo;

\bar{X} é a média das medidas;

n é o tamanho da amostra;

k é a quantidade de amostras.

Um processo pode ser definido como Seis Sigma se possuir a medida de variação de 3,4 defeitos por milhão, ou seja, mais de 99,99966% da distribuição está dentro dos limites de especificação (PANDE, NEUMAN, CAVANAGH, 2001).

As decisões estratégicas para os processos produtivos de uma empresa devem ser baseadas em dados, estes dados são muitas vezes obtidos através de medições, de acordo com Dr. Kaoru Ishikawa:

Realizar medições é tão importante, que é possível dizer que qualquer avanço em controle de qualidade depende do progresso dos sistemas de medição. Portanto, é óbvio que antes de analisar um processo devemos avaliar, sob os pontos de vista da estatística e da engenharia, os métodos de medição utilizados (WERKEMA 2006, p.13).

Com isso, diversos métodos de medição são utilizados nas organizações mundialmente, o Seis Sigma é um deles, onde durante o seu ciclo de implantação há etapas para medições dos processos produtivos para gestão da qualidade de produtos finais.

Conforme Werkema (2006, p. 19):

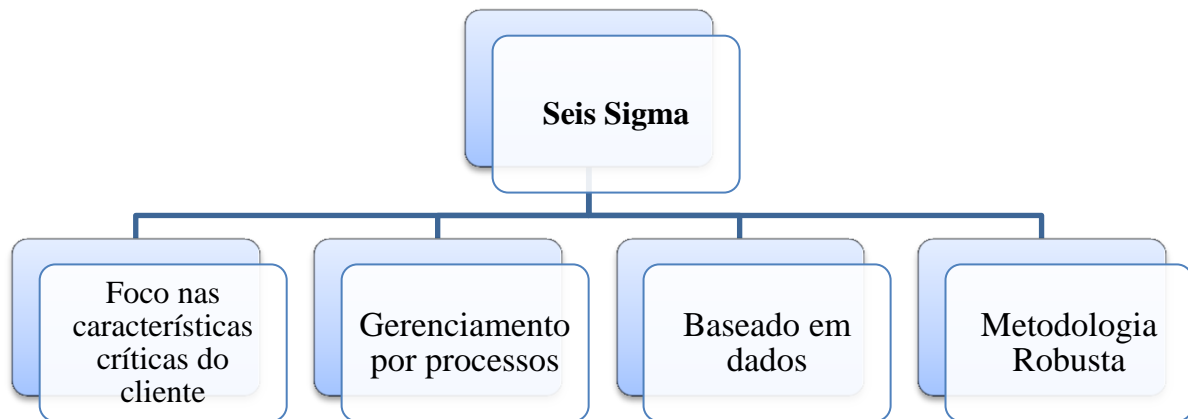
O Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e quantitativa, com o objetivo de maximizar a performance e lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores.

O Seis Sigma originou-se em processos produtivos industriais e ainda está em evolução em atividades de prestação de serviços. Para autores como Perez e Wilson (2000), o Seis Sigma é mais que uma metodologia, sendo considerada uma ferramenta de *benchmarking*, uma meta, uma medida, uma filosofia, uma estatística, uma estratégia, um valor e uma missão. De acordo com Lameira (2007), o Seis Sigma é um padrão de mensuração de variações de produtos estudado desde a década de 1920 por Walter Shewart, o mesmo demonstrou que os processos com correções necessárias, apresentavam uma variação maior ou igual a três sigma da sua média de correção.

Para Rotondaro (2008), esta metodologia torna-se única e totalmente eficaz devido às ferramentas utilizadas e os diversos métodos aplicados. O autor ainda explica que, quando aplicada acelera mudanças e aprimora processos, produtos e serviços utilizando uma metodologia rigorosa pra definição dos problemas e situação de melhorias, obtenção de informações e dados através da medição, análise da informação coletada. Incorporação e empreendimento de melhorias no processo e, por fim, o controle destes produtos e processos existentes gerando um ciclo de melhoria contínua. O Seis Sigma apoia-se em quatro pilares

básicos para seu desenvolvimento dentro das organizações, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Bases do Seis Sigma



Fonte: Adaptado de Rotondaro (2008)

A metodologia não contribui somente para o aumento da qualidade, mas também aperfeiçoa processos empresariais, traz a melhoria contínua em todos os negócios e impacta nos resultados financeiros da companhia, aumentando a satisfação do cliente e ampliando a participação no mercado.

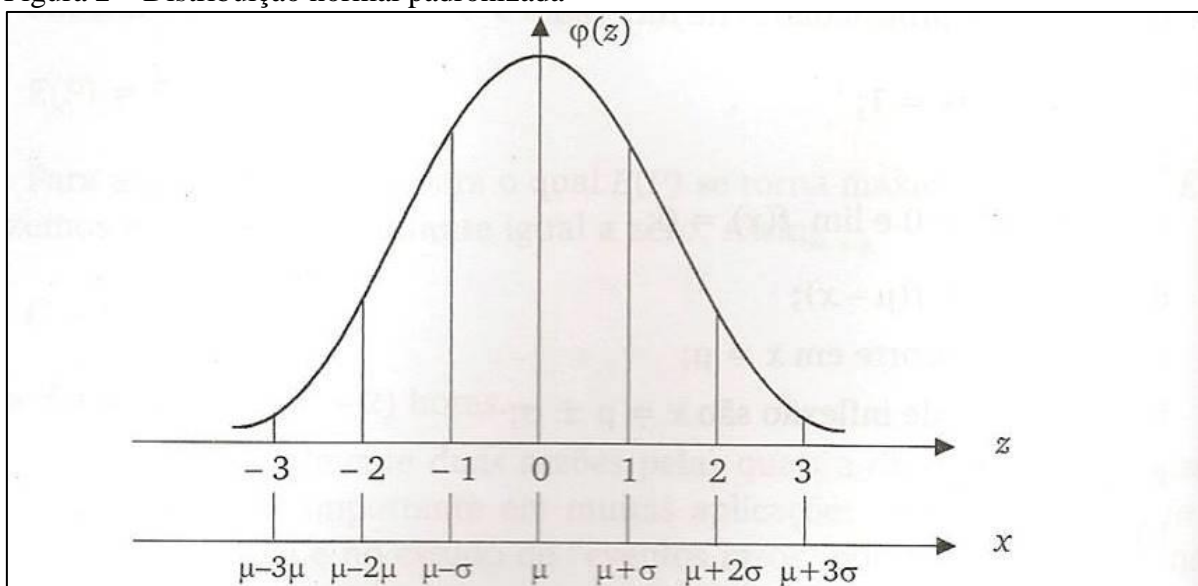
A metodologia foi desenvolvida por Bob Galvin, influenciado pelos conceitos de Deming sobre a variabilidade dos processos, para sobrevivência da empresa Motorola, no ano de 1987. Foi concebido originalmente para medir defeitos e melhoria da qualidade global, possui como intuito promover a mudança cultural com aplicação de métodos estatísticos para eliminação de defeitos para fabricação de produtos de qualidade e a menores custos visando a concorrência no mercado.

Conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2001), o Seis Sigma constitui uma meta de quase perfeição para atendimento às exigências dos clientes, Kessler (2004) explica que definir um objetivo é poder identificar e controlar variáveis denominadas críticas e que influenciam no resultado. O alvo é o desempenho estatístico, sendo a meta operar 3,4 defeitos para cada milhão de atividades. Os autores também descrevem os itens que são benefícios da metodologia, como: redução de custos, melhoria da produtividade, crescimento do mercado, retenção de clientes, redução do tempo de ciclo, redução de defeitos, mudança cultural, desenvolvimento de produtos/serviços.

De acordo com Perez e Wilson (2000, p.154), com o objetivo de zero defeitos na sua produção, a Motorola lançou sua meta de qualidade: melhorar a qualidade de produtos e serviços em 10 (dez) vezes até o ano de 1989 e pelo menos alcançar a meta de 100 vezes até o ano de 1991; alcance da capacidade de Seis Sigma até 1992, e; disseminar a cultura de qualidade na organização para alcance da satisfação total do cliente. A ideia resume-se na escolha do produto a ser monitorado, medir suas características de interesse e estimar seu sigma, este valor deveria ser tal que 12 (doze) deles se ajustariam dentro dos limites de controle, conforme Figura 2.

Os resultados de um determinado processo tendem a se dispersar, ou variar dentro de um ponto central, identificado como média, e a variação em torno da média é indicada pelo desvio-padrão deste processo (KESSLER, 2004). A curva de distribuição normal representa a probabilidade de ocorrência destas variações, a maior probabilidade de ocorrência no ponto médio e com menor probabilidade de ocorrência à medida que os resultados obtidos distanciam-se da média.

Figura 2 – Distribuição normal padronizada



Fonte: Rotondaro (2008, p. 124)

A proposta da Motorola era a resolução do aumento de reclamações relativas à concorrência de falhas nos produtos eletrônicos manufaturados, dentro do período de garantia do “Programa e Qualidade Seis Sigma”. Em 1988, a Motorola recebeu o Prêmio *Malcolm Baldrige*, sendo a metodologia Seis Sigma fator de sucesso para eficiência de processos. Rotondaro (2008) ainda explica que com a aplicação da metodologia, a Motorola estimou, em

um período de 10 anos a economia de mais de U\$\$ 11 bilhões como resultado da implementação de suas ferramentas nos seus processos produtivos.

De acordo com Trad e Maximiliano (2009), outras empresas se interessaram pela metodologia, como exemplo a *General Eletric* GE Capital. Conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2001), e GE foi “primeira empresa exclusivamente de serviços a adotar o Seis Sigma”.

Werkema (2006), cita como exemplo de empresa que apresentou maior evolução em seus resultados foi a *General Eletric* que, em 1997, realizou o maior faturamento e elevação de seus lucros durante 105 anos de história, muitos desses resultados positivos são decorrentes da implementação do Seis Sigma na empresa.

Muitos são os motivos para o sucesso de empresas decorrentes da implementação deste método, porém para evolução de resultados, de acordo com a análise de Hayes (2003), há fatores e subfatores críticos de sucesso que devem guiar as empresas que utilizam este método, sendo estes apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Fatores críticos para o sucesso do Seis Sigma

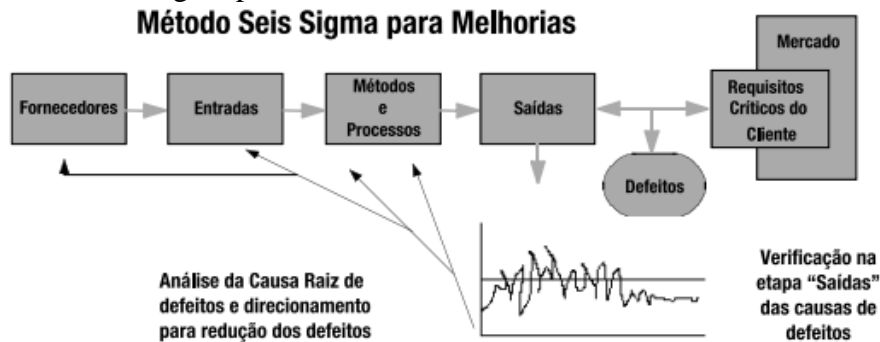
ENGAJAMENTO DE LIDERANÇAS	COMUNICAÇÃO	PROJETOS
<ul style="list-style-type: none"> • Suporte constante e papel ativo de comunicação e premiação dos envolvidos; • Garantia da relação dos Seis Sigma com as estratégias corporativas; • Priorização; • Exigência de fatos e dados para tomada de decisão; • Criar papéis, expectativas e responsabilidades para organização; • Condução de análises críticas dos processos para garantia e verificação dos mesmos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de um plano de desenvolvimento recursos humanos para dar suporte aos papéis desempenhados pelo Seis Sigma; • Periodicidade de comunicação de novidades e sucessos do Seis Sigma; • Comunicação de fatos importantes do Seis Sigma nas reuniões da empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecimento de inventário anual de documentos de projetos (atualização regular); • Relação de projetos Seis Sigma com as necessidades críticas da organização; • Estabelecimento de escopo e tamanho de projetos apropriados; • Identificação do <i>champion</i> e <i>black belt</i> para cada projeto; • Implementação de sistema para acompanhamento de projetos.

Fonte: Adaptado de Hayes (2003)

De acordo com Werkema (2006, p. 19), o Seis Sigma tem “foco no alcance das metas estratégicas da empresa, determinadas pela alta direção.” Com isso, utiliza-se ferramentas e métodos mais complexos e treinamentos para formação de especialistas para condução de projetos Seis Sigma.

A Figura 4 explica o fluxo necessário para implantação do método e em quais setores haverá impacto. Para eficiência desta metodologia são necessárias análises de causas aprofundadas onde a variabilidade é detectada, relacionar essas análises com os requisitos críticos do cliente e, após, a análise e implementação de melhorias manter o controle para verificação da eficácia das ferramentas utilizadas.

Figura 4 – Método Seis Sigma para Melhorias



Fonte: Blaskeslee (1999) apud Andrietta e Miguel (2002, p.2)

Pande, Neuman e Cavanagh (2001), mostram que o sistema Seis Sigma pode ser complementado com diversas ferramentas e tópicos essenciais para o sucesso da implementação deste método conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Ferramentas essenciais da metodologia Seis Sigma



Fonte: Adaptado de Pande, Neuman e Cavanagh (2001, p.15)

Os processos selecionados para aplicação desta metodologia deverão impactar os requisitos definidos pelos clientes, como críticos para obtenção de sucesso nos resultados esperados.

2.1.1 Benefícios do Seis Sigma

Pande, Neuman e Cavanagh (2001), citam alguns benefícios trazidos pelo Seis Sigma que fazem com que as empresas adotem esta metodologia:

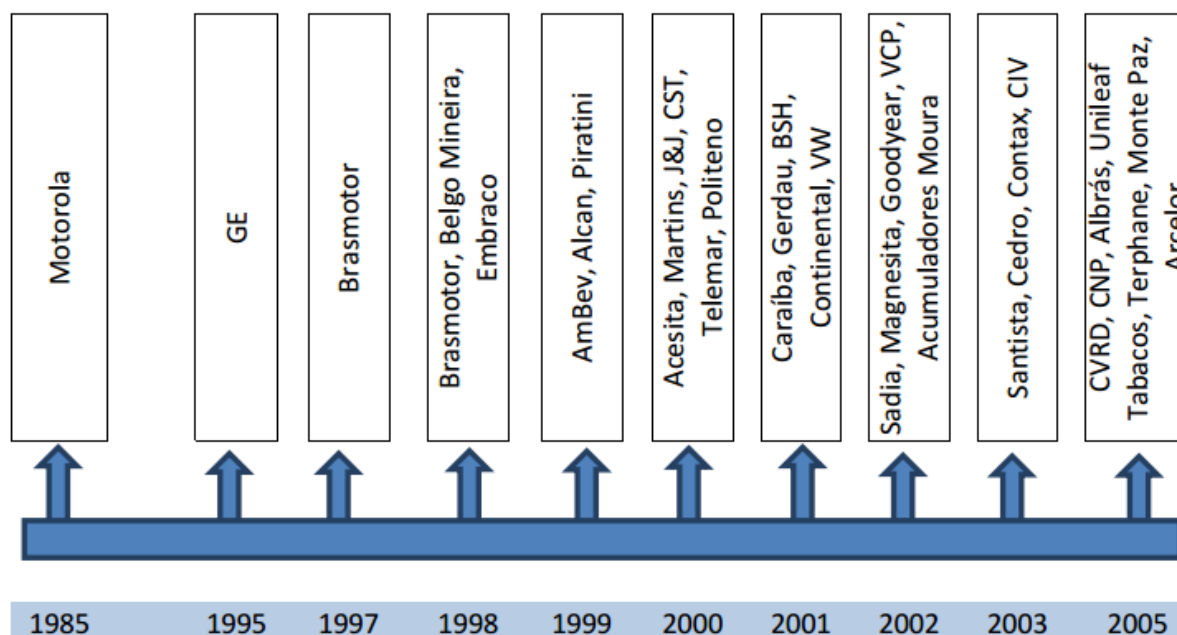
- a) gera sucesso sustentado – o método cria habilidades e culturas para revigoração constante;
- b) determina uma meta de desempenho para todos – usa como base comum o processo e o cliente para criação de meta consistente, o nível de desempenho deve ser tão próximo do perfeito quanto as pessoas possam imaginar;
- c) intensifica o valor para os clientes – de acordo com o autor, o foco no cliente é a prioridade do método, significa aprender o significado de valor para os clientes e planejar como isso será tornar-se lucrativo;
- d) acelera a taxa de melhoria – com a concorrência de mercado, o método auxilia na melhora do desempenho e na melhoria contínua;
- e) promove aprendizagem e “polinização cruzada” – o método acelera a capacitação e o desenvolvimento de funcionários e compartilha novos conhecimentos em toda organização;
- f) executa mudanças estratégicas – investimentos em novos mercados, produtos e lançamento de novos empreendimentos se tornam mais confiáveis com a compreensão e análise através deste método.

2.1.2 Seis Sigma no Brasil

Conforme Jesus (2015, p.47) houve um período de cerca de doze anos entre a Motorola e implementação na Brasmotor o que, de acordo com Werkema (2006), promoveu um ganho de R\$ 20 milhões a este Grupo.

De acordo com pesquisa realizada por Jesus (2015), a Figura 6 mostra a evolução no Brasil após sua origem na década de 80, sendo que as primeiras empresas brasileiras a implantar a metodologia Seis Sigma ocorreram somente no ano de 1991. O mesmo autor ainda relata a dificuldade de embasamentos para realização de trabalhos relacionados a este assunto e, como fazer para que aumente o sucesso na utilização do Seis Sigma no Brasil.

Figura 6 – Origem do Seis Sigma e evolução no Brasil



Fonte: Jesus (2015, p.47)

2.1.3 Gestão da Qualidade Total e Seis Sigma

Os fundamentos da metodologia Seis Sigma são baseados em autores da qualidade como W. Edwards Deming e Joseph Juran. O conceito de Gestão da Qualidade Total (GQT) para estes autores é a criação da cultura de qualidade total com foco na melhoria contínua em todas as etapas do processo produtivo. Para Thompson Jr, Strickland III e Gamble (2008), as empresas utilizam estas ferramentas em conjuntos para a promoção da excelência operacional.

Já o controle de qualidade Seis Sigma consiste em um sistema fundamentado em estatísticas com o foco no número de defeitos durante o processo e no produto final. De acordo com Thompson Jr, Strickland III e Gamble (2008) “este sistema define, mede, analisa, melhora e controla (DMAIC)”, utiliza-se o DMAIC para melhoria de sistemas já existentes. Alguns autores utilizam à sigla inglesa DMAIC e outros a sigla em português DMAMC, em virtude do estágio de Melhoria, em inglês significar *Improve*, o presente estudo irá adotar a sigla DMAIC.

E conforme os autores o DMAPV é utilizado para desenvolvimento de novos projetos ou produtos com níveis de qualidade Seis Sigma, onde “define, mede, analisa, projeta e verifica”. Alguns autores utilizam à sigla inglesa DMAPV e outros a sigla em português DMADV, em virtude do estágio de Projeto, significar Design, o presente estudo adotou a sigla DMADV.

De acordo com Pereira (2007) a metodologia Seis Sigma não criou nada de novo, esta metodologia trouxe coerência e lógica à Gestão da Qualidade Total. O autor ainda cita a relação de erros mitigados na GQT com a implementação do Seis Sigma.

- somente foco na qualidade, sem levar em consideração a estratégia da empresa;
- capacitação de equipe sem visão de sistema ou habilidades para tomadas de decisão;
- falta de mensuração de resultados para análise de ganhos financeiros;
- falta de criação de infraestrutura que libere recursos para melhoria dos processos;
- destaque somente para requisitos mínimos de aceitação do produto ao invés de melhoria contínua;
- vários projetos em andamento ao mesmo tempo, sem foco necessário em nenhum deles;
- gerenciamento de uma organização funcional;
- falta de treinamento e pessoas com experiência;
- falta de mensuração (régua de metas) para processos que impactam no produto final;
- ausência de informação integrada;
- melhorias locais sem visão sistêmica.

Para Kessler (2004) o Seis Sigma não serve tão somente para complementar o GQT, essa metodologia também pode ser utilizada por organizações que já tenham sistema de gestão da qualidade implementados como por organizações que buscam melhorias na sua produtividade e qualidade sem criar sistemas oficiais de gestão. Explica ainda que os resultados obtidos são melhores quando já houver um Sistema de Gestão da Qualidade implementado. Os dois sistemas tem similaridade no seu foco de trabalho, que vai além dos limites de conformidade do produto, explorando as necessidades dos clientes, difundindo a melhoria contínua.

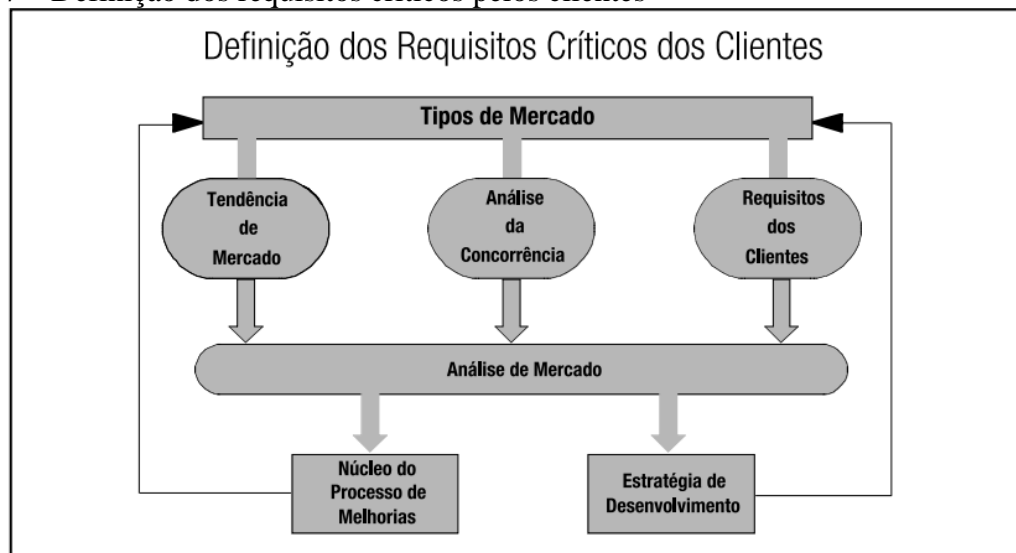
Com a observação destes aspectos, nota-se que o foco foi alterado para pontos não relevantes nos sistemas do passado, com esta nova abordagem se mantém a melhoria contínua da qualidade com uma abordagem diferenciada da proposta pelo GQT.

2.1.4 Ferramentas Seis Sigma

A metodologia possui ferramentas para assegurar seu desempenho. O *Controls Technical Quality*¹ (CTQ's) são os requisitos definidos pelos clientes como críticos, estes controles devem ser mensuráveis e ter uma tolerância permissível.

Conforme Rotondaro (2008), o Seis Sigma tem foco no cliente externo, com preocupação em atender suas necessidades e expectativas. Para seleção dos CTQ's é possível também a utilização da ferramenta QFD (*Quality Function Deployment*) onde desencadeiam-se as reais necessidades do cliente orientando as atividades do projeto conforme Figura 7.

Figura 7 – Definição dos requisitos críticos pelos clientes



Fonte: Blaskeslee (1999) apud Andrietta e Miguel (2002, p.4)

As ferramentas que asseguram e promovem a melhoria no o desempenho são do DMAIC e DMADV. O DMAIC utilizado em processos já existentes e, o DMADV utilizado para criação de um novo produto ou processo. Com a utilização do DMADV têm-se processos mais previsíveis e produto com maior qualidade. As aplicações podem ser em processos técnicos, na área de produção, ou em não técnicos, tais como serviços administrativos, transações e clientes.

¹ Fatores Críticos da Qualidade

2.1.4.1 DMAIC

Conforme Thompson Jr, Strickland III e Gamble (2008), “todo trabalho é um processo, todos os processos têm variações e todos os processos criam dados que explicam tais variações”. Para melhoria em serviços prestados e também qualidade de produtos finais, utiliza-se a melhoria contínua pelo processo DMAIC, onde:

- a) Definir – definição de escopo do projeto;
- b) Mensurar – definição da localização e/ou foco no problema;
- c) Analisar – Determinação das causas prioritárias do problema;
- d) Melhorar – Propor/implementar soluções para determinado problema;
- e) Controlar – Garantia do alcance da meta estipulada.

De acordo com os autores citados acima, este processo é particularmente positivo para melhoria no desempenho de processos com variações amplas na execução de atividades.

Cada etapa do processo DMAIC contém atividades e ferramentas para continuação do ciclo (WERKEMA, 2011, p.16).

Na etapa de definição identifica-se os CTQ's do projeto, desenvolve-se o escopo da equipe e define-se o mapa do processo, a Tabela 1 apresenta a relação entre a atividade e ferramenta utilizada.

Tabela 1 – Etapa: Definir

	Werkema	Holanda	Kessler
DEFINIR	<i>Project Charter</i>	<i>Project Charter</i>	QFD - Desdobramento da Função Qualidade
	Gráfico Sequencial	Gráfico Controle	
	Carta de Controle	Voz Cliente	
	Voz Cliente	Análise Econômica	
	SIPOC	Análise Séries Temporais	
	Análise Séries Temporais		
	Análise Econômica		

Fonte: Adaptado de Werkema (2011, p.16), Holanda et.al. (2013, p.34) e Kesller (2004, p.32)

Na etapa de mensuração a característica CTQ levantada definirá os padrões de desempenho, estabelecimento de coleta de dados. Com isso, verifica-se o sistema de dados da organização.

Para mensuração das variações dos processos, dentre as ferramentas que podemos utilizar, temos o histograma. Utiliza-se esta ferramenta para questões como a faixa de

variabilidade nas saídas do processo, com isso podemos dar andamento à análise do sistema de medição para certeza dos dados coletados.

De acordo com Pereira (2007), sistemas de medição são considerados bons quando os resultados obtidos forem repetitivos, ou seja, quando a medição de um mesmo item, mais de uma vez, resulta em dados próximos ou resultados reprodutivos ou quando as médias obtidas por diferentes análises ou equipamentos forem próximas entre si. O autor ainda explica que nesta etapa determina-se a capacidade do processo através de histograma e limites de controle.

Com as ferramentas utilizadas nesta etapa consegue-se mensurar a capacidade do processo produtivo, processos administrativos ou de prestação de serviços. Conforme Tabela 2, a etapa mensurar onde define-se a localização e o foco do projeto podem ser utilizadas diversas ferramentas.

Tabela 2 – Etapa: Mensurar

	Werkema	Holanda	Kessler
MENSURAR	Avaliação de Sistemas de Medição	Coleta de Dados	Fluxograma de Processo
	Estratificação	Estratificação	Cartas de Controle
	Coleta de Dados	Amostragem	Gráfico de Pareto
	Folha de Verificação	Folha de Verificação	
	Amostragem	Diagrama Pareto	
	Diagrama de Pareto	Histograma	
	Gráfico Sequencial	Índice de Capacidade	
	Carta de Controle		
	Histograma		
	<i>Box Plot</i>		
	Índice de Capacidade		

Fonte: Adaptado de Werkema (2011, p.16), Holanda et.al. (2013, p.34) e Kessler (2004, p.32)

Na etapa de análise, concluem-se as causas dos problemas detectados. Pereira (2007) explica que todos os processos com capacidade abaixo de Seis Sigma deverão ser aprimorados. A Tabela 3 apresenta as etapas citadas pelos autores Werkema (2011), Holanda et. al. (2013) e Kessler (2004).

Tabela 3 – Etapa: Analisar

	Werkema	Holanda	Kessler
ANALISAR	Fluxograma	Fluxograma	Análise de Regressão
	Mapa Processo	FMEA	Análise de Hipóteses

Werkema	Holanda	Kessler
Análise Tempo de Ciclo	Brainstorming	Estratificação Correlação e Regressão
Avaliação Sistema de Medição	Diagrama Causa e Efeito	
Histograma	Planejamento de Experimentos	
Box Plot		
Diagrama de Dispersão		
Brainstorming		
Diagrama Causa e Efeito		
Diagrama de Afinidades		
Diagrama de Relações		
Diagrama de Matriz		
Cartas de Controle		
Análise de Regressão		
Teste de Hipóteses		
Análise de Variância		
Planejamento de Experimentos		
Análise Tempo de Falhas		
Teste de Vida Acelerado		

Fonte: Adaptado de Werkema (2011, p.17), Holanda et.al. (2013, p.34) e Kessler (2004, p.32)

Após identificação das causas que impactam a qualidade do produto final, confirma-se o impacto desses levantamentos e implementa-se ações de melhoria para estes gargalos. Na Tabela 4 são apresentadas as ferramentas para sugestões de melhorias.

Tabela 4 – Etapa: Melhorar

	Werkema	Holanda	Kessler
MELHORAR	<i>Brainstorming</i>	<i>Brainstorming</i>	DOE - Projeto de Experimentos
	Diagrama Causa Efeito	Diagrama Causa Efeito	
	Diagrama de Afinidades	FMEA Processo	
	Diagrama de Relações	Teste de Mercado	
	Diagrama de Matriz	Simulação	
	Matriz de Priorização	5W2H	
	FMEA Processo	PERT	
	Simulação	CPM	
	EVOP		
	Teste de Hipóteses		
	5W2H		
	Diagrama de Árvore		
	Diagrama de Gantt		

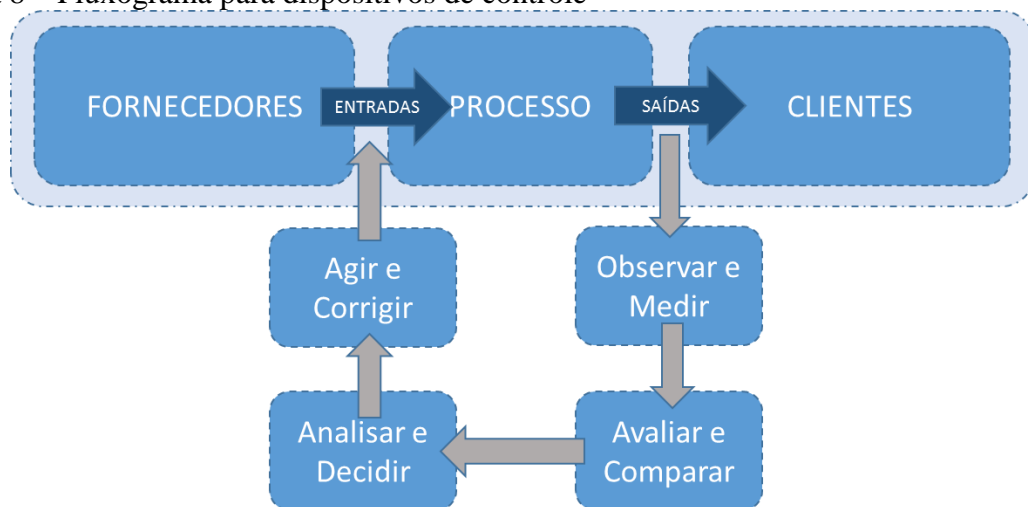
Fonte: Adaptado de Werkema (2011, p.17), Holanda et.al. (2013, p.34) e Kessler (2004, p.32)

Após as melhorias implementadas nesta etapa, recalculamos a capacidade do processo. Se os resultados forem evolutivos dá-se continuidade para etapa de controle.

Na etapa de controle serão desenvolvidos dispositivos para controle das melhorias implementadas para objetivos do programa.

Pereira (2007) afirma que dispositivos de controle devem seguir o fluxograma, conforme apresentado na Figura 8, para impacto de melhorias nas entradas do processo.

Figura 8 – Fluxograma para dispositivos de controle



Fonte: Adaptado de Pereira (2007)

Na Tabela 5, apresenta-se a etapa de controle com as atividades necessárias e ferramentas utilizadas para as mesmas.

Tabela 5- Etapa: Controlar

	Werkema	Holanda	Kessler
CONTROLAR	Avaliação de Sistemas de Medição	Cartas de Controle	Implementar Planos de Controle
	Plano Coleta de Dados	Histograma	Controle Específico de Processo
	Folha de Verificação	Índice Capacidade	
	Amostragem	Manuais	
	Cartas de Controle	Processo Padrão	
	Histograma	Relação de Anomalias	
	Índice de Capacidade	Reuniões	
	Métricas 6 Sigma		
	Auditoria		
	Relação de Anomalias		

Fonte: Adaptado de Werkema (2011, p.17), Holanda et.al. (2013, p.34) e Kessler (2004, p.32)

Esta ferramenta previne defeitos, enxuga ciclos de operações e reduz custos. Conforme Pande, Neuman e Cavanagh (2001), o DMAIC baseia-se na maioria das ferramentas aplicadas no ciclo PDCA (*plan, do, check e action*) e, no contexto do Seis Sigma a ferramenta DMAIC é utilizada para aplicação de melhoria de processos.

2.1.5 Patrocinadores e especialistas da Metodologia Seis Sigma

Para aplicação desta metodologia há uma adoção de conjunto de técnicas e capacitação de um quadro de líderes técnicos que conduzirão projetos Seis Sigma. Rotondaro (p. 28, 2008) explica que “a constituição da equipe de Seis Sigma é um elemento fundamental no sucesso do programa, pois ele é desenvolvido essencialmente por pessoas”. A seleção de líderes de projeto é baseada em aspectos técnicos ou pessoais como experiência, formação, habilidades analíticas, liderança, comunicação, gerenciamento de projetos e relacionamento.

De acordo com Werkema (2006, p.19) os responsáveis pela implementação para melhoria da qualidade de seus produtos e serviços recebe uma classificação de acordo com sua capacitação e atividades desempenhadas. E sua implementação, conforme Pereira (2007), deverá ser com diretrizes *top-down*, ou seja, inicia-se com a alta administração da empresa, descendo para demais níveis até sua total disseminação.

Conforme Figura 9, os patrocinadores são denominados como: *black belt* líder do projeto capaz de liderar projetos e identificar ferramentas aplicáveis a cada situação, *green belts* normalmente membros da equipe de projetos, com treinamento básico nas ferramentas e *master black belt* especialista em ferramentas estatísticas, assumindo o papel de consultor para apoio às ações do líder de projeto (KESSLER, 2004).

Figura 9 – Patrocinadores e Especialistas do Seis Sigma

Patrocinador/Especialista	Nível de Atuação	Atribuições
<i>Sponsor</i> ²	Principal executivo da empresa	Definição de diretrizes para implementação do Seis Sigma.
<i>Sponsor Facilitador</i>	Diretoria	Assessoria ao <i>Sponsor</i> .
<i>Champion</i>	Gerência	Apoio e eliminação de barreiras para o desenvolvimento do projeto.
<i>Master Black Belt</i>	<i>Sponsor</i>	Assessoria aos <i>Sponsors</i> e <i>Champion</i> , atua como mentor de <i>Black</i> e <i>Green Belts</i> .
<i>Black Belt</i>	<i>Sponsor</i>	Lideranças de equipe de projetos preferencialmente multifuncionais.
<i>Green Belt</i>	<i>Staff</i> ³	Liderança de projetos funcionais e participação de equipes

² *Sponsor* = patrocinador

³ *Staff* = funcionários

		lideradas pelo <i>Black Belt</i> .
<i>Yellow Belt</i>	Supervisão	Supervisão da utilização de ferramentas do Seis Sigma no gerenciamento de rotina da organização e responsável pela execução de projetos mais focados e de desenvolvimento mais rápido que os liderados pelo <i>Green Belt</i> .
<i>White Belt</i>	Operacional	Execução de operações de rotina na organização que garantirão a manutenção a longo prazo dos resultados obtidos por meio dos projetos.

Fonte: Adaptado de Werkema (2006, p. 19)

2.1.6 Capacidade Sigma de Processos

Conforme Pereira (2007), processos com variação de $1,5\sigma$ são considerados normais, é impossível processos conseguirem variações menores que este valor, ou seja, a variação citada acima gera 3,4 peças defeituosas em um bilhão de itens, o que já é considerado um processo com boa performance.

De acordo com Coutinho (2017), a identificação do nível de Seis Sigma do processo pode ser realizada em 4 (quatro) passos.

- 1) Levantar o número de oportunidades de defeito por unidades;
- 2) Coletar amostras no processo e contar o número total de defeitos encontrados;
- 3) Calcular a quantidade de defeitos a cada milhão de oportunidades (DPMO) conforme equação apresentada por Pereira (2007);
- 4) Converter o DPMO em nível Sigma, conforme tabela apresentada no Anexo A.

Para os processos administrativos as equações 2 e 3 são necessárias para os cálculos corretos de DPMO (Defeito por Milhão de Oportunidades), o resultado dos defeitos por milhão de oportunidades, o DPU (Defeito por Unidade).

$$DPU = \frac{n^{\circ} \text{ de defeitos}}{n^{\circ} \text{ de unidades}} \quad \dots(2)$$

$$DPMO = \frac{n^{\circ} \text{ de defeitos}}{n^{\circ} \text{ de oportunidades}} \times 1000 \quad \dots(3)$$

O número de oportunidades necessário para cálculo do DPMO é obtido através da multiplicação do número total da amostra pelo número de possíveis defeitos.

De acordo com Santana et. al (2004), com o DPMO calculado pode-se medir o nível de qualidade associado ao processo. O Anexo A apresenta a associação entre o DPMO, Sigma e rendimento do processo.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo abordaremos os métodos de pesquisa realizados para desenvolvimento deste trabalho. Pode-se definir pesquisa como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos (GIL, 2002). De

acordo com o autor para realização de uma pesquisa “desenvolve-se a utilização de cuidadosos métodos, técnicas e outros procedimentos científicos”. A mesma é um processo onde utilizam-se etapas, desde a formulação do problema até a apresentação dos resultados.

3.1 Classificação de Pesquisas

Conforme Gil (2002), as pesquisas são classificadas de acordo com critérios, é usual sua classificação com base em seus objetivos gerais.

“A pesquisa possibilita uma aproximação e um entendimento da realidade a investigar. A pesquisa é um processo permanentemente inacabado. Processa-se por meio de aproximações sucessivas da realidade, fornecendo-nos subsídios para uma intervenção no real.” (SILVEIRA, 2009).

Para Creswell (2007), explica que existem três técnicas de pesquisa: técnica qualitativa, técnica quantitativa e o método misto.

- Quantitativa – utilização de alegações pós-positivistas para desenvolvimento da pesquisa, emprega estratégias de investigação, como coleta de dados e levantamentos.
- Qualitativa – alegações de conhecimento, estudos baseados em teoria.
- Métodos Mistos – utilizam-se estratégias de investigação envolvendo coleta de dados para melhor entendimento do problema.

Conforme Creswell (2007) uma pesquisa utilizando estudo de caso pode ser apontada como uma das escolhas para pesquisa qualitativa. O estudo de caso é uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade e dentro do seu contexto de vida real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e contexto não são claramente evidentes (YIN, 2005).

No presente trabalho será utilizado o estudo de caso caracterizado por Gil (2002) como um profundo e exaustivo estudo de um ou poucos objetos, permitindo o conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados. O mesmo autor ainda relata que o estudo de caso pode ser utilizado tanto em pesquisas exploratórias quanto descritivas e explicativas. O estudo de caso se deu através de

pesquisas qualitativas e quantitativas, onde no primeiro momento foram coletados dados quantitativos através de resultados operacionais e qualitativos por meio de entrevistas e questionários sobre uma das etapas do processo de produção do cimento para posterior análise e implementação da ferramenta DMAIC.

3.2 Seleção da Abordagem de Pesquisa

A presente pesquisa utiliza o levantamento de dados para embasamento do assunto estudado. De acordo com Gil (2002), o método de levantamento “basicamente, procede-se à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca de um problema estudado.”

Creswell (2007) ainda ressalta que este tipo de abordagem:

...dá a descrição quantitativa ou numérica de tendências, atitudes ou opiniões de uma população ao estudar uma amostra dela. A partir dos resultados da amostragem, o pesquisador generaliza ou faz alegações acerca de uma população CRESWELL (2007, p. 161).

3.3 Coleta e Análise de Dados

Na pesquisa a coleta de dados foi realizada por meio de sistemas internos da organização através de *softwares*, análise de boletins diários da produção, apontamentos e entrevistas informais para solicitação de informações ao gerente de produção, supervisor de logística e equipe que atende os clientes na Unidade.

Conforme defini Gil (2008), a entrevista é uma “técnica em que investigador se apresenta frente ao investigado e lhe formula perguntas, com o objetivo de obtenção dos dados que interessam à investigação. ” Sendo então, uma forma de diálogo assimétrico, onde uma das partes busca a coleta de dados e a outra apresenta-se como fonte de informações. De acordo com Lakatos (2003), a entrevista caracteriza-se por ser uma ferramenta usada para coleta de dados, é um instrumento muito interessante para diversas áreas de ciências sócias e outros setores de atividades.

O sistema utilizado pela companhia para controle do processo é o TOTEM, o Sistema SAP para processos operacionais de balança, emissão de notas e cadastro dos clientes. Conforme programa de padronização documental da empresa, utilizou-se de boletins diários

de produção onde verifica-se o total de produção diária e, os indicadores de produtividade e performance do processo. A análise realizou-se através da ferramenta DMAIC, preconizada pelo Seis Sigma e, auxílio do *software* Microsoft Excel.

3.4 Limitações do Método

Os dados coletados dos *softwares* são passíveis de erro humano e de erros cometidos na leitura do equipamento, sendo assim, as informações obtidas dos boletins diários de produção estão susceptíveis a tais erros. Da mesma forma, as entrevistas realizadas podem ser limitadas pela não compreensão dos entrevistados aos questionamentos, do estado de humor e disponibilidade para respondê-la ou, não fornecerem informações verídicas.

3.5 Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho apresenta diferentes etapas para sua realização. Para sua elaboração foram definidos os seguintes passos: definição do tema a ser pesquisado, objetivos da pesquisa, compreensão e levantamento da fundamentação teórica. A metodologia é caracterizada por a escolha do método de pesquisa utilizado e a forma de coleta de dados, a implantação das etapas da ferramenta DMAIC no processo de carregamento de cimento, análise destes resultados para proposta de melhorias e por fim, as considerações finais e sugestões de pesquisas futuras, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Procedimentos Metodológicos

Definição do tema de pesquisa do Trabalho de Conclusão de Curso	• Definição do tema de pesquisa: metodologia Seis Sigma
Pesquisa Bibliográfica	• Referencial teórico sobre o tema
Definição da Metodologia	• Definição da abordagem de pesquisa combinada, através de levantamento de dados
Aplicação do Seis Sigma	• Aplicação da metodologia em um setor de uma cimenteira localizada na região da campanha
Avaliação dos Resultados	• Análise por meio da ferramenta DMAIC
Conclusões	• Considerações finais a respeito dos resultados obtidos e, também, sugestões de pesquisas futuras

4 RESULTADOS E ANÁLISES DA PESQUISA

Este capítulo apresenta a implementação da metodologia DMAIC em uma Unidade fabril do ramo das indústrias cimenteiras de uma empresa multinacional. Com um robusto controle com diversas ferramentas na área de Gestão de Qualidade utilizadas pela organização, escolheu-se um indicador inserido para monitoramento de um dos quatro pilares da Política de Qualidade, destes quatro pilares têm-se:

Em primeiro lugar o Foco no Cliente, onde a tomada de decisões é fundamentada nas necessidades dos seus clientes, portanto, as ações e trabalho desempenhados em todas as áreas de suas Unidades possuem convergência na entrega do que o cliente precisa.

Como segundo pilar, a empresa acredita que a valorização das pessoas, em equipes engajadas que tomem iniciativas e utilizem do seu sistema de gestão para alavancar resultados, este pilar é chamado de Gente com Autonomia.

A Excelência Operacional, como é chamado o terceiro pilar onde são monitorados a performance e o foco na melhoria contínua e maximização de produtividade em todas as áreas.

E por fim, o quarto pilar Práticas Sustentáveis, onde preconiza-se que a segurança está em primeiro lugar e todos os procedimentos e decisões tomadas são em *compliance* com as leis e regulamentações locais. A inovação de seus processos é abordada neste pilar pois caminha em linha com a ecoeficiência, e também acreditam que o relacionamento com a comunidade traz benefícios para perpetuação do legado da organização.

Dentro dos quatro pilares mencionados acima, o Foco no Cliente foi escolhido para monitoramento e aplicação da ferramenta DMAIC e as ferramentas de gestão da qualidade, mencionadas no capítulo 2, foram utilizadas de acordo com a disponibilidade de informações extraídas ao longo do estudo, na unidade fabril escolhida para pesquisa.

4.1 Etapa: Definir

4.1.1 *Project Charter*

A necessidade de melhoria do processo se dá pela elaboração de uma carta projeto indicando qual o problema, quais oportunidades de melhoria, metas, e também a equipe que desenvolverá esta metodologia.

O quadro abaixo apresenta o Project Charter para este estudo.

Quadro 1 – Project Charter

PROJECT CHARTER	
Projeto: Estudo da Metodologia Seis Sigma para Melhoria dos Processos em uma Indústria Cimenteira	
I - Propósito e Justificativa do Projeto	
Análise da implementação das ferramentas da metodologia 6 Sigma no processo de atendimento ao cliente em uma indústria cimenteira	
II - Resumo do projeto	
Utilização da ferramentas do DMAIC para verificação de principais gargalos no processo de carregamento de caminhões, após o levantamento dos principais impactos nos indicadores apresenta-se um plano de ação para acompanhamento das ações de melhorias	

III - Nome do gerente de projeto, suas responsabilidades e sua autoridade
Estudo realizado com funcionários entrevistados da área Logística. Gerente de Produção, Supervisor de Logística, Operadores de Logística e Operadores de Empilhadeira
IV - Nome do <i>sponsor</i>, suas responsabilidades e sua autoridade
Gerente de Produção – Engenheiro Químico, único profissional da Unidade com formação <i>Black Belt</i>
V - Necessidades básicas do trabalho a ser realizado
a) Premissas iniciais: levantamento de informações referentes aos resultados mensais de indicadores, etapas envolvidas no processo de carregamento, entrevistas.
b) Restrições iniciais: limitação de conhecimento durante entrevista, erro na leitura e análise de dados, erro humano, etc., divulgação do nome da empresa.
c) Riscos Iniciais: não autorização para verificação e implementação da metodologia na empresa escolhida.

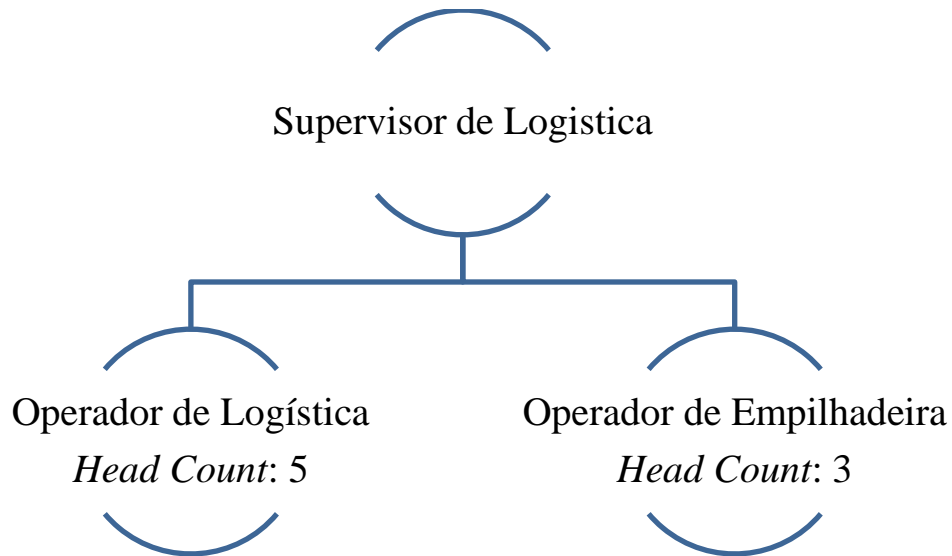
Fonte: Autor (2017)

Monitoramento e redução do tempo médio de atendimento ao cliente na etapa de carregamento de carretas, controle do nível de satisfação dos seus clientes para aumento de expedição e diminuição de reclamações de atendimento, são atividades de responsabilidade da área de logística da empresa.

Com quadro enxuto de empregados, a área de logística é composta conforme organograma apresentado na Figura 11.

Figura 11 – *Head Count*⁴ área da logística

⁴ Quadro de Pessoal



Fonte: Autor (2017)

O cargo de supervisor é responsável por gerenciar a execução de rotinas relacionadas ao atendimento e integração de motoristas, controle de fluxo e pesagens de entrada e saída de caminhões e, a execução do carregamento rodoviário da Unidade. Já os Operadores de Logística, executam atividades de atendimento de guichês, transportadoras e motoristas, acompanhamento de negociações de frete, no que tange à volumes e preços, pesagem de caminhões, emissão de notas fiscais e integração de segurança de novos motoristas.

Na área operacional, os operadores de empilhadeira operam o equipamento empilhadeira para carregamento de veículos, bem como, atividades de 5S na área da paletizadora da Unidade.

Também há a equipe terceirizada, responsável pela atividade de enlonamento dos veículos, o total de pessoas são cinco enlonadores para atendimento de diferentes turnos de expedição.

4.1.2 Métricas do Seis Sigma

Há uma régua de metas quantitativas para os indicadores monitorados na área de logística da organização:

TMAC (Tempo Médio de Atendimento ao Cliente) essas diretrizes focam na redução deste tempo médio, onde a carreta chega e faz *check in* na Unidade até sua saída na balança de pesagem final na área da logística. As duas metas TMAC Cliente e TMAC Total serão apresentadas neste estudo, porém, a análise será apenas dos tempos realizados pelo TMAC Cliente onde são monitorados somente carregamentos e atendimentos a clientes que compram

o produto cimento. O TMAC Total engloba recebimento de insumos, carregamento de calcário e demais atividades.

Estas metas têm réguas de atingimento como apresenta-se no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Metas indicador TMAC

Indicador	Meta 100	Meta 300	Meta 500
TMAC Cliente	1,72 horas	1,68 horas	1,60 horas

Fonte: ALFA (2017)

Este indicador, objetivo de análise deste estudo, é composto de controles de atividades abaixo listadas para obtenção do resultado final.

As metas 100, 300 e 500, anteriormente mencionadas, servem como uma régua de atingimento de resultados, onde a organização tem sempre como objetivo o alcance da meta 500 pois atrelados a estes resultados, verifica-se o desempenho da Unidade. Da mesma forma no fechamento anual, um dos indicadores que compõem o Programa de Participação dos Resultados (PPR) é o TMAC Cliente, responsável por 20% do peso total da pontuação, quanto maior o atingimento de resultados dentro desta régua, maior o número de pontos alcançados no PPR.

O Programa de Participação nos Resultados é um acordo anual entre empresa e comissão de representantes dos empregados onde são estipulados alguns indicadores que formarão o painel anual. Estes indicadores são aprovados pela comissão de empregados e sua pontuação monitorada mensalmente, o fechamento ocorre em dezembro de cada ano. Conforme a pontuação atingida, tem-se uma régua denominada 100, 300 e 500, de acordo com o alcance de pontos verifica-se o atingimento e qual o peso de cada indicador na pontuação final. Após o fechamento anual, e conforme o desempenho dos resultados nestes indicadores, a equipe operacional poderá receber até 2,5 salários.

O Quadro 3 apresenta a composição do indicador objeto deste estudo.

Quadro 3 – Composição do Tempo Médio de Atendimento ao Cliente

TMAC	
TMM	Tempo Médio de Marcação. Tempo corrido entre a marcação no TOTEM até o momento de chamada no balcão de atendimento, onde é feita a associação de senha com o pedido.
TME	Tempo Médio de Espera. Tempo corrido entre a associação do pedido (abertura da portaria), até o momento de definição da fila de carregamento e chamada para entrada a fábrica.

TMC	Tempo Médio de Carregamento. Tempo corrido entre a entrada do veículo na fábrica (pesagem inicial) até a saída (pesagem final e emissão de nota fiscal).
-----	--

Fonte: ALFA (2017)

Outros indicadores também são utilizados nesta etapa, dentre eles:

CDM – Cliente Dentro da Meta, qual a porcentagem de caminhões que estão dentro da meta de tempo estabelecido para atendimento.

NPS – *Net Promoter Score*⁵, pesquisa onde são monitoradas a lealdade do cliente. A pontuação é baseada na seguinte pergunta: “Em uma escala de 0 a 10, o quanto você indicaria nossa empresa para um amigo?”

OTIF – indicador que permite o monitoramento dos serviços logísticos, monitorando a qualidade de entrega de produtos e serviços com o objetivo principal de aumentar a satisfação do cliente.

OTIF significa *On Time In Full*⁶, com conceito de que produtos e serviços devem ser entregues numa determinada data e horário previamente alinhados com o cliente e, que estes produtos devem estar dentro das especificações acordadas com o cliente.

4.1.3 Análise Econômica

Para o estudo do Seis Sigma não há custos incidentes, entretanto para implementação de melhorias faz-se necessário o estudo de análise econômica e as etapas críticas do processo para evitar desperdício de recursos.

Mesmo com o problema identificado, será utilizada uma tabela proposta por Carvalho (2012), mostrando as questões críticas para reflexão nas etapas da seleção do projeto.

Quadro 4 – Criticidade nas etapas do projeto

Etapas	Questões	Respostas
Identificar as CTQs internas e externas	Quais são os critérios ganhadores de pedido?	Redução do tempo de atendimento para redução de reclamações dos clientes e conformidade com um dos pilares da Política da Qualidade estabelecida pela organização
	A análise dos critérios competitivos está focada nos clientes preferenciais?	Sim. Atendimento ao cliente na etapa final do processo (carregamento).
	As CTQs têm um defeito identificável, sendo possível mensurar o impacto do projeto?	Sim. Os gargalos que impactam no tempo de atendimento são identificáveis.
Identificar	Existe risco de perda de	Sim, o Cliente possui uma gestão das

⁵ *Net Promoter Score* – mensuração do grau de satisfação do cliente.

⁶ *On Time In Full* – Monitoramento da qualidade de entrega dos produtos aos clientes

lacunas de desempenho	competitividade com os atuais níveis de desempenho?	reclamações feitas sobre este processo.
	O desempenho atual apresenta uma lacuna significativa (gap) diante dos concorrentes?	Somente é realizado <i>benchmarking</i> interno com outras Unidades.
	Nosso desempenho é pior que os dos concorrentes nas CTQs?	Dado não disponível.
Determinar se o escopo e a amplitude do projeto são gerenciáveis	O projeto tem apoio e recursos adequados proporcionado pelas partes interessadas (<i>stakeholders</i>)?	Sim. A área de produção e logística apoiam o projeto, com permissão da gerência de fábrica. Entretanto, a empresa não dispõe de recursos para implementação de melhorias.
	Os recursos disponíveis são suficientes para concluir com sucesso o projeto?	Quanto a recursos humanos sim, para recursos financeiros não há viabilidade.
	Qual o horizonte de tempo necessário para a conclusão do projeto?	5 meses.
	Existem muitas áreas envolvidas no projeto?	Áreas de produção e logística.
	Os "donos" dos processos envolvidos participam do projeto?	Sim, como colaboradores e facilitadores.
	Existe duplicidade ou conflito com outros projetos da organização?	Não.
Determinar a viabilidade do projeto	Qual o risco de o projeto não obter a melhoria de desempenho planejada (viabilidade técnica)?	Não ocorrer o apoio de investimento no projeto por parte da gerência.
	Os benefícios obtidos com o projeto são maiores que os custos (viabilidade econômica)?	Sim, os benefícios advindos da melhoria do TMAC vem ao encontro dos pilares da Política de Qualidade da empresa.
	Existem recursos suficientes para financiar o projeto (viabilidade financeira)?	Sim. A empresa investe em modelos de gestão de qualidade. É certificada pela ISO9001 e todas as áreas do processo estão engajadas utilizando as ferramentas da qualidade.

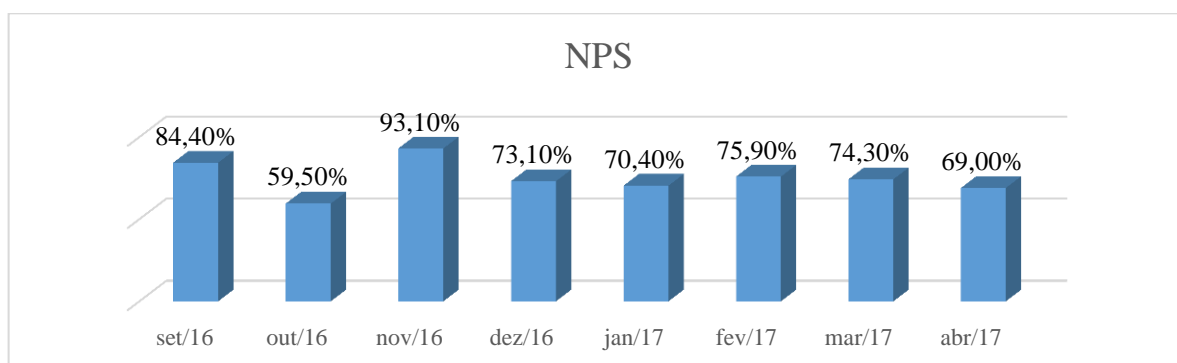
Fonte: Adaptado de CARVALHO (2012)

4.1.4 Voz do Cliente

A diminuição do tempo nestes indicadores tem por objetivo a redução do número de reclamações do cliente. Os patrocinadores (*sponsor*) do projeto são: o gerente de produção responsável também pela área de controle de qualidade e; a supervisora da área de logística. Através do documento VOC (*Voice Customer*) é possível entender as necessidades dos clientes e na organização através do indicador NPS (*Net Promoter Score*), os resultados deste indicador são obtidos através das respostas dos clientes a pergunta “*Em uma escala de 0 a 10, o quanto você indicaria nossa empresa para um amigo?*”, a periodicidade de aplicação da pesquisa é mensal.

No Gráfico 1 apresenta-se os resultados do NPS de setembro/2016 a abril/2017.

Gráfico 1 – Resultados NPS



Fonte: ALFA (2017)

A pesquisa é realizada todas as vezes que o cliente compra o produto, a pesquisa de satisfação somente será enviada para os clientes que realizaram aquisição do produto no mês de análise. Portanto, os resultados não serão as respostas dos mesmos clientes todos os meses.

As respostas são classificadas:

- Respostas de 1 a 6 – Detratores
- Respostas 7 a 8 – Passivos
- Respostas 9 a 10 – Promotores

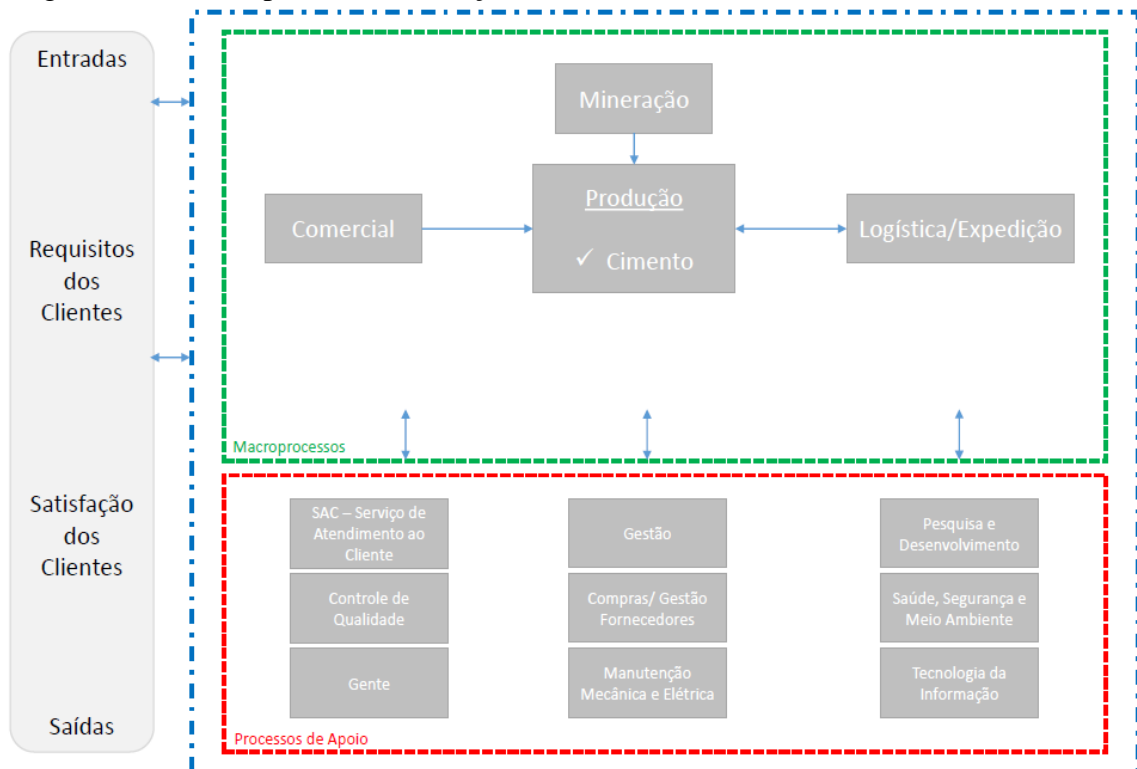
A equação para obtenção do resultado se dá pela diferença entre a porcentagem de promotores e detratores.

4.1.5 Definição do principal processo envolvido – SIPOC

O macro processo de fabricação do cimento é apresentado na Figura 12 adaptado do Manual da Qualidade da empresa ALFA, este documento é requisito fundamental para apresentação em auditorias da norma ISO9001. Posteriormente as etapas do processo de atendimento ao cliente serão apresentados na

Figura 13, desde o atendimento do motorista nos guichês, até a emissão da nota fiscal após a saída do caminhão carregado.

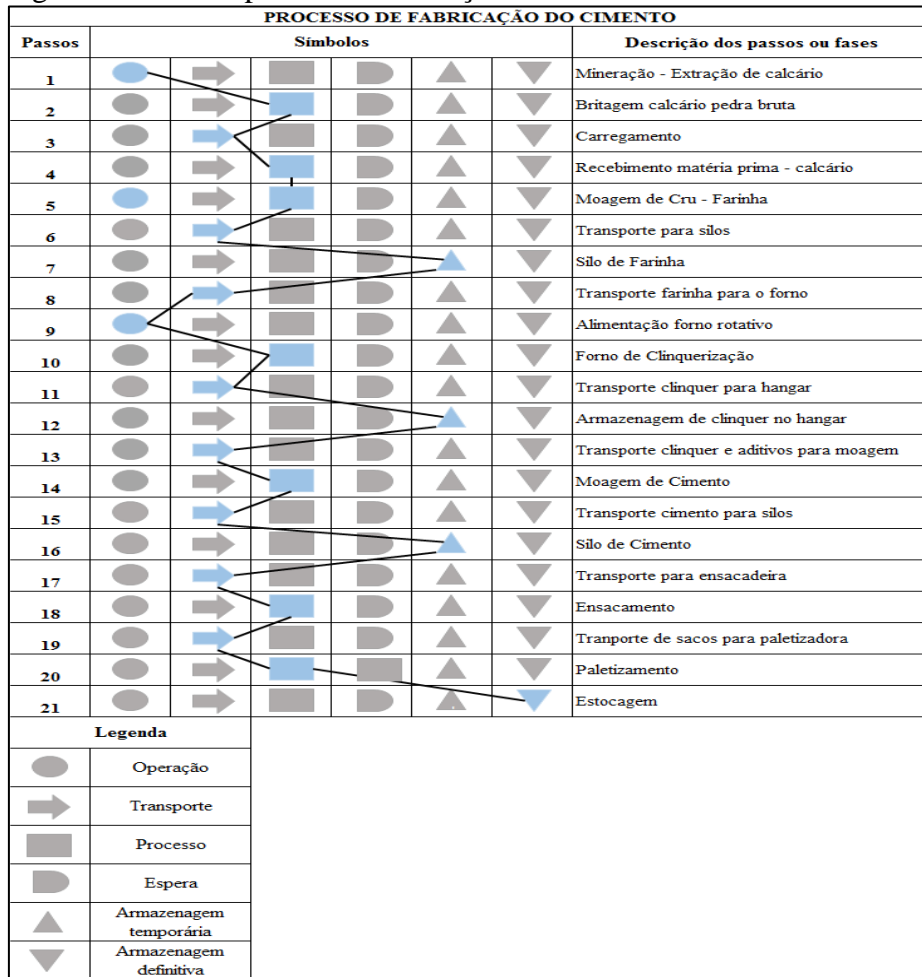
Figura 12 – Macro processo fabricação de cimento



Fonte: Adaptado do Manual da Qualidade da empresa ALFA (2017)

A Figura 13 apresenta as etapas do processo de fabricação do cimento, inicia-se pela mineração, onde é realizada a extração do calcário, principal matéria prima do cimento. Na etapa seguinte acontece a britagem desta matéria prima para que entre para a moagem de cru e seja produzida a farinha homogênea. Após a moagem de cru, a farinha vai para etapa de pré-aquecimento e pré-calcinação na torre de ciclones para facilitar o processo no interior do forno de clinquerização, este processo ocorre entre 1450°C, para produção do clínquer. Após a fabricação do clínquer, este material é armazenado no Hangar para utilização dosada na moagem de cimento juntamente com os demais aditivos. O cimento é armazenado em silos para etapa de ensacamento ou carregamento a granel, a etapa de ensacamento é realizada na área denominada Ensacadeira. A próxima área chamamos de Paletizadora, onde são paletizados sacos de 25kg e 50kg em *pallets* e acondicionados no estoque para posterior carregamento conforme demanda.

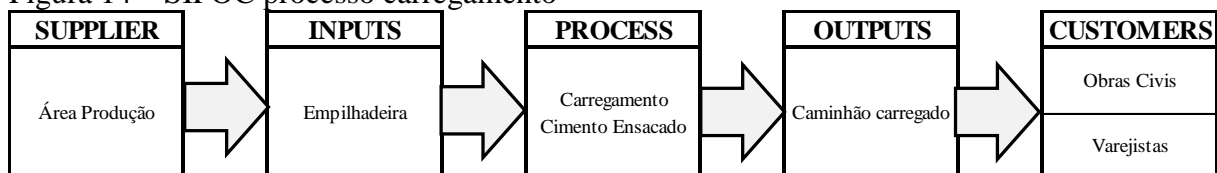
Figura 13 – Macroprocesso Fabricação Cimento



Fonte: Adaptado do Manual da Qualidade empresa ALFA (2017)

O mapeamento macro do processo de carregamento do cimento e atendimento ao cliente realizado pela área de logística da Unidade, é apresentado na Figura 14 através da ferramenta da qualidade SIPOC.

Figura 14 – SIPOC processo carregamento



Fonte: Autor (2017)

Na Figura 15, apresentamos o detalhamento do processo de carregamento do cimento pela área de logística, onde inicia-se o processo com a chegada do caminhão no pátio da Unidade, após estacionamento do veículo o motorista faz *check in* no TOTEM, ou se é cliente

novo, realizará o seu cadastro. Após *check in* o cliente aguarda ordem para acesso a balança para pesagem inicial, deslocamento para área da Paletizadora, carregamento do veículo pelos operadores de empilhadeira, enlonamento do veículo carregado e pesagem final da carga na balança de saída da Unidade. O motorista somente será liberado após a comparação da quantidade de pedido *versus* carga. Se a pesagem final estiver conforme, a nota fiscal é emitida e a carreta liberada.

Figura 15 – Fluxograma Processo de Carregamento

PROCEDIMENTO CARREGAMENTO LOGÍSTICA/EXPEDIÇÃO							
Passos	Símbolos					Descrição dos passos ou fases	
1	●	→	■	◐	▲	▼	Chegada caminhão pátio da Unidade
2	●	→	■	◐	▲	▼	Check in TOTEM / Cadastro empresa
3	●	→	■	◐	▲	▼	Integração para novos clientes
4	●	→	■	◐	▲	▼	Aguardar ordem de carregamento
5	●	→	■	◐	▲	▼	Chamada para entrada na Unidade para carregamento
6	●	→	■	◐	▲	▼	Balança - pesagem inicial
7	●	→	■	◐	▲	▼	Deslocamento área da Paletizadora
8	●	→	■	◐	▲	▼	Carregamento do veículo com empilhadeira
9	●	→	■	◐	▲	▼	Enlonamento
10	●	→	■	◐	▲	▼	Deslocamento até balança de pesagem final
11	●	→	■	◐	▲	▼	Pesagem final
12	●	→	■	◐	▲	▼	Comparação pedido X carga
13	●	→	■	◐	▲	▼	Emissão de nota fiscal
14	●	→	■	◐	▲	▼	Liberação de saída

Fonte: Autor (2017)

4.2 Etapa: Mensurar

4.2.1 Estratificação

O agrupamento de dados é apresentado com a estratificação por tempo, pois é mensurado o tempo em que o processo de carregamento é executado. Nas tabelas 6 e 7 os resultados do principal indicador Tempo Médio de Atendimento ao Cliente (TMAC) são apresentados em horas (h).

4.2.2 Plano para coleta de dados

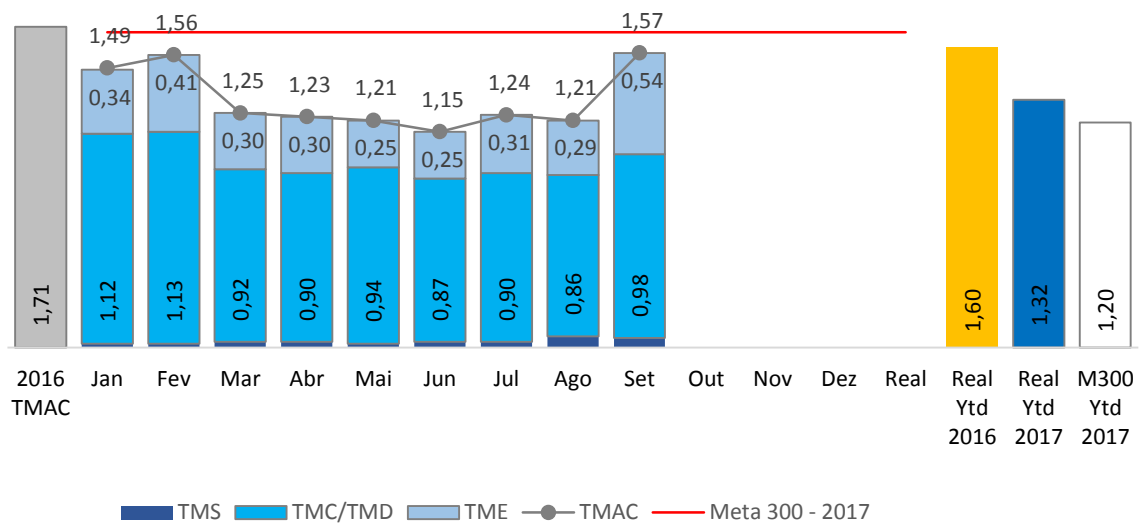
Na primeira fase do DMAIC, o Tempo Médio de Atendimento ao Cliente foi indicado como um dos principais indicadores de monitoramento de foco no cliente da organização, onde há dois monitoramentos: o TMAC Cliente e o TMAC Total e que são compostos de três controles de tempos em diferentes etapas do processo de atendimento.

A coleta de dados foi realizada com orientações da Supervisora de Logística e o Gerente de Produção, único profissional com conhecimento de 6 Sigma e formação *black belt* na Unidade, a consolidação dos dados foi realizada para posterior análise na etapa seguinte da metodologia.

Os dados coletados referem-se ao período de janeiro a setembro de 2017 nos tempos de TME, TMM e TMC com fechamento mensal do TMAC e também o controle diário para acompanhamento dos principais picos que impactam no resultado mensal do indicador.

O Gráfico 2 apresenta os resultados para melhor visualização e análise para o TMAC Cliente, indicador foco de estudo neste trabalho.

Gráfico 2 – TMAC Cliente



Fonte: Resultados adaptados da empresa ALFA (2017)

4.2.3 Diagrama de Pareto

De acordo com a ordem de importância e os fatores envolvidos no processo de carregamento, no Gráfico 3 apresentam-se os problemas encontrados e sua frequência através do preenchimento da folha de verificação, apresentada na Tabela 6.

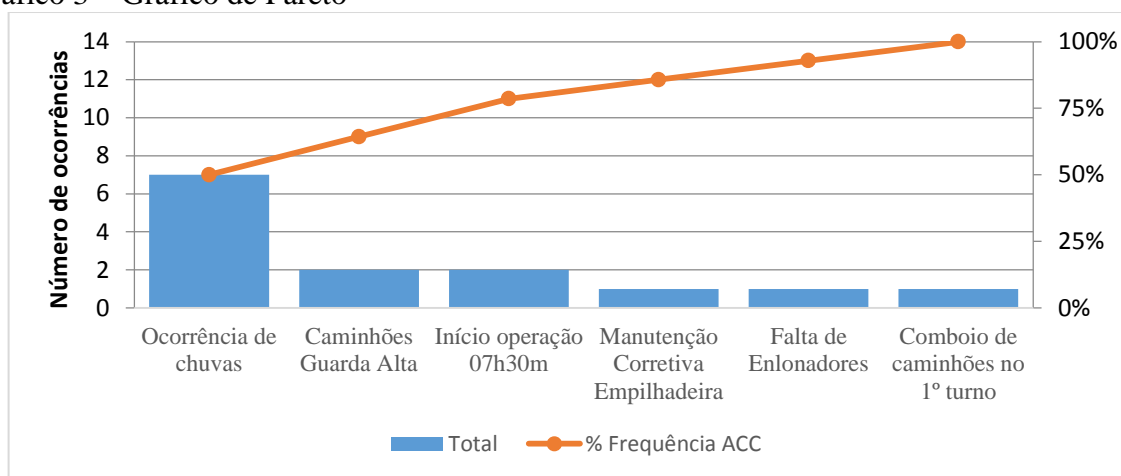
Tabela 6 – Folha de Verificação

FOLHA DE VERIFICAÇÃO			
Motivos	Total	% Frequência Ocorrência	% Frequência ACC
Ocorrência de chuvas	7	50%	50%
Caminhões Guarda Alta	2	14%	64%
Início operação 07h30m	2	14%	79%
Manutenção Corretiva Empilhadeira	1	7%	86%
Falta de Enlonadores	1	7%	93%
Comboio de caminhões no 1º turno	1	7%	100%
TOTAL	14		

Fonte: Autor (2017)

Conforme vemos no Gráfico 3, pode-se observar que o item ocorrências de chuvas corresponde a 50% dos motivos de TMAC acima da meta, Caminhão Guarda Alta e Início das Operações as 7h30min na segunda-feira, correspondem igualmente a 14% cada um. Portanto, de acordo com a regra Pareto, as três causas apresentadas acima correspondem a 79% dos principais motivos de morosidade ao atendimento do cliente, sendo estes os que devem ser priorizados para melhoria.

Gráfico 3 – Gráfico de Pareto



Fonte: Autor (2017)

4.2.4 Cartas de Controle

Para cálculo de limites de superior e inferior da carta de controle utilizou-se gráficos de média e desvio padrão.

A partir da coleta de dados, onde definiu-se o tamanho da amostra, que deve ser constante, bem como a quantidade de amostras e frequência de amostragem. Os resultados diários do TMAC Cliente do período de 01/01/2017 a 30/09/2017 foram utilizados para cálculo das médias das amostras, as amostras são apresentadas no Apêndice B deste trabalho.

Para cálculo da média das amostras utilizamos a equação (4).

$$\bar{X}_i = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad \dots(4)$$

Onde:

\bar{X}_i é a média do TMAC mês;

x_n são os resultados de TMAC diário durante um mês;

n é o tamanho da amostra, $n = 30$.

Tabela 7 – Média das Amostras

\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4	\bar{X}_5	\bar{X}_6	\bar{X}_7	\bar{X}_8	\bar{X}_9
1,25	1,17	1,09	0,88	1,08	0,97	1,04	1,07	1,38

Fonte: Autor (2017)

Após o cálculo da média dos resultados de janeiro a setembro calculamos a média das médias de amostras mensais e o desvio padrão para cada amostra, conforme equação (1) já apresentada e a equação (5).

$$S = \sqrt{\sum \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{e} \quad \bar{S} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{k} \quad \dots(1)$$

Onde:

S é o desvio padrão;

\bar{S} é o desvio padrão das amostras;

X_i é a medida obtida no processo;

\bar{X} é a média das medidas;

n é o tamanho da amostra;

k é a quantidade de amostras.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_n}{k} \quad \dots(5)$$

Onde:

k é a quantidade de amostras, $k = 9$

Para cálculo dos limites superior e inferior foram utilizadas as fórmulas (6) e (7).

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{S} \quad \dots(6)$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{S} \quad \dots(7)$$

A tabela de constantes é apresentada no anexo B deste trabalho.

Na Tabela 8, são apresentados os valores de limites superior e inferior de controle para construção do Gráfico 4.

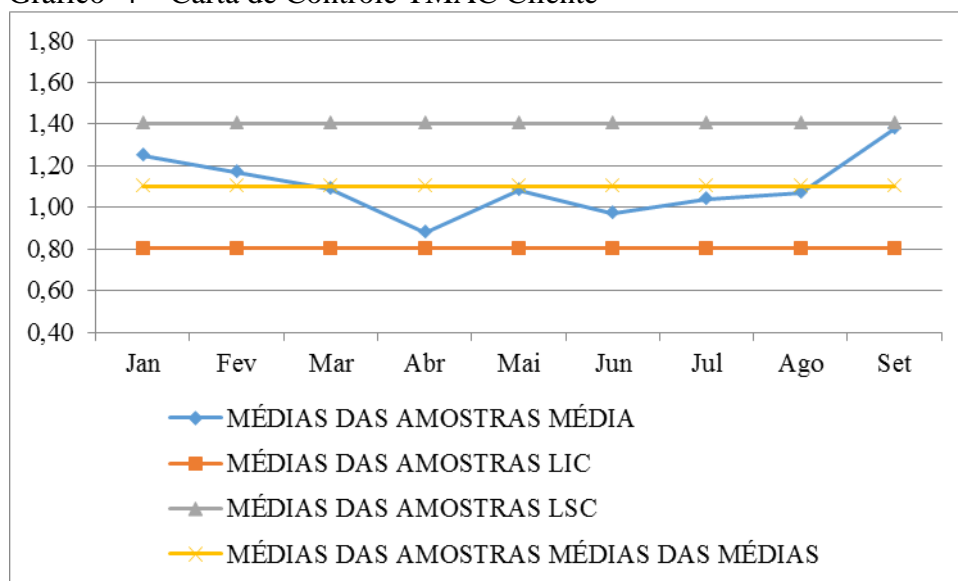
Tabela 8 – Dados para construção da carta de controle

MESES	MÉDIA	LIC	LSC	MÉDIAS DAS MÉDIAS	DESVIO PADRÃO
Jan	1,25	0,80	1,40	1,10	0,50
Fev	1,17	0,80	1,40	1,10	0,50
Mar	1,09	0,80	1,40	1,10	0,50
Abr	0,88	0,80	1,40	1,10	0,50
Mai	1,08	0,80	1,40	1,10	0,50
Jun	0,97	0,80	1,40	1,10	0,50
Jul	1,04	0,80	1,40	1,10	0,50
Ago	1,07	0,80	1,40	1,10	0,50
Set	1,38	0,80	1,40	1,10	0,50

Fonte: Autor (2017)

Para acompanhamento do processo durante os 9 (nove) meses de análise, o Gráfico 4 determina estatisticamente os limites de controle para verificação dos indicadores e identificação de possíveis gargalos.

Gráfico 4 – Carta de Controle TMAC Cliente



Fonte: Autor (2017)

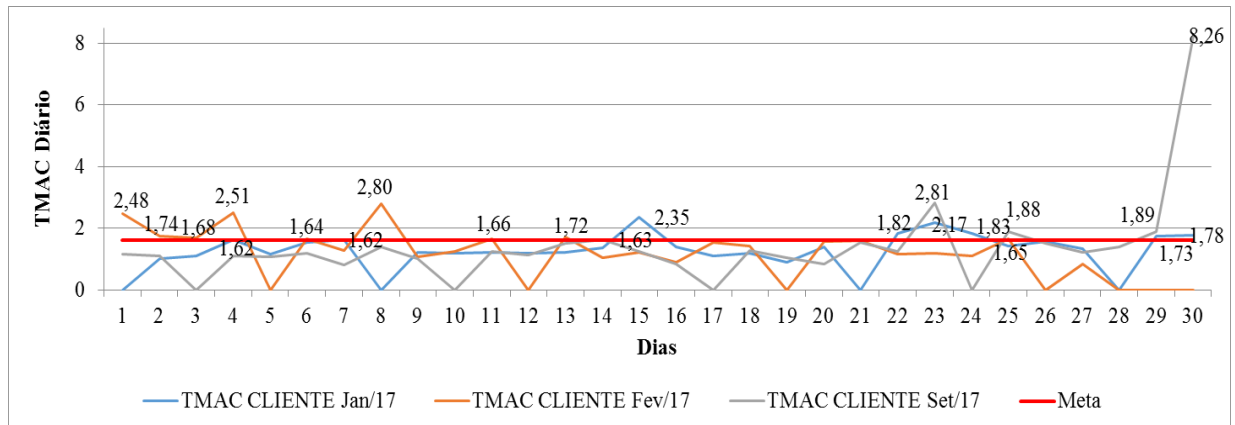
O Gráfico 4 apresenta os limites de controle para o Tempo de Atendimento ao Cliente, conforme análise nos meses de janeiro a setembro não houve resultados do indicador acima do objetivo de 1,60h, porém como a organização tem como um de seus pilares o Foco no Cliente, utilizamos um gráfico sequencial para abertura diária dos meses com resultados acima da média de 1,60h.

Não foram realizados cálculos de índices de capacidade e capacidade do processo devido ao TMAC não possuir limites de especificação superior e inferior, pois não se trata de um produto e sim, de um serviço.

4.2.6 Gráfico Sequencial

O Gráfico 5 apresenta-se um exemplo de resultados diários dos meses de janeiro, fevereiro e setembro, estes três meses foram os escolhidos devido aos resultados mensais acima da média na carta de controle, apresentada no Gráfico 6, onde o tempo de atendimento ao cliente mensal ficou dentro da meta estipulada de 1,60 horas, porém como um dos principais pilares de qualidade da organização é Foco no Cliente, deve-se mitigar os tempos de atendimento diários acima do objetivo. No gráfico apresentado a seguir, para o controle de não conformidades com a meta durante o processo de carregamento na Unidade, os levantamentos destas divergências foram através de outras ferramentas da qualidade como: diagrama de causa e efeito, métodos dos 5 Porquês, diagramas de priorização, entre outros, como será demonstrado no decorrer do trabalho.

Gráfico 5 – Resultados TMAC Cliente diário



Fonte: Autor (2017)

A operação da Unidade é somente de segunda a sexta-feira, sendo assim no gráfico, finais de semanas e feriados o tempo de atendimento é zero.

4.2.7 Avaliação 6 Sigma

Através do levantamento dos resultados diários no período de janeiro a setembro de 2017, a avaliação do nível 6 Sigma no processo de atendimento ao cliente foi calculado.

Através da equação (3) os defeitos por milhão de oportunidades foi calculado com resultados de DPMO = 20.987,70.

De acordo com Apêndice B – Resultados Diários do TMAC Cliente, temos:

Número de defeitos = 34, entre o período dos meses de janeiro a setembro foram levantados 34 (trinta e quatro) atendimentos acima de 1,60h.

Número de oportunidades é a multiplicação do número total da amostra pelo número de possíveis defeitos = 1620.

Amostra = 270, levantamento de resultados de TMAC Diário.

Utilizando a tabela de conversão apresentada no Anexo A, obteve-se o seguinte resultado para o processo estudado em análise de acordo com Quadro 5.

Quadro 5 – Nível Sigma

DPMO	20,98
Rendimento	100%
Nível Sigma	5,60

Fonte: Autor (2017)

Mesmo a organização não adotando a metodologia Seis Sigma, tem seus processos dentro das especificações, mesmo assim, foi dada continuidade ao estudo para levantamento e mitigação das divergências que ainda ocorrem nos resultados diários de atendimento ao cliente.

A partir da mensuração do nível Sigma e rendimento do processo as etapas sequenciais da ferramenta DMAIC serão de extrema importância para análise, melhoria e controle para otimização do seu processo e atendimento ao cliente.

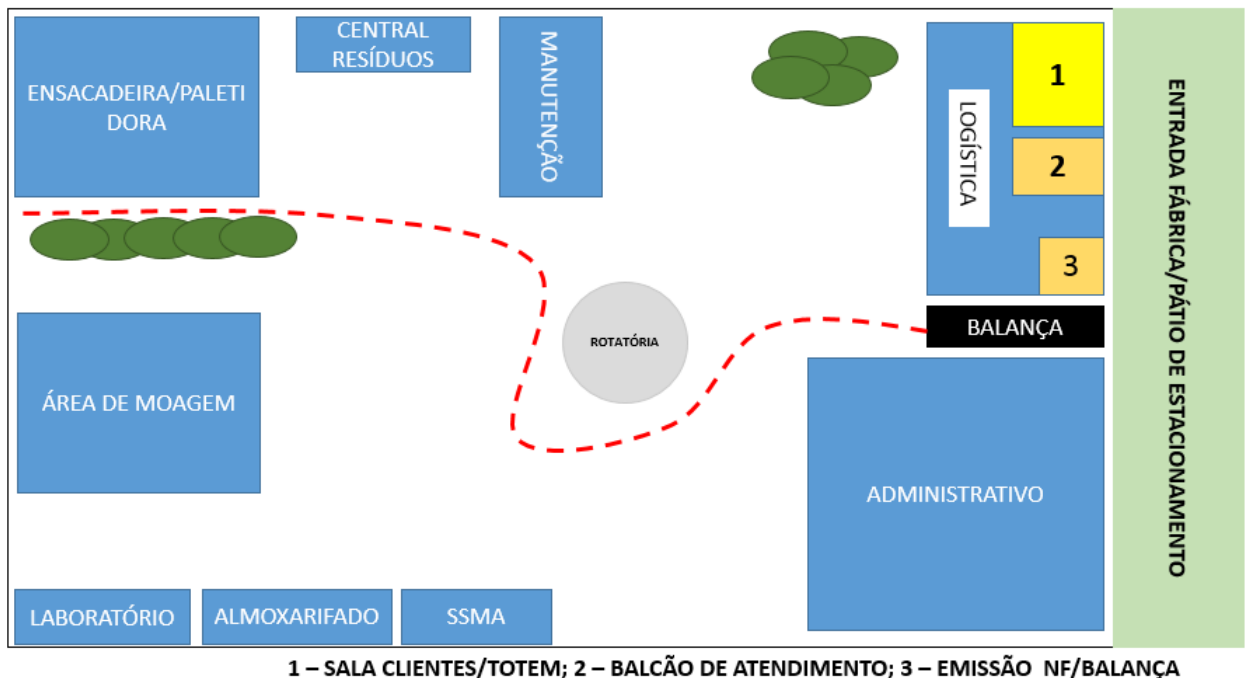
4.3 Etapa: Análise

4.3.1 Fluxograma

Nesta etapa faz-se uso do fluxograma do processo, seção 4.1.4, para demonstração das etapas no *layout* da Unidade conforme

Figura 16.

Figura 16 – Trajeto Carregamento



Fonte: Autor (2017)

4.3.2 *Brainstorming*

A organização atende as metas mensais estabelecidas de atendimento ao cliente, porém como já mencionado na etapa Mensurar, o TMAC Cliente é uma das métricas para monitoramento de um dos seus pilares de qualidade. Para fortalecimento das causas levantadas na folha de verificação da etapa anterior, utilizou-se o *Brainstorming* termo em inglês que significa “Tempestade de Ideias”, esta ferramenta da qualidade auxiliará a tomada de decisão e apoio a plano de ação que será construído. Este levantamento levou em consideração entrevistas informais com supervisor da área e operadores, onde, por consenso os principais pontos são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - *Brainstorming*

Ocorrência de chuvas
Atendimento a Caminhões Guarda Alta
Início operação 07h30m na segunda-feira
Manutenção Corretiva em Empilhadeira
Comboio de caminhões no 1º turno
Carregamento e enlonamento no mesmo local

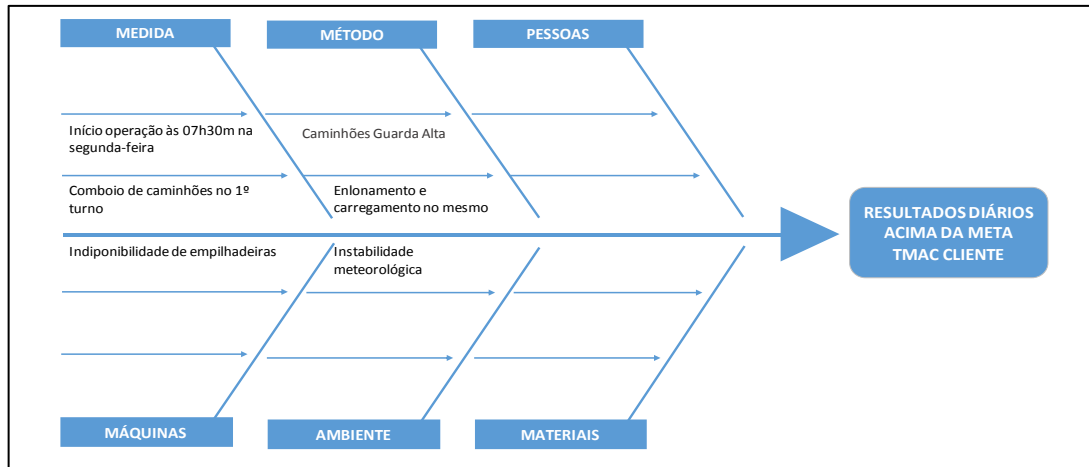
Fonte: Autor (2017)

4.3.3 Diagrama de Causa e Efeito

Esta etapa tem por objetivo identificar e verificar a causa-raiz, criar soluções para os problemas identificados e definir como serão mitigados.

O Diagrama de Causa, representado na Figura 17 foi construído juntamente com a Supervisora da Logística e equipe para melhor identificação de causas e deficiências do processo após análise diária de resultados de janeiro a setembro de 2017 e classificados quanto a sua característica.

Figura 17 – Diagrama Causa e Efeito



Fonte: Autor (2017)

De acordo com o Diagrama de Causa e Efeito, a empresa apresenta diversas causas que impactam o resultado do indicador de atendimento ao cliente.

As causas identificadas são: impacto no atendimento devido a indisponibilidade de empilhadeiras, enlonamento e carregamento no mesmo local, impacto devido a instabilidade meteorológica, equipe de enlonadores, comboio de caminhões no primeiro turno, início das operações às 7h30 de segunda-feira, atendimento de caminhões de guarda-alta.

A partir deste diagrama construímos o Quadro 7, onde aplicamos a regra dos “5 Porquês” com o objetivo de apresentar a causa raiz.

Quadro 7 – Regra “5 Porquês” – Definição do Problema

Definição do Problema: Resultados TMAC acima da meta					
Causas	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?
Impacto no atendimento devido a indisponibilidade e de empilhadeiras Impacto no atendimento devido a indisponibilidade e de empilhadeiras	Indisponibilidade e de empilhadeiras Indisponibilidade e de empilhadeiras	Demora no atendimento para manutenção	Não há prestador de serviço de manutenção preventiva homologado na região	Somente em Caxias do Sul no RS	-
		Com quebra de uma das empilhadeiras não há máquina reserva	Devido a redução de orçamento	-	-
Enlonamento e carregamento no mesmo local	Devido a instabilidade no clima	Não há local coberto para enlonamento em dias de chuva	Somente um trava quedas coberto na área da Paletizadora	-	-

Impacto devido a instabilidade meteorológica	Sem cobertura na área de enlonamento após área de carregamento	-	-	-	-
Equipe de Enlonadores	<i>Head Count</i> de terceiros abaixo do necessário	Restrições orçamentárias	Retração do mercado da construção civil	-	-
Atendimento comboio 1º turno	Aumento do tempo de atendimento	Devido ao grande número de caminhões em determinado turno	Caminhões que descarregam no porto de Rio Grande e fazem	Devido a empresas utilizarem o frete cruzado	Frete cruzado reduz custos
Caminhões guarda-alta	Aumento do tempo de atendimento	Devido a atividade de baixar a guarda da carreta não ser realizada na Unidade	Não compete ao escopo de atividades da Unidade	Não há quadro de pessoal suficiente	Devido a restrições orçamentárias
Horário de início do atendimento	Devido a reestruturação da Unidade	Não há expedição nos finais de semana	Baixo volume de expedição	Devido a retração do mercado da construção civil	-

Fonte: Autor (2017)

Para verificar a prioridade de atendimento das causas encontradas, realizou-se análise do FMEA, que irá apontar pelo Número de Prioridade de Risco (NPR) as ações que deverão ser priorizadas.

Sendo assim, a área de enlonamento após a etapa de carregamento não ser coberta, causa impacto e aumento no tempo de atendimento, pois esta etapa será realizada no mesmo local onde o caminhão é carregado e também a indisponibilidade de empilhadeiras causa impacto no tempo de atendimento.

O gargalo causado pelas etapas de carregamento e enlonamento realizarem-se no mesmo local aumenta o tempo de atendimento, pois atividades que em dias estáveis de clima são realizadas em locais diferentes atendendo dois caminhões, em dias instáveis somente um caminhão é atendido por vez.

Após a definição das causas raízes a etapa seguinte do DMAIC será o aperfeiçoamento.

4.3.4 FMEA

Para análise dos riscos do processo de carregamento englobando as atividades macro o método utilizado foi a Análise de Modos de Falhas e Efeitos – FMEA. Para identificação das causas e ações preventivas para eliminação destas falhas, o FMEA é apresentado no Quadro 8.

As réguas para avaliação de ocorrência (O), gravidade (G) e detecção (D) estão disponíveis no Anexo C.

Quadro 8 – FMEA

EMPRESA: ALFA		FMEA - Análise do Modo e Efeito de Falha			Data: Nov/2017						
Local: RS		Setor: Logística			Atividade: Atendimento Cliente - Carregamento Cimento						
Processo	Função do processo	Possíveis Falhas			Controle Atual	Índices			NP R	Ações Preventivas	
		Modo	Efeito	Causa		O	G	D		Recomendada	Adotada
Check In TOTE M	Marcar chegada do cliente	Falha no TOTE M	Sem agendamento de início de espera	Falta de Energia Elétrica	Nenhum	2	8	1	16	Utilização de gerador	Nenhuma ação adotada
	Marcar chegada do cliente	Não utilização do TOTE M	Sem agendamento de início de espera	Cliente não tem conhecimento para utilização da máquina	Sim - treinamento durante integração	1	6	1	6	Integração com cliente	Integração já é realizada com todos clientes
Integração	Conscientização sobre normas de segurança e padrões da empresa	Sem integração	Não poderá carregar carreta	Equipe não realizou integração com cliente	Integração de novos clientes	1	6	1	6	Integração com cliente	Integração já é realizada com todos clientes

Pesagem Inicial	Realizada para verificação de pesagem final	Erro no sistema de pesagem	Sem pesagem não é possível carregamento	Falha na balança	Manutenção preventiva das balanças semestralmente	1	6	1	6	Manutenção preventiva nas balanças	Manutenção preventiva nas balanças
Carregamento	Carregamento de pallets na área da Ensacadeira/ Paletizadora	Instabilidade meteorológica	Morosidade no processo de carregamento	Somente um trava-queda com cobertura	Nenhum	7	7	7	343	Cobertura de mais um trava-queda	Orçamento de cobertura em andamento
		Indisponibilidade de Empilhadeiras	Morosidade no processo de carregamento	Empilhadeira em manutenção corretiva	Realizadas manutenções preventivas para mitigação de indisponibilidades	4	7	3	84	Manutenções Preventivas periódicas	Plano de manutenção implementado
	Caminhões Guarda Alta	Atendimento de caminhões guarda alta	Morosidade no processo de carregamento	Devido a guarda alta que deve ser baixada para empilhadeira operar	Nenhum	6	7	3	126	Empresa não tem como padrão realização de atividade de abertura de tampas guarda-alta	Não Aplicável

Pesagem Final	Realizada para verificação de pesagem final	Erro no sistema de pesagem	Sem pesagem não é possível carregamento	Falha na balança	Manutenção preventiva das balanças semestralmente	1	6	1	6	Manutenção preventiva nas balanças	Manutenção preventiva nas balanças
		Pesagem excedente/inferior ao contratado	Aumento de tempo de atendimento ao cliente	Erro de carregamento	Treinamento de equipe para atendimento ao cliente	5	7	1	35	Treinamentos com equipe	Treinamentos realizados conforme revisão dos padrões operacionais
Emissão Nota Fiscal	Liberação de nota fiscal para saída do caminhão	Erro no sistema de emissão de NF	Produto não poderá sair da Unidade	Sem rede para conexão	Nenhum	3	3	2	18	Utilização de geradores em processadores	Utilização de geradores em processadores

Fonte: Autor (2017)

De acordo com a ferramenta FMEA, a priorização dos problemas deve acontecer na seguinte ordem: enlonação e carregamento no mesmo local em dias de chuva, caminhões comboio e guarda-alta, indisponibilidade de empilhadeiras, e demais processos conforme seu resultado de nível de prioridade de risco,. A partir dos problemas levantados e a priorização dos mesmos o Quadro 9 apresenta as propostas de soluções para cada causa raiz.

4.4 Etapa: Aperfeiçoar

O objetivo da etapa “aperfeiçoar” é propor soluções para as causas identificadas. Para isso, o Quadro 9 apresenta as soluções propostas para cada uma das causas levantadas.

Quadro 9 – Soluções Propostas para Causas Raízes

Causa Raiz	Solução Proposta
Indisponibilidade de Empilhadeiras	Capacitar prestador de serviço local para manutenção de empilhadeiras

Enlonamento e carregamento no mesmo local em dias de chuva	Orçar e construir cobertura para o trava quedas
Caminhões guarda-alta	Verificação de possibilidade de atividade ser inserida no escopo de atendimento.
Comboio de caminhões	Aumento de quadro de pessoal e solução de cobertura de trava quedas ser concluída
Início de operação às 7h30	Não aplicável solução mitigadora, pois a causa é devido a crise econômica atual do país

Fonte: Autor (2017)

De acordo com as soluções propostas o Quadro 10 apresenta o plano de ação (5W2H) para planejamento de todas as ações necessárias para melhoria de tempo de atendimento ao cliente.

Quadro 10 – Plano de Ação para soluções propostas

O quê	Por que	Como	Onde	Quem	Quando	Quanto
Capacitar prestador de serviço de manutenção na região	Indisponibilidade e de empilhadeiras	Levantamento e homologação de fornecedores	Empresa ALFA	Operador de Logística	31/dez	Sem custo
Cobertura trava-quedas	Enlonamento e carregamento em dias de chuva são realizados no mesmo local	Orçar cobertura de trava-quedas	Empresa ALFA	Supervisor Logística	30/jan	Sem custo
Cobertura trava-quedas	Enlonamento e carregamento em dias de chuva são realizados no mesmo local	Construção de cobertura do trava-quedas	Área da paletizadora	Empresa terceira	30/abr	A definir
Equipe de Enlonadores	Devido a quadro enxuto de enlonadores	Orçar aumento de um posto de trabalho	Logística	Supervisor Logística	30/nov	Sem custo
Abertura de guarda alta de caminhões	Atividade é realizada no posto de gasolina próximo a Unidade	Verificar possibilidade de atividade ser inserida no escopo de atendimento	Empresa ALFA	Supervisor Logística	31/dez	Sem custo

Fonte: Autor (2017)

A solução que trará mais impacto para melhoria do TMAC será a cobertura do trava-quedas externo da área da Paletizadora, com a conclusão desta ação haverá uma redução significativa do tempo de atendimento, pois o processo de carregamento e enlonamento não será impactado pela instabilidade meteorológica.

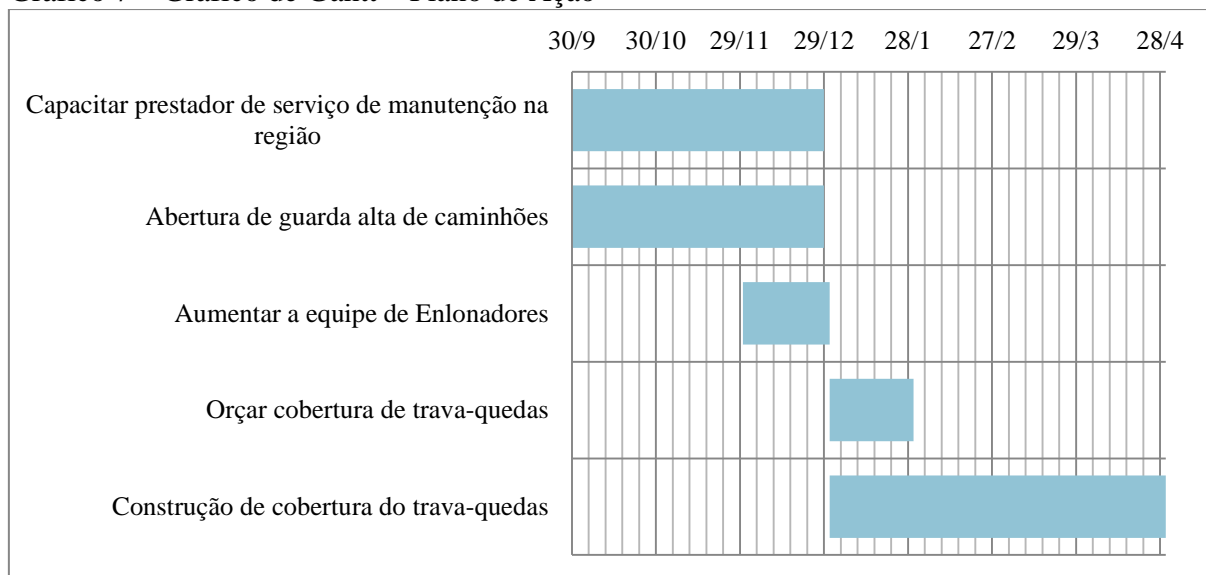
Após a etapa de aperfeiçoamento, será apresentada a última etapa da metodologia que corresponde ao controle do plano de ação.

4.5 Etapa: Controlar

O plano de controle para as melhorias apontadas deverá ser o monitoramento após a execução das principais propostas sugeridas no plano de ação e, então, realizar nova mensuração para verificação do rendimento do processo e evolução do nível Sigma. Para os problemas levantados pelo *Brainstorming*, há a necessidade de investimentos grandes por parte da companhia para sua conclusão.

Para controle das ações propostas na Etapa Aperfeiçoar, seção 4.4, o plano de ação é apresenta o cronograma através da ferramenta Gráfico de Gantt, no Gráfico 7, para melhor visualização e controle das atividades.

Gráfico 7 – Gráfico de Gantt – Plano de Ação



Fonte: Autor (2017)

O método de monitoramento já é realizado pela empresa ALFA, sendo necessário após a implementação das sugestões do controle dos indicadores, já citados na Etapa Definir, seção 4.1, para verificação de eficácia dos itens apontados e melhoria dos resultados mensais. A empresa é certificada pela norma de qualidade NBR ISO9001:2015, certificação este requisito, solicitado por vários clientes para compra do produto produzido, como prevê esta norma os controles devem ser totalmente rígidos para atendimento e recertificação.

A área de logística não diverge das demais áreas da empresa ALFA, para atendimento a esta certificação são realizadas reuniões periódicas para gestão de metas e rotina, auditorias internas no seu sistema de gestão da qualidade, pois paralelo à norma todas as áreas possuem programas de gestão que são complementados pela ISO, ou seja, auditorias internas são

realizadas, programa de padronização de processos é implementado, manuais de seus sistemas são utilizados e todos os funcionários devem ser treinados a cada nova revisão dos padrões, como também serão realizadas reuniões semanais, denominadas *Flash* e reuniões mensais para controle de indicadores. Nestas reuniões mensais são apresentados os resultados e suas justificativas através do FCA (Fato, Causa e Ação) para mitigação de indicadores fora do objetivo mensal.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem como escopo apresentar as conclusões da pesquisa, limitações da mesma e sugestões para pesquisas futuras.

5.1 Conclusões da pesquisa

Para atingir os objetivos deste estudo buscou-se primeiramente identificar as etapas necessárias à implementação da metodologia Seis Sigma com o objetivo de compreendê-las para posterior utilização. Esta identificação é apresentada no capítulo 2, seção 2.1.5 onde as ferramentas necessárias para cada etapa são exibidas. A elaboração de um plano de implantação da metodologia Seis Sigma foi desenvolvida no capítulo 4, com o levantamento dos pilares de qualidade da organização e escolha de um setor para implementação da metodologia.

Portanto, perfazendo estas etapas, alcançou-se o objetivo principal deste estudo que compreende a proposição do método DMAIC em um projeto piloto dentro dos processos de uma indústria cimenteira, com a aplicação da metodologia conforme apresentado no Capítulo 4, as cinco etapas do DMAIC foram desenvolvidas com a utilização das ferramentas sugeridas no Capítulo 2, no setor de Logística de uma unidade cimenteira na região sul do estado do Rio Grande do Sul.

Em resposta a questão de pesquisa referente à quais são as etapas para o desenvolvimento e implantação do programa Seis Sigma nos processos de manufatura em uma indústria cimenteira, entende-se que as etapas de definir, mensurar, analisar, aperfeiçoar e controlar, preconizados pelo Seis Sigma trazem diversas ferramentas para levantamento de gargalos no processo. Dependendo das especificações do processo, serão escolhidas em cada uma destas etapas citadas acima a melhor ferramenta da qualidade para coleta de dados, análise de causas para identificação da causa raiz, priorização das causas raízes levantadas e, por fim, a elaboração de um plano de ação para acompanhamento das sugestões propostas.

Vale ressaltar que a companhia tem como planejamento inserir em seu sistema de gestão da qualidade no ano de 2018 a metodologia DMAIC como ferramenta, no passado as lideranças da organização receberam treinamentos com especialistas/patrocinadores do Seis

Sigma, porém atualmente não é usual a utilização desta metodologia na análise de causas de problemas durante o gerenciamento de rotina da Unidade.

5.2 Limitações da pesquisa

Algumas dificuldades estiveram presentes durante a elaboração deste estudo como, a não liberação para divulgação de resultados e identificação da empresa em que foi realizada a pesquisa.

A pesquisa se limitou somente a área da Logística onde os dados foram obtidos através de entrevista informais, planilhas e *softwares* de gerenciamento do processo de *check in*, pesagem de caminhões na balança de entrada e saída e emissão de nota fiscal de carregamento durante um período de nove meses.

5.3 Sugestões para pesquisas futuras

A partir deste estudo, têm-se como possibilidades para pesquisas futuras a implementação das etapas em outro setor da companhia, tais como, o controle de qualidade na análise de variabilidades no processo de testes de parâmetros de qualidade de insumos e do produto final, na área de moagem de cimento com a análise da porcentagem de clínquer utilizado no cimento e; também, na área de ensacadeira da Unidade no processo de ensacamento e pesagem do cimento ensacado.

REFERENCIAL

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. **A importância do Método 6 Sigma na Gestão da Qualidade Analisadas sob uma abordagem teórica.** Revista de Ciência & Tecnologia, Piracicaba, v.11, n. 20, p. 91-98, jul/dez. 2002.

BLAKESLEE Jr., J.A. **Implementing the Six Sigma solution.** Quality Progress, 1999.

CARVALHO, M. M. e PALADINI, E. **Gestão da Qualidade.** Rio de Janeiro, Editora Campus Elsevier, 2012.

CRESWELL, John. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

COUTINHO, T. **Como avaliar o nível Sigma de uma Empresa.** Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/nivel-sigma>> Acesso em: 15 out. 2017.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo, Editora Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HAYES, B. J. **Fatores Críticos de Sucesso do Seis Sigma.** EUA, jan. 2003. QSP – Informe Reservado. Disponível em: <http://www.qsp.org.br/biblioteca/fatores_criticos.shtml>. Acesso em: 27 set. 2016.

HOLLANDA, L. et. al. **Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB.** Campina Grande: Faculdade do Vale do Ipojuca, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

JESUS, A. R. **Seis Sigma em grandes indústrias no Brasil: Problemas de Implementação e Fatores Críticos de Sucesso.** Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2015.

JORNAL FOLHA DO SUL. **Fábrica da Votorantim Cimentos em Pinheiro Machado completa 43 anos**, Bagé, 2015. Disponível em: <<http://www.jornalfolhadosul.com.br/noticia/2015/04/24/fabrica-da-votorantim-cimentos-em-pinheiro-machado-completa-43-anos>>. Acesso em: 11 out. 2016.

JUNIOR, A. C. **Dificuldades de implementação de programas Seis Sigma: Estudos de casos em empresas com diferentes níveis de maturidade**. São Carlos, 2006.
KESSLER, R. M. **A implantação do Seis Sigma em organizações: motivações de escolha e resultados obtidos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª Edição. São Paulo, Editora Atlas, 2003.

LAMEIRA, R. **A História do Six Sigma**. Disponível em: <http://sixsigmabrasil.com.br/pag_metodologia.html> Acesso em: 05 out. 2016.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro, Editora Elsevier, 2012.

PANDE P. S., NEUMAN R. P., CAVANAGH R.R. **Estratégia Seis Sigma**, Rio de Janeiro, Editora Qualitymark, 2001.

PACHECO, D. A. et al. **Investigando as semelhanças e diferenças entre *Lean Manufacturing* e Seis Sigma visando a melhoria operacional**. In: XIX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2012, Bauru. Anais Eletrônicos. Bauru: SIMPEP, 2012.

PEREIRA, Angela Raquel de Araújo. **A gestão e o controle da qualidade: um estudo comparativo entre a Norma ISO 9001 e a Metodologia Seis Sigma**. Simpósio de Engenharia de Produção, Brasil, 2007.

PEREZ-WILSON, M. **Seis Sigma – Compreendendo O Conceito, As Implicações E Os Desafios**. Rio de Janeiro, Editora QualityMark, 2000.

Revista EXAME. **As 18 maiores companhias de cimento do mundo**. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/as-18-maiores-companhias-de-cimento-do-mundo/>>. Acesso em: 11 out. 2016.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma – Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo, Editora Atlas, 2008.

SANTANA, C. et. al. **O Uso do Nível Sigma para Comparação de Processos Diferentes: Um Estudo de Caso.** XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção 2004, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense.

SILVEIRA, T. S., GERHARDT T. E., **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2009.

SNIC – **Sindicato Nacional das Indústrias de Cimento.** Disponível em: <<http://www.snic.org.br/processo.asp>> Acesso em: 01 nov. 2016.

SOTILLE, M., **Índice de Capacidade do Processo (Gerenciamento de Qualidade). PM Tech Capacitação em Projetos.** Disponível em: <<http://www.pmtech.com.br/PMP/Dicas%20PMP%20-%20Indice%20de%20Capacidade%20do%20Processo.pdf>> Acesso em: 01 nov. 2017.

TRAD, S., & MAXIMILIANO, A. C. A. **Seis Sigma: fatores críticos de sucesso para sua implantação.** *Revista de Administração Contemporânea*, 2009
THOMPSON Jr., Artur A., STRICKLAND III, A. J., GAMBLE, John E. **Administração Estratégica.** São Paulo, McGraw-Hill, 2008.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre, *Bookman*, 2005.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing.** Belo Horizonte, Werkema Editora, 2011.

WERKEMA, M. C. C. **Avaliação de Sistemas de Medição.** Belo Horizonte, Werkema Editora, 2006.

ANEXO A – Conversão Seis Sigma a partir do DPMO

Nível Sigma	DPMO	Rendimento	Nível Sigma	DPMO	Rendimento
6	3,4	100,00%	3,4	28.716,50	97,13%
5,9	5,4	100,00%	3,3	35.930,30	96,41%
5,8	8,5	100,00%	3,2	44.565,40	95,54%
5,7	13,4	100,00%	3,1	54.799,30	94,52%
5,6	20,7	100,00%	3	66.807,20	93,32%
5,5	31,7	100,00%	2,9	80.756,70	91,92%
5,4	48,1	100,00%	2,8	96.800,50	90,32%
5,3	72,4	99,99%	2,7	115.069,70	88,49%
5,2	107,8	99,99%	2,6	135.666,10	86,43%
5,1	159,1	99,98%	2,5	158.655,30	84,13%
5	232,7	99,98%	2,4	184.060,10	81,59%
4,9	337	99,97%	2,3	211.855,30	78,81%
4,8	483,5	99,95%	2,2	241.963,60	75,80%
4,7	687,2	99,93%	2,1	274.253,10	72,57%
4,6	967,7	99,90%	2	308.537,50	69,15%
4,5	1.350,00	99,87%	1,9	344.578,30	65,54%
4,4	2.555,20	99,81%	1,8	382.088,60	61,79%
4,3	1.865,90	99,74%	1,7	420.740,30	57,93%
4,2	3.467,00	99,65%	1,6	460.172,10	53,98%
4,1	4.661,20	99,53%	1,5	500.000,00	50,00%
4	6.209,70	99,38%	1,4	539.827,90	46,02%
3,9	8.197,50	99,18%	1,3	579.259,70	42,07%
3,8	10.724,10	98,93%	1,2	617.911,40	38,21%
3,7	13.903,40	98,61%	1,1	655.421,70	34,46%
3,6	17.864,40	98,21%	1	691.462,50	30,85%
3,5	22.750,10	97,72%			

Fonte: Adaptado de Santana et. al (2004)

ANEXO B – Tabela de Constantes Para Cartas de Controle

Tamanho do subgrupo	A2	D2	D3	D4	A3	C4	B3	B4
2	1.880	1.128	-	3.267	2.659	0.798	-	3.267
3	1.023	1.693	-	2.574	1.954	0.886	-	2.568
4	0.729	2.059	-	2.282	1.628	0.921	-	2.266
5	0.577	2.326	-	2.114	1.427	0.940	-	2.089
6	0.483	2.534	-	2.004	1.287	0.952	-	1.970
7	0.419	2.704	0.076	1.924	1.182	0.959	0.118	1.882
8	0.373	2.847	0.136	1.864	1.099	0.965	0.185	1.815
9	0.337	2.970	0.184	1.816	1.032	0.969	0.239	1.761
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.975	0.973	0.284	1.716
11	0.285	3.173	0.256	1.744	0.927	0.975	0.321	1.679
12	0.266	3.258	0.283	1.717	0.886	0.978	0.354	1.646
13	0.249	3.336	0.307	1.693	0.850	0.979	0.382	1.618
14	0.235	3.407	0.328	1.672	0.817	0.981	0.406	1.594
15	0.223	3.472	0.347	1.653	0.789	0.982	0.428	1.572
16	0.212	3.532	0.363	1.637	0.763	0.984	0.448	1.552
17	0.203	3.588	0.378	1.622	0.739	0.985	0.466	1.534
18	0.194	3.640	0.391	1.608	0.718	0.985	0.482	1.518
19	0.187	3.689	0.403	1.597	0.698	0.986	0.497	1.503
20	0.180	3.735	0.415	1.585	0.680	0.987	0.510	1.490
21	0.173	3.778	0.425	1.575	0.663	0.988	0.523	1.477
22	0.167	3.819	0.434	1.566	0.647	0.988	0.534	1.466
23	0.162	3.858	0.443	1.557	0.633	0.989	0.545	1.455
24	0.157	3.895	0.451	1.548	0.619	0.989	0.555	1.445
25	0.153	3.931	0.459	1.541	0.606	0.990	0.565	1.435

Fonte: Adaptado de Citisystems (2017)

ANEXO C – Escalas de Ocorrência, Gravidade e Detecção FMEA

Ocorrência (O) e Gravidade da Falha (G)									
Nunca	Raramente	Muito Baixa	Baixa	Moderada para Baixa	Moderada	Moderada para Alta	Alta	Muito Alta	Sempre
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detecção da Falha (D)									
Nunca	Raramente	Muito Baixa	Baixa	Moderada para Baixa	Moderada	Moderada para Alta	Alta	Muito Alta	Sempre
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE A – Média e Desvio-Padrão

	X_i	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	Desvio (S)		X_i	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	Desvio (S)
AMOSTRA 1	S/E			0,00	0,3724468	AMOSTRA 2	2,48	1,17	1,31	1,72	0,5423321
	1,02	1,25	-0,23	0,05			1,74	1,17	0,57	0,32	
	1,10	1,25	-0,15	0,02			1,68	1,17	0,51	0,26	
	1,62	1,25	0,37	0,14			2,51	1,17	1,34	1,80	
	1,15	1,25	-0,10	0,01			S/E			0,00	
	1,54	1,25	0,29	0,09			1,64	1,17	0,47	0,22	
	1,62	1,25	0,37	0,14			1,27	1,17	0,10	0,01	
	S/E			0,00			2,80	1,17	1,63	2,66	
	1,22	1,25	-0,03	0,00			1,08	1,17	-0,09	0,01	
	1,18	1,25	-0,07	0,01			1,25	1,17	0,08	0,01	
	1,20	1,25	-0,05	0,00			1,66	1,17	0,49	0,24	
	1,18	1,25	-0,07	0,00			S/E			0,00	
	1,22	1,25	-0,03	0,00			1,72	1,17	0,55	0,30	
	1,35	1,25	0,10	0,01			1,05	1,17	-0,12	0,01	
	S/E			0,00			1,23	1,17	0,06	0,00	
	2,35	1,25	1,10	1,21			0,88	1,17	-0,29	0,08	
	1,40	1,25	0,15	0,02			1,54	1,17	0,37	0,14	
	1,11	1,25	-0,14	0,02			1,43	1,17	0,26	0,07	
	1,19	1,25	-0,06	0,00			S/E			0,00	
	0,91	1,25	-0,34	0,12			1,57	1,17	0,40	0,16	
	1,40	1,25	0,15	0,02			1,60	1,17	0,43	0,18	
	S/E			0,00			1,17	1,17	0,00	0,00	
	1,82	1,25	0,57	0,32			1,18	1,17	0,01	0,00	
	2,17	1,25	0,92	0,85			1,11	1,17	-0,06	0,00	
	1,83	1,25	0,58	0,33			1,65	1,17	0,48	0,23	
	1,41	1,25	0,16	0,02			S/E			0,00	
	1,57	1,25	0,32	0,10			0,85	1,17	-0,32	0,10	
	1,34	1,25	0,09	0,01			S/E			0,00	
	S/E			0,00			S/E			0,00	
	1,73	1,25	0,48	0,23			S/E			0,00	
1,78	1,25	0,53	0,28	S/E			0,00				
AMOSTRA 3	1,29	1,09	0,20	0,04	0,2692326	AMOSTRA 4	1,23	0,88	0,35	0,12	0,4732864
	1,23	1,09	0,14	0,02			S/E			0,00	
	1,68	1,09	0,59	0,35			1,11	0,88	0,23	0,05	
	0,82	1,09	-0,27	0,07			0,95	0,88	0,07	0,00	
	S/E			0,00			1,12	0,88	0,24	0,06	
	1,36	1,09	0,27	0,07			1,45	0,88	0,57	0,32	
	1,09	1,09	0,00	0,00			1,13	0,88	0,25	0,06	
	1,03	1,09	-0,06	0,00			1,3	0,88	0,42	0,18	
	1,42	1,09	0,33	0,11			S/E			0,00	
	1,17	1,09	0,08	0,01			2,31	0,88	1,43	2,04	
	1,00	1,09	-0,09	0,01			2,00	0,88	1,12	1,25	
	S/E			0,00			1,04	0,88	0,16	0,03	
	1,02	1,09	-0,07	0,00			0,83	0,88	-0,05	0,00	
	1,01	1,09	-0,08	0,01			0,75	0,88	-0,13	0,02	
	1,11	1,09	0,02	0,00			S/E			0,00	
	1,49	1,09	0,40	0,16			2,24	0,88	1,36	1,85	
	1,03	1,09	-0,06	0,00			1,06	0,88	0,18	0,03	
	0,68	1,09	-0,41	0,17			0,99	0,88	0,11	0,01	
	S/E			0,00			1,01	0,88	0,13	0,02	
	1,81	1,09	0,72	0,52			0,57	0,88	-0,31	0,10	
	1,12	1,09	0,03	0,00			S/E			0,00	
	1,17	1,09	0,08	0,01			1,17	0,88	0,29	0,08	
	1,18	1,09	0,09	0,01			1,15	0,88	0,27	0,07	
	1,24	1,09	0,15	0,02			0,97	0,88	0,09	0,01	
	1,09	1,09	0,00	0,00			0,89	0,88	0,01	0,00	
	S/E			0,00			0,72	0,88	-0,16	0,03	
	1,70	1,09	0,61	0,37			0,49	0,88	-0,39	0,15	
	1,05	1,09	-0,04	0,00			S/E			0,00	
	1,17	1,09	0,08	0,01			S/E			0,00	
	1,46	1,09	0,37	0,14			S/E			0,00	
1,16	1,09	0,07	0,00	S/E			0,00				

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE A – Média e Desvio-Padrão

	X_i	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	Desvio (S)		X_i	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	Desvio (S)
AMOSTRA 5	S/E			0,00	0,5388493	AMOSTRA 6	1,12	0,97	0,15	0,02	0,227327
	1,03	1,08	-0,05	0,00			1,18	0,97	0,21	0,04	
	0,93	1,08	-0,15	0,02			1,16	0,97	0,19	0,04	
	1,08	1,08	0,00	0,00			S/E			0,00	
	1,07	1,08	-0,01	0,00			1,12	0,97	0,15	0,02	
	0,74	1,08	-0,34	0,12			1,58	0,97	0,61	0,37	
	S/E			0,00			1,05	0,97	0,08	0,01	
	1,3	1,08	0,22	0,05			1,03	0,97	0,06	0,00	
	1,01	1,08	-0,07	0,00			0,97	0,97	0,00	0,00	
	1,10	1,08	0,02	0,00			0,65	0,97	-0,32	0,10	
	1,06	1,08	-0,02	0,00			S/E			0,00	
	2,07	1,08	0,99	0,98			0,99	0,97	0,02	0,00	
	3,56	1,08	2,48	6,15			0,97	0,97	0,00	0,00	
	S/E			0,00			1,17	0,97	0,20	0,04	
	1,42	1,08	0,34	0,12			0,88	0,97	-0,09	0,01	
	1,18	1,08	0,10	0,01			1,22	0,97	0,25	0,06	
	1,52	1,08	0,44	0,19			1,20	0,97	0,23	0,05	
	1,13	1,08	0,05	0,00			S/E			0,00	
	0,83	1,08	-0,25	0,06			1,25	0,97	0,28	0,08	
	1,07	1,08	-0,01	0,00			1,00	0,97	0,03	0,00	
	S/E			0,00			1,13	0,97	0,16	0,03	
	1,47	1,08	0,39	0,15			1,05	0,97	0,08	0,01	
	0,94	1,08	-0,14	0,02			1,06	0,97	0,09	0,01	
	1,04	1,08	-0,04	0,00			0,99	0,97	0,02	0,00	
	1,32	1,08	0,24	0,06			S/E			0,00	
	1,32	1,08	0,24	0,06			1,45	0,97	0,48	0,23	
0,55	1,08	-0,53	0,28	1,53	0,97	0,56	0,31				
S/E			0,00	1,14	0,97	0,17	0,03				
1,41	1,08	0,33	0,11	1,17	0,97	0,20	0,04				
1,14	1,08	0,06	0,00	0,96	0,97	-0,01	0,00				
1,25	1,08	0,17	0,03	S/E			0,00				
AMOSTRA 7	1,63	1,04	0,59	0,34	0,2916073	AMOSTRA 8	0,94	1,07	-0,13	0,02	0,4066367
	S/E			0,00			1,56	1,07	0,49	0,24	
	0,97	1,04	-0,07	0,01			1,15	1,07	0,08	0,01	
	1,50	1,04	0,46	0,21			0,92	1,07	-0,15	0,02	
	1,26	1,04	0,22	0,05			0,54	1,07	-0,53	0,28	
	1,24	1,04	0,20	0,04			S/E			0,00	
	0,99	1,04	-0,05	0,00			1,40	1,07	0,33	0,11	
	1,31	1,04	0,27	0,07			1,44	1,07	0,37	0,14	
	S/E			0,00			1,66	1,07	0,59	0,35	
	1,46	1,04	0,42	0,17			1,04	1,07	-0,03	0,00	
	1,19	1,04	0,15	0,02			2,02	1,07	0,95	0,90	
	1,00	1,04	-0,04	0,00			2,61	1,07	1,54	2,37	
	0,95	1,04	-0,09	0,01			S/E			0,00	
	1,17	1,04	0,13	0,02			1,01	1,07	-0,06	0,00	
	0,55	1,04	-0,49	0,24			1,03	1,07	-0,04	0,00	
	S/E			0,00			0,83	1,07	-0,24	0,06	
	1,21	1,04	0,17	0,03			0,87	1,07	-0,20	0,04	
	1,64	1,04	0,60	0,36			0,96	1,07	-0,11	0,01	
	1,21	1,04	0,17	0,03			1,07	1,07	0,00	0,00	
	1,03	1,04	-0,01	0,00			S/E			0,00	
	1,16	1,04	0,12	0,01			1,38	1,07	0,31	0,10	
	0,88	1,04	-0,16	0,03			1,00	1,07	-0,07	0,01	
	S/E			0,00			1,11	1,07	0,04	0,00	
	1,03	1,04	-0,01	0,00			0,93	1,07	-0,14	0,02	
	1,78	1,04	0,74	0,55			1,27	1,07	0,20	0,04	
	1,32	1,04	0,28	0,08			1,25	1,07	0,18	0,03	
0,88	1,04	-0,16	0,03	S/E			0,00				
1,20	1,04	0,16	0,02	1,04	1,07	-0,03	0,00				
1,17	1,04	0,13	0,02	0,96	1,07	-0,11	0,01				
S/E			0,00	1,01	1,07	-0,06	0,00				
1,38	1,04	0,34	0,12	1,24	1,07	0,17	0,03				

Fonte: Autor (2017)

APÊNDICE A – Média e Desvio-Padrão

	X_i	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	Desvio (S)
AMOSTRA 9	1,15	1,38	-0,23	0,05	1,335113
	1,11	1,38	-0,27	0,07	
	S/E			0,00	
	1,09	1,38	-0,29	0,08	
	1,07	1,38	-0,31	0,09	
	1,19	1,38	-0,19	0,04	
	0,80	1,38	-0,58	0,34	
	1,39	1,38	0,01	0,00	
	1,01	1,38	-0,37	0,13	
	S/E			0,00	
	1,24	1,38	-0,14	0,02	
	1,14	1,38	-0,24	0,06	
	1,51	1,38	0,13	0,02	
	1,63	1,38	0,25	0,06	
	1,24	1,38	-0,14	0,02	
	0,85	1,38	-0,54	0,29	
	S/E			0,00	
	1,29	1,38	-0,09	0,01	
	1,03	1,38	-0,35	0,12	
	0,84	1,38	-0,54	0,29	
	1,52	1,38	0,14	0,02	
	1,24	1,38	-0,14	0,02	
	2,81	1,38	1,43	2,05	
	S/E			0,00	
	1,88	1,38	0,50	0,25	
	1,50	1,38	0,12	0,01	
	1,22	1,38	-0,16	0,03	
	1,40	1,38	0,02	0,00	
	1,89	1,38	0,51	0,26	
	8,26	1,38	6,88	47,35	
S/E			0,00		

Fonte: Autor (2017)

RESULTADOS DIÁRIOS < 1,60h									
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
1	S/E	2,48	1,29	1,23	S/E	1,12	1,63	0,94	1,15
2	1,02	1,74	1,23	S/E	1,03	1,18	S/E	1,56	1,11
3	1,10	1,68	1,68	1,11	0,93	1,16	0,97	1,15	S/E
4	1,62	2,51	0,82	0,95	1,08	S/E	1,50	0,92	1,09
5	1,15	S/E	S/E	1,12	1,07	1,12	1,26	0,54	1,07
6	1,54	1,64	1,36	1,45	0,74	1,58	1,24	S/E	1,19
7	1,62	1,27	1,09	1,13	S/E	1,05	0,99	1,40	0,80
8	S/E	2,80	1,03	1,3	1,3	1,03	1,31	1,44	1,39
9	1,22	1,08	1,42	S/E	1,01	0,97	S/E	1,66	1,01
10	1,18	1,25	1,17	2,31	1,10	0,65	1,46	1,04	S/E
11	1,20	1,66	1,00	2,00	1,06	S/E	1,19	2,02	1,24
12	1,18	S/E	S/E	1,04	2,07	0,99	1,00	2,61	1,14
13	1,22	1,72	1,02	0,83	3,56	0,97	0,95	S/E	1,51
14	1,35	1,05	1,01	0,75	S/E	1,17	1,17	1,01	1,63
15	S/E	1,23	1,11	S/E	1,42	0,88	0,55	1,03	1,24
16	2,35	0,88	1,49	2,24	1,18	1,22	S/E	0,83	0,85
17	1,40	1,54	1,03	1,06	1,52	1,20	1,21	0,87	S/E
18	1,11	1,43	0,68	0,99	1,13	S/E	1,64	0,96	1,29
19	1,19	S/E	S/E	1,01	0,83	1,25	1,21	1,07	1,03
20	0,91	1,57	1,81	0,57	1,07	1,00	1,03	S/E	0,84
21	1,40	1,60	1,12	S/E	S/E	1,13	1,16	1,38	1,52
22	S/E	1,17	1,17	1,17	1,47	1,05	0,88	1,00	1,24
23	1,82	1,18	1,18	1,15	0,94	1,06	S/E	1,11	2,81
24	2,17	1,11	1,24	0,97	1,04	0,99	1,03	0,93	S/E
25	1,83	1,65	1,09	0,89	1,32	S/E	1,78	1,27	1,88
26	1,41	S/E	S/E	0,72	1,32	1,45	1,32	1,25	1,50
27	1,57	0,85	1,70	0,49	0,55	1,53	0,88	S/E	1,22
28	1,34	S/E	1,05	S/E	S/E	1,14	1,20	1,04	1,40
29	S/E	S/E	1,17	S/E	1,41	1,17	1,17	0,96	1,89
30	1,73	S/E	1,46	S/E	1,14	0,96	S/E	1,01	8,26
31	1,78	S/E	1,16	S/E	1,25	S/E	1,38	1,24	S/E

Fonte: Autor (2017)