

UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Rafael Francisco Campos Pianno

**CONTROLE DA VARIABILIDADE DO PROCESSO DE ENVASE DE
BIOCOMBUSTÍVEL ATRAVÉS DA METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Prof. Dr. Jorge Alberto Achcar
Orientador

Araraquara, SP – Brasil
2019

FICHA CATALOGRÁFICA

P643c Pianno, Rafael Francisco Campos

Controle da variabilidade do processo de envase de biocombustível através da metodologia seis sigma/Rafael Francisco Campos Pianno. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2019.
90f.

Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Engenharia de Produção – Universidade de Araraquara - UNIARA

Orientador: Prof. Dr. Jorge Alberto Achcar

1. Seis Sigma. 2. DMAIC. 3. Envase de biocombustível. I. Título.

CDU-62-1

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PIANNO, R.F.C. Iniciais. **Controle da variabilidade do processo de envase de biocombustível através da metodologia seis sigma.**2019. 88f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade de Araraquara, Araraquara-SP.


ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: RAFAEL FRANCISCO CAMPOS PIANNO

TÍTULO DO TRABALHO: Controle da variabilidade do processo de envase de biocombustível através da metodologia seis sigma.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2019

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede à Universidade de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.


Assinatura Aluno(a)

Rafael Francisco Campos Pianno

Universidade de Araraquara – UNIARA

Rua Carlos Gomes, 1217, Centro. CEP: 14801–340, Araraquara-SP

Email (do autor): rafael_fcp@yahoo.com.br



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara - UNIARA - para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.


NOME DO AUTOR: **RAFAEL FRANCISCO CAMPOS PIANNO**

TÍTULO DO TRABALHO:

"CONTROLE DA VARIABILIDADE DO PROCESSO DE ENVASE DE BIOCOMBUSTÍVEL ATRAVÉS DA METODOLOGIA SEIS SIGMA."

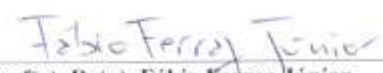
Assinatura do(a) Examinador(a)

Conceito



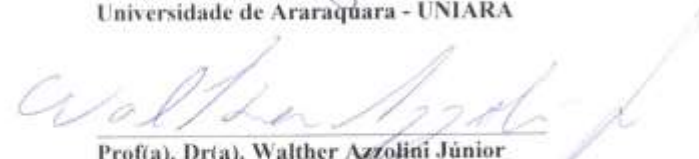
Prof(a). Dr(a). Jorge Alberto Achcar (orientador(a))
Universidade de Araraquara - UNIARA

Aprovado () Reprovado



Prof(a). Dr(a). Fábio Ferraz Júnior
Universidade de Araraquara - UNIARA

Aprovado () Reprovado



Prof(a). Dr(a). Walther Azzolini Júnior
Universidade de São Paulo - USP

Aprovado () Reprovado

Versão definitiva revisada pelo(a) orientador(a) em: 13/11/2019



Prof(a). Dr(a). Jorge Alberto Achcar (orientador(a))

Dedico este trabalho a Deus pela oportunidade em
buscar conhecimento e a minha mãe pelo exemplo
de esforço e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus pela minha saúde e oportunidade de buscar conhecimentos e a todas as pessoas que me apoiaram neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Jorge Alberto Achcar, que, com toda sabedoria, perseverança me orientou e despertou em mim o desejo de aprofundar em conhecimentos estatísticos.

Ao Prof. Dr. Walther Azzolini Junior, que, com toda seriedade, paciência e cuidado soube conduzir os caminhos desta pesquisa.

A minha guerreira mãe Marinês Aparecida Recco Pianno que sempre demonstrou o espírito de luta e vontade de vencer.

A minha namorada Érica Cristina Marques de Oliveira pela compreensão, incentivo e apoio durante os estudos.

Aos meus queridos amigos Eduardo Garbulho Canaver e Darbi Masson Suficier que me ajudaram muito neste período com as estadias e companheirismo para a vida toda.

Aos colegas de classe de mestrado Elias, Leandro, Rodrigo Fredi e Rodrigo Vicentini pela amizade e resenhas após todas as aulas de sextas-feiras.

Agradeço também aos pesquisadores, autores e professores que compartilharam seus conhecimentos em obras e artigos para o campo científico.

RESUMO

Perda nos processos industriais compreende diferentes tipos e os principais são: tempo e material. Em um processo de envase de biocombustível a perda de material pode ocorrer não somente com relação ao descarte por vazamento ou por evaporação natural, mas também por descontrole da vazão no fluxo, o que pode representar maior ou menor volume transferido tanto em “benefício” do cliente quanto em do fabricante ou distribuidor, o que não condiz com os princípios das boas práticas corporativas. O presente trabalho realizou o controle da variabilidade no envase de biodiesel através da aplicação das etapas do DMAIC Definir Medir, Analisar, Melhorar e Controlar do programa de qualidade Seis Sigma. O método DMAIC reúne um conjunto de ferramentas estatísticas e da qualidade para o estudo de variabilidade de processos. Antes do projeto, período avaliado entre junho a outubro do ano de 2017, a variação mensal média de perda de biodiesel no processo de envase era 387,7 litros com desvio padrão de 421,9 litros. Após a implantação das melhorias entre janeiro a março do ano de 2018 a variação mensal média de perdas de biodiesel passou a ser -3,187 litros com desvio padrão de 60,95 litros. Esta evolução no controle e redução de perdas no envase de biodiesel foram possíveis através das ações de melhorias e envolvimento das pessoas do faturamento e expedição. Após todas as melhorias implantadas, a manutenção e continuidade dos controles atenderam dois requisitos importantes do programa de qualidade Seis Sigma: o foco no cliente e o impacto financeiro.

Palavras-chave: Seis Sigma. DMAIC. Envase de Biocombustível.

ABSTRACT

Loss in industrial processes comprises different types and the main ones are: time and material. In a biofuel filling process material loss can occur not only with regard to leakage or natural evaporation disposal, but also due to uncontrolled flow flow, which may represent a greater or lesser volume transferred to the “benefit” of the product. manufacturer or distributor, which is not consistent with the principles of good corporate practice. The present work performed the biodiesel filling variability control by applying the steps of the DMAIC Define Measure, Analyze, Improve and Control of the Six Sigma quality program. The DMAIC method brings together a set of statistical and quality tools for the study of process variability. Prior to the project, from June to October of 2017, the average monthly variation of biodiesel loss in the filling process was 387.7 liters with a standard deviation of 421.9 liters. After the implementation of the improvements between January and March 2018, the average monthly variation of biodiesel losses was -3.877 liters with a standard deviation of 60.95 liters. This evolution in the control and reduction of biodiesel filling losses was made possible through the actions of improvements and involvement of the billing and shipping people. After all the improvements implemented, maintenance and continuity of controls met two important requirements of the Six Sigma quality program: customer focus and financial impact.

Key-words: *Six Sigma. DMAIC. Load Biofuel.*

Lista de figuras

Figura 1 – Estrutura do trabalho.....	16
Figura 2 – Capacidade de produção de biodiesel dos estados brasileiros.....	19
Figura 3 – Volume de vendas de biodiesel no Brasil.....	19
Figura 4 – Imagem do tanque tipo caminhão bi trem.	22
Figura 5 – Imagem da seta do tanque do caminhão combustível	22
Figura 6 – Ilustração árvore CPQ.....	35
Figura 7 – Diferença entre fluxograma e macro-fluxograma.....	37
Figura 8 – Símbolos de fluxograma.	37
Figura 9 – Convenções simplificadas para o fluxograma.	38
Figura 10 –Convenções conjugadas caso as operações ocorram simultaneamente.....	38
Figura 11 –Diagrama de causa e efeito.	39
Figura 12 –Ilustração histograma.....	40
Figura 13 –Ilustração histograma.....	41
Figura 14 –Ilustração gráfico <i>Box-Plot</i>	42
Figura 15 –Esquema CEP	43
Figura 16 –Gráfico de controle	43
Figura 17 –Metodologia de pesquisa	47
Figura 18 –Estrutura do Projeto	48
Figura 19 –Estrutura da revisão da literatura	52
Figura 20 –Árvore CPQ do envase de biodiesel.	56
Figura 21 –Ilustração do macro-fluxograma (a) e macro-fluxograma do envase (b)	57
Figura 22 –SIPOC do processo de envase.	60
Figura 23 –Diagrama de causa e efeito do envase de biodiesel.....	63
Figura 24 –Histograma dos dados da perda	64
Figura 25 – <i>Box plot</i> da variabilidade dos meses de Junho a Dezembro do ano de 2017.....	65
Figura 26 –Indicadores do Projeto (a) Variação Mensal Média (L) por carreta e (b) Índice de Reprocesso (%).	66
Figura 27 –Gráfico <i>Scatter plot</i> da Perda (L) no período de Junho a Dezembro de 2017	67
Figura 28 –Gráfico Residual para o modelo de Regressão para perda (L) de Junho a Dezembro de 2017.....	68
Figura 29 –Interval Plot dos meses de junho a dezembro de 2017	69

Figura 30 –Gráfico I <i>Chart</i> Perdas (L) no período de Junho a Outubro de 2017.	69
Figura 31 –Gráfico I <i>Chart</i> Perdas (L) no período de Novembro a Dezembro de 2017.	70
Figura 32 –Histograma perdas (L) dos meses de Novembro e Dezembro de 2017.....	70
Figura 33 – <i>Dot plot</i> do volume das carretas dos meses Novembro e Dezembro de 2017.....	71
Figura 34 –Gráfico I <i>Chart</i> perdas (L) para carretas menores ou iguais a 36 mil L	72
Figura 35 –Gráfico I <i>Chart</i> Perdas (L) para carretas entre 36 mil L até 48 mil L.....	72
Figura 36 –Gráfico I <i>Chart</i> perdas (L) para carretas com capacidade > 48 mil L	72
Figura 37 –Gestão à vista implantado na sala do carregamento	74
Figura 38 –Histograma perdas (L) dos meses de Janeiro a Março do ano de 2018.....	75
Figura 39 –Séries temporais referentes aos meses de Janeiro a Março do ano de 2018.....	75
Figura 40 – <i>Box plot</i> da variabilidade dos meses de Janeiro a Março do ano de 2018.....	76
Figura 41 –Gráfico <i>Interval Plot</i> da perda (L) dos meses de Janeiro a Março do ano de 2018.....	76
Figura 42 –Gráfico de controle para a variação de perdas a 20°C	77
Figura 43 –Gráfico I <i>Chart</i> perdas (L) para carretas menores ou iguais a 36 mil L de Janeiro a Março de 2018	77
Figura 44 –Gráfico I <i>Chart</i> perdas (L) para carretas menores entre 36000 a 48000 L de Janeiro a Março de 2018.	78
Figura 45 –Gráfico I <i>Chart</i> perdas (L) para carretas maiores a 48000 L de Janeiro a Março de 2018	78
Figura 46 –Gráfico Capabilidade de Perdas do Processo de Envase no período Junho a Outubro de 2017	80
Figura 47 –Gráfico Capabilidade de Perdas do Processo de Envase no período Outubro a Dezembro de 2017	80
Figura 48 –Gráfico Capabilidade de Perdas do Processo de Envase no período Janeiro a Março de 2018.....	81

Lista de Quadros

Quadro 1 – Etapas do método DMAIC.....	31
Quadro 2 – Áreas dos artigos dos dados <i>Sciense Direct</i>	49
Quadro 3 – Periódicos publicados na base de dados <i>Emerald Group Publishing</i>	50
Quadro 4 – Áreas do conhecimento dos artigos da base de dados <i>Emerald Group Publishing</i>	51
Quadro 5 – Áreas do conhecimento dos artigos da base de dados da CAPES.	51
Quadro 6 – Resultados de uma análise descritiva.....	64
Quadro 7 Ferramentas utilizadas em cada etapa.....	82

Lista de Tabelas

Tabela 1 –	Porcentagem de biodiesel no óleo diesel.....	18
Tabela 2 –	Tabela simplificada de conversão em sigma.....	26
Tabela 3 –	Dados dos carregamentos de Junho a Dezembro de 2017.	62
Tabela 4 –	EMQ dos coeficientes de regressão.	68
Tabela 5 –	Dados dos carregamentos de Janeiro a Março de 2018.	75

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABEPRO – associação brasileira de engenharia de produção

ANP – agência nacional do petróleo

ANTT – agência nacional dos transportes terrestres

ABB – asel brown boveri – multinacional suíça

BSC – *balanced scorecard*

B100 – biodiesel puro

B10 – mistura no óleo diesel contendo 10% em volume de biodiesel

FOB – free on board (tipo de frete)

CAPES – coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior

CNH – carteira nacional de habilitação

CONTRAN – conselho nacional do trânsito

CPQ – árvore crítica da qualidade

CEP – controle estatístico do processo

DMAIC – definir, medir, analisar, melhorar e controlar

GE – general electric

GLP – gás liquefeito do petróleo

INMETRO – instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia

L – unidade de volume litros

L59 – 59º leilão público de biodiesel

m³ – unidade de volume metro cúbico

MOPP – curso necessário a movimentação de produtos perigosos

PBT – peso bruto total

PBTC – peso total bruto combinado, informado pela montadora

PDCA – ciclo PDCA planejar, fazer, checar e agir

Renovabio – programa nacional de redução de gases do efeito estufa

RK – companhia de *software* canadense

SS – seis sigma

STA – sociedade transformadora de alumínio

SIPOC – diagrama de qualidade para mapeamento de processos

TPM – manutenção produtiva total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização do estudo.....	13
1.2	Questão da pesquisa	14
1.3	Objetivo geral.....	14
1.4	Objetivos específicos	14
1.5	Justificativa	15
1.6	Delimitações do Estudo.....	15
1.7	Estrutura da dissertação.....	15
2	BIOCOMBUSTÍVEIS	17
2.1	Cenário de biocombustíveis	17
2.2	Envase de biocombustíveis	19
3	SEIS SIGMA	23
3.1	Conceitos de seis sigma	23
3.2	Fatores críticos de sucesso seis sigma.....	28
3.3	Etapas do DMAIC.....	30
3.4	Aplicações seis sigma DMAIC	32
4	FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS E DA QUALIDADE	34
4.1	Árvore crítica para a qualidade (CPQ)	34
4.2	Diagrama de SIPOC	36
4.3	Fluxograma	36
4.4	Diagrama de causa e efeito	39
4.5	Histograma	40
4.6	<i>Box-plot</i>	41
4.7	Controle estatístico do processo (CEP).....	42
4.8	Cartas de controle.....	43
5	METODOLOGIA	44
5.1	A Empresa.....	44
5.2	Problema da Pesquisa.....	44
5.3	Procedimentos Metodológicos	44
5.4	Procedimentos Operacionais.....	47
5.5	Informações Bibliométricas	49

6	RESULTADOS.....	53
6.1.	Etapa Definir	53
6.2	Etapa Medir.....	60
6.3	Etapa Analisar	61
6.4	Etapa Melhorar.....	65
6.5	Etapa Controlar	73
7	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS	84
	ANEXO A – CONVERSOR DE BIODIESEL.....	88

1INTRODUÇÃO

A seção 1 aborda a contextualização do estudo para a aplicação do programa Seis Sigma com mecanismo de controle de variabilidade no envase de biocombustível, apresentação do objetivo do trabalho, justificativa e a respectiva estrutura.

1.1 Contextualização do estudo

A partir do século XIX a revolução industrial intensificou o uso de combustíveis fósseis, inserindo no cenário mundial a necessidade da concepção de novas alternativas de combustível e de projetos de controle com o propósito de contenção dos prejuízos causados ao meio ambiente, o que evoluiu para um conjunto de princípios definido por sustentabilidade. Uma das alternativas é o uso de biocombustíveis que embora emita CO₂(g) durante a combustão, o gás carbônico é reabsorvido na fotossíntese durante a produção das fontes renováveis utilizadas (MOTA; MONTEIRO, 2013).

Segundo Werkema (1995) um processo é a combinação de equipamentos, pessoas, informações, insumos e procedimentos, tendo como intuito a fabricação de um bem ou prestação de serviço e, portanto, apresenta variabilidade. Manter a variabilidade nos limites aceitáveis entre o mínimo e máximo para um determinado processo é um requisito de qualidade.

De acordo com Montgomery (2004) a qualidade é inversamente proporcional à variabilidade. A melhoria da qualidade está relacionada com a redução de variabilidade, onde produtos e serviços podem ser produzidos num processo estável de modo que a variabilidade seja pequena em torno de um valor desejado.

Segundo Rotondaro et al. (2011) é prática comum os gerentes das empresas enxergarem as variações de processos e custos somente em termos de média. Essa prática é perigosa porque pode esconder as causas raízes da variação.

De acordo com Salah, Rahim e Carretero (2010) o sucesso de uma organização depende de como as metodologias de melhorias contínuas são implementadas e gerenciadas. Portanto, existem dois desafios para os gestores das organizações: o primeiro é o sucesso na implantação e posteriormente a manutenção duradoura da melhoria contínua.

Entre os métodos de controle de variabilidade mais citados na literatura encontra-se o programa Seis Sigma, e o pacote de ferramentas DMAIC é o mais utilizado no desenvolvimento do programa Seis Sigma. A sigla DMAIC significa: *Define* (definir),

Measure (medir), *Analyze* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar) (MERGULHÃO, 2003).

Inicialmente foi feito levantamento bibliográfico dos últimos 03 anos nas bases de dados *Sciense Direct*, *Emerald Group Publishing*, *CAPES* e *Scielo* e não encontrou-se publicação sobre envase de biocombustível. Nestas pesquisas foram constatados muitos artigos com aplicações do método DMAIC e programa Seis Sigma para controle e redução de variabilidade em processos diversificados que contribuíram para este trabalho.

Nesse contexto, esta dissertação teve como desafio diminuir as perdas por variação de volume em litros (L) durante o processo de envase. Para isso identificou-se a oportunidade de melhoria pelo histórico de dados existentes, realizou-se a caracterização do processo de envase, encontrou-se as causas raízes das perdas, em seguida utilizou a análise estatística, implantou-se melhorias nos setores de envase e faturamento no que possibilitou no controle de variação das perdas de biodiesel expedido em litros a 20°C.

1.2 Questão da Pesquisa

Afim de estudar os efeitos da implantação do seqüenciamento do DMAIC e controle da variabilidade do processo de envase de biocombustível, a pesquisa tem como questão:

Quais os benefícios obtidos da aplicação do método DMAIC no controle de biodiesel carregado?

1.3 Objetivo geral

Esta pesquisa pretende, como objetivo geral, aplicar o método DMAIC no controle de perdas e análise de oportunidades de melhorias no processo de envase de biodiesel e avaliar os resultados.

1.4 Objetivos específicos

Estudar e aplicar as etapas do DMAIC afim de verificar as oportunidades de melhoria.

Implantar um modelo de gestão para controlar a variabilidade no processo de envase de biocombustível.

Identificar as ferramentas estatísticas e da qualidade adequadas durante a aplicação das etapas do DMAIC.

Análise estatística antes e após o projeto e apontar os benefícios do estudo para a literatura e empresas do segmento.

1.5 Justificativa

De acordo com Hoerl (1988) o Seis Sigma trata de um conjunto de práticas com etapas e ferramentas estatísticas que possibilitam descobrir as causas raízes da variabilidade e posteriormente a melhoria contínua dos processos.

Pelo exposto, pode-se constatar o Seis Sigma como estratégia de melhoria baseado na redução de variabilidade em processos por meio da utilização de ferramentas e técnicas estatísticas para resolução de problemas. Porém a utilidade e justificativa desta pesquisa trata-se da necessidade de eliminar perdas no processo de envase, que é comum e importante para a redução de custos em usinas de biodiesel.

Além disso, nos últimos 03 anos não foi encontrado algum artigo científico a respeito do processo de envase de biocombustível e este trabalho pretende contribuir com a literatura e empresas do segmento.

1.6 Delimitações do estudo

É de conhecimento científico que pesquisas desta natureza podem ser aplicadas em todos os departamentos da indústria e serviços.

Com relação às limitações desta pesquisa, pode-se considerar que este estudo se restringiu a dois setores da usina, expedição e faturamento.

1.7 Estrutura da dissertação

O presente trabalho está estruturado em 07 seções que são compostas pelos seguintes assuntos:

Seção 1 – Introdução. São descritos a contextualização do estudo, questão da pesquisa, objetivos, justificativa, delimitações do estudo e estrutura da dissertação.

Seção 2 – Biocombustíveis. São abordados os conceitos sobre o cenário de biocombustível e envase de biodiesel.

Seção 3 – Seis Sigma. Nesta seção serão tratados os conceitos e fatores de sucesso do Programa Seis Sigma, as etapas do DMAIC e aplicações Seis Sigma/DMAIC.

Seção 4 – Ferramentas Estatísticas e da Qualidade. Nesta seção são abordados os conceitos das ferramentas CPQ, SIPOC, fluxograma, diagrama de causa e efeito, histograma, *box-plot*, CEP, e cartas de controle.

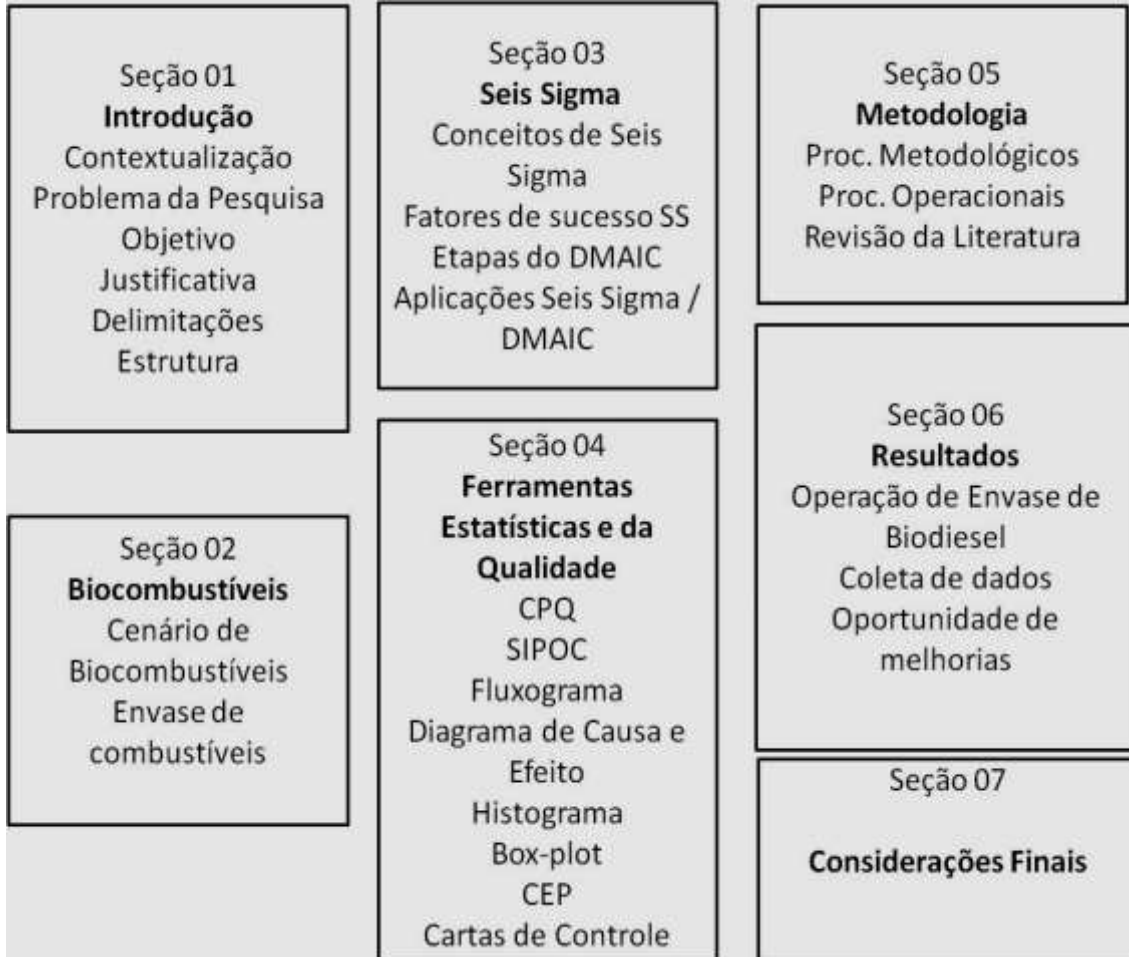
Seção 5 - Metodologia. É abordada a empresa, problema da pesquisa, procedimentos metodológicos, procedimentos operacionais e informações bibliométricas.

Seção 6 – Resultados. Nesta seção são descritos as etapas definir, medir, analisar, melhorar e controlar.

Seção 7 – Conclusão. São apresentadas as conclusões da pesquisa.

A Figura 1 de forma sumarizada apresenta a estrutura desta dissertação.

Figura 1 – Estrutura do trabalho



Fonte: O próprio autor.

2 BIOCOMBUSTÍVEIS

Nesta seção será introduzida de forma a contextualizar a importância dos biocombustíveis no Brasil e no mundo sob a necessidade de busca de fonte alternativa de energia renovável. Por fim será feita apresentação das normas regulamentadoras para envase de biodiesel no Brasil.

2.1 Cenário de biocombustíveis

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo (ANP 2018) os biocombustíveis líquidos, depois de produzidos nas usinas de etanol e biodiesel podem ser transportados diretamente às distribuidoras ou entregues em terminais para posteriormente serem entregues às distribuidoras ou exportados. No Brasil, no transporte e movimentação de combustíveis, utiliza-se como unidade de medida o volume (m^3 ou L).

O etanol vem sendo utilizado no Brasil desde 1920 e se firmou a partir de novembro de 1975 com o Proálcool. O Programa Nacional de Produção de Biodiesel foi lançado em 06 de dezembro de 2004 e regulamentado pela Lei nº 11.097, de 2005. Inicialmente ficou estabelecido a obrigatoriedade do uso de 2% em volume de biodiesel misturado ao óleo diesel (LEITE, 2007).

Harris et al. (2018) desenvolveu um modelo de curva de crescimento logístico e identificou que o consumo de energia no Estados Unidos para no ano de 2040 tende a crescer mais do que a geração dela e inclusive será necessário continuar importando combustíveis fósseis (petróleo) pela previsão do aumento da demanda. O ponto fundamental bem colocado no artigo é a necessidade de investimentos, pesquisas e inovação para produzir a maior quantidade de energia sustentável possível a fim de diminuir as emissões de gás carbônico.

Nas últimas décadas o uso do petróleo como fonte de energia vem sendo discutido pela humanidade e o mundo vem passando por mudanças e indesejados reflexos em meio ambiente, energia e economia. Os principais motivos da discussão global estão associados ao efeito estufa e o conseqüente aquecimento global pelo uso de combustíveis não renováveis.

Quanto a economia, só o tempo dirá quais os efeitos permanentes que esta crise no sistema financeiro internacional terá sobre o setor energético e, mais difícil de se prever, sobre o meio ambiente. Neste cenário, as fontes de geração de energia alternativas ganham destaque, principalmente as ecologicamente sustentáveis. São combustíveis renováveis derivados de matéria-prima biológica: etanol, biodiesel e o biogás metano (VICHI, 2009).

A palavra “bioeconomia” está em pauta no cenário mundial à medida em que alguns países estão anunciando metas para reduzir o consumo de combustíveis fósseis ou acabar com os motores a combustão. No Brasil o governo criou o programa Renovabio, no qual os produtores de biocombustíveis poderão vender certificados no mercado para que distribuidoras cumpram suas metas de emissão de carbono (RAMOS, 2018).

A partir de março de 2018 a obrigatoriedade do percentual de biodiesel no óleo diesel é de 10% e a evolução dos percentuais da mistura diesel-biodiesel no Brasil são descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Porcentagem de biodiesel no óleo diesel

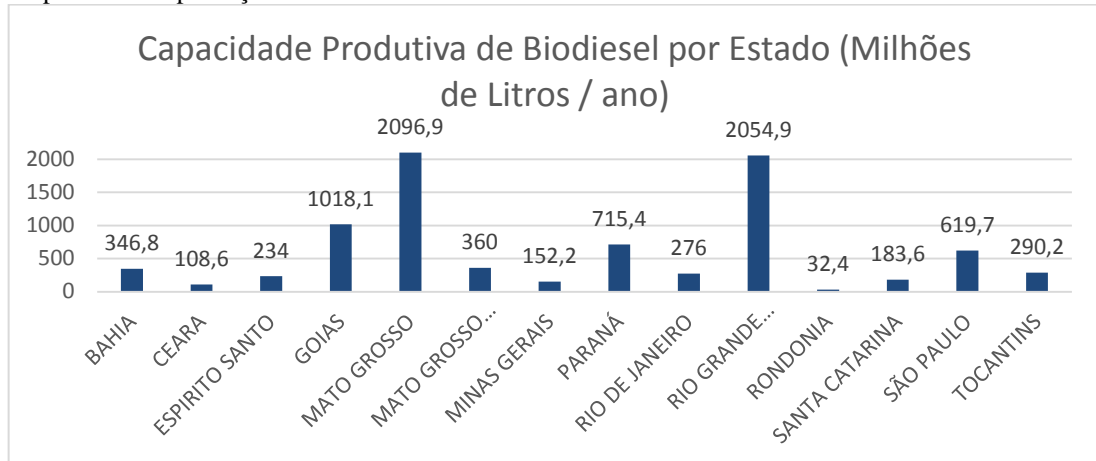
Ano	Porcentagem biodiesel (%)
2003	Facultativo
Janeiro / 2008	2%
Julho / 2008	3%
Julho / 2009	4%
Janeiro / 2010	5%
Agosto / 2014	6%
Novembro / 2014	7%
Março / 2017	8%
Março / 2018	10%

Fonte: ANP (2018).

Atualmente a produção de biodiesel contempla 14 estados brasileiros, com a capacidade total de produção de $8,49.10^9$ de m^3 por ano com 55 usinas autorizadas pela ANP. Os estados com maior capacidade de produção de biodiesel são o Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Goiás. O estado de São Paulo apresenta capacidade produtiva de $6,197.10^6$ de litros por ano (BIODIESELBR, 2018).

A Figura 2 mostra a capacidade de produção de biodiesel dos estados brasileiros em março de 2018.

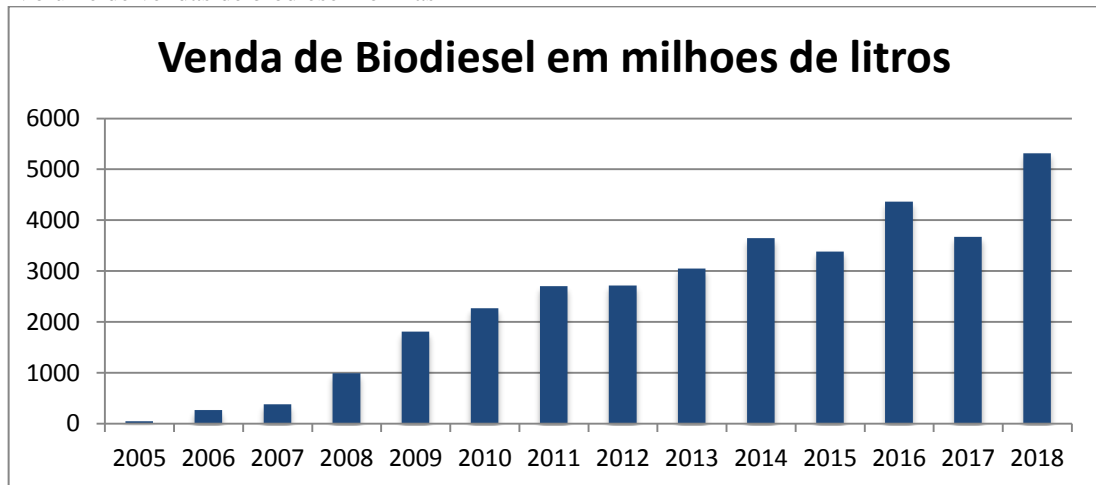
Figura 2 - Capacidade de produção de biodiesel dos estados brasileiros



Fonte: BiodieselBr (2018).

Na Figura 3 estão representadas as quantidades em milhões de litros dos volumes arrematados nos leilões de biodiesel desde o início do programa até o ano de 2018.

Figura 3 - Volume de vendas de biodiesel no Brasil



Fonte: ANP (2019).

As Figuras 2 e 3 evidenciam a importância do setor de biodiesel para o Brasil e mostra a evolução das quantidades produzidas desde o início do programa do biodiesel.

2.2 Envase de biocombustíveis

Todas as movimentações e fluxos de combustíveis e biocombustíveis são controlados pela ANP. A finalidade da Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2018) é promover a elaboração e publicação de normas técnicas reguladoras, contratação, fiscalização, qualidade e segurança das operações nas atividades da indústria do petróleo, gás natural e de biocombustíveis.

Os agentes nacionais de abastecimento são (ANP, 2018):

Distribuidores: GLP, combustíveis líquidos, asfalto, combustíveis de aviação e solventes.

Revendedores: GLP, combustíveis automotivos (gasolina, diesel, etanol e GNV) e de aviação (querosene e gasolina de aviação).

Transportadores-Revendedores-Retalhistas: armazenamento, transporte e revenda.

Lubrificantes: coletor, importador, produtor e refinadores.

A ANTT estabelece exigências e detalhamentos à correta classificação do produto; à adequação, certificação e identificação dos volumes e das embalagens; à sinalização das unidades e dos equipamentos de transporte; à documentação; às prescrições aplicáveis a veículos e equipamentos do transporte rodoviário, quantidade limitada e provisões especiais (BRASIL, 2016).

O INMETRO é o órgão responsável pela aferição da capacidade volumétrica dos tanques que transportam líquidos a granel, e segundo a Portaria 208 de 06 de maio de 2016:

Erros máximos admissíveis: os volumes determinados e os erros máximos admissíveis nas verificações são referidos à temperatura de 20°C. O erro máximo admissível na verificação é de 0,25 % para mais ou para menos, da capacidade nominal de cada nível materializado no tanque ou compartimento. O erro máximo admissível no volume medido pelo tanque ou compartimento não pode ser utilizado como fator de compensação nas transações de produtos líquidos a granel. O erro máximo admissível no volume medido pelo tanque ou compartimento não inclui a variação de volume do produto causada pela variação da temperatura. Nas verificações a posição do dispositivo de referência deve ser ajustada de acordo com a altura do espaço vazio medido (BRASIL, 2016, p.11).

A Resolução nº 604 de 24 de maio de 2016 que alterou a resolução 258 do Contran de 30 de novembro de 2007, na qual o artigo 17-A da Resolução nº 258/2007 passou a vigorar:

Art. 17A – Para fins de fiscalização de peso dos veículos que estiverem transportando produtos classificados como Biodiesel (B-100) e Cimento Asfáltico do Petróleo (CAP) por meio de balança rodoviária ou por meio de Nota Fiscal, ficam permitidos, até 31 de julho de 2019 a tolerância de 7,5% (sete e meio por cento) no PBT ou PBTC” (BRASIL, 2016, p. 1).

Dentro desta pesquisa é importante salientar os seguintes itens do edital do leilão de biodiesel L59 referente às vendas do bimestre março/abril do ano de 2018. O edital diz nos itens:

Item 12.9.4. Os limites para as dimensões, o peso bruto total e o peso por eixo, que devem ser observados para todos os veículos de carga que circulam nas vias terrestres, devem obedecer aos regulamentos do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN).

Item 6.3. A quantificação do carregamento de biodiesel será efetuada pela capacidade volumétrica do caminhão-tanque ou do vagão-tanque, tomando como referência a seta indicativa dessa capacidade ou o medidor volumétrico de vazão devidamente aferido e instalado no sistema de bombeamento do fornecedor sendo que o faturamento será baseado na apuração do volume em litros a 20°C.

Item 6.4. O carregamento deverá ser feito somente em caminhão-tanque ou vagão-tanque adequado ao carregamento de produtos perigosos, que possua seta nos compartimentos de carga e certificado de calibração, dentro do prazo de validade, emitido pelo órgão competente, cabendo ao fornecedor informar no mesmo dia, por mensagem encaminhada para o correio eletrônico celulabiodiesel@petrobras.com.br, ao adquirente os casos de não conformidade, que o desobrigarão do carregamento.

Item 6.6. A correção dos volumes e densidades para a temperatura de referência de 20°C deverá ser feita utilizando-se as Tabelas de Correção das Densidades e dos Volumes dos Produtos de Petróleo, constantes da Resolução nº 6, de 25/06/70, do Conselho Nacional do Petróleo - CNP.

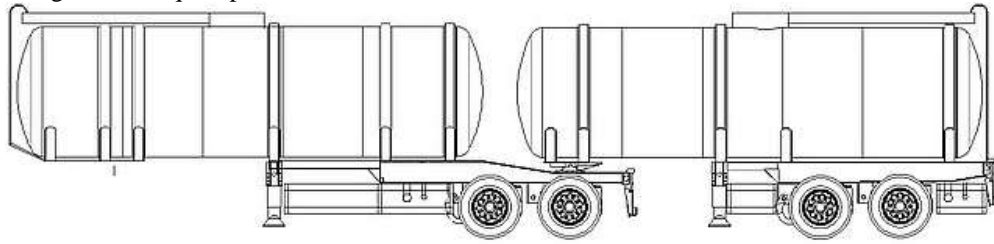
Item 7.2.2. Será facultado ao motorista ou outro representante indicado pelo preposto ou pela adquirente, acompanhar as operações de carregamento de caminhões-tanques e vagões-tanque, sem aviso prévio. (BRASIL, 2018, p. 13-85).

O cálculo do volume expedido na temperatura de 20°C é realizado através da planilha do conversor fornecido pela ANP e tem como base a tabela de correção das densidades e dos volumes dos produtos de petróleo, constantes da Resolução nº 6, de 25/06/70. A imagem do conversor está no anexo A deste trabalho.

Os tanques dos caminhões são compostos por três setas aferidas com água, certificadas e validadas a cada 2 anos pelo Inmetro. Este biocombustível apresenta densidade de 880 kg /m³ e para efeito segundo a ANP deve ser carregado o produto na seta mínima, ou seja, deve cobrir a seta mais baixa do tanque; isso significa que o tanque do caminhão foi completado até a sua capacidade máxima permitida para o transporte deste produto.

Na Figura 4 está ilustrado o modelo de caminhão bi-trem de transporte líquido a granel mais comum nos carregamentos de biodiesel.

Figura 4 - Imagem do tanque tipo caminhão bi-trem



Fonte: Terra tanques (2019).

A Figura-5 mostra a imagem da sítia pela visão do operador (em cima da boca de visita) de envase olhando da boca de visita superior do tanque do caminhão, local onde é feito o envase do biocombustível. O biodiesel deve ser carregado até a seta de menor capacidade, ou seja, a primeira seta de baixo para cima. Após o término do envase o líquido (biodiesel) movimenta-se parcialmente cobrindo parcialmente a meia esfera na ponta da seta, ou seja a esfera deve aparecer e desaparecer com o movimento do líquido.

Figura 5 - Imagem da seta do tanque do caminhão combustível



Fonte: O próprio autor.

3 SEIS SIGMA

Nesta seção será tratado o contexto histórico e a definição do programa Seis Sigma e também serão abordados os fatores críticos para o sucesso do programa Seis Sigma, em seguida uma apresentação dos passos do DMAIC e por fim exemplos de aplicações da combinação dos métodos Seis Sigma/DMAIC levantados a partir da revisão bibliográfica.

3.1 Conceitos de seis sigma

A metodologia Seis Sigma teve início em meados dos anos de 1980 na empresa eletrônica norte-americana Motorola com o intuito de reduzir os problemas de qualidade e aumentar a lucratividade da empresa. Na época, os principais gestores da Motorola admitiram que a qualidade de seus produtos era péssima e a empresa apresentava vários programas de qualidade com pouco resultado enquanto o cenário apresentava evolução em produtividade e qualidade nas empresas japonesas. Em 1987, uma nova técnica surgiu no setor de Comunicações da Motorola com a finalidade de acompanhar e comparar o desempenho exigido pelos clientes (medida sigma) e posteriormente melhorar a qualidade (seis sigma). Com o sucesso do desenvolvimento do programa Seis Sigma a Motorola recebeu em 1988 o prêmio *Malcolm Baldrige National Quality Award*. A partir de então a metodologia Seis Sigma passou a ser reconhecida e implantada em outras organizações norte-americanas; a empresa que mais se tornou identificada com este programa foi a *General Eletric* (GE) que iniciou as atividades do programa seis sigma no início dos anos de 1990 e por volta do ano de 1999 a mesma economizava US\$ 600 milhões de dólares por ano e os excelentes resultados financeiros estimularam outras empresas a implantar o programa seis sigma (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001).

Conforme definição de Hoerl (1988) a base da teoria Seis Sigma é a busca constante da redução de variabilidade dos processos com objetivo de eliminar os defeitos ou falhas.

A metodologia Seis Sigma tem sido utilizada como estratégia de negócios e implantada com sucesso em muitas organizações com foco em melhoria contínua como a Motorola, *General Eletric* (GE), *Honeywell*, *Bombardier*, *ABB*, *Sony* (ANTONY, et al., 2007).

Segundo Pande, Neuman eCavanagh (2001) o Seis Sigma visa a lucratividade da empresa com foco na satisfação do cliente através da utilização de dados reais e analisados estatisticamente e melhoria contínua dos processos de negócios.

Na visão de Gross (2001) qualquer empresa e setor podem utilizar a metodologia Seis Sigma para redução da variabilidade de seus processos e o sucesso do programa Seis Sigma depende do comprometimento da equipe para com as etapas do projeto.

Há, de acordo com a literatura, algumas definições referentes ao termo Seis Sigma. Na Motorola o Seis Sigma se apresentou como um programa de melhoria de qualidade com o intuito de diminuir os defeitos para 3,4 ppm (partes por milhão) de oportunidades (ANTONY, et al., 2012).

Segundo Truscott (2003) a aplicação das técnicas Seis Sigma foca em melhoria da eficiência e eficácia de todos os processos e movimentações em todos os tipos de empresa por meio da medida quantitativa existente quando comparada com a variação desejada buscando satisfazer os clientes e seu efeito sobre o desempenho financeiro da organização.

Gordon (2002) definiu Seis Sigma como:

Seis Sigma na sua definição básica é ter apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) para produzir um defeito. Por esta definição Seis Sigma está relacionado a uma única oportunidade ou único item crítico de qualidade que faz não atender a exigência ou especificação do cliente. Isto é 20.000 vezes redução de defeitos do desempenho de três sigma. (GORDON JR., 2002, p. 5)

Baseado em leituras de artigos desde o início dos anos 1990 até o ano de 2006, Santos (2006) propôs uma definição mais completa do Seis Sigma:

Seis sigma é uma abordagem que impulsiona a melhoria do desempenho do negócio e a valorização da satisfação dos clientes, por meio do enfoque estratégico de gerenciamento; da aplicação do pensamento estatístico em todos os níveis de atividades; do uso de indicadores de desempenho; da utilização de uma metodologia sistematizada que entregue técnicas variadas para se avaliar e otimizar processos; e da aprendizagem decorrente da capacitação e comprometimento das pessoas. (SANTOS, 2006, p. 17)

A literatura indica que a metodologia Seis Sigma realiza abordagem estatística e estratégica para as organizações. A parte estatística prioriza o foco em processos, o entendimento da variação e o conhecimento da variação para propor ações nas atividades diárias de gestão de processos. A parte estratégica vem se consolidando no meio acadêmico e empresarial através da melhoria no desempenho do negócio, aumentando a competitividade e impulsionando as ações estratégicas e gerenciais para que executem a melhoria contínua do nível de qualidade de produtos e serviços, aumentando a capacidade de inovação e reduzindo custos e desperdícios (SANTOS, 2006).

Para Pande, Neuman e Cavanagh (2001) “Um defeito é qualquer instância ou evento na qual o produto ou processo falha em satisfazer um requisito do cliente”.

Eckes (2001) em sua obra “A Revolução Seis Sigma” usa como exemplo um serviço de quarto de hotel para explicar a fórmula de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). No exemplo de serviço de quarto foram avaliados 520 pedidos, no qual três serviços tiveram atrasos no atendimento e uma pessoa deu nota baixa totalizando quatro defeitos; as oportunidades neste caso eram três, sendo a rapidez no atendimento, qualidade de que é servido e a variedade do cardápio. A fórmula para encontrar o sigma é dada por (1):

$$\frac{\text{Número de defeitos}}{\text{Número de Oportunidades} \times \text{Número de Unidades}} \times 1.000.000 \quad (1)$$

Com base nos dados ilustrativos do parágrafo anterior e aplicando a fórmula em discussão, o resultado obtido será de acordo com o próximo cálculo:

$$\frac{4}{3 \times 520} \times 1.000.000 = 2564,1$$

Observando uma tabela de conversão da capacidade do processo e sigma no apêndice do mesmo livro (páginas 266 e 267) o valor de 2550 corresponde a um desempenho sigma de 4,3. Mesmo aproximado o valor de 2564 pode-se dizer que corresponde ao desempenho σ de 4,3.

A letra grega sigma (σ) é o símbolo da estatística que significa desvio padrão de uma amostra. O desvio padrão é uma medida de dispersão em relação à média aritmética e mede a capacidade do processo de trabalhar livre de falhas ou defeitos (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001; ROTONDARO et al., 2011), e o desvio padrão amostral (estimador de σ) é calculado pela seguinte fórmula (2):

$$s = \sqrt{\sum \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Onde x_i é o valor do i-ésimo elemento da amostra, \bar{x} é a média aritmética da amostra (média amostral) e n é o número total de elementos da amostra. Um processo seis sigma significa a redução da variação à taxa de 3,4 falhas por milhão ou 99,99966% de perfeição (ROTONDARO et al., 2011).

Os níveis sigma também são expressos em defeitos por milhões de oportunidades (DPMO), que indicam a quantidade de erros se uma atividade fosse executada um milhão de

vezes e os dados da conversão do DPMO em sigma são mostrados de forma simplificada na tabela2 (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001).

Tabela 2 -Tabela simplificada de conversão em sigma

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

Fonte: Pande, Neuman e Cavanagh(2001, p.31).

De acordo com Rotondaro et al. (2011) as especificações do processo geralmente são definidas pelo departamento de engenharia das indústrias e no setor de serviços as especificações geralmente são definidas conforme exigências dos clientes. Visto que as especificações geralmente “envelhecem” de acordo com as exigências do mercado e os processos de melhorias dos concorrentes, o autor concluiu que orientar a capacidade Seis Sigma deve ser um esforço contínuo de acordo com as mudanças do mercado.

Segundo Slack et al. (1996) o índice de capacidade mede a folga existente entre os limites de especificações do projeto e os limites de especificações do processo, dado pela fórmula (3):

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{LSC-LIC} \quad (3)$$

Onde: LSE = limite superior de especificação; LIE = limite inferior de especificação; LSC = limite superior de controle e LIC = limite inferior de controle

Quando o valor de C_p for inferior ao valor um o processo é considerado incapaz e quando o valor de C_p for superior a um o processo é considerado capaz.

Alternativamente, conforme a fórmula (4) podemos definir C_p por:

$$C_p = \frac{\text{comprimento da especificação}}{\text{variabilidade do processo}} = \frac{LSE-LIE}{6\sigma} \quad (4)$$

Onde: comprimento de especificação = a diferença entre os limites superior (LSE) e inferior (LIE) do processo. A variabilidade do processo é calculada como 6 desvios-padrões

(6σ) do processo que está sendo monitorado. A razão do uso de 6σ é estabelecida porque a maioria das medidas do processo (99.74 %) estão dentro de aproximadamente 3σ , o que leva a um total de 6 desvios-padrões. Existem três possíveis amplitudes para o valor de C_p que também auxiliam na interpretação de seu valor:

- $C_p = 1$: a variabilidade do processo está exatamente dentro dos limites de especificação;
- $C_p \leq 1$: a variabilidade do processo está fora dos limites de especificação o que significa que o processo não é capaz de produzir dentro dos limites de especificação (são necessárias melhorias);
- $C_p > 1$: a variabilidade do processo está bem menor do que os limites de especificação, o que significa que o processo é capaz de produzir muito bem dentro dos limites de especificação (precisão excelente).

Observar que C_p é uma medida usada para medir capacidade. Entretanto, ela tem uma limitação: assume que a variabilidade do processo é centralizada na amplitude de especificação. Infelizmente, nem sempre isso ocorre pois a variação do processo pode não estar centralizada na média. Por isso, uma outra medida de capacidade é usada com mais frequência (5):

$$C_{pk} = \text{mínimo} \left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right) \quad (5)$$

Onde: μ é a média do processo e σ é o desvio-padrão do processo.

Esta medida de capacidade do processo nos ajuda a solucionar a falta de centralização do processo sobre a amplitude de especificação. Para usar essa medida, a capacidade do processo de cada metade da distribuição normal é calculada e o mínimo dos dois valores é usado.

Segundo Peres-Wilson (1999) o coeficiente de capacidade do processo (C_{pk}) mede o quanto um processo apresenta para produzir produtos dentro dos limites de especificação. O valor de C_{pk} varia entre os valores 0 e 2; o processo é considerado capaz quando o resultado do C_{pk} seja maior ou igual a 1 e um processo é incapaz quando C_{pk} é menor que 1.

De acordo com Rotondaro et al. (2011) o índice de capacidade sigma é a diferença entre a média e o limite de especificação dividido pelo desvio padrão. O índice de capacidade sigma mede a distância da média à especificação mais próxima (LIE ou LSE) em quantidades de desvios padrão (sigmas), utilizando a normal reduzida (z) de acordo com a seguinte fórmula (6):

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \rightarrow \min .$$

$$z_1 = \frac{LIE - \mu}{\sigma}$$

$$z_s = \frac{LSE - \mu}{\sigma} \quad (6)$$

3.2 Fatores críticos de sucesso seis sigma

Consta na literatura, descrito por Drohomeretski et al. (2016), um estudo dos fatores críticos de sucesso de implantação do programa Seis Sigma sob os aspectos dos funcionários de uma empresa do segmento alimentício do sul do Brasil. Os fatores investigados para o sucesso da implantação foram baseados nas hipóteses tempo de empresa e nível de formação dos funcionários, enquanto as variáveis dependentes foram liderança, treinamento, comunicação e revisão, operação, cultura e qualidade. A metodologia do estudo foi o levantamento de campo ou *survey* através de questionários, regressão linear múltipla e testes de hipóteses. Através do teste de correlação a variável tempo de empresa apresentou correlação positiva em relação à variável dependente treinamento enquanto o fator nível de formação em Seis Sigma apresentou correlação negativa em relação ao treinamento, comunicação, revisão e operação. O estudo concluiu que ambas as hipóteses tempo de empresa e nível dos funcionários influenciam no sucesso de programa de melhoria contínua Seis Sigma.

Arumugam (2016) avaliou as inter-relações entre as metas do projeto em duas empresas de manufatura na Europa por meio de questionários direcionados aos líderes de projeto sob o ponto de vista em quatro hipóteses: Hipótese 1 – objetivos desafiadores levam a um maior desempenho; Hipótese 2 – a meta possui efeito positivo no desempenho através do conhecimento; Hipótese 3 – a aderência ao método estruturado modera positivamente o desempenho; Hipótese 4 – a aderência ao método estruturado modera a equipe positivamente no efeito do conhecimento sobre o desempenho. Os resultados indicaram que o objetivo e o método podem compensar um ao outro. Também sugere que a adesão ao método Seis Sigma se torna mais benéfica para projetos que geram muito conhecimento. Caso contrário, o método se torna menos importante.

Um estudo realizado por Marzagão (2016) colheu 149 respostas entre profissionais Seis Sigma envolvendo *Green Belts*, *Black Belts*, gerentes e executivos situados no Brasil e

Argentina. O estudo foi baseado em cinco etapas formuladas a partir da revisão da literatura e posterior pesquisa em campo; a primeira etapa verifica se o desempenho do projeto é melhorado quando é cumprido o gerenciamento de projeto; a segunda etapa trata o método seis sigma por completo na melhoria de desempenho do projeto; a terceira etapa trata da melhoria de desempenho do projeto quando o gerente de projetos tem as competências comportamentais de líder do projeto; a quarta etapa verifica se o gerenciamento de projeto é melhorado quando o gerente de projetos apresenta competências comportamentais de um líder de projeto e enfim a quinta etapa verifica se o método do projeto é melhorado quando o gerente de projeto Seis Sigma possui competências de um líder de projeto. No geral, os resultados indicaram que o projeto Seis Sigma tem impacto positivo em relação ao método, gerenciamento de projetos e competências do gestor de projetos. O maior impacto de sucesso Seis Sigma (SS) avaliado neste estudo se refere às habilidades comportamentais do gestor de projetos que facilitam a condução dos projetos.

Em um estudo sobre os fatores críticos de sucesso para a implantação de Seis Sigma em empresas que atuam no cenário brasileiro, Trad; Maximiano, (2009) aplicaram um questionário com oito fatores considerados como fatores críticos de sucesso. Foram aplicados questionários a 127 entrevistas, sendo 125 respostas de profissionais *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts* e Campeões. Foram convidadas a participar mais de 50 empresas e 30 grupos de discussão na internet formados por profissionais com interesse no Seis Sigma. Foram feitas análises estatísticas descritivas, teste de hipóteses em torno dos fatores investigados, Análise de Variância (ANOVA) e técnicas de Análise Multivariada para testar a validade do questionário. A ordem de importância dos fatores críticos de sucesso para a implantação do Seis Sigma foi: Liderança, Projetos, Treinamento, Comunicação e Revisão, Processo Gerencial, Perfil dos *Black Belts*, Equipe de Projetos e Iniciativas Prévias de Qualidade. O fator liderança está ligado ao compromisso da alta administração, em relação aos projetos que devem ser selecionados conforme a estratégia da empresa e que sejam submetidos a revisões periódicas com cronogramas junto à alta administração; o fator Treinamento tem relação ao conhecimento de uso de ferramentas de qualidade; o fator Comunicação e Revisão foi relacionado principalmente por acreditar no sucesso do projeto em toda a equipe; o fator Processo Gerencial foi relacionado como a seleção correta dos projetos Seis Sigma, além do acompanhamento dos projetos; o fator Perfil dos *Black Belts* revelou a capacidade de estimular o trabalho em equipe; o fator Equipe de Projetos relacionou a importância à presença de pessoas capacitadas para analisarem os dados e existência de *backups* em caso de sobrecargas em algum membro da equipe; o fator Iniciativas Prévias

mostrou que qualquer iniciativa prévia de qualidade é importante para a empresa que pretende implantar o Seis Sigma.

3.3 Etapas do DMAIC

Dentre as ferramentas mais utilizadas pelas organizações para a melhoria contínua observa-se na literatura o círculo de Deming, que na melhoria contínua define o ciclo sem fim em quatro etapas: Planejar, Fazer, Checar e Agir (PDCA) (BUSHNELL, 1992).

Outras técnicas de melhoria contínua também são encontradas na literatura como a metodologia DMAIC e Fords 8D (MARTIN, 2014).

Os autores Salah, Rahim e Carretero (2010) afirmam que apesar do DMAIC ter sido originado no Seis Sigma, esta ferramenta pode ser generalizada e utilizada para a melhoria contínua.

Geralmente os projetos Seis Sigma são derivados de objetivos estratégicos a partir da redução de variabilidade nos processos e as etapas do DMAIC são aplicadas para identificar as causas raízes no programa da metodologia Seis Sigma a fim de reduzir falhas no processo e defeitos nos produtos, convergindo para a minimização da variabilidade nos processos (ANTONY et al., 2012).

Os autores Antony et al. (2007) sugerem como aplicação da método DMAIC para processos de serviços as seguintes fases:

a) Definir:

- Definir o problema do projeto;
- Compreender o problema a partir da perspectiva dos clientes;
- Realizar mapeamento do processo para identificar o problema;
- Identificar as entradas e saídas do processo;
- Definir carta do projeto com escopo e limites do projeto, recursos, prazos e responsabilidades da equipe;
- Identificar o patrocinador do projeto;
- Identificar todos os clientes (internos e externos).

b) Medir:

- Determinar o desempenho atual;
- Medir a capacidade de curto e longo prazo;
- Decidir o que medir;
- Identificar os pontos para melhorias.

c) Analisar:

Identificar as causas raízes dos defeitos dos processos;
 Investigar as causas de variabilidade;
 Compreender a natureza e a distribuição dos dados;
 Determinar as variáveis de processo que podem estar ligadas aos defeitos;
 Quantificar os ganhos financeiros.

d) Melhorar:

Desenvolver soluções para melhorar os problemas e evitar que se repitam;
 Avaliar o impacto de cada solução potencial usando matriz de decisão de critérios;
 Avaliar os riscos associados a soluções;
 Reduzir a taxa de defeitos e validar melhorias;
 Reavaliar o impacto da solução potencial.

e) Controlar:

Desenvolver ações corretivas para sustentar o desempenho do processo;
 Elaborar e revisar procedimentos operacionais;
 Identificar um dono do processo e estabelecer sua função;
 Implementar planos de controle de processo e determinar a capacidade do processo;
 Fechar o projeto e compartilhar as principais lições aprendidas;
 Divulgar os resultados internamente ou externamente;
 Reconhecer os membros da equipe.

Segundo Damasceno (2009), conforme é representado no Quadro 1o método DMAIC é semelhante ao ciclo PDCA:

Quadro 1- Etapas do método DMAIC

ETAPA	O QUE FAZER
DEFINIR	Identificar o problema
	Definir Requisitos
	Estabelecer Metas
MEDIR	Validar o Problema
	Redefinir o problema / Objetivo
ANALISAR	Medir as entradas e Saídas (chaves)
	Hipóteses e Causas
	Identificar Causa-Raiz
MELHORAR	Validar Hipóteses
	Ideias para eliminar a causa-raiz
	Testar Soluções
CONTROLAR	Padronizar e medir
	Medir Padrão de Controle
	Corrigir as anomalias

Fonte: Pande (2007) apud Damasceno (2009).

3.4 Aplicações seis sigma DMAIC

Os autores Ertürk e Tuerdi (2016) desenvolveram estudos através de entrevistas com gestores de 500 empresas líderes em produtividade de eletrodomésticos linha branca na Turquia e identificaram que o programa Seis Sigma contribuiu positivamente de 20 a 39% para o desenvolvimento de novas tecnologias, 40 a 59% no desenvolvimento de novos produtos, 20 a 39% em produtos novos e 80 a 100% na produção e rentabilidade, 60 a 79% na satisfação dos clientes, 40 a 59% na satisfação dos funcionários e 60 a 79% na participação do mercado.

Dentre as aplicações do DMAIC, encontra-se na literatura um estudo realizado para diminuir defeitos de formação de bolhas na fábrica de pneus da Continental em Portugal. Após os passos do DMAIC a quantidade de não conformidades diminuiu, a taxa de qualidade aumentou 41% e se obteve melhor controle e capacidade do processo (BARBOSA, 2017).

Conforme descrito por Smętkowska (2018) o ciclo DMAIC foi utilizado no aumento de produtividade, diminuição do tempo de *setup*, redução de reprocesso e implantação de operador manutentor (TPM) na máquina Kolbus BF 511. O primeiro passo foi definir o problema, seguido de levantamento de dados de produtividade, eficiência e *brainstorming* dividido em quatro grupos: organização do trabalho, máquina, método e mão de obra. Posteriormente listaram as ações de melhorias e por fim, foi definido um plano de controle através de um *check-list* de algumas variáveis.

Em outro estudo observado na literatura, uma aplicação do DMAIC é feita para melhoria contínua no sistema de gestão e controle de segurança na construção de aviões através do controle de indicadores de performance e ferramentas estatísticas que indicam se os processos de segurança existentes são capazes e os resultados desejados, dentro dos limites de especificações da carta de controle (PANAGOPOULOS, 2017).

Para Karout (2017) as etapas do DMAIC e Seis Sigma e uso das ferramentas como o diagrama de causa efeito, teste de hipóteses e gráfico de Pareto melhoraram a qualidade na produção de *software* da empresa canadense “RK”. O intuito foi diminuir a quantidade de defeitos de acordo com o *feedback* dos clientes. Nesse segmento é fundamental o aprimoramento e melhoria contínua dos processos e serviços e são considerados fatores críticos de qualidade a funcionalidade, confiabilidade, usabilidade e manutenibilidade.

Em outro estudo na literatura é apresentado a melhoria do processo de fundição numa indústria portuguesa chamada STA – Sociedade Transformadora de Alumínio baseada no seqüenciamento do DMAIC. A etapa definir permitiu entender o problema e identificar os defeitos. Na fase medir foram coletados os dados de desempenho na produção. Na fase

analisar foi feito estudo de DOE e identificadas as causas raízes dos defeitos na produção, e na fase melhorar foram realizados planos de ações. Na última fase, a de controlar, as melhorias foram acompanhadas e confirmadas pelo aprimoramento e quantificação do projeto em termos ganhos financeiros (MARQUES, 2017).

Hakimi, Zahrae e Rohani(2018) utilizaram o programa 5S e passos do DMAIC na obtenção de sucesso nas características da qualidade de produção do iogurte em uma fábrica no Irã. Nesse estudo foram seguidos os passos do DMAIC e através de avaliações estatísticas foi possível identificar os fatores que influenciavam o pH do iogurte e foram encontrados níveis ótimos das variáveis de processo referentes ao tempo de incubação e percentual de gordura do leite afim de otimizar o pH ótimo de acordo com as recomendações dos clientes.

Noori, Latifi (2016) mostraram que através da metodologia Seis Sigma foi possível reduzir os defeitos no processo de moagem na fabricação de eixos de uma indústria automotiva no Irã e a diminuição dos defeitos proporcionou uma boa redução de custos. Neste estudo foi introduzida a etapa gerenciamento de mudanças no DMAIC com o intuito de padronizar os turnos de produção e garantir a melhoria nos processos como um todo. Após o sucesso do projeto, os autores concluíram que a boa coleta de dados é fundamental, a metodologia 5S possibilita identificar a causa raiz e resolver os problemas definitivamente e que é importante o apoio corporativo para que ocorra, de fato, a mudança de cultura e desenvolvimento contínuo da metodologia 5S.

Em outro estudo encontrado na literatura, o controle de defeitos qualitativos (estéticos) na matéria-prima para o alumínio antes do processo de fabricação das barras de alumínio foi observado numa indústria na Arábia Saudita. A fabricação do alumínio é suscetível a sujeiras na superfície ou arranhões. Para resolver esses problemas foram implantadas as etapas do DMAIC simultaneamente a análises estatísticas, gráficos de pareto e FMEA. Os autores concluíram que a ferramenta Seis Sigma é eficiente para resolver problemas quantitativos sendo também útil para identificar e resolver defeitos qualitativos (HADIDI, BUBSHAIT, e KHREISHI2016).

4 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS E DA QUALIDADE

Nesta seção será discutido sobre as ferramentas da qualidade utilizadas nesta pesquisa durante o desenvolvimento das etapas do DMAIC, e estas ferramentas foram: Árvore CPQ, SIPOC, macro-fluxograma e diagrama de causa e efeito, histograma, *Box-plot*, CEP, cartas de controle e gestão à vista.

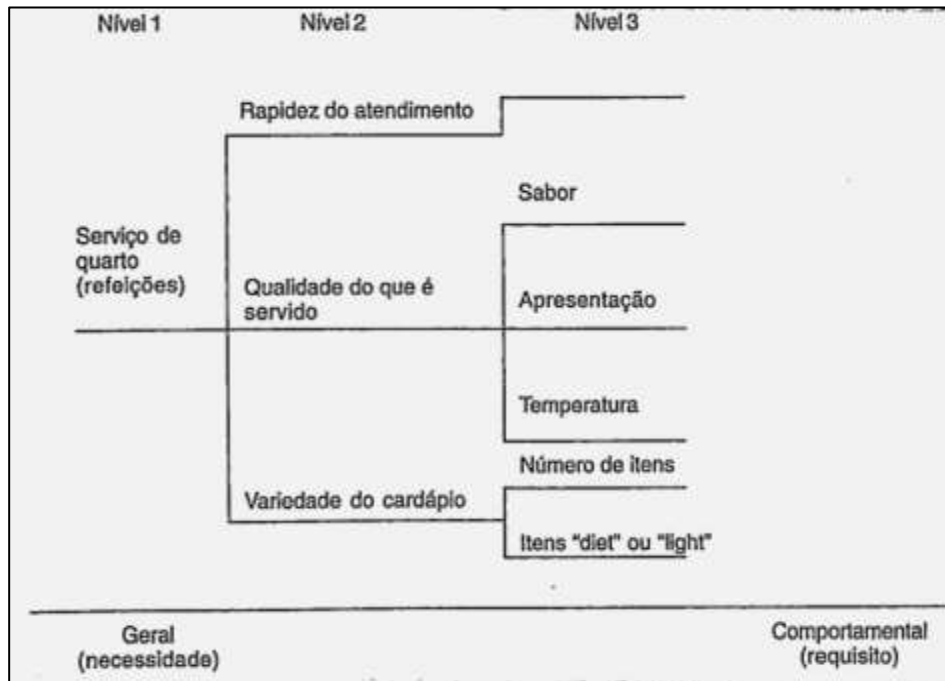
4.1 Árvore crítica para a qualidade (CPQ)

Conforme Eckes (2001) a árvore CPQ auxilia a equipe do projeto a discutir a necessidade dos clientes para os requisitos mais específicos de ordem comportamental e o autor sugere os seguintes passos para a construção da árvore CPQ:

- a) Identificar o cliente: entender as expectativas dos clientes;
- b) Identificar as necessidades do cliente: as necessidades são colocadas no nível 1;
- c) Identificar o primeiro conjunto de requisitos de necessidade: as oportunidades que devem ser inseridos no nível 2 e determinam se os clientes estão ou não satisfeitos com o processo, estes requisitos devem ser avaliados junto aos clientes;
- d) Se necessário continuar a ramificação até o nível 3 ou mais: é importante ter atenção para não colocar unidades de medidas na árvore porque o intuito é identificar os requisitos comportamentais, enquanto o levantamento de dados e medidas serão abordados na etapa medir do DMAIC;
- e) Validar os requisitos junto ao cliente: Até este ponto a Árvore CPQ foi o resultado do *brainstorming* dos membros da equipe do projeto e deve ser validada junto ao cliente.

A Figura 6 ilustra os três níveis de uma árvore CPQ para um processo de serviço de quarto de hotel.

Figura 6 – Ilustração árvore CPQ



Fonte: Eckes (2001, p. 66).

As maneiras de validação dos requisitos junto ao cliente são:

- a) Entrevistas Individuais com os clientes;
- b) Enquetes;
- c) Grupos de Foco;
- d) Colocar-se no lugar do cliente e observar o cliente;
- e) Reclamações dos clientes.

As entrevistas individuais apresentam a vantagem de exploração das respostas realizando novas perguntas e assim compreender mais a fundo as necessidades dos clientes. As enquetes são um conjunto de perguntas formuladas para obter respostas que conduzam às características importantes para os clientes e a vantagem é a obtenção da geração de dados. Um grupo de foco representa um grupo de clientes selecionados para responder perguntas preparadas por intermédio de um facilitador. No modo de colocar-se no lugar de cliente a empresa pode dedicar um funcionário para acompanhar tecnicamente o uso do produto ou dedicar alguns funcionários como clientes com o intuito de oferecerem sugestões de melhorias. As reclamações tem como vantagem oferecer ao fornecedor oportunidade para corrigir o erro.

4.2 Diagrama de SIPOC

O diagrama SIPOC é uma ferramenta utilizada quando se deseja identificar elementos relevantes de um projeto de melhoria de processo.

Nessa direção, Pande, Neuman e Cavanagh (2001) recomendam o uso da ferramenta, o diagrama de SIPOC, na fase definir do DMAIC. A sigla SIPOC vem de cinco elementos:

- a) Fornecedor (*Supplier*) – pessoa, grupo ou processo que fornece informações ou recursos para o processo.
- b) Entrada (*Input*) – a “coisa” fornecida.
- c) Processo (*Process*) – o conjunto de passos que transforma e agrega valor à entrada.
- d) Saída (*Output*) – o produto final do processo.
- e) Cliente (*Customer*) – a pessoa, grupo ou processo que recebe a saída.

4.3 Fluxograma

Segundo Campos (2013) na gestão o fluxograma é o início da padronização e apresenta dois objetivos:

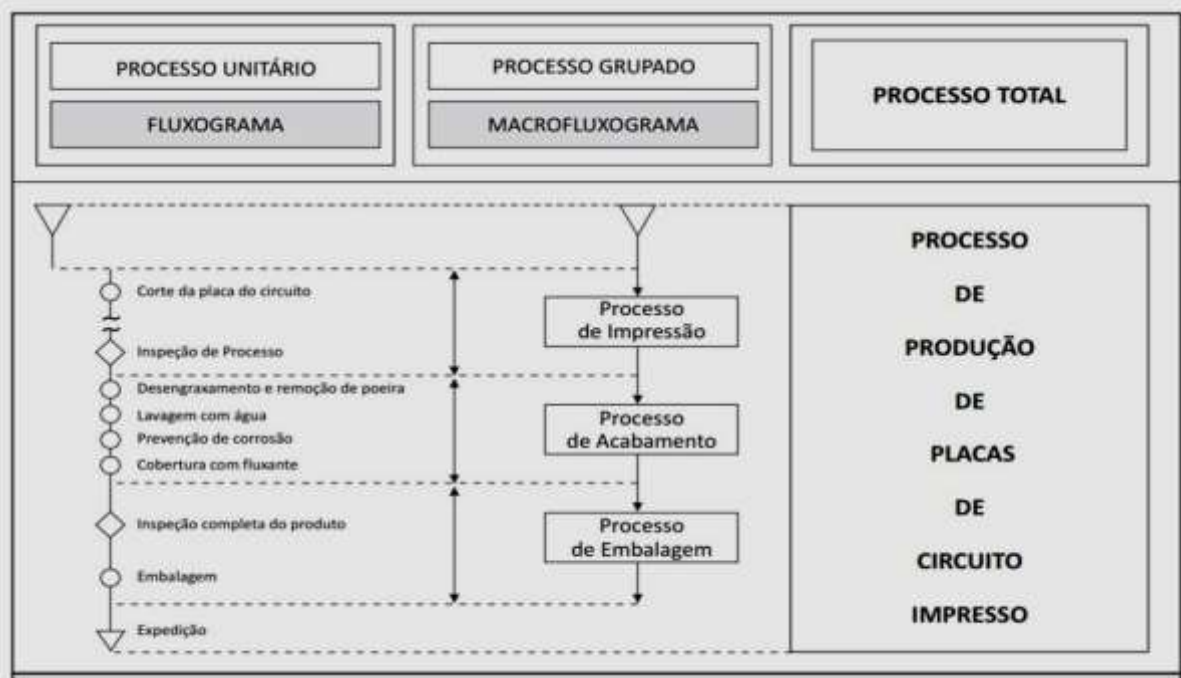
- a) Garantir a qualidade;
- b) Aumentar a produtividade.

Após a elaboração do fluxograma é importante criticá-lo por meio de um *brainstorming* com a equipe e fazer os seguintes questionamentos:

- a) Este processo é necessário?
- b) Cada etapa do processo é necessário?
- c) É possível simplificar?
- d) É possível adotar novas tecnologias no todo ou em parte do processo?
- e) O que é possível centralizar/descentralizar?

Em seguida deve-se definir as tarefas prioritárias a padronizar. As tarefas prioritárias são aquelas que podem afetar fortemente a qualidade do produto, e não necessariamente na ordem proposta, verificar se já ocorreram acidentes, reclamações de clientes, análise de anomalias repetitivas ou de alto custo, alta variabilidade e dispersão. A Figura 7 ilustra a diferença entre fluxograma e macro-fluxograma.

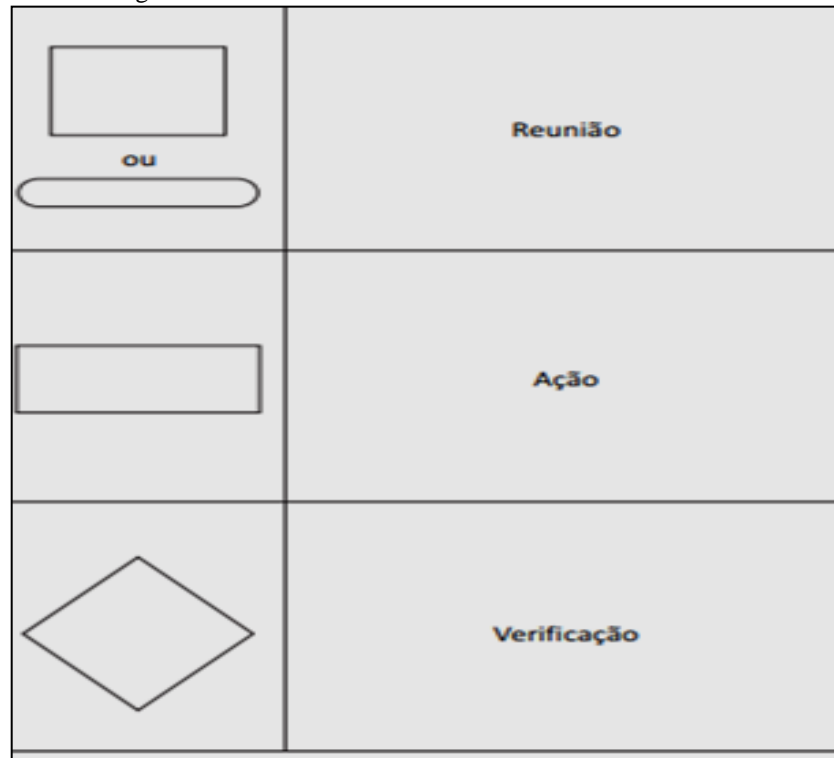
Figura 7 – Diferença entre fluxograma e macro-fluxograma



Fonte: Campos(2013,p.196).


As Figuras 8, 9 e 10 ilustram os símbolos e significados de padrões utilizados nos fluxogramas:

Figura 8 – Símbolos de fluxograma



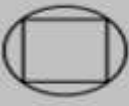
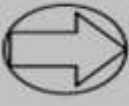
Fonte: Campos (2013, p.197).

Figura 9 – Convenções simplificadas para o fluxograma

<p>Trabalho</p> 	<p>Operação que provoca mudanças na forma e propriedade de materiais, componentes ou produtos.</p>
<p>Transporte</p> 	<p>Operação que provoca mudanças na posição de matérias-primas, componentes ou produtos.</p>
<p>Estocagem Planejada</p> 	<p>Operação de estocar matérias-primas, materiais, componentes ou produtos, de acordo com o plano.</p>
<p>Estocagem não Planejada</p> 	<p>Estado de congestão de matérias-primas, materiais, componentes ou produtos, de acordo com o plano.</p>
<p>Inspecção da Quantidade</p> 	<p>Operação para obter a diferença dos resultados, comparando-se a referência com a quantidade de matéria-prima, materiais, componentes e produtos.</p>
<p>Inspecção da Qualidade</p> 	<p>Operação de julgar a conformidade do lote ou boa qualidade da peça, testando as características da qualidade da matéria-prima, materiais, componentes ou produto e comparando os resultados com a referência.</p>

Fonte: Campos (2013,p.199).

Figura 10 – Convenções conjugadas caso as operações ocorram simultaneamente.

Símbolo Composto	Significado
	<p>Enquanto se conduz principalmente a inspeção da qualidade, a inspeção da quantidade também é conduzida.</p>
	<p>Enquanto se conduz principalmente a inspeção da quantidade, a inspeção da qualidade também é conduzida.</p>
	<p>Enquanto se conduz principalmente o trabalho, a inspeção da quantidade também é conduzida.</p>
	<p>Enquanto se conduz principalmente o trabalho, o transporte também é conduzido.</p>

Fonte: Campos (2013,p.200).

4.4 Diagrama de causa e efeito

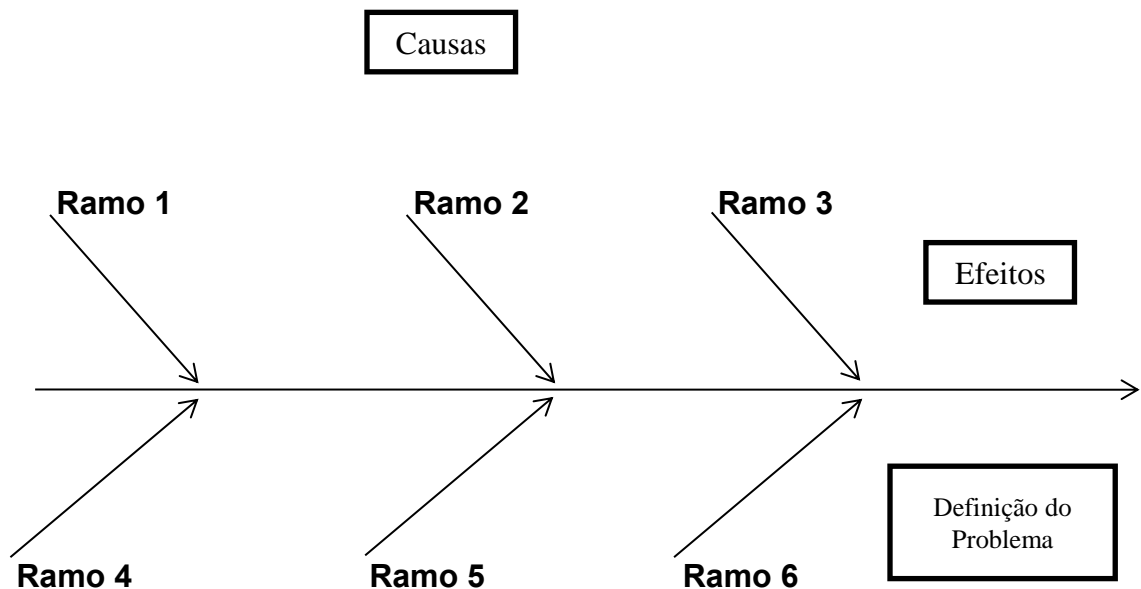
De acordo com Werkema (1995) a ferramenta apresenta a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) deste processo.

Segundo Eckes (2001) para assegurar a disciplina dos participantes da equipe, a ferramenta diagrama de causa efeito, conhecida também como espinha de peixe ou Ishikawa pode garantir no *brainstorming* para que o máximo de idéias sobre as causas potenciais para o problema sejam levantadas.

O diagrama de causa e efeito é formado por flechas dispostas de modo que seguindo seus sentidos e orientações apresentam níveis de agregação até que todas as flechas converjam ao efeito que está sendo analisado. Os critérios mais utilizados desses ramos são os chamados “6 M”S:

- Mão de obra;
- Materiais (componentes);
- Máquinas (equipamentos);
- Métodos (procedimentos);
- Meio Ambiente;
- Medição (instrumentos, calibração); (ROTONDARO et al., 2011).
-

Figura 11 – Diagrama de causa e efeito



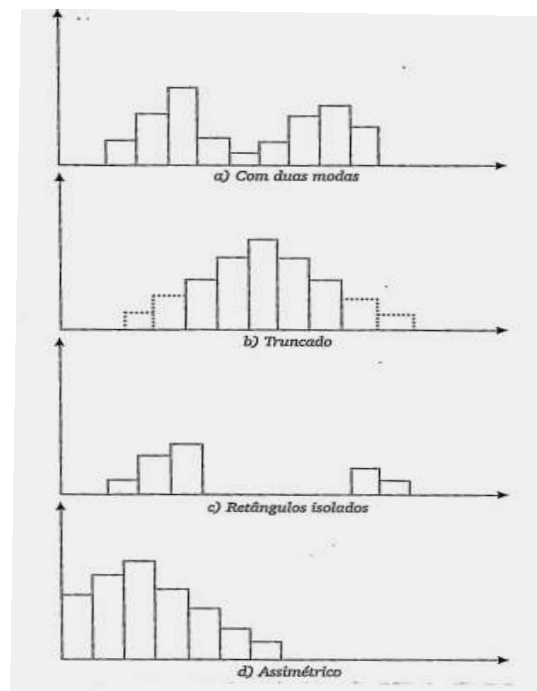
Fonte: Adaptado de Rotondaro et al. (2011).

4.5 Histograma

Para Rotondaro et al. (2011) o histograma é uma distribuição gráfica de dados quantitativos, agrupados em classes de frequência que permite verificar o valor central, a distribuição e a dispersão dos dados. Primeiro deve-se verificar o tamanho da variação através da amplitude total (largura) ocupada pelas barras. Em seguida checar a simetria da distribuição; caso exista simetria é sinal de que o processo segue uma distribuição normal. Também existem casos de ocorrência de processos com distribuição assimétrica mostrado na Figura 12d.

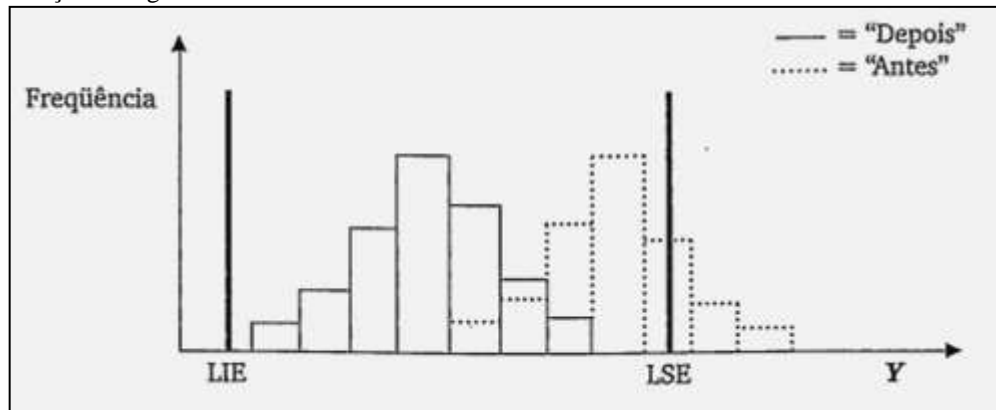
Posteriormente verificar se o gráfico apresenta características “singulares” e existência de mais de uma moda (ver Figura 12a), quando apresenta um histograma bimodal pode indicar a existência de produtos oriundos de fontes diferentes como por exemplo, duas máquinas, dois operadores, dois instrumentos, etc. Nesse caso recomenda-se estratificar os dados e fazer dois histogramas distintos. Na seqüência observa-se o gráfico apresenta-se truncado conforme Figura 12b, nesse caso pode ser que o processo foi inspecionado 100%, o que pode ser considerado com respeito às especificações do fornecedor, mas por outro lado pode indicar que naturalmente o processo não é capaz de atender tais especificações. Quando o histograma apresentar o formato de barras isoladas conforme a Figura 12c, pode indicar que foram retirados produtos que estariam no centro, como por exemplo, a separação de produtos para 1ª ou 2ª linhas.

Figura 12– Ilustração histograma



Os histogramas também identificam a relação entre a distribuição e as especificações. Para isso, pode-se traçar linhas verticais nas posições dos limites de especificações e checar se a média está centralizada em relação aos limites de especificação, se os produtos atendem as especificações, e qual a porcentagem de produtos fora de especificação. O histograma também pode ser utilizado para comparação do antes e após determinada intervenção no processo conforme observado na Figura 13 (ROTONDADARO, 2011).

Figura 13 – Ilustração histograma

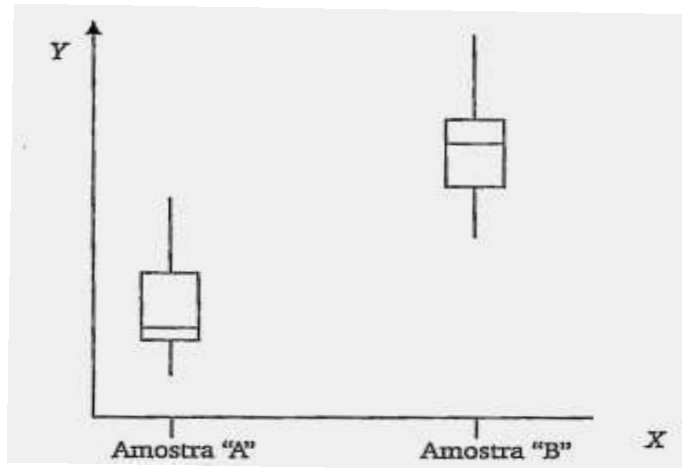


Fonte: Rotondaro et al. (2011, p. 150).

4.6 Box-plot

De acordo com Rotondaro et al. (2011) o *Box-plot* é uma representação gráfica de dados de variáveis que apresentam informações sobre a variabilidade e a simetria dos dados, uma ferramenta importante durante a execução das etapas do DMAIC. O *Box-plot* também detecta diferenças comportamentais de diferentes grupos em relação à variável de estudo conforme observado na Figura 14. Para esta comparação deve-se considerar a localização da mediana através da comparação da posição das duas medianas e também deve-se comparar os formatos dos diagramas, verificar as assimetrias e dispersões dos dados. Essas comparações podem ser utilizadas durante a etapa analisar para avaliar a influência de uma variável discreta (X) no resultado do processo (Y), verificar o resultado de uma intervenção no processo comparando-se os *Box-plots* antes e depois já na fase de melhoria e também pode ser utilizado durante o acompanhamento periódico do processo verificando se ocorrem alterações significativas no processo na etapa controlar.

Figura 14 – Ilustração gráfico *Box-Plot*



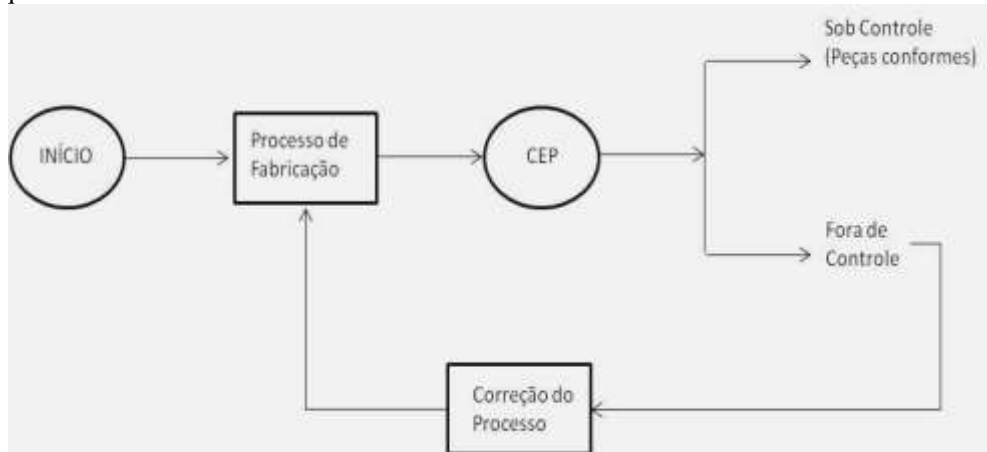
Fonte: Rotondaro et al. (2011, p. 154).

4.7 Controle estatístico do processo (CEP)

Segundo Slack et al., (1996) o controle estatístico da qualidade pode ser classificado em aceitação por amostragem e controle estatístico de processo. A primeira é utilizada no controle de qualidade no início (matérias-primas) ou no final do processo (produtos). Já o controle estatístico do processo é utilizado para a verificação da conformidade durante o processo produtivo. O CEP é uma metodologia que usa a estatística para investigar as causas das variações de um processo. O CEP pode ser usado para o controle de variáveis que podem ser medidas (dimensões, peso) como também para grandezas tipo atributo que não utilizam instrumentos de medição (manchas, riscos).

De acordo com Diniz (2016), durante o processo de fabricação de qualquer produto pode ser controlada a qualidade através da inspeção das peças ou controlar o processo para verificar se está realizando ou não o que é desejado e a grande vantagem deste controle é que ele pode ser feito pelos operadores após treinamentos feitos pelos responsáveis. A Figura 15 ilustra como o controle estatístico de processo é realizado.

Figura 15 – Esquema CEP



Fonte: Adaptado de Diniz (2016, p. 39).

4.8 Cartas de controle

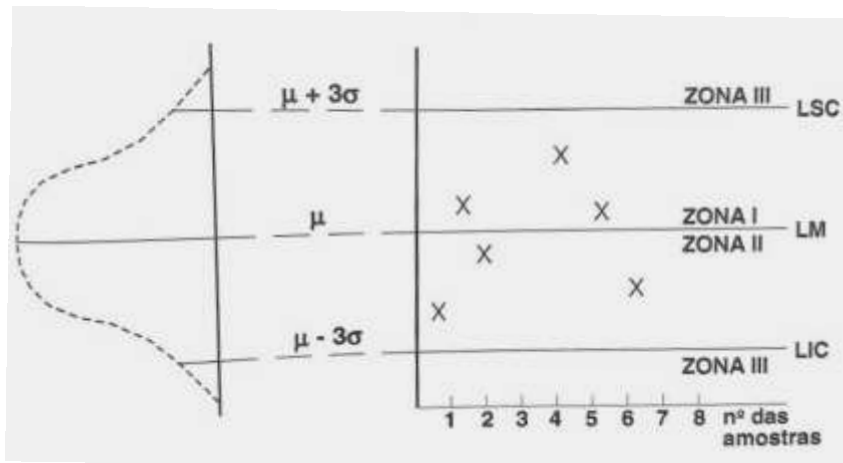
De acordo com o Diniz (2016) para a construção de gráfico de controle deve-se seguir o seguinte procedimento.

- Coletar duas amostras durante o processo em intervalos regulares;
- Na abscissa (eixo x) deve-se marcar os números das amostras conforme a ordem cronológica das coletas;
- Nas ordenadas (eixo y) marcar os valores característicos da qualidade. Devem-se marcar três linhas horizontais conforme a Figura 16.

Estas linhas são:

- A média μ que define a linha central;
- O limite superior de controle $\mu + 3\sigma$
- O limite inferior de controle $\mu - 3\sigma$

Figura 16 – Gráfico de controle



Fonte: Diniz (2016, p. 17).

5 METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentados a empresa, o problema da pesquisa, os procedimentos metodológicos seguidos pelos procedimentos operacionais e informações bibliométricas.

5.1 A Empresa

A empresa é de grande porte e atua em vários segmentos, sendo um deles a produção de biodiesel. A usina de biodiesel iniciou suas operações na década de 2000 e atualmente apresenta um time de 88 colaboradores, no qual 55 deles trabalham na indústria abrangendo as áreas da produção, laboratório, manutenção, expedição, segurança do trabalho e gestores para cada setor e um gerente responsável pela planta, os outros 33 colaboradores atuam no setor administrativo que compõe as áreas de logística, financeiro, contabilidade, selo social, fiscal e faturamento. Também existem outros setores compartilhados com outras empresas como portaria, RH e informática. A localização geográfica da empresa é na região noroeste do estado de São Paulo. A empresa adota como base da gestão da qualidade a certificação ISO 9001 desde o ano de 2009 que contribuiu muito para a gestão de todos os setores da organização

5.2 Problema da Pesquisa

Era de conhecimento da empresa a variação de volume no processo de envase de biodiesel. Esta variabilidade se refere ao volume obtido através da massa da balança versus capacidade volumétrica do tanque do caminhão e esta diferença é apontada no momento de faturamento da nota fiscal. Sendo assim a empresa decidiu investigar e constatou-se uma elevada variação entre os volumes dos tanques e o obtido da massa da balança. A partir desta necessidade teve início a contextualização da pesquisa na qual este pesquisador conduziu e aplicou as etapas do DMAIC muito utilizado em programas Seis Sigma.

5.3 Procedimentos Metodológicos

Segundo Miguel (2007) o fator de escolha da abordagem metodológica na pesquisa da área da Engenharia da Produção mais adequado é a questão que a pesquisa pretende endereçar, que, na maioria dos casos, é expressa pelos objetivos do trabalho, no qual o fator determinante deve ser a ação (verbo) desse objetivo para escolher a metodologia de pesquisa.

Para Gil (2002, p. 17) a pesquisa pode ser classificada em dois tipos, sendo: “pesquisa pura e pesquisa aplicada”. A pesquisa pura tem como meta gerar novos conhecimentos literários sem aplicação prática. A pesquisa aplicada tem como objetivo a aplicação prática voltada para a solução em problemas específicos.

Esta pesquisa tem como objetivo principal a aplicação do método DMAIC no controle de perdas e melhorias no processo de envase de biodiesel, e neste contexto tal pesquisa é aplicada.

Quanto a abordagem da análise dos dados, Gil (2002, p. 90) classificou a pesquisa em “qualitativa e quantitativa”. A abordagem qualitativa é menos formal que a abordagem quantitativa, isso porque a pesquisa qualitativa depende de fatores como a natureza dos dados, extensão da amostra e os instrumentos de pesquisa. Geralmente os estudos de campo, diferentemente de levantamento de dados, tendem a utilizar várias técnicas de coleta de dados. A própria natureza da pesquisa quantitativa conduz à análise quantitativa e que tudo pode ser quantificável, ou seja, traduzir em números através de recursos e técnicas estatísticas.

Considerando que a pesquisa proposta por este trabalho visa avaliar o desempenho referente a perdas de biodiesel durante o processo de envase baseado em ferramentas estatísticas, é classificada como uma pesquisa quantitativa.

No entanto, visto que Gil (2002, p. 42) estabelece que a pesquisa descritiva “tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou, então, o estabelecimento de relação entre variáveis”, esta pesquisa também pretende descrever a aplicação do método DMAIC no controle de perdas e as oportunidades de melhorias realizadas no processo de envase de biodiesel, conduzindo a classificação à de uma pesquisa descritiva.

A eficiência da aplicação no uso da metodologia Seis Sigma já foi comprovada por muitas organizações, como a melhoria contínua de produtos, processos e serviços. Neste trabalho a organização e o pesquisador definiram um problema no qual o pesquisador executou junto com a equipe as propostas para a sua solução por meio do emprego da pesquisa-ação.

A pesquisa-ação, segundo Thiollent (1985, p. 14): é “realizada com estreita associação ou com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”.

De acordo com Oquist (1978) a pesquisa-ação é a produção de conhecimento e simultaneamente ocorre a ação que modifica a realidade, ou seja, ambos acontecendo em conjunto.

Para Trip (2005) a pesquisa-ação pode existir conforme cinco modalidades:

- a) Pesquisa-ação técnica, em que o pesquisador age conforme o procedimento;
- b) Pesquisa-ação prática, no qual o pesquisador projeta as mudanças;
- c) Pesquisa-ação política, em que o pesquisador sente a necessidade de engajar-se na política para mudar o sistema;
- d) Pesquisa-ação social é um tipo de pesquisa-ação política em que o pesquisador trabalha para mudar ou contornar o modo de agir do sistema;
- e) Pesquisa-ação emancipatória, uma variação de pesquisa-ação política, que tem como meta mudar o *status* não apenas para si mesmo, mas para todo o grupo social.

A pesquisa-ação busca atender os objetivos técnicos e objetivos científicos e neste contexto Thiollent (2007) definiu:

- a) Objetivo técnico: resolver o problema da pesquisa por meio de levantamentos e propostas de soluções;
- b) Objetivo científico: conseguir informações que não seriam obtidas de outros meios, afim de aumentar a base de conhecimento.

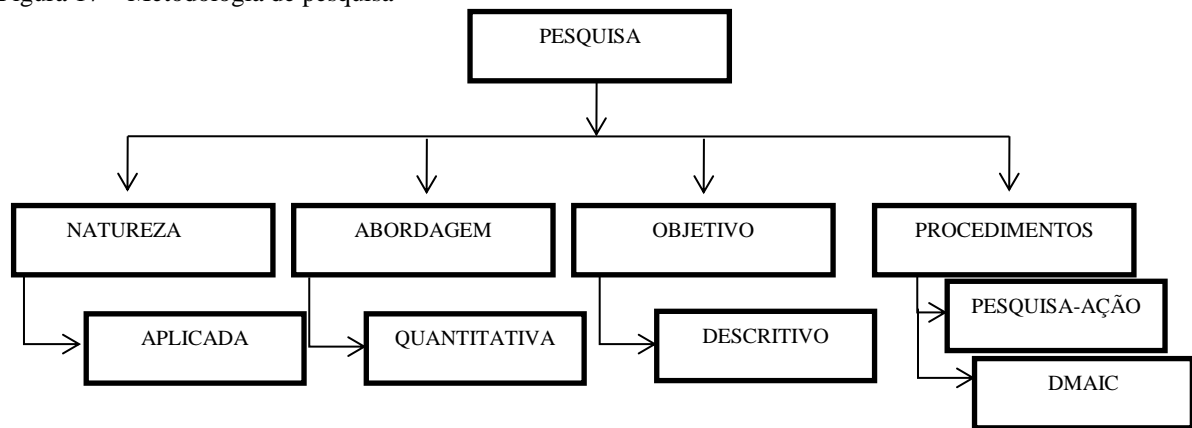
Para Thiollent (2007) a pesquisa-ação é realizada dentro de uma empresa ou instituição onde os pesquisadores assumem os objetivos e orientam a pesquisa através dos conhecimentos teóricos.

Para Coghlan e Brannick (2008) a pesquisa-ação é propícia quando a questão de pesquisa desdobra ações ao longo do tempo em um dado grupo, comunidade ou organização para explicar como que essas ações modificam ou melhoram o sistema e aprender com este processo de mudança.

Segundo Mello et al. (2012) a pesquisa-ação é uma estratégia de pesquisa da engenharia de produção com o intuito de resolver um problema prático e produzir conhecimento, no qual o pesquisador interfere no estudo de modo cooperativo com o grupo, e o planejamento da pesquisa-ação consiste em 03 fases: definição da estrutura conceitual teórica, seleção da unidade de análise e definição do contexto e propósito da pesquisa.

No presente estudo, o pesquisador é funcionário da empresa e visa gerar conhecimento através da aplicação das etapas do DMAIC, exercendo a função de responsável pela equipe e execução das ações de melhorias e a medição dos resultados. A Figura17 ilustra a metodologia desenvolvida nesta dissertação.

Figura 17 – Metodologia de pesquisa



Fonte: O próprio autor.

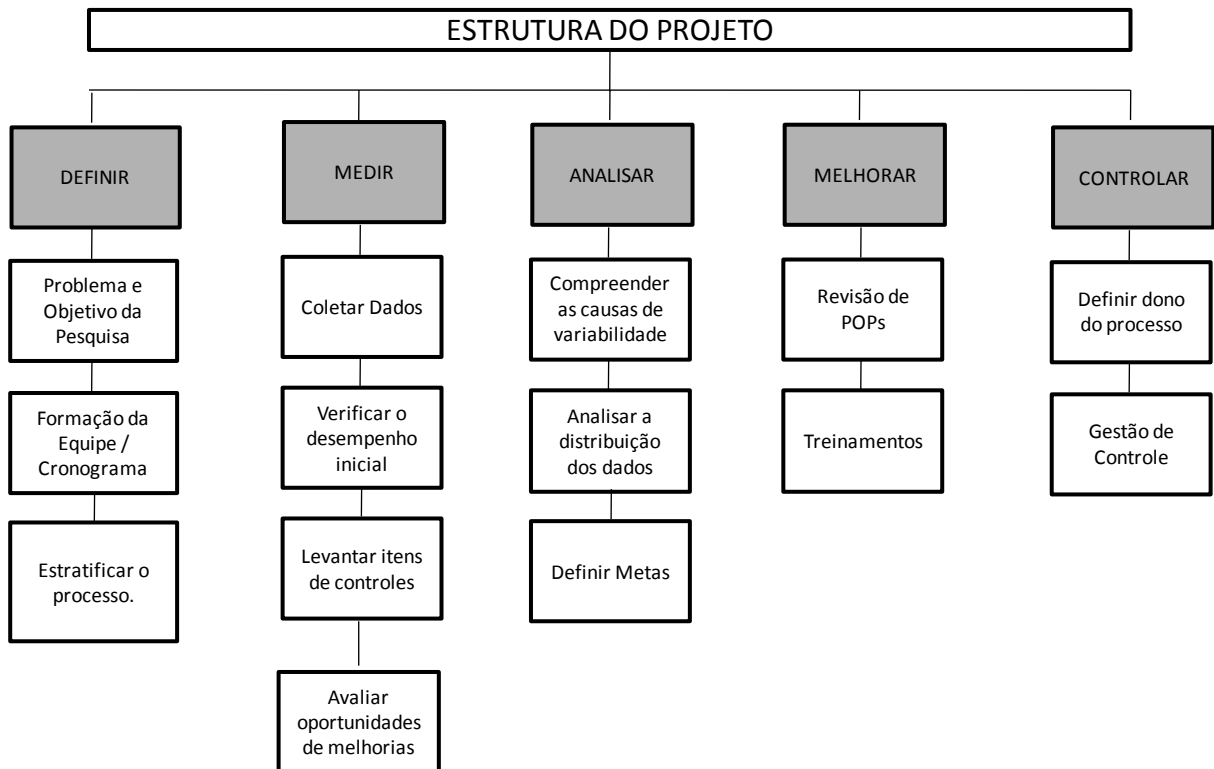
5.4 Procedimentos Operacionais

Esta pesquisa-ação foi desenvolvida cronologicamente da seguinte maneira:

- a) Informações bibliométricas sobre o Seis Sigma e aplicações do DMAIC;
- b) Escolhas das ferramentas a serem aplicadas nas etapas do DMAIC;
- c) Estudo das normas técnicas de envase de biodiesel;
- d) Procedimentos metodológicos para a aplicação deste estudo;
- e) Formação da equipe do projeto na empresa;
- f) Definição da estrutura do projeto seguindo as etapas do DMAIC;
- g) Análise dos dados e oportunidades de melhoria;
- h) Aplicação das melhorias no processo de envase de biodiesel;
- i) Avaliação dos resultados pré e pós projeto.

Nas leituras de artigos científicos de aplicação Seis Sigma – DMAIC há o uso de muitas ferramentas da qualidade e ferramentas estatísticas, observou-se a possibilidade em escolher as ferramentas que mais se encaixam para cada etapa do DMAIC. A equipe do projeto desenvolveu o cronograma da dissertação em conjunto com as etapas do DMAIC obtendo como resultado a estrutura representada na Figura 18. Esta estrutura foi elaborada de forma genérica para cada atividade no decorrer das etapas do DMAIC tornando-se uma contribuição deste trabalho podendo ser reproduzida em outros projetos DMAIC.

Figura 18: Estrutura do projeto baseada nas fases do DMAIC



Fonte: O próprio autor.

A oportunidade de melhoria deste trabalho iniciou pela identificação da variabilidade e posterior estruturação do projeto.

Na fase definir foram definidos o problema e objetivos da pesquisa, formação da equipe, cronograma e na estratificação do processo. Na estratificação do processo foram utilizadas as ferramentas: árvore CPQ, mapeadas as entradas e saídas do processo e elaborado os macro-fluxogramas do processo de envase.

A segunda etapa do DMAIC, “medir”, teve início junto com a etapa “definir” para validar a necessidade em diminuir as perdas no processo de envase. Nesta etapa foi realizado a coleta de dados e verificado o desempenho inicial, levantou itens de controle e avaliou as possibilidade de melhorias no processo de envase.

Na terceira etapa “analisar” a equipe avaliou e compreendeu as causas de variabilidade, analisou a distribuição dos dados e definiu metas.

Na quarta etapa, “melhorar”, a equipe do projeto revisou os procedimentos e aplicou treinamentos para as equipes do faturamento e expedição.

Na última etapa do DMAIC, “controlar”, foi definido um dono do processo e para a gestão de controle foi criado um painel de gestão à vista.

5.5 Informações Bibliométricas

Esta dissertação é composta por material publicado sobre os assuntos do desenvolvimento do projeto, sejam eles em conjunto ou individual. Além de livros foram utilizados as bases de periódicos *online*: *Science Direct*, *Emerald Group Publishing*, Portal de Periódicos CAPES e *Scielo*.

Na base de dados *Science Direct*, no período entre 01/01/2016 até 31/07/2018 com publicações no idioma em inglês, com as palavras-chave “*Six Sigma*” e “*DMAIC*” foram encontrados 13 *review articles* e 82 *research articles*, totalizando 95 publicações.

Os artigos encontrados na base de dados *Science Direct* são das seguintes áreas conforme o quadro 2.

Quadro 2 - Áreas dos artigos dos dados *Science Direct*

ÁREA	Quantidade	ÁREA	Quantidade
Saúde	9	Indústria alimentos	2
Manufatura	9	Laboratório	2
Teórico	7	Projetos	2
Meio Ambiente	6	Construção Civil	1
Garantia da Qualidade	5	Custos	1
Hospital	4	Indústria farmacêutica	1
Indústria Automobilística	3	Manutenção Industrial	1
Cadeia de Suprimentos	3	Papel e Celulose	1
Aeronáutica	2	Indústria Redes Sociais	1
Educação	2	Montagem Industrial	1
Indústria 4.0	2		

Fonte: *Science Direct* (2018).

Nesta revisão literária dos últimos três anos a área da saúde se destaca com mais artigos publicados com as palavras-chave “*Six Sigma*” e “*DMAIC*”. Há na literatura, escrito por Endler et al. (2016) um levantamento bibliométrico no período 1999 a 2014 na plataforma *ISI Web Knowledge* com a expressão “*Lean Six Sigma*”, resultando em 84 artigos investigados e a maior evidência dos estudos também constam da área da saúde.

Para a base de dados *Emerald Group Publishing*, a pesquisa foi realizada no dia 04/08/2018, também com publicação no idioma inglês, e foram utilizados como palavras-chaves os termos “*SIX SIGMA*” e “*DMAIC*”, filtrando as publicações no período de 01/01/2016 a 31/07/2018 com atributo *Article type*: *All*; foram listados 119 artigos publicados nos periódicos conforme o quadro 3.

Quadro 3 - Periódicos publicados na base de dados *Emerald Group Publishing*

PERIÓDICO
<i>Int J Qual & Reliability Mgmt</i> (20)
<i>Int J Productivity & Perf Mgmt</i> (16)
<i>The TQM Journal</i> (7)
<i>International J Health Care QA</i> (6)
<i>Business Process Mgmt Journal</i> (5)
<i>Quality Assurance in Education</i> (4)
<i>Int Jrnl of Op &Prod Managemnt</i> (3)
<i>Advances in Library Administration and Organization</i> (2)
<i>Industr Mngmnt & Data Systems</i> (2)
<i>Int J Qual & Service Sciences</i> (2)
<i>Benchmarking</i> (1)
<i>Construction Innovation</i> (1)
<i>Facilities</i> (1)
<i>Int J Contemp Hospitality Mngt</i> (1)
<i>Intl Jnl Public Sec Management</i> (1)
<i>J of Facilities Management</i> (1)
<i>Jnl of Manu Tech Management</i> (1)
<i>Jnl of Modelling in Management</i> (1)
<i>Kybernetes</i> (1)
<i>Lean Six Sigma Journal</i> (40)

Fonte: *Emerald Group Publishing* (2018).

Os artigos da base de dados *Emerald Group Publishing* são das áreas do conhecimento conforme o quadro 4.

Quadro 4 - Áreas do conhecimento dos artigos da base de dados *Emerald Group Publishing*

ÁREA (NÚMERO DE ARTIGOS)
Ciências e operações de administração (97)
Gestão da qualidade / sistemas (69)
Garantia de qualidade (27)
Ciência de gestão / pesquisa operacional (19)
Desempenho Organizacional (17)
Estudo de trabalho / gestão científica (16)
RH e comportamento organizacional (9)
Gestão da qualidade total (7)
Treinamento & desenvolvimento (7)
Saúde e assistência social (6)
Prestação de serviços de saúde (6)
Qualidade do serviço de saúde (6)
Política de saúde e direito (6)
Gestão de processos de negócio (5)
Educação (4)
Avaliação / avaliação educacional (4)

Fonte: *Emerald Group Publishing* (2018).

No portal de periódicos da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES), no idioma em português e palavras-chave “seis sigma” e “DMAIC” no período de 01/01/2016 até 31/07/2018, foram obtidos 14 resultados de trabalhos publicados nas áreas conforme apresentado no quadro 5.

Quadro 5 - Áreas do conhecimento dos artigos da base de dados da CAPES

ÁREA (NÚMERO DE ARTIGOS)	ÁREA (NÚMERO DE ARTIGOS)
Produção Manufatura (têxtil) (1)	Serviços (1)
Indústria Manufatura (1)	Teórico (aplicação da metodologia Six sigma) (5)
Indústria Automotiva (1)	Revisão Literária (1)
Indústria Aeronáutica (1)	Saúde (1)
Indústria Calçadista (1)	Setor Público (1)

Fonte: CAPES (2018).

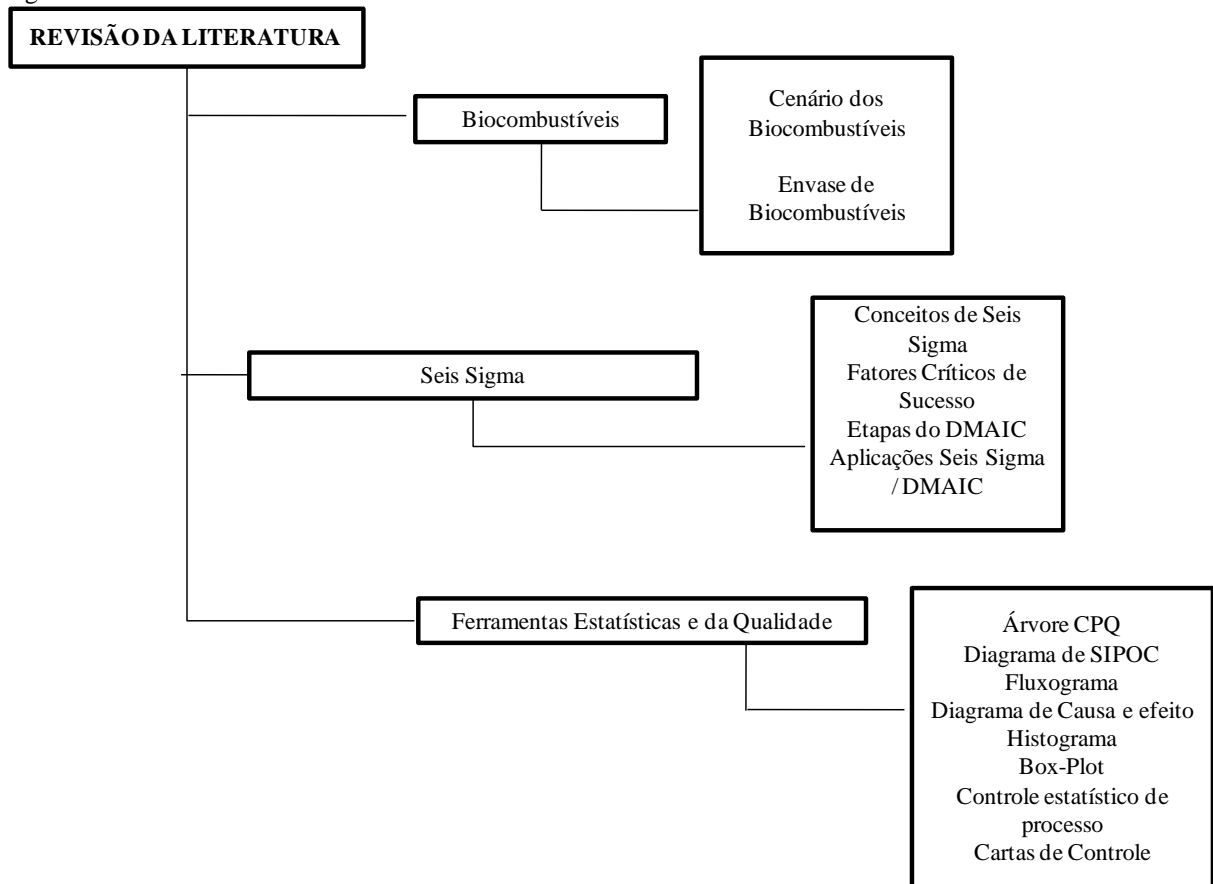
Na elaboração da revisão bibliográfica e estudos para este trabalho, inicialmente foram lidos todos os resumos dos artigos encontrados e posteriormente, para a leitura completa dos artigos, estes foram classificados de acordo com a proximidade do tema e/ou área. Sendo

assim, dentre os 228 artigos condizentes com o escopo, 61 artigos selecionados para a leitura completa que pertenciam artigos teóricos ou com aplicações em manufatura.

Além da pesquisa bibliográfica com as palavras-chave “Six Sigma” e “DMAIC” também foram pesquisados artigos científicos nas mesmas bases de dados e período com a palavra “*biofuel*” ou em português “biocombustível” e nenhum artigo científico sobre envase de biocombustível foi encontrado.

A Figura-19 ilustra os tópicos desenvolvidos na revisão da literatura desta pesquisa.

Figura 19 – Estrutura da revisão da literatura



Fonte: O próprio autor.

6 RESULTADOS

Nesta seção são abordados a apresentação das atividades de oportunidades de melhorias de cada fase do DMAIC.

6.1 Etapa Definir

Um ponto fundamental na etapa definir foi a formação da equipe para a elaboração do cronograma e estruturação do projeto. A equipe envolveu os faturistas e todos os operadores do carregamento e com esta integração os funcionários passaram a conhecer a importância de cada passo do processo para atingir o objetivo de redução de perdas de volume de biodiesel.

No Brasil o biodiesel é vendido através de leilão público organizado pela Agência Nacional do Petróleo – ANP. A programação e a cadência dos carregamentos do B100 é através da modalidade FOB, ou seja, os clientes designados pelas distribuidoras são responsáveis pelos fretes e as distribuidoras de combustíveis agendam e acompanham o *status* dos embarques dos caminhões. Na usina produtora há um profissional de logística que disponibiliza a grade de embarques e acompanha os agendamentos junto às distribuidoras e transportadoras através do *site* da Petrobrás <https://www.canalcliente.com.br/conforme> a quantidade mínima obrigatória de carregamentos pré-definidos no contrato da usina com a ANP após a venda no leilão de biodiesel. A programação e a cadência de embarques de biodiesel são proporcionais ao número de dias úteis do mês em vigor. A transportadora, distribuidora e produtor têm acessos para acompanhamento e *status on-line* dos carregamentos.

Na expedição, as operações são realizadas por cinco funcionários que efetuam os carregamentos de biodiesel, glicerina, ácido graxo, borras de óleos e os descarregamentos de óleos vegetais e insumos químicos. O faturamento é realizado por dois funcionários que primeiro realizam a movimentação via sistema da empresa na unidade quilograma (kg) conforme a massa líquida da balança, em seguida convertem a massa da balança movimentada no sistema para a unidade em litros (L) a 20°C através da planilha do conversor fornecida pela ANP. A nota fiscal em volume (L) da empresa é enviada para o *site* do canal cliente da Petrobrás que emite uma nova nota fiscal e a usina entrega ao motorista para seguir viagem. A unidade utilizada no transporte de combustíveis é em volume litros (L).

Os processos de envases de biodiesel são realizados conforme os horários agendados e disponibilidade do caminhão no pátio da empresa. Após a liberação para a entrada do veículo,

conforme o agendamento no *site* canal cliente da Petrobrás, a logística solicita à portaria de veículos que localize o transportador e convide o motorista para a pesagem inicial; na balança o motorista recebe a ordem de embarque e o *ticket* da balança e em seguida o veículo é direcionado para o setor de carregamento.

Na ordem de embarque consta o volume a ser carregado de acordo com os dados do agendamento no *site* canal cliente e alguns campos para os operadores preencherem a temperatura, densidade, lacres e demais informações necessárias para o faturamento realizar a conversão do biodiesel em litros (L) a 20°C; essas informações também devem constar no campo de observação da nota fiscal. Quando o caminhão chega no carregamento, os operadores realizam *check-list* do veículo e checam a validade das calibrações de capacidade dos tanques certificadas pelo INMETRO, CNH e curso MOPP do motorista, no veículo são verificados os rótulos de risco e painéis de segurança, validade do teste hidrostático dos extintores, itens obrigatórios de segurança (cone, ferramentas, calços, extintores), estado dos pneus e conservação do veículo e vistoriadas as bocas de saídas dos tanques; havendo combustíveis os mesmos são drenados em baldes e descartados separadamente na empresa. Caso o caminhão seja reprovado em algum item do *check-list*, os operadores comunicam o responsável da logística e o veículo é retirado até regularizar a situação. Enfim, quando o veículo estiver aprovado, é solicitado ao motorista o posicionamento do veículo na plataforma de embarque para início do envase de biodiesel.

Na baía de carregamento os operadores devem aterrar o tanque do caminhão e verificar se há presença de líquidos remanescentes no interior de cada compartimento afim de garantir a não contaminação do produto; o interior do tanque deve estar limpo e seco para a aprovação do carregamento, caso contrário o carregamento é reprovado, comunica-se a logística e o motorista deve sair da empresa para lavar e/ou secar o interior do tanque. Sempre que o veículo se retira ou atrasa mais que 30 minutos além do horário agendado o mesmo deve ser agendado novamente no *site* canal cliente.

Quando aprovado o envase, os operadores de carregamento checam o tanque a ser expedido conforme o laudo do lote emitido pelo laboratório de qualidade. A quantidade de produto disponível é informada pela sala de controle. Para dar início à operação de envase o operador deve posicionar o braço de carregamento na boca superior do tanque, digitar no *accload* o volume desejado conforme a ordem de embarque e ao término o volume preenchido deve cobrir a seta mínima no modo “piscando”. O motorista pode checar o nível de produto carregado junto ao operador. Durante o carregamento os operadores devem coletar 3 amostras testemunhas, medir a temperatura e a densidade das amostras e anotar os

resultados na ordem de embarque, etiquetar as amostras e entregar uma delas ao motorista e as outras são armazenadas na usina por um período de 30 dias como amostra de contraprova.

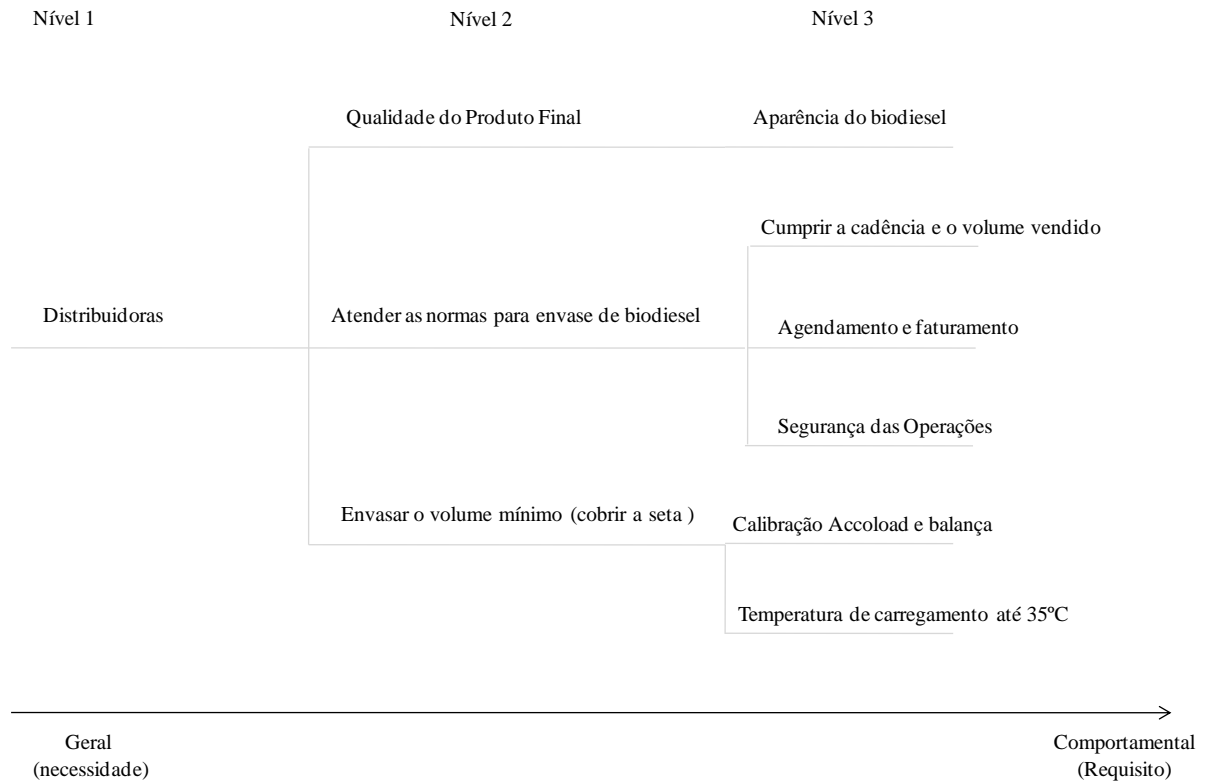
Após o término do carregamento os operadores devem medir a temperatura em graus Celsius (°C) no interior de cada compartimento do tanque e anotar o valor na ordem de embarque. Por fim, todas as bocas do tanque são lacradas e a ordem de embarque, o *ticket* de balança, laudo e o envelope com a ficha de emergência são entregues ao motorista para o mesmo se dirigir até a balança para pesagem final. O faturamento recebe o ticket da balança e as informações da ordem de embarque e estes dados são digitados no conversor fornecido pela ANP. O conversor calcula o volume convertido a 20°C em relação à capacidade do tanque do caminhão e compara com o volume convertido a 20°C obtido da massa líquida da balança. Este ponto é o mais crítico de todo o processo e deste estudo.

Nesta pesquisa as ferramentas da qualidade desenvolvidas junto à equipe contribuiu positivamente para o entendimento e compreensão das pessoas para a continuidade das melhorias.

Na etapa definir foram utilizadas as ferramentas da qualidade: árvore crítica para a qualidade (CPQ), macro-fluxograma e diagrama de SIPOC. A Figura 20 ilustra a árvore crítica para a qualidade.

O nível 1 ilustra os clientes e suas necessidades. Neste caso não houve necessidade de segmentação dos clientes por apresentarem os mesmos critérios exigidos de qualidade e atendimento. No nível 2 aparecem os elementos que identificam se os clientes estão ou não satisfeitos com o processo de envase e estes requisitos foram validados junto aos clientes através de perguntas informais quando os clientes visitaram a usina. No nível 3 aparecem o desdobramento dos elementos necessários para o atendimento dos clientes. Na árvore CQP não aparecem a forma como são realizados os processos e as medidas dos mesmos.

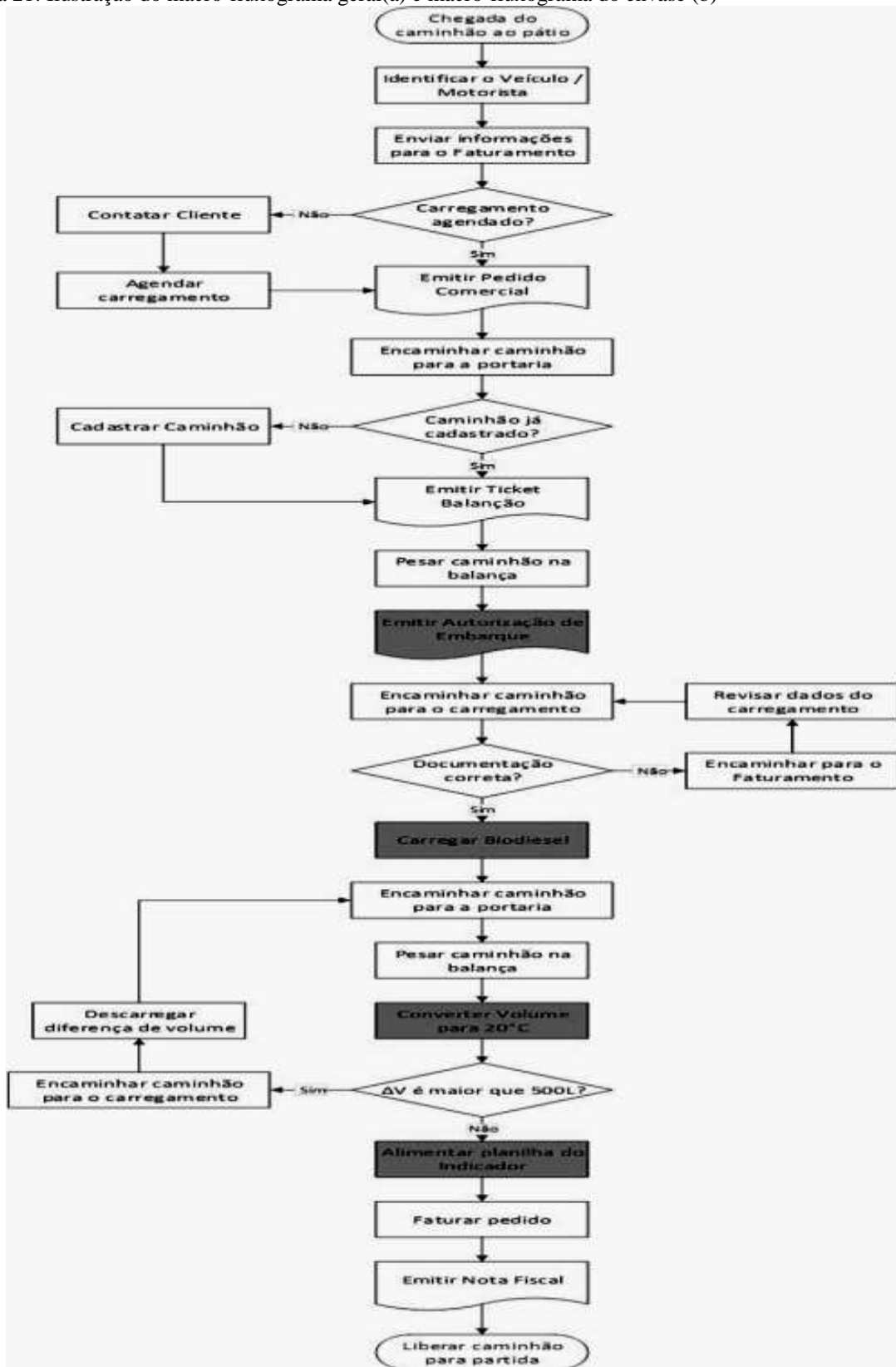
Figura 20: Árvore CPQ do envase de biodiesel.

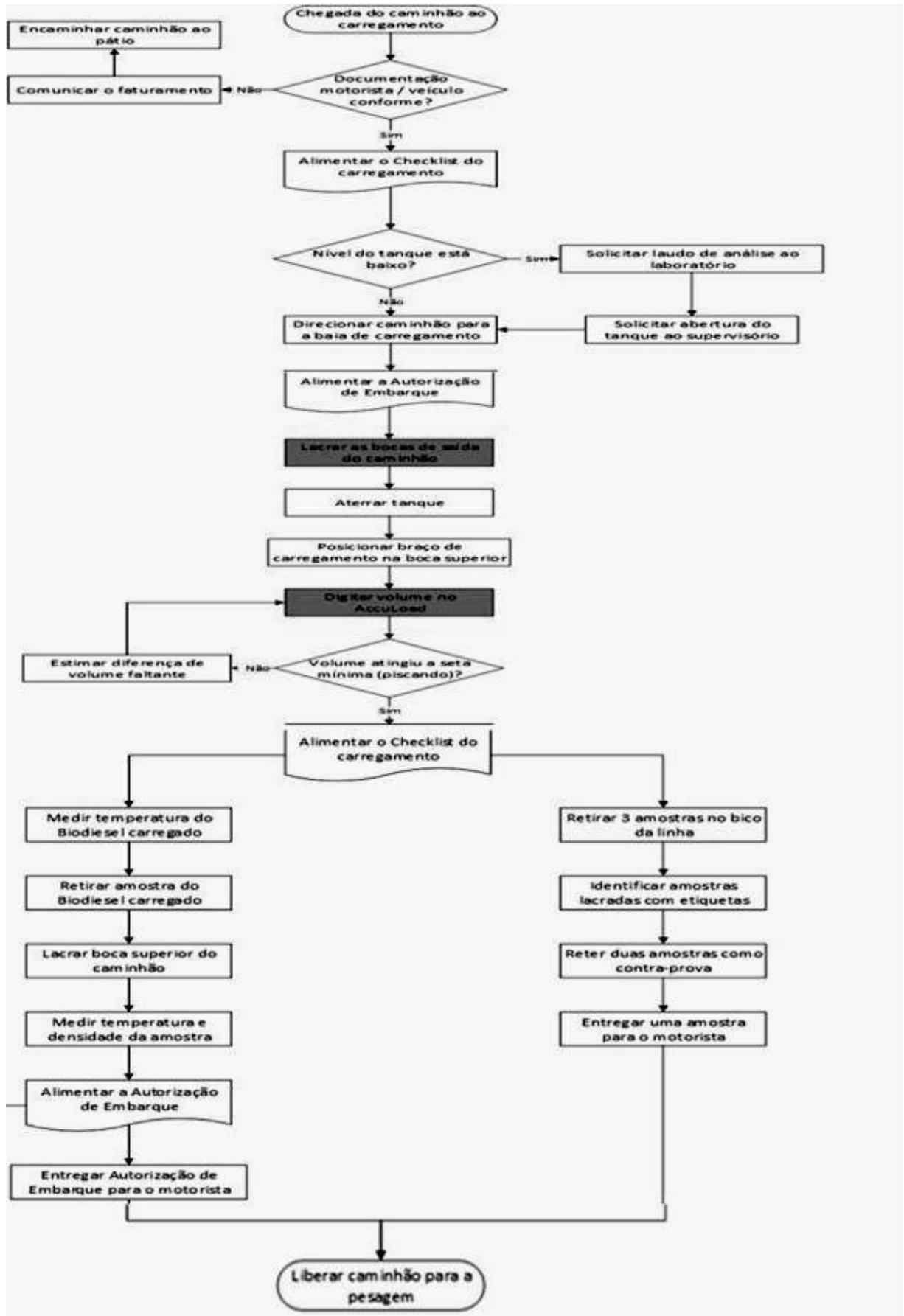


Fonte: O próprio autor.

Na Figura 21 estão representados o macro-fluxograma geral (a) e o macro-fluxograma do envase (b), as tarefas críticas estão em destaque na cor cinza.

Figura 21: Ilustração do macro-fluxograma geral(a) e macro-fluxograma do envase (b)





Fonte: O próprio autor.

No macro-fluxograma geral Figura 21 (a) foram determinadas as tarefas críticas:

- a) Emissão da Autorização de embarque: esta atividade é executada pelo faturamento na entrada do veículo para a pesagem inicial. Este documento contém a informação do volume a ser transferido para o caminhão.
- b) Carregar Biodiesel: O operador deve carregar a quantidade em volume (L) informada na autorização de embarque através de bombeamento do biodiesel que passa por um medidor de vazão. Ao término o operador deve checar visualmente a quantidade volumétrica carregada até a esfera da seta ficar parcialmente coberta com o movimento do líquido.
- c) Converter o volume a 20°C: Esta tarefa tem maior criticidade, onde o faturista deve converter a massa líquida da balança (kg) para a unidade litro (L) afim de faturar a nota fiscal. Para isso, utiliza o conversor fornecido pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) onde são inseridos o volume de capacidade do tanque do caminhão, temperatura de carregamento, densidade do biodiesel medidos no ato de carregamento e a massa líquida da balança. O conversor transforma a massa da balança (kg) para o volume(L) na temperatura padrão de 20°C. Este volume é comparado com o volume da capacidade do caminhão.
- d) Alimentar planilha do indicador: O faturista deve preencher a variação obtida do conversor e encaminhar a planilha no final do dia por e-mail ao supervisor do carregamento.

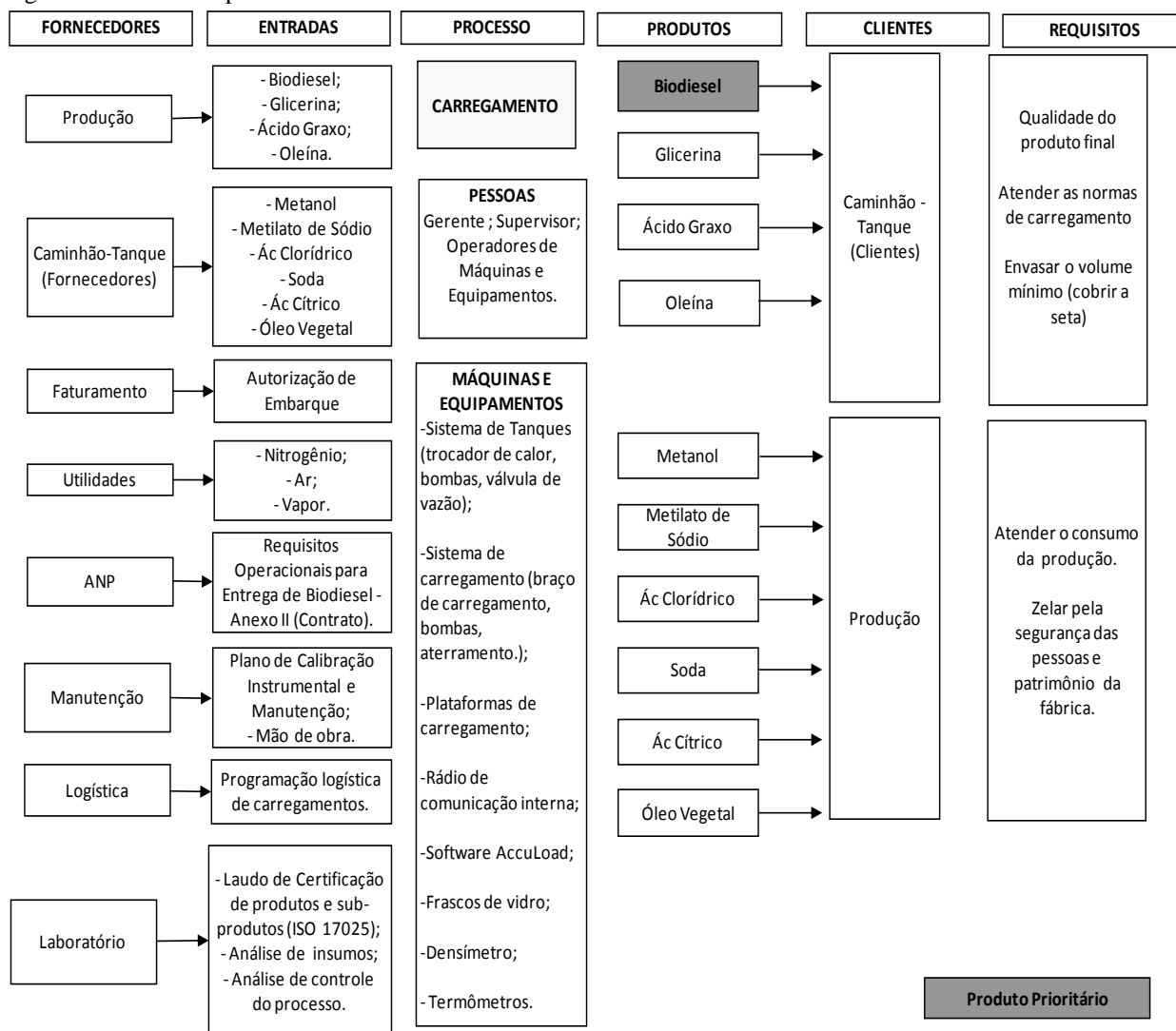
No macro-fluxograma do envase Figura 21 (b) foram determinadas as seguintes tarefas críticas:

- a) Lacrar as bocas de saídas do caminhão: Os operadores devem lacrar todas as bocas de saída do caminhão-tanque para garantir a segurança do produto até o cliente final. São anotadas a numeração dos lacres na autorização de embarque e constam na nota fiscal para o cliente final conferir a numeração dos mesmos.
- b) Digitar o volume no *accload*: O volume digitado deve ser o mesmo indicado na autorização de embarque e quando a capacidade do tanque for diferente do informado na autorização de embarque os operadores de carregamento devem comunicar o faturamento para emitir nova autorização de embarque. Após o preenchimento do tanque com o produto os operadores devem observar visualmente se o volume atingiu a cobertura parcial da seta mínima e caso o volume de biodiesel não atinja esta marca interna do tanque os operadores devem acrescentar biodiesel até observar o nível adequado. Caso ocorram diferenças no volume carregado os

operadores devem informar o supervisor e solicitar a aferição do equipamento à equipe de manutenção.

Posteriormente a equipe elaborou o mapa SIPOC (Figura 22), no qual foram identificadas as atividades principais do processo de envase, assim como os interessados e seus requisitos.

Figura 22: SIPOC do processo de envase.



Fonte: O próprio autor.

O diagrama SIPOC foi importante para documentar e possibilitar o entendimento do processo de envase aos funcionários do faturamento e expedição.

6.2 Etapa Medir

A idéia do projeto surgiu no mês de outubro do ano de 2017 e inicialmente foi necessária a coleta de dados realizada em duas etapas. Na primeira fase os dados foram levantados através dos arquivos de documentos do período de Junho a Outubro do ano de

2017. Estas informações foram obtidas nos arquivos do faturamento, nos quais encontravam-se o processo impresso para cada carregamento de biodiesel (nota fiscal, planilha do conversor e *ticket* balança) e os valores da massa na balança, densidade a 20°C, volume da carreta e data do embarque foram digitados em uma planilha eletrônica para posterior análise. Na planilha foi calculado o volume da seta da carreta (capacidade do tanque) a 20°C e o volume da massa da balança a 20°C e comparou essas duas grandezas através da diferença (Volume convertido na balança a 20°C – Volume convertido da seta a 20°C) tendo como resultado a variação do volume carregado a 20°C.

A segunda fase iniciou-se no dia 18 de Outubro do ano de 2017. Antes deste projeto o controle da variabilidade descrito neste trabalho era considerado correto e permitido para fins de faturamento a variação de biodiesel a 20°C em até 500 litros por carreta e a partir do dia 18 de outubro de 2017 a variação aceitável por caminhão passou a ser de ± 200 litros de biodiesel à temperatura de 20°C. Os valores desta variação em litros (L) foram alimentados numa planilha *excel* e calculados a variação mensal média e o desvio padrão mensal dos carregamentos. A partir desta análise estatística o pesquisador encontrou a oportunidade para desenvolver este trabalho e controlar a elevada variabilidade em litros (L) de biodiesel expedido conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Dados das perdas dos carregamentos de Junho a Dezembro de 2017.

Dados/ Mês (2017)	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Varição mensal média (L)	293	273	303	518	298
Desvio padrão	372	339	403	430	367
Quantidade de envase (L)	236	151	149	297	318

Fonte: O próprio autor.

Na tabela 3 observa-se que a maior média de variação ocorreu no mês de setembro com 518 litros de biodiesel carregados além da seta mínima da capacidade do tanque do caminhão. Além das médias altas foi observado elevado desvio padrão no período de junho a outubro de 2017, período que antecedeu o projeto cujas melhorias foram gradativamente implantadas a partir do dia 18 de Outubro de 2017.

6.3 Etapa Analisar

Nesta etapa foram analisados os dados de perdas de biodiesel a 20°C no período de Junho a Outubro de 2017 constatando elevada variabilidade nos carregamentos pela falta de padronização dos processos e necessidade de melhorias neles. As etapas “medir” e “analisar”

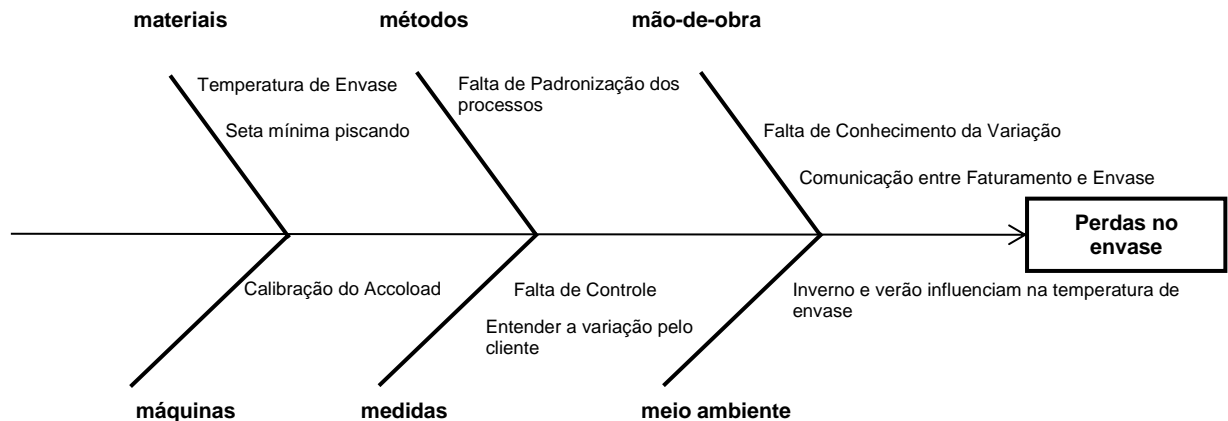
acompanharam as próximas etapas para monitorar a variabilidade do processo e para efeitos de comparação com a execução das melhorias.

A equipe levantou possíveis falhas elencadas com as suas respectivas melhorias:

- a) Temperatura de envase: influencia diretamente no volume e densidade do produto. A temperatura para envase foi padronizada para no máximo até 35°C.
- b) Seta mínima piscando: denominação dada para o volume carregado ideal, este aspecto é visual e verificado após o carregamento pelos operadores de envase. Foram classificados como: “meia bola”, “piscando” e “bola cheia”. “Meia bola” significa que a esfera na ponta da seta estava totalmente descoberta havendo necessidade de acrescentar mais biodiesel, “bola cheia” significa esfera da seta totalmente coberta, ou seja, foi preenchido além do volume obrigatório ocasionando perda de volume sendo necessário retirar biodiesel, há também o modo ideal “piscando” significa que a esfera da seta aparece e desaparece conforme a movimentação do líquido.
- c) Falta de padronização dos processos: inexistência do monitoramento do controle de volume expedido por carreta.
- d) Falta de conhecimento da variação: não se dava a devida importância para este ponto do processo para atender as expectativas do cliente.
- e) Comunicação entre faturamento e envase: os processos são totalmente dependentes um do outro devido ao ciclo faturamento-envase-faturamento e havia pouca interação entre os setores.
- f) Calibração do *accoload*: foi feito um plano de calibração para o equipamento e estipuladas checagens diárias a partir das médias de volumes carregados com base no controle feito pelo conversor registrado na planilha pelo faturamento.
- g) Falta de Controle: não havia controle de volume carregado de biodiesel.
- h) Entender a variação pelo ponto de vista do cliente: As distribuidoras podem checar o volume informado na nota fiscal; a partir do peso líquido do caminhão e medidas de temperatura e densidade convertidas a 20°C; os dados são colocados no conversor e compara-se com o volume informado na nota fiscal.
- i) Inverno e verão influenciam na temperatura de envase: as estações podem influenciar na temperatura de carregamento e por isso foram definidos 35°C como temperatura máxima de carregamento.

A equipe documentou as idéias das causas de variabilidade e para isso foram levantadas as causas de variabilidade de acordo com a Figura 23.

Figura 23 - Diagrama de causa e efeito do envase de biodiesel.



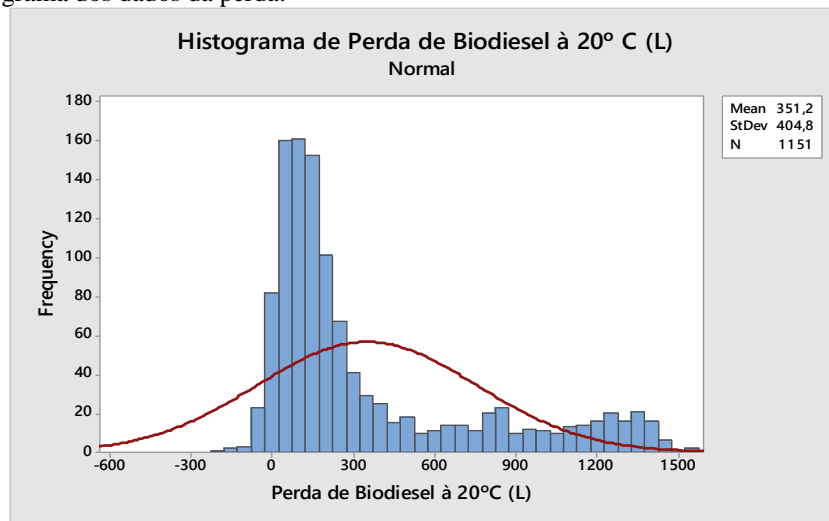
Fonte: O próprio autor.

Por votação a equipe constatou como causa raiz a falha no método devido à falta de padronização do processo de envase nas equipes do faturamento e carregamento.

A partir do mês de Novembro/2017 foi definida a primeira meta do projeto. Nesta meta ficou definida a variabilidade (volume balança *versus* volume do tanque) por carregamento em até 200 litros e desta forma, se o volume carregado apresentasse variação positiva acima do permitido, o veículo retornaria ao setor de envase para retirada de produto e com variação negativa, inferior a 200 L, o veículo retornaria para acrescentar volume de biodiesel.

Os dados (gráficos e análises estatísticas) foram obtidos e analisados com auxílio do *software* Minitab. A Figura 24 corresponde ao histograma dos dados de perdas por caminhão expedido de biodiesel na temperatura de 20°C em volume na unidade litros (L) no período antes projeto que compreende os meses de junho a outubro de 2017. O histograma não apresenta normalidade, média de variação de 351,2L e desvio padrão de 404,8 L.

Figura 24 - Histograma dos dados da perda.



Fonte: O próprio autor.

O quadro 6 apresenta as informações dos mesmos dados de perdas por caminhão expedido de biodiesel na temperatura de 20°C em volume na unidade litros (L) no período de Junho a Outubro de 2017.

Quadro 6 – Resultados de uma análise descritiva:

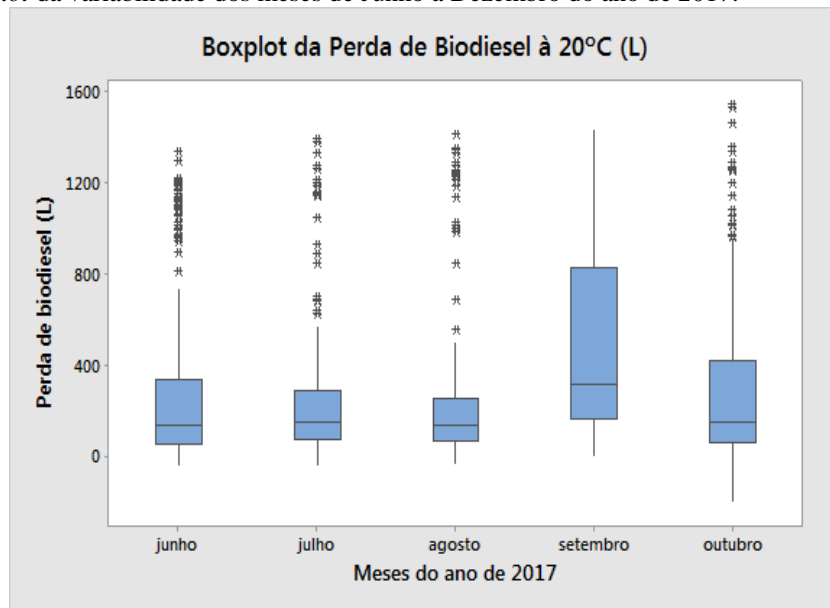
Variable	mês	N	Média	DesvP	Mínimo	Mediana	Máximo
Perda a 20° C (L)	6	236	292,6	372,4	-46,5	136,5	1335,3
	7	151	273,3	340,6	-42,0	146,5	1389,0
	8	149	303,3	404,6	-40,6	132,0	1409,1
	9	297	518,2	450,9	-6,5	314,4	1429,9
	10	318	298,3	367,5	-203,2	150,0	1542,6

Fonte: O próprio autor.

Através da análise descritiva foram verificados nos meses de junho a outubro de 2017 valores elevados de média de perda de volume de biodiesel (L) à 20°C, valores altos de desvio padrão da perda de biodiesel (L) e variações altas entre os mínimos e máximos.

A Figura 25 se refere ao gráfico *box-plots* das perdas por carregamento na temperatura de 20°C em volume na unidade litros (L) no período de Junho a Outubro de 2017, sendo que no eixo (x) estão os meses e no eixo (y) constam os valores médios das perdas de biodiesel expedido à 20°C de cada mês analisado.

Figura 25 -Box-plot da variabilidade dos meses de Junho a Dezembro do ano de 2017.



Fonte: O próprio autor.

Na figura 25 observa-se elevada variabilidade do volume de perdas de biodiesel à 20°C. A partir do dia 18 de outubro de 2017 teve início a etapa melhorar.

6.4 Etapa Melhorar

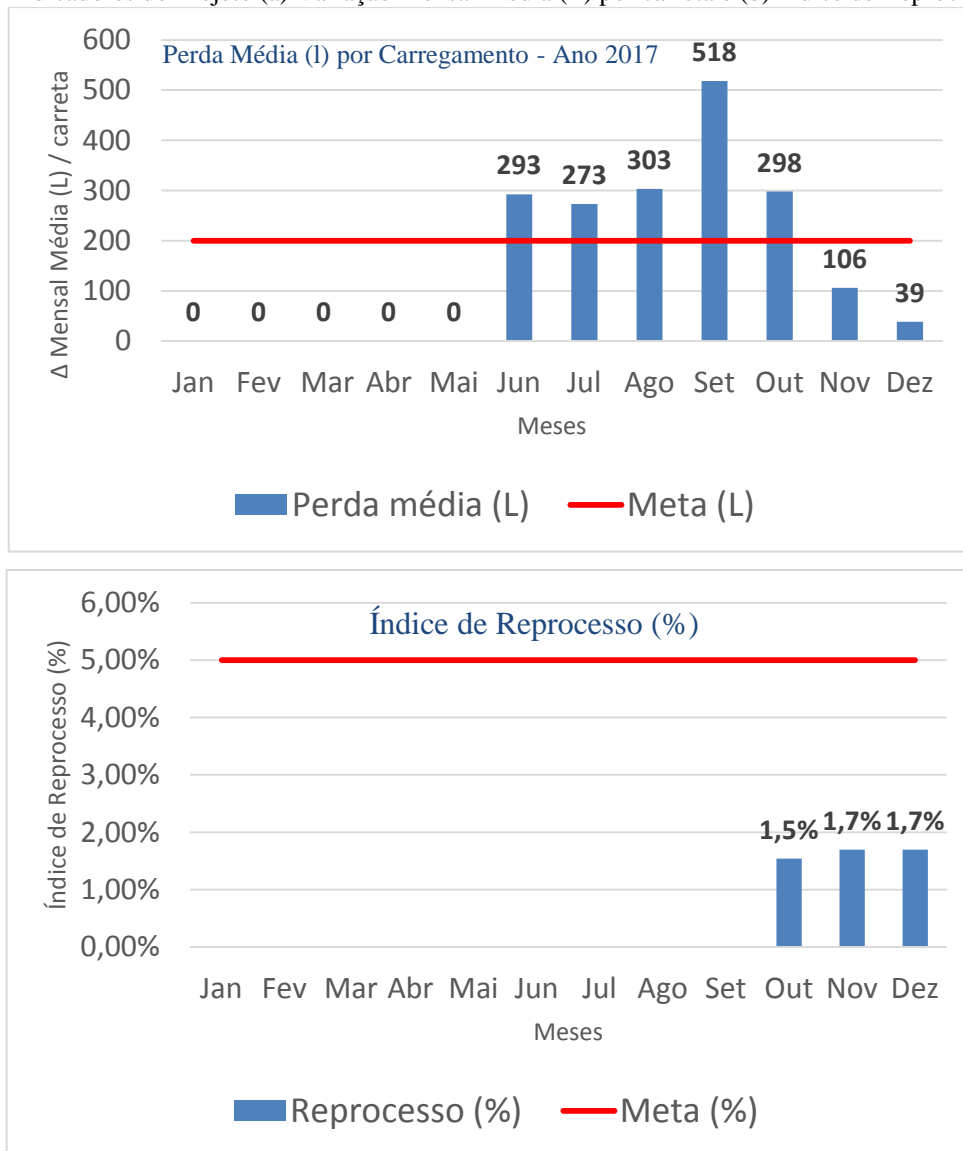
Nesta fase do DMAIC foram criados dois indicadores do processo de envase, os indicadores índice de reprocesso e variação de perda mensal média (L/carreta).

O indicador índice de reprocesso se refere à porcentagem mensal de carretas que retornam para o setor afim de acrescentar ou retirar produto com variação superior ± 200 L. O indicador variação de perda mensal média (L/carreta) se refere a média acumulada de variação de perdas entre o volume de biodiesel em litros (L) a 20°C através da massa da balança e a capacidade do tanque do caminhão em (L), essa variação é apresentado no conversor disponibilizado pela ANP. A meta inicial do índice de reprocesso foi de 5% e a variação de perda mensal média (L/carreta) teve como meta inicial a variação mensal média permitida de 200 L/carreta.

Além da criação dos indicadores mensais, nesta fase foram definidas as responsabilidades nas rotinas e aplicados treinamentos aos funcionários do carregamento e faturamento. O faturamento ficou responsável pela avaliação de cada caminhão e que o veículo retornasse ao setor para reprocesso quando a variação fosse superior ou inferior a 200 L de biodiesel, bem como pelo registro diário, no período matutino, dos dados das carretas do dia anterior numa planilha disponível na rede com acesso para a equipe do carregamento.

A Figura 26 (a) ilustra o indicador variação mensal média de perda de biodiesel a 20°C em litros no período de Junho a Dezembro de 2017, evidenciando o resultado acumulado da perda média mensal por caminhão (L/carreta) e a Figura 26 (b) mostra o indicador índice de reprocesso (%), que representa a quantidade em porcentagem mensal de carretas que retornaram ao setor de envase para acrescentar ou retirar biodiesel (% carretas/mês) no período de Outubro a Dezembro de 2017.

Figura 26 - Indicadores do Projeto (a) Variação Mensal Média (L) por carreta e (b) Índice de Reprocesso (%).



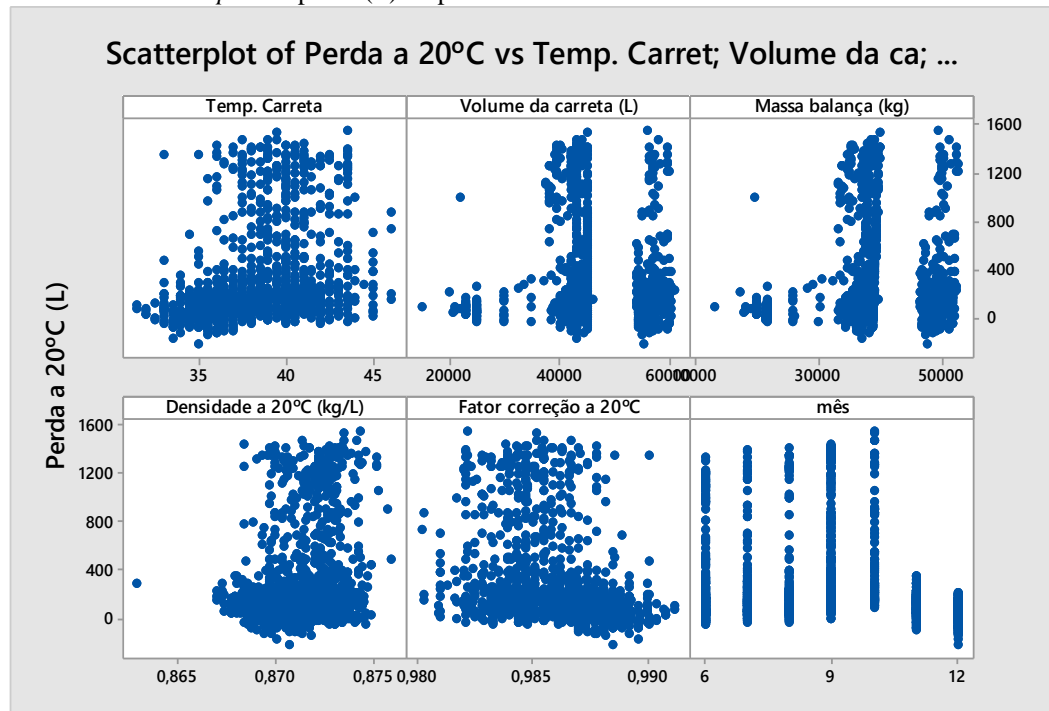
(b)

Fonte: O próprio autor.

A partir dos dados das perdas de biodiesel dos meses de Junho a Dezembro de 2017 foi aplicado um modelo de análise de regressão linear múltipla com o intuito de identificar os fatores causadores da perda de produto expedido em volume (litros) a 20°C e os gráficos com

os dados para cada fator são apresentados na Figura 27 e nela estão os fatores: temperatura da carreta, volume da carreta, massa da balança, densidade, fator de correção e mês.

Figura 27 - Gráfico *Scatterplot* da perda (L) no período de Junho a Dezembro de 2017.



Fonte: O próprio autor.

Usando o *software* Minitab versão 16, os estimadores de mínimos quadrados (EMQ) dos coeficientes de regressão assim como os valores-p usados para testar se os fatores são significativos (parâmetros de regressão diferentes de zero) são apresentados na Tabela 4. O valor do coeficiente de determinação para esse modelo é dado por $R^2 = 99,70$ o que indica um excelente ajuste. Este modelo de regressão explica 99,7 % da variabilidade das perdas referentes aos meses de Junho a Dezembro de 2017, resultado importante para explicar as causas da variabilidade que ocorrem no setor de envase de biodiesel. Neste cálculo estão os dados de todas as capacidades de carretas e os carregamentos mais frequentes são em carretas tipo bi-trem com capacidade de 42000 L.

Tabela 4 - EMQ dos coeficientes de regressão.

Term	CoefSE	Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	69171	15715	4,40	0,000	
Temp. Carreta	16,5	12,1	1,37	0,172	3774,87
Volume da carreta (L)	-0,98523	0,00141	-698,29	0,000	494,72
Massa balança (kg)	1,14705	0,00164	700,03	0,000	494,07
Densidade a 20°C (kg/L)	-53008	576	-92,04	0,000	3,18
Fator correção a 20°C	-23961	15843	-1,51	0,131	3719,97
mês	-0,201	0,319	-0,63	0,529	1,52

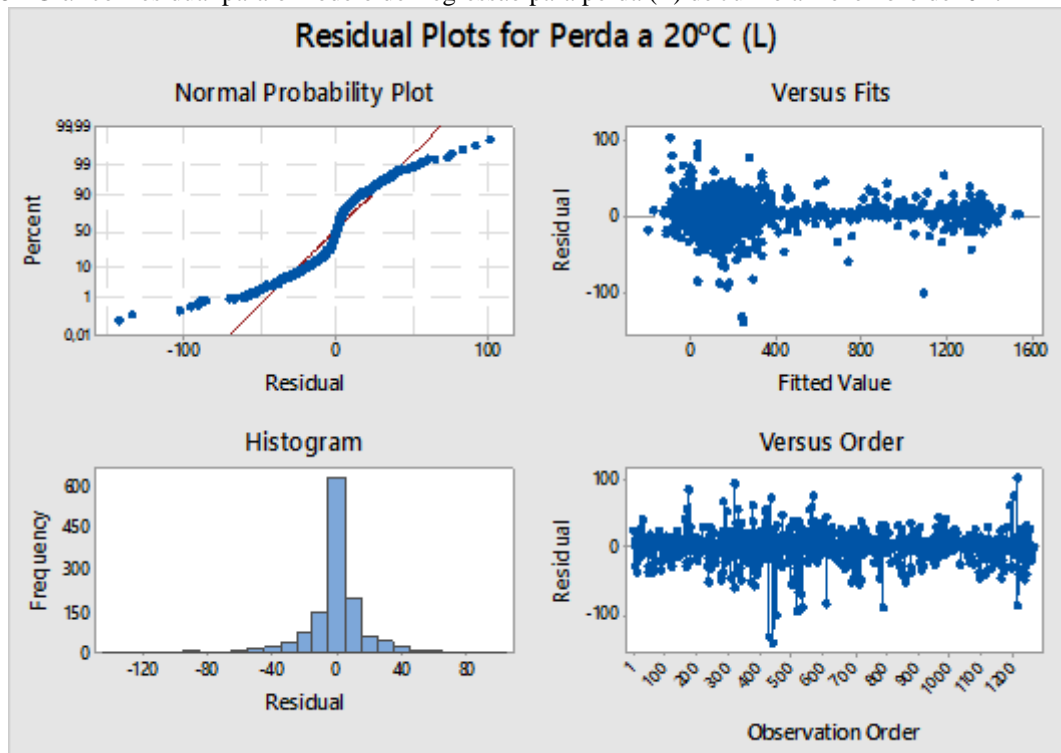
Fonte: O próprio autor.

A partir dos resultados da Tabela 4 observa-se que as co-variáveis significativas (valor-p < 0,05) na resposta (perda) são volume da carreta (valor estimado negativo, i.e, maior

volume implica em menor perda); massa da balança (valor estimado positivo, i.e., maior massa da balança implica em maior perda) e densidade a 20°C (valor estimado negativo, i. e., maior densidade a 20° implica em menor perda).O modelo de regressão de previsão envolveu todos os dados e a maior quantidade de veículos carregados são os de capacidade de 42 mil L, por isso as variáveis volume da carreta e massa da balança apresentam-se inversas na resposta perda.

Na Figura 28 são apresentados os gráficos dos resíduos do modelo ajustado.

Figura 28 - Gráfico Residual para o modelo de Regressão para perda (L) de Junho a Dezembro de 2017

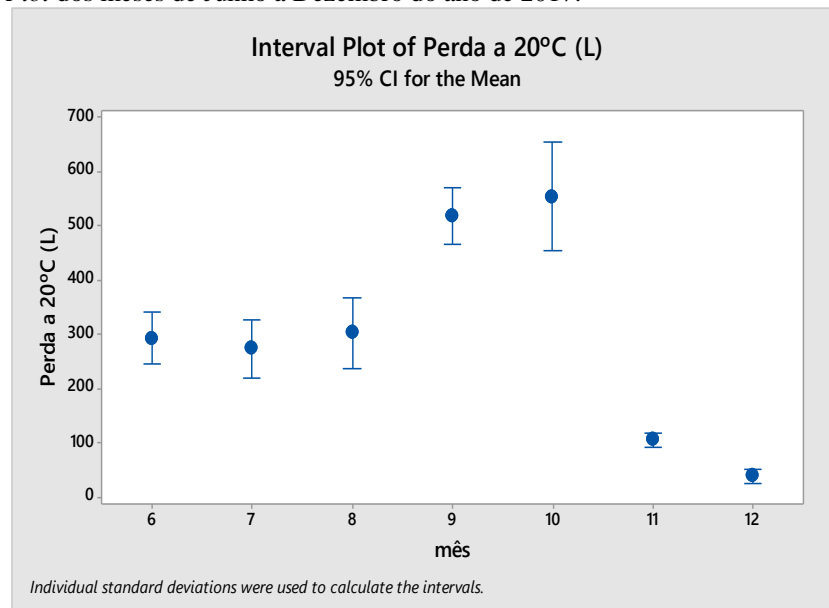


Fonte: O próprio autor.

De acordo com a Figura 28, o gráfico de resíduos apresentou um modelo razoável onde as suposições de normalidade e variância constante dos resíduos foram parcialmente verificados.

Na Figura 29 está representado o gráfico intervalo com 95% de confiança das perdas por carregamento na temperatura de 20°C em volume na unidade litros (L) no período de Junho a dezembro de 2017, com eixo (x) correspondente aos meses e o eixo (y) referente às perdas de biodiesel em litros à temperatura de 20°C.

Figura 29—Interval Plot dos meses de Junho a Dezembro do ano de 2017.

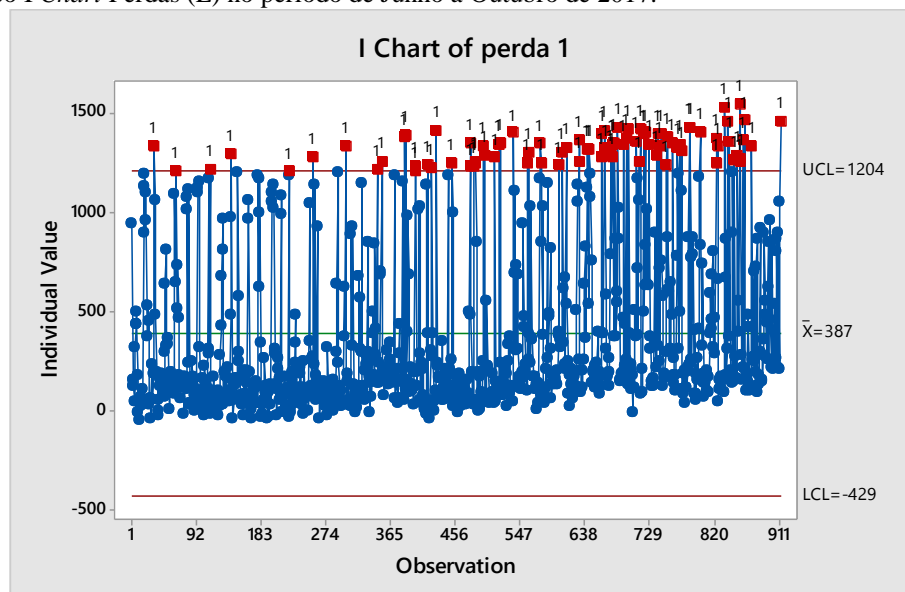


Fonte: O próprio autor.

Na Figura 29 observam-se três *clusters* de dados com menor variabilidade, médias de perdas de volume de biodiesel à 20°C menores e mais próximas de zero para os meses de novembro e dezembro do ano de 2017 devido ao efeito do início das melhorias no processo de envase que aconteceu a partir do dia 18 de outubro do ano de 2017.

Com os dados da perda (L) do volume de biodiesel carregado durante o período de Junho a Outubro de 2017 foi feito a carta de controle com limites superior e inferior sugeridos pelo *software* Minitab, segundo consta na Figura 30, com atenção à existência de muitos pontos fora do limite de controle com elevada média de variação.

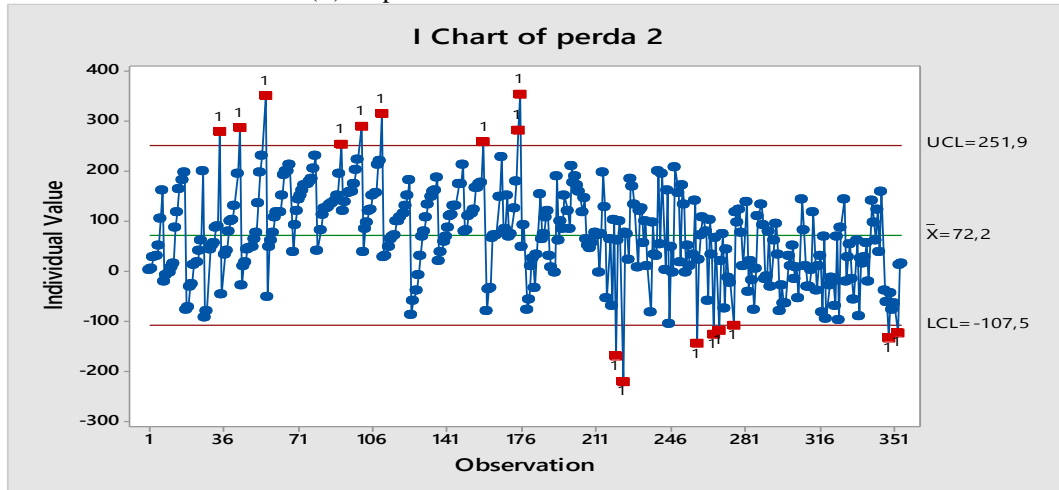
Figura 30 - Gráfico I Chart Perdas (L) no período de Junho a Outubro de 2017.



Fonte: O próprio autor.

A Figura 31 ilustra a carta de controle com limites sugeridos pelo *software* Minitab, tendo como dados as perdas por caminhão expedido de biodiesel na temperatura de 20°C em volume na unidade litros (L) nos meses de Novembro e Dezembro do ano de 2017.

Figura 31 - Gráfico I Chart Perdas (L) no período de Novembro e Dezembro de 2017.

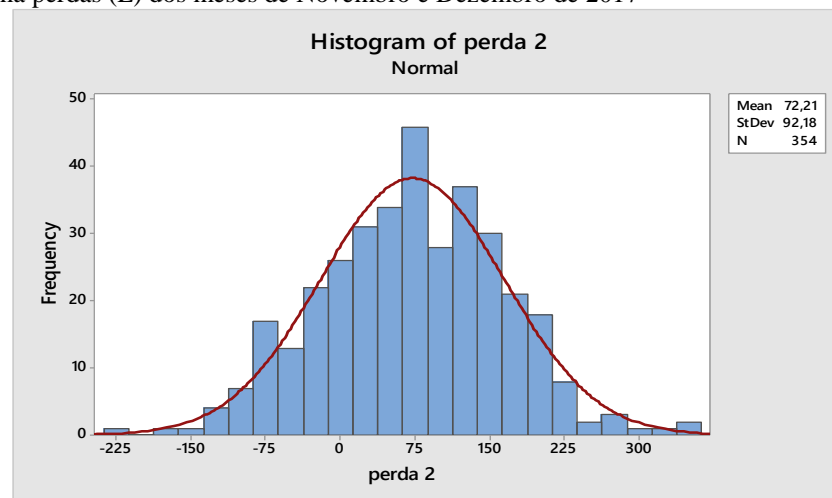


Fonte: O próprio autor.

Na Figura 31 existem poucos pontos fora dos limites de controle estipulados pelo *software* Minitab indicando melhor controle do processo para os meses de Novembro e Dezembro do ano de 2017 quando comparado com a Figura 30 referente ao período de Junho a Outubro do ano de 2017.

Em seguida foi avaliado o segundo *cluster* de dados referente aos dados compreendidos nos meses de Novembro e Dezembro do ano de 2017, ilustrado na Figura 32 o histograma dos dados de perdas por caminhão expedido de biodiesel na temperatura de 20°C em volume na unidade litros (L) no período.

Figura 32 - Histograma perdas (L) dos meses de Novembro e Dezembro de 2017

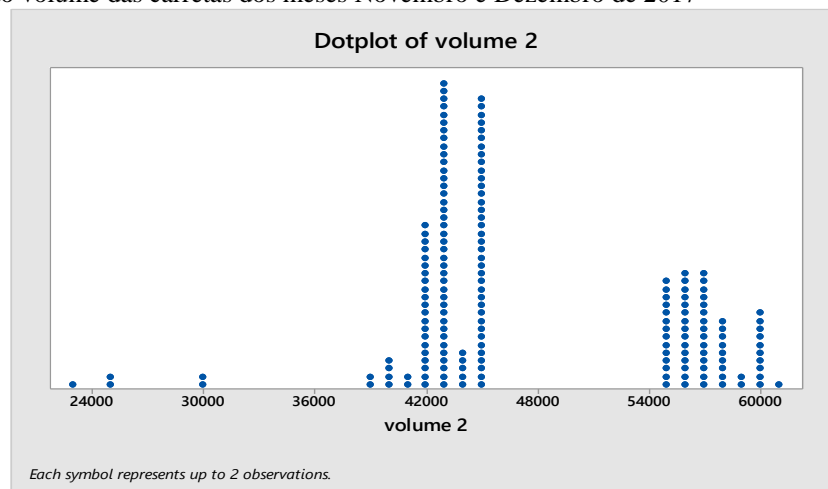


Fonte: O próprio autor.

No histograma ilustrado na Figura 32 o valor médio de perdas em litros de biodiesel a 20°C foi de 72,21L e desvio padrão das perdas de biodiesel de 92,18 L, estes resultados mostram a diminuição das perdas e a distribuição normal indica melhor controle da variação das perdas no processo de envase de biodiesel que indica melhoria pelas ações implantadas no processo de envase a partir do dia 18 de outubro de 2017.

Para os meses de Novembro e Dezembro do ano de 2017 foi elaborado o gráfico de pontos dotplot ilustrado na Figura 33, útil para a estratificação e frequência da capacidade das carretas carregadas em volume em litros (L).

Figura 33 - *Dotplot* do volume das carretas dos meses Novembro e Dezembro de 2017

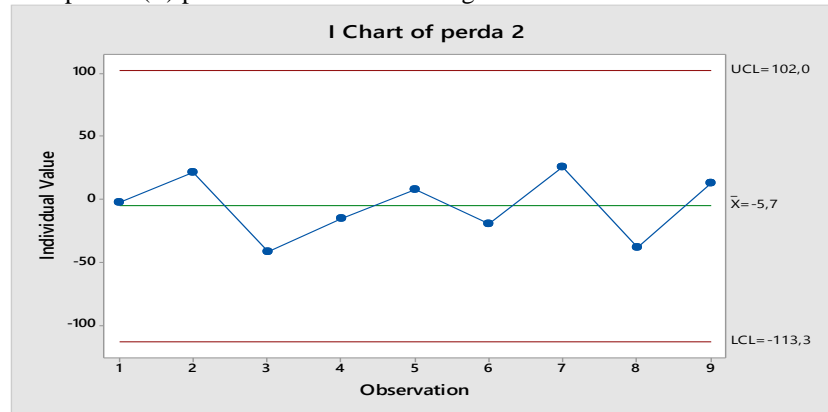


Fonte: O próprio autor.

Pela análise da Figura 33 é possível observar a tendência de carregamentos em caminhões com capacidade de 42 mil L.

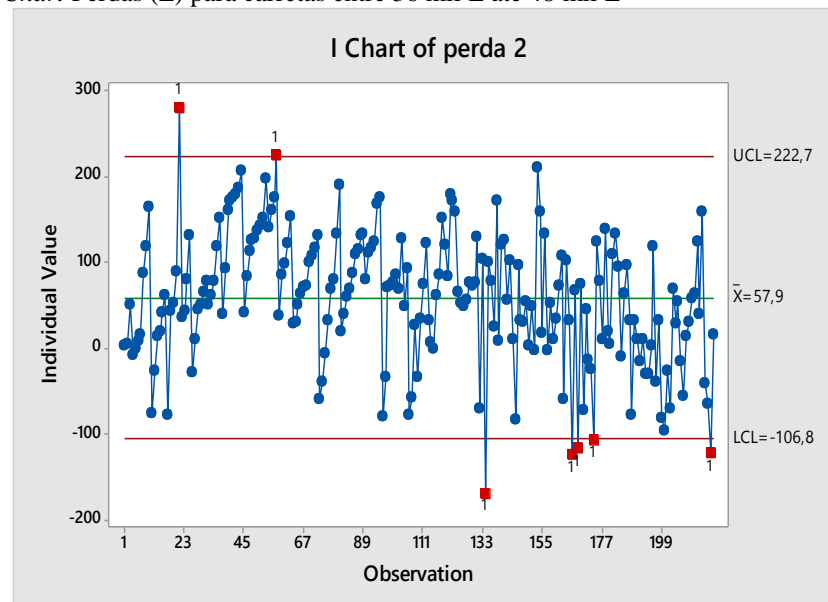
Em seguida foram elaboradas cartas de controle com os limites de controle sugeridos pelo *software* Minitab. Os dados de perdas dos meses de Novembro e Dezembro de 2017 para os volumes das carretas de até 36 mil L constam na Figura 34, com o mesmo tratamento sendo dado às carretas com capacidade entre 36 mil L e 48 mil L na Figura 35 e as perdas com as carretas com capacidade superior a 48 mil L disponíveis na Figura 36.

Figura 34 - Gráfico I *Chart*perdas (L) para carretas menores ou iguais a 36 mil L



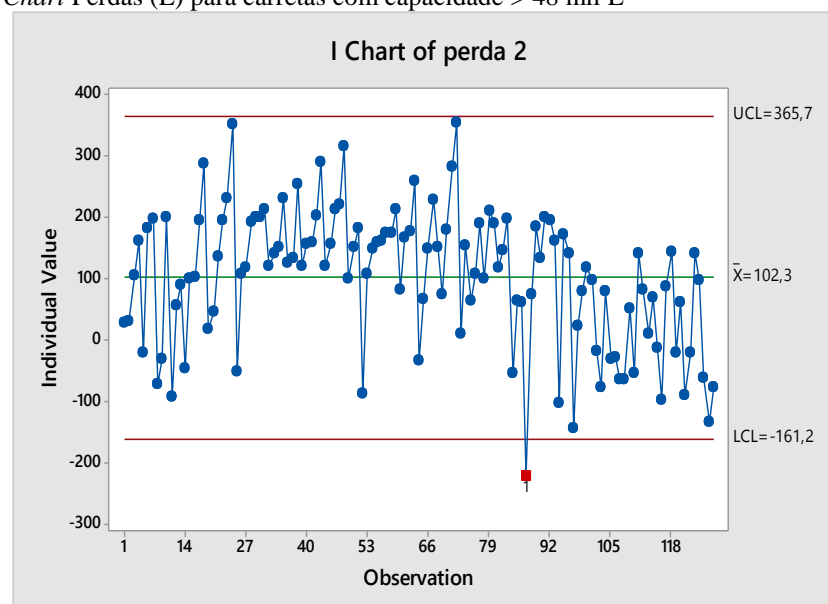
Fonte: O próprio autor.

Figura 35 - Gráfico I *Chart* Perdas (L) para carretas entre 36 mil L até 48 mil L



Fonte: O próprio autor.

Figura 36 - Gráfico I *Chart* Perdas (L) para carretas com capacidade > 48 mil L



Fonte: O próprio autor.

Esta análise em relação ao tamanho das carretas indicou que a maior média de perda de volume (L) no envase de biodiesel ocorrem nas carretas com capacidade superiores a 48 mil L, pois a média de perda de biodiesel a 20°C foi de 102,3 L enquanto a menor média de perda foi para as carretas com capacidade para até 36 mil L que apresentou uma média de perdas de biodiesel a 20°C de 5,7 L.

6.5 Etapa Controlar

Na etapa controlar a função de dono de processo de envase foi atribuída ao supervisor do setor de envase que teve como responsabilidade inserir e fornecer os resultados dos indicadores do setor, abrir relatos de anomalias se ocorrer algum desvio dos indicadores, acompanhar as variações da variabilidade das perdas de biodiesel expedido em litros diariamente, monitorar e quando necessário solicitar auxílio a outros setores afim de promover a diminuição da variabilidade de perdas de biodiesel.

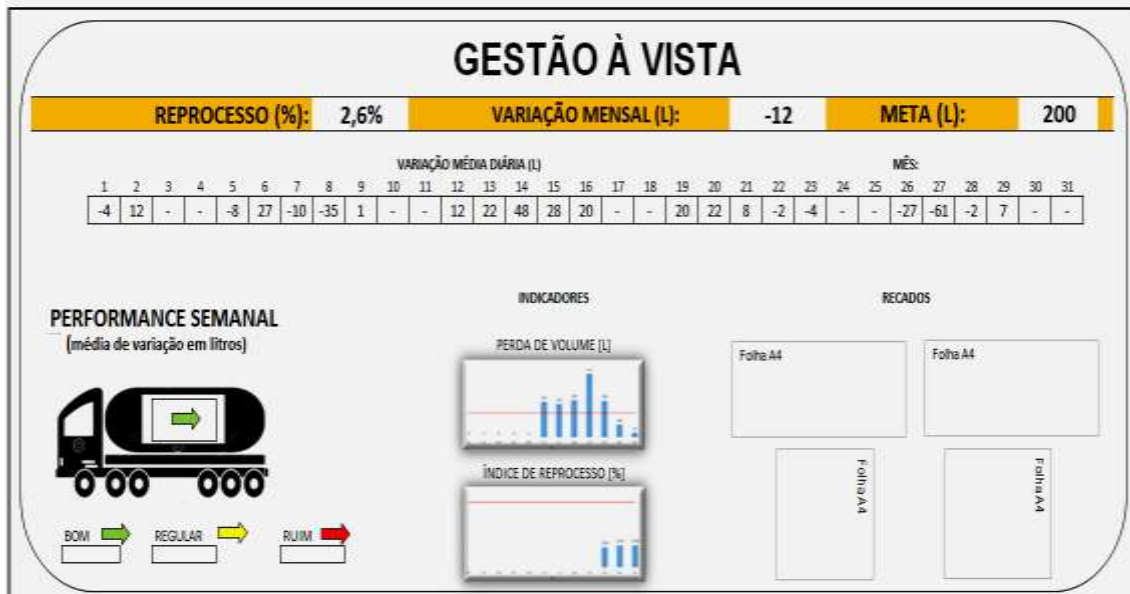
De acordo com Vilarinho et al. (2018) há na literatura um procedimento para a elaboração do painel de gestão à vista. O estudo foi realizado para pequenas e médias empresas e desenvolvido numa fundição de alumínio. Como resultado foi elaborado um procedimento para construção do painel de gestão à vista, com os seguintes passos: diagnóstico do problema, avaliou os recursos do painel (finalidade, característica dos usuários), definição do *layout*, implantação e melhoria do painel. O painel de gestão à vista permitiu que a empresa melhorasse as informações e o gerenciamento dos indicadores de desempenho da fundição através da integração dos níveis operacional e estratégico com foco na melhoria contínua, uma vez que a empresa já possuía ISO 9001:2015, Kaizen, TPM e ferramentas da qualidade.

Para o controle de variabilidade foi elaborado a ferramenta de gestão à vista na sala do setor de carregamento representado na Figura 37. Neste painel os operadores são responsáveis pela anotação manual diária da variação média de volume (L) dos carregamentos do dia anterior e estes dados ficam disponíveis na rede e prontamente inseridos pela equipe do faturamento. Desta forma os operadores monitoram as tendências de variabilidade e este acompanhamento proporcionou menor média de variabilidade mensal com valores mais próximos de zero de acordo com a tabela 5.

A partir do mês de Janeiro de 2018 a meta do indicador variação de perda mensal média (L) passou a ser de 50 L e o caminhão retornava para o reprocesso quando o limite fosse superior ou inferior a 200 L de perda de biodiesel a 20°C conforme resultado comparativo do conversor entre a capacidade do tanque do caminhão e o volume obtido

através da massa da balança. Outra melhoria foi diminuir a periodicidade de calibração do equipamento *accoload*, de 6 para 3 meses.

Figura 37 - Gestão à vista implantado na sala do carregamento



Fonte: O próprio autor.

Tabela 5 - Dados dos carregamentos de Janeiro a Março de 2018.

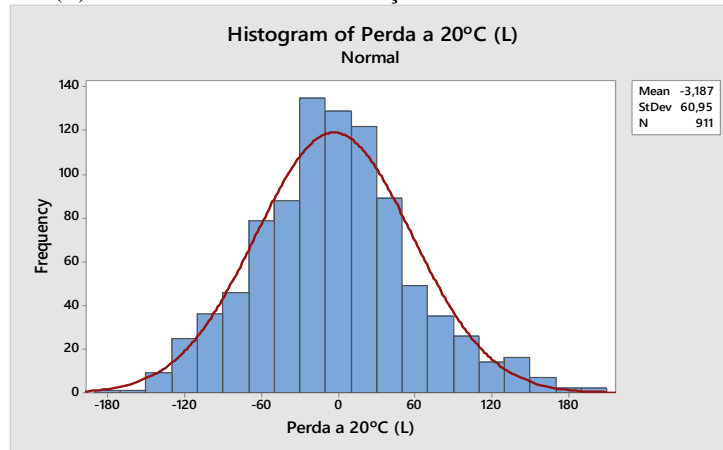
Dados / Mês (2018)	Janeiro	Fevereiro	Março
Varição mensal média (L)	-1	-12	1
Desvio padrão (L)	59	64	59
Número de Carregamentos	281	269	261

Fonte: O próprio autor.

Na tabela 5 estão dispostos os dados de estatística básicos do período de Janeiro a Março do ano de 2018. Pela tabela observa-se o controle de perdas do processo de envase com valores de perdas de biodiesel à 20°C próximos de zero e baixo desvio padrão.

A Figura 38 mostra o histograma do mesmo período com as perdas por caminhão expedido de biodiesel na temperatura de 20°C em litros (L). Apresentando boa normalidade com valor médio de perdas de biodiesel, sendo de -3,187 L e desvio padrão de 60,95 L.

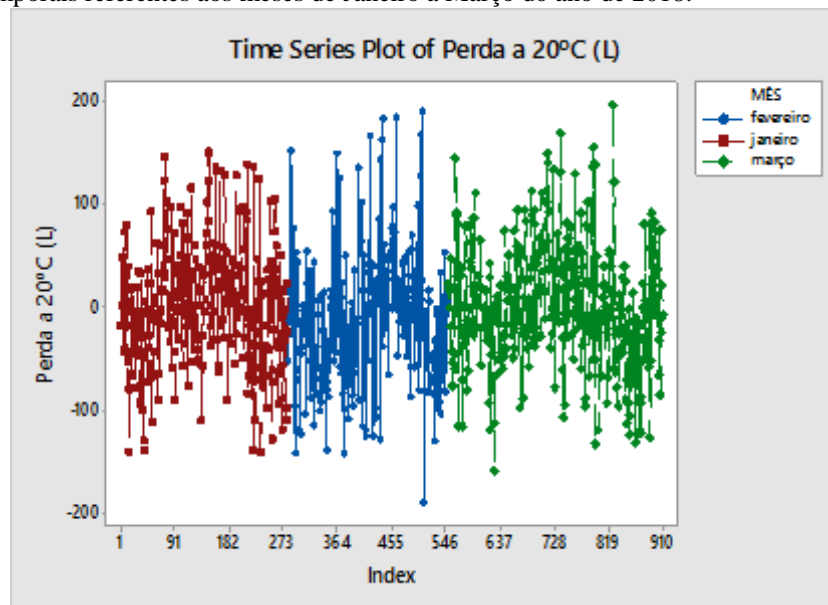
Figura 38 - Histograma perdas (L) dos meses de Janeiro a Março do ano de 2018



Fonte: O próprio autor.

A Figura 39 mostra o gráfico de series temporais com os mesmos dados com o mesmo período do histograma acima.

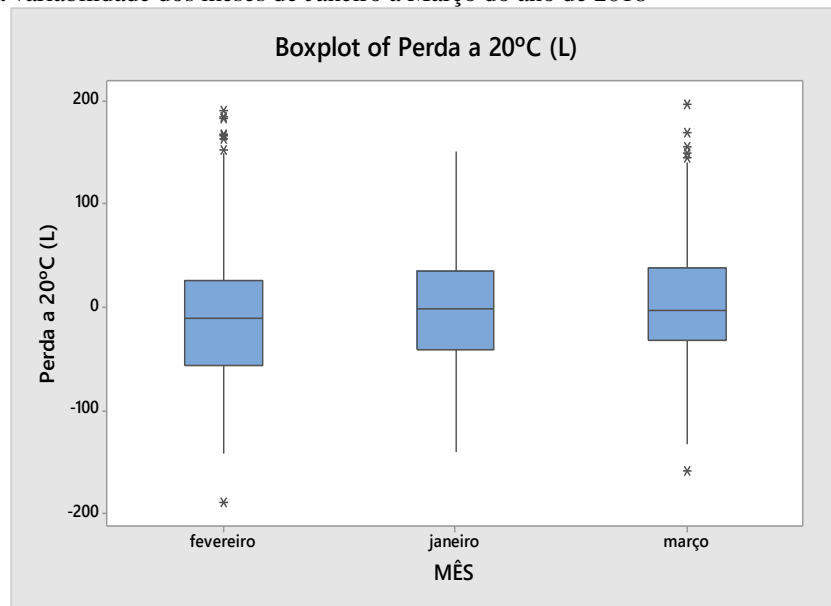
Figura 39 – Séries temporais referentes aos meses de Janeiro a Março do ano de 2018.



Fonte: O próprio autor.

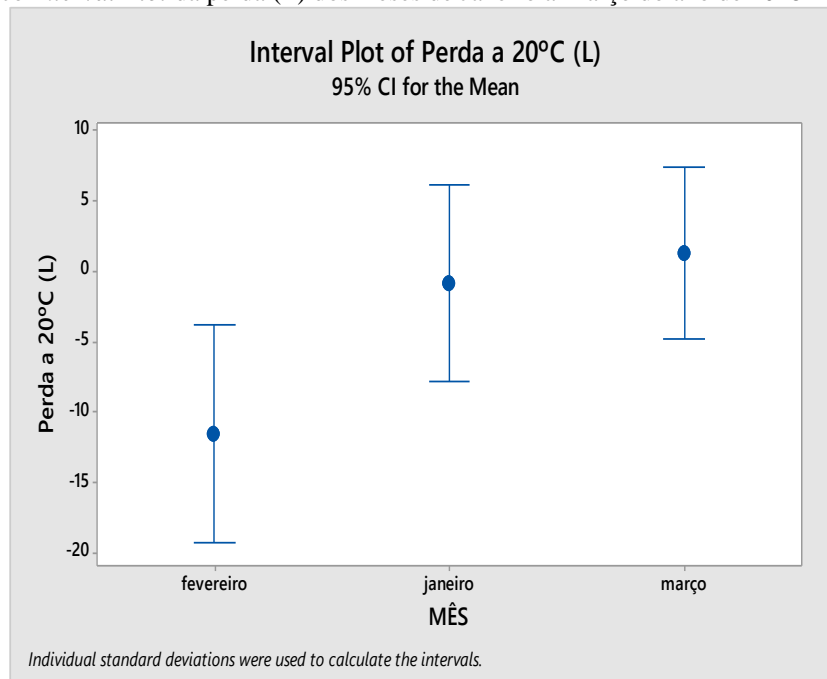
Na Figura 39 observa-se um único *cluster* de dados confirmando o controle da variabilidade de perdas de biodiesel em litros (L) a 20°C no processo de envase, e esta observação é confirmada nas Figuras 40 e 41 (gráfico *Boxplot* e *interval plot* com 95% de confiança), dados das perdas por caminhão expedido de biodiesel na temperatura de 20°C em volume na unidade litros (L) nos meses de Janeiro a Março do ano de 2018.

Figura 40 - *Boxplot* da variabilidade dos meses de Janeiro a Março do ano de 2018



Fonte: O próprio autor.

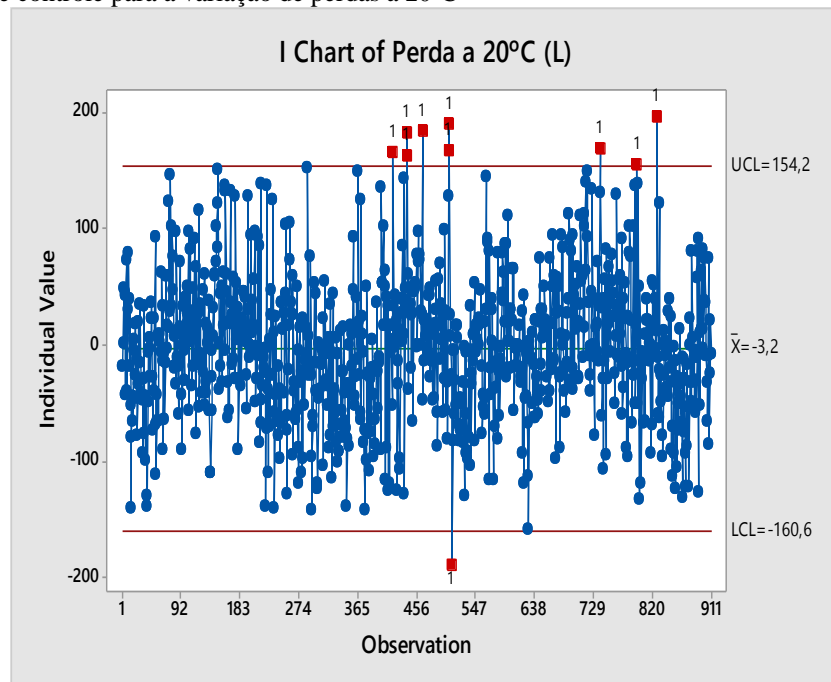
Figura 41 - Gráfico *Interval Plot* da perda (L) dos meses de Janeiro a Março do ano de 2018



Fonte: O próprio autor.

Na etapa controlar era projetado que a variação mensal média de perdas (L) fosse o mais próxima do valor zero esta observação ocorreu nos meses de Janeiro e Março do ano de 2018. Em seguida foram feitas as cartas de controle com limites sugeridos pelo *software* Minitab versão 16 com os dados de perdas e volume (L) de Janeiro a Março do ano de 2018 conforme ilustrado na Figura 42.

Figura 42 - Gráfico de controle para a variação de perdas a 20°C

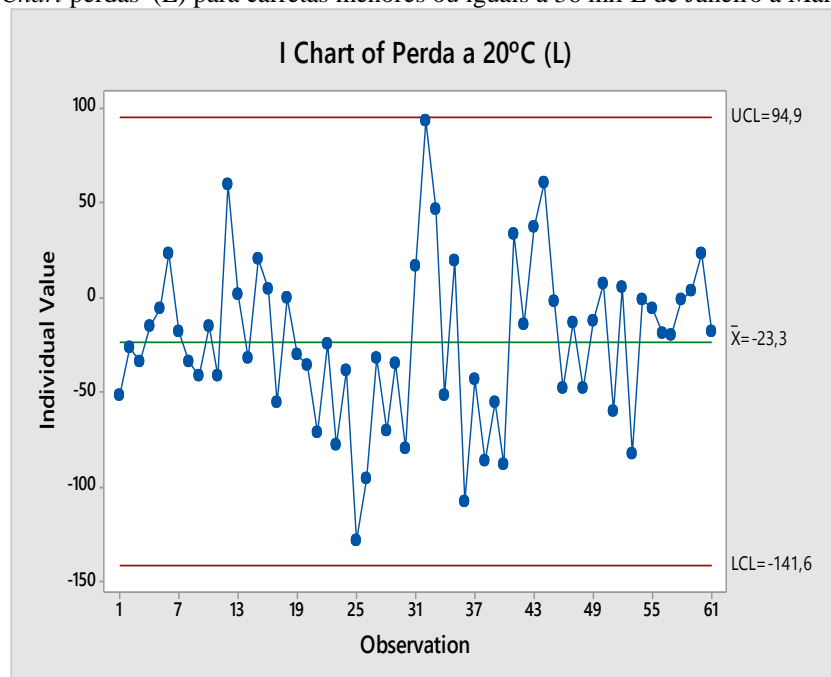


Fonte: O próprio autor.

Na Figura 42 observam-se poucos pontos fora dos limites de controle e variação média de perdas de biodiesel em litros negativa no valor de -3,2 L por carreta.

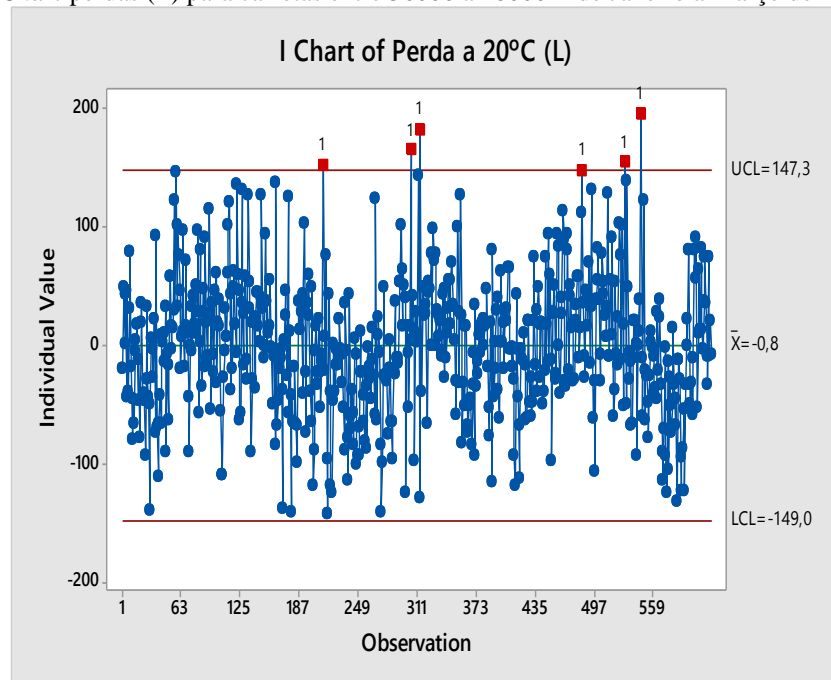
Para os meses de Janeiro a Março de 2018 foi elaborado o gráfico de controle das perdas de biodiesel a 20°C em relação à capacidade das carretas em litros (Figuras 43 a 45). Os limites são sugeridos pelo *software* Minitab.

Figura 43 - Gráfico I Chart perdas (L) para carretas menores ou iguais a 36 mil L de Janeiro a Março de 2018



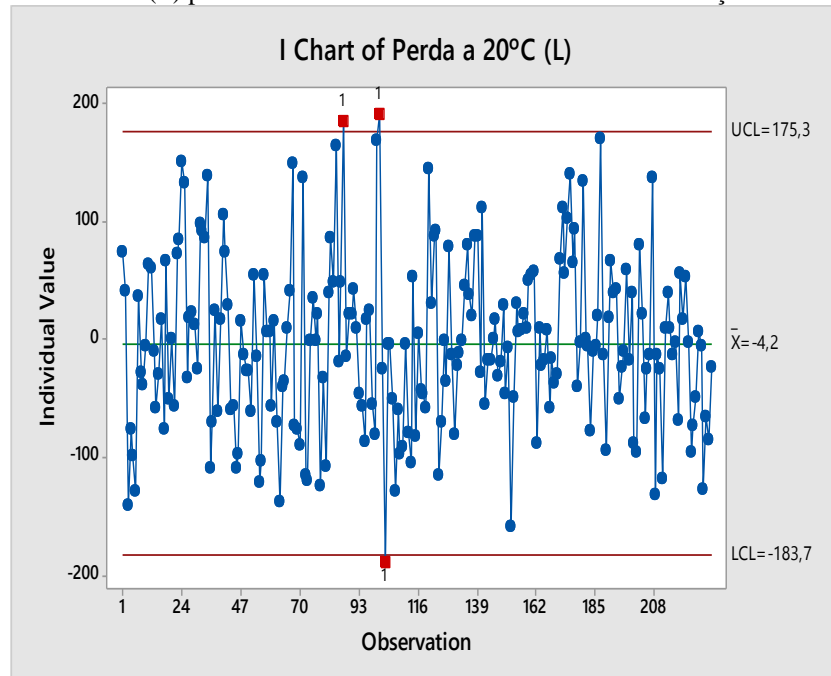
Fonte: O próprio autor.

Figura 44 - Gráfico I Chart perdas (L) para carretas entre 36000 a 48000 L de Janeiro a Março de 2018.



Fonte: O próprio autor.

Figura 45 - Gráfico I Chart Perdas (L) para carretas maiores a 48000 L de Janeiro a Março de 2018



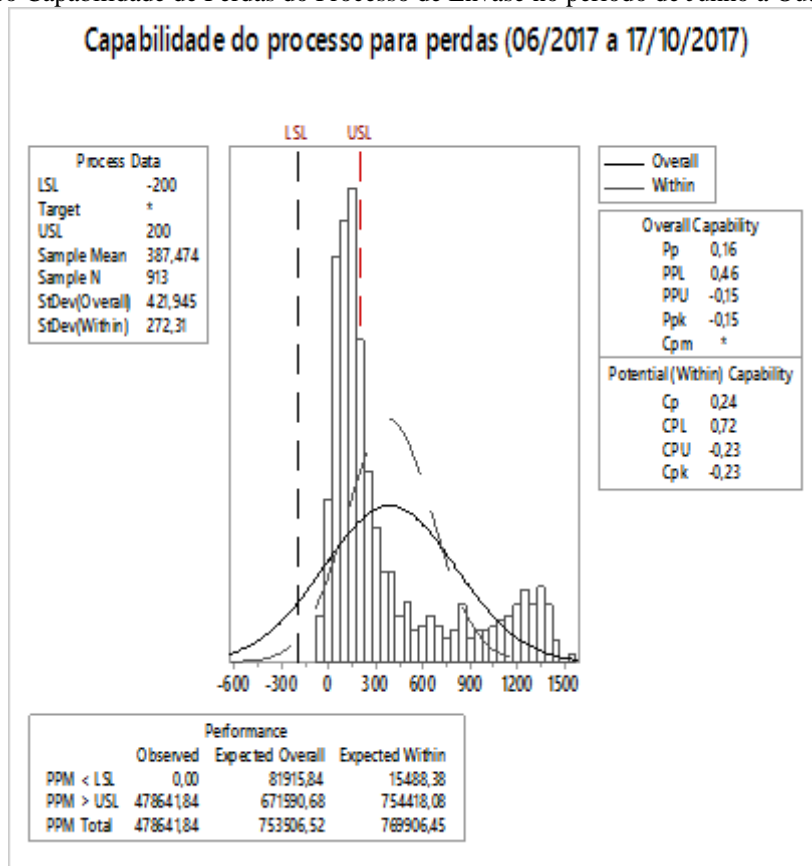
Fonte: Autor (2019).

Observa-se um melhor controle do volume de perdas em litros de biodiesel expedidos à 20°C nas carretas com capacidade de até 36000 L (Figura 43); já com as demais, aquelas com tanque entre 36000 L e 48000 L e até mesmo maiores que 48000 L, existem poucos

pontos fora dos limites de controle sugeridos pelo Minitab e nenhum valor acima de 200 L de variação, uma vez que os veículos com esta variação retornavam ao setor de envase de biodiesel para o reprocesso.

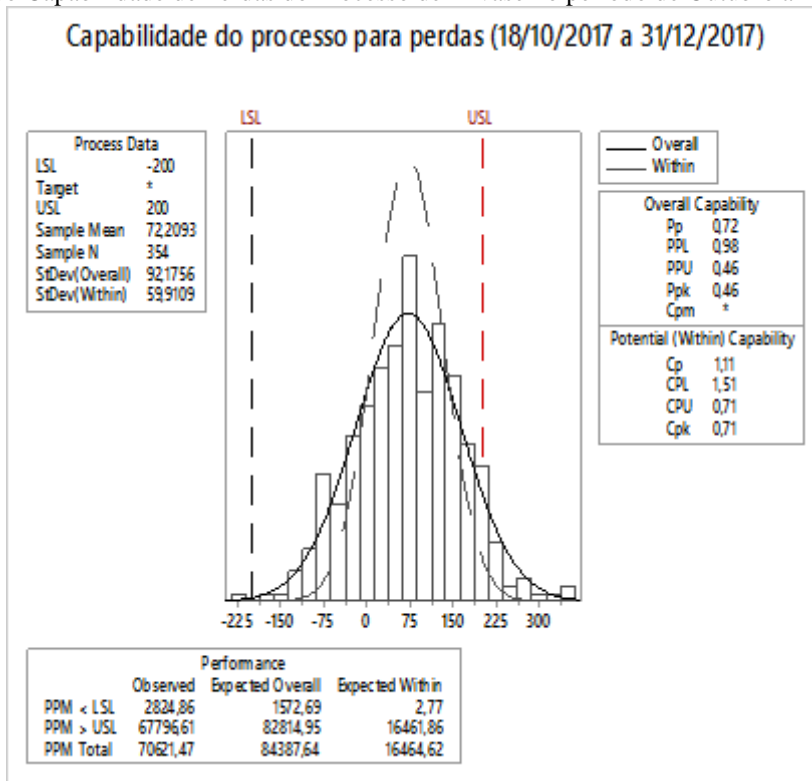
Os resultados do estudo também são comprovados pelas medidas e gráficos usuais de capacidade do processo como observado nas Figuras 46 a 48, considerando os limites de especificação de -200 até 200 (L) de variação dos dados das perdas mensais por caminhão expedido de biodiesel na temperatura de 20°C em volume na unidade litros (L). Os dados para análise foram compilados desde o início do projeto, isto é, correspondem aos três períodos: Junho de 2017 a 17 de Outubro de 2017; 18 de Outubro a 31 de Dezembro de 2017 e Janeiro a Março/2018.

Figura 46 - Gráfico Capacidade de Perdas do Processo de Envase no período de Junho a Outubro de 2017.



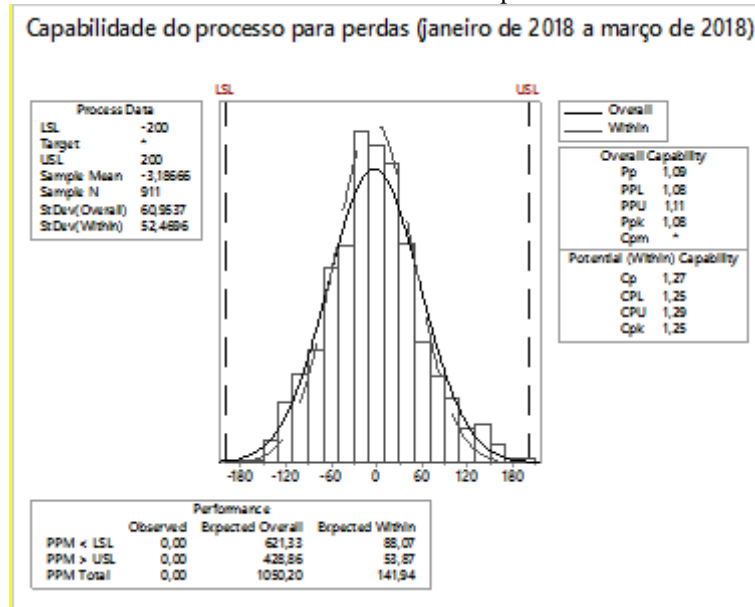
Fonte: Autor (2019).

Figura 47 - Gráfico Capacidade de Perdas do Processo de Envase no período de Outubro a Dezembro de 2017.



Fonte: Autor (2019).

Figura 48 - Gráfico Capabilidade das Perdas do Processo de Envase no período de Janeiro a Março de 2018.



Fonte: Autor (2019).

Analisando as Figuras 46 a 48, é notado que no período de Janeiro de 2018 a Março de 2018 o processo está sob controle total dentro dos limites de especificação. O índice de capacidade passou a ser controlado através do monitoramento mensal do supervisor do processo de envase. Avaliando-se o desperdício e o controle da variabilidade do processo de envase de biodiesel a empresa deixou de perder 387,7 L de biodiesel por carregamento melhorando assim o seu faturamento e como consequência uma gestão que toca na efetividade do sistema de controle da variabilidade e diminuição de perdas no envase de biodiesel.

A partir do mês de Abril do ano de 2018 a meta do indicador variação mensal média de perdas de biodiesel a 20°C passou a ser 0 L/carreta e os caminhões retornavam para o reprocesso para acrescentar ou retirar biodiesel a partir de 150 L de variação, conforme valor indicado pelo conversor.

Como resultado da aplicação das ferramentas do DMAIC no setor de envase de biodiesel e fundamentado no Seis Sigma em reduzir a variabilidade do processo garantido a satisfação do cliente e ganhos financeiros chegou a alguns aprendizados.

O quadro 7 mostra o resumo as ferramentas estatísticas e da qualidade acrescentadas em cada etapa do DMAIC.

Quadro 7 –Ferramentas utilizadas em cada etapa.

1ª Etapa Definir	2ª Etapa Medir	3ª Etapa Analisar	4ª Etapa Melhorar	5ª Etapa Controlar
Árvore CPQ	Estatística Descritiva	Diagrama de Causa e Efeito	Treinamentos	Gestão à vista
Macro-fluxograma	-	Histograma	Coefficientes de regressão (EMQ)	Gráfico Séries Temporais
Diagrama de SIPOC	-	Box-Plot	Indicadores	Gráfico de Capabilidade
-	-	-	Gráfico Dot plot	-
-	-	-	Gráfico Interval Plot	-
-	-	-	Cartas de Controle	-

Fonte: O próprio autor.

7 CONCLUSÃO

O objetivo da pesquisa foi alcançado à medida que foram executadas as melhorias e o controle da variabilidade do processo de envase de biodiesel por meio da aplicação do método DMAIC.

Uma contribuição importante deste trabalho ocorreu no desdobramento da estrutura do projeto durante os procedimentos operacionais da pesquisa. Essa estrutura originou a gestão para o controle de variabilidade na expedição de biodiesel podendo ser reproduzida e ajustada na aplicação de outros trabalhos em segmentos diversos. Deste modo foram atendidos os objetivos técnicos e científicos da pesquisa-ação gerando simultaneamente conhecimento científico e transformando a realidade da empresa.

Analisando-se a aceitação do cliente final, verificou-se que a quantidade de volume de biodiesel expedido não impactou já que não houve reclamação das distribuidoras de combustível.

Este trabalho possibilitou o aprendizado das equipes da expedição e faturamento em relação aos seus processos e os tornou mais eficientes. A equipe compreendeu a importância dos controles para que suas decisões fossem baseadas em dados estatísticos. No término da pesquisa os colaboradores da expedição e faturamento consideraram que o conhecimento ampliou a visão do processo contribuindo para o seu aperfeiçoamento profissional.

Na melhoria contínua tem destaque o controle da variabilidade através do CEP atribuído ao dono do processo e painel de gestão à vista preenchido e monitorado pelos operadores da expedição.

O estudo contribuiu para uma gestão que foca na eficiência e eficácia no processo de envase atendendo dois requisitos importantes do programa de qualidade *Six Sigma*: o foco no cliente e ganhos financeiros para a organização.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Produção de biocombustíveis: etanol, biodiesel, biogás. 2018.** Disponível em: <www.anp.gov.br/wwwanp/producao-de-biocombustiveis/>. Acesso em: 15 mar 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Fluxos Logísticos de Produção, Transporte e Armazenagem de Gasolina A e de Óleo Diesel no Brasil. 2015.** Disponível em: <www.anp.gov.br/>. Acesso em: 15 mar 2018.

ANTONY, J.; ANTONY, F. J.; KUMAR, M.; CHO, B. R. Six sigma in service organizations: benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 24, p. 294-311, 2007.

ANTONY, J.; BHULLER, A. S.; KUMAR, M.; MENDIBIL K., MONTGOMERY D. C., (2012). Application of Six Sigma DMAIC methodology in a Transactional environment. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 29, p.31-53, 2012.

ARUMUGAM, V.; ANTONY, J.; LINDERMAN, K. The influence of challenging goals and structured method on Six Sigma project performance: A mediated moderation analysis. **European Journal of Operational Research**, v.254, p. 202-213, 2016.

BARBOSA, B.; PEREIRA, M. T.; SILVA, F. J. G.; CAMPILHO, R. D. S. G. Solving quality problems in tyre production preparation process: a practical approach. **Manufacturing**, v. 11, p. 1239-1246, 2017.

BiodieselBr. **As usinas de biodiesel do Brasil, 2018.** Disponível em:<<https://www.biodieselbr.com/>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

BRASIL. Resolução nº 5.232, de 14 de dez. 2016. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília, DF, 16 dez. 2016. Disponível em: http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/50082/Resolucao_n__5232.html>, acesso em 10 de jan. 2019.

BRASIL.Portaria nº 208, de 06 de maio de 2016. O uso de suas atribuições, conferidas pelo parágrafo 3º do artigo 4º da Lei n.º5.966, de 11 de dezembro de 1973, e tendo em vista o disposto nos incisos II e III do artigo 3º da Lei n.º 9.933, de 20 de dezembro de 1999, no inciso V do artigo 18 da Estrutura Regimental do Inmetro, aprovado pelo Decreto nº 6.275, de 28 de novembro de 2007, e pela alínea "a" do subitem 4.1 da Regulamentação Metrológica aprovada pela Resolução nº 11, de 12 de outubro de 1988, do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Conmetro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Inmetro. Brasília, DF, 06 mai. 2016. Disponível em:<http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22798713/do1-2016-05-09-portaria-n-208-de-6-de-maio-de-2016-22798689>, acesso em 15 de fev. 2019.

BRASIL. Resolução nº 604 de 24 de maio de 2016. Altera a Resolução Contran nº 258 de 30 de novembro de 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Contran, Brasília, DF, 27 mai. 2016. Disponível em <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=324127>> , acesso em 12 dez. 2018.

Bushnell, S. Implementing plan, do check, act, **The journal for Quality and Participation**", v. 15, p.58-62, 1992.

CAMPOS, F., V.; Gerenciamento de Rotina. 9.ed. São Paulo, 2013.

COGHLAN, D.; BRANNICK, T. Doing action research in your own organization. 4 ed. London: Sage, 2014.

DAMASCENO, H. E. M..Aplicação da estratégia seis sigma à uma unidade de saúde. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 13; 9. São José dos Campos (SP). **Anais ...** São José dos Campos: UNIVAP, 2009. p.1-6.

DROHOMERETSKI, E; COSTA, S, E, G; LIMA, E, P; SILVA, W, V, S..Fatores críticos para o sucesso do seis sigma: um levantamento do impacto do tempo de empresa e do treinamento na industria alimenticia. **Revista Produção On-line**, Florianópolis, SC, v. 16, p.475-498, 2016.

DINIS, M. G.; Desmistificando o Controle Estatístico de Processo. 1ª ed. São Bernardo do Campo- SP, 2016.

ECKES, G. A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

ENDLER, K. D.; BOURSCHEIDT, L.E.;SCARPIN, C. T.; STEINER, M. T. A.; ERTURK, M.; TUERDI, M.; The Effects of Six Sigma Approach on Business Performance: A Study of White Goods (home appliances) Sector in Turkey. **Social and Behavioral Sciences** v. 229, p. 444 – 452, 2016.

GARBUIO, P. A. R.; Lean Seis Sigma: Uma contribuição bibliométrica dos últimos 15 anos. **Revista Produção On-line**, Florianópolis, SC, v. 16, p. 575-605, 2016.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GORDON JR., M. J. Six Sigma Quality for Business and Manufacture.1. ed. Elsevier; 2002.

Gross, J. M. A road map to Six Sigma Quality. **Quality Progress**, v. 34, p. 24-29, 2001.

HADIDI, L., A.; BUBSHAIT, A.; KHREISHI, S.; Six Sigma for improving aesthetic defects in aluminum profiles facility, **Facilities**, v. 35, p. 242-267, 2017.

HAKIMI, S.; ZAHRAEE, S., M.; ROHANI, J., M.; Application of Six-Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process", **International Journal of Lean Six Sigma**, doi.org/10.1108/IJLSS-11-2016-0069; 2018.

HARRIS, T., M.; DEVKOTA, J., P.; KHANNA, V.; ERANKI, P., L.; LANDIS, A., E.; Logistic growth curve modeling of US energy production and consumption; **Renewable and Sustainable Energy Reviews**; v. 96; p. 46-57; 2018.

- Hoerl, R. W. Six Sigma and the future of the quality profession, **IEE Engineering Management Review**, Fall, p. 87-94, 1988.
- KAROUT, R; AWASTHI, A; Improving software quality using six sigma DMAIC based approach: A case study, **Business Process Management Journal**, v. 23, p. 842-856, 2017.
- LEITE, R. C. C.; LEAL, M.R.L.V.; O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos CEBRAP 2007 n° 78**, p. 15-21, 2007.
- MARQUES, P., A., A.; MATTHÉ, R.; Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal, **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 34,p.307-330, 2017.
- MARTIN K, OSTERLING M. Value Stream Mapping, How to visualize work and align leadership for organizational transformation, McGraw-Hill, New York, 2014.
- MARZAGÃO, D. S. L.; CARVALHO, M. M. Critical success factors for Six Sigma projects, **International Journal of Project Management**, v. 34, p. 1505–1518, 2016.
- MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B.; XAVIER, A. F.; CAMPOS, D. F. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Produção**. v. 22, p. 1-13, 2012.
- MERGULHÃO, R. C. **Análise da implementação do Seis Sigma em empresas de manufatura no Brasil**. 2003. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Itajubá UNIFEI, Itajubá/MG, 2003.
- MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, p. 216-229, 2007.
- MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 4ª ed. LTC; 2004.
- MOTA, C. J. A.; MONTEIRO, R. S. Química e Sustentabilidade: Novas Fronteiras em Biocombustíveis. **Química Nova**,v. 36, p. 1483-1490, 2013.
- NOORI, B.; LATIFI, M.; Development of Six Sigma methodology to improve grinding processes: a change management approach, **International Journal of Lean Six Sigma**, v.9, p. 50-63, 2016.
- OQUIST, P.; The epistemology of action research. **Acta Sociológica**. v. 21, n. 2 p. 143-163, 1978.
- PANAGOPOULOS, I.; ATKIN, C.; SIKORA, I. Developing a performance indicators lean-sigma framework for measuring aviation system's safety performance, **Transportation Research**, v. 22, p. 35–44, 2017.
- PANDE, P., S.; NEUMAN, R., P.; CAVANAGH, R., R.; Estratégia Seis Sigma. Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- PERES-WILSON, M.; Seis Sigma: Compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Rio de Janeiro, Qualitymark, 1999.

- Ramos, C. S. **Renovabio: Indústria já vê nova era da bioeconomia, 2018**. Disponível em: <www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/politica/industria-ja-ve-nova-era-da-bioeconomia-130318.htm>; acesso em 14 mar. 2018.
- ROTONDARO, R., G.; RAMOS, A., W.; RIBEIRO, C., O.; MYAKE, D., I; NAKANO, D.; LAURINDO, F., J., B.; HO, L., L.; CARVALHO, M., M.; BRAZ, M., A.; BALESTRASSI, P., P.. Seis Sigma. Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Atlas, 2011.
- SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J.A. The Integration of six sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, p. 249-274, 2010.
- SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma: proposta e avaliação**. 2006. 312 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2006.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSON, R.; Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1996.
- SMETKOWSKA, M.; MRUGALSKA, B. Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study, **Social and Behavioral Sciences**. v.238, p. 590 – 596, 2018.
- Terra tanques, 2018, Bi trem – Combustível / Químico. Disponível em: <<http://terratanques.com.br/novosite/bitrem-reboque-semirreboque/bitrem-combustivel-quimico/>>, acesso em 20 set. 2018.
- THIOLLENT, M. Metodologia de Pesquisa-ação, 17 edição, Ed. Cortez, São Paulo, 2009.
- TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A.; Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação, **RAC**, v. 13, p. 647-662, 2009.
- TRIP, D.; Pesquisa-ação: uma introdução metodológica, **Educação e Pesquisa**, 2005, v.31, n.3, p. 443-466, São Paulo, 2005.
- TRUSCOTT, W. T. Six Sigma – Continual Improvement for Businesses, ISBN: 978-0-7506-5765-5 Elsevier, 2003.
- VICHI F. M.; MANSOUR M. T. C., Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, p. 757-767, 2009.
- VILARINHO, S.; LOPES, I.; SOUSA, S. Developing dashboards for SMEs to improve performance of productive equipment and processes. **Journal of Industrial Information Integration**. doi.org/10.1016/j.jii.2018.02.003, 2018.
- WERKEMA, M. C. C.; Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos, 2, ed. Ufmg, Belo Horizonte – MG, 1995.

ANEXO A – CONVERSOR DE BIODIESEL

<u>CARREGAMENTO</u>			
VOLUME DA CARRETA:	0	M ³	
DENS AMOSTRA:	0,0000	Kg/L	
TEMP AMOSTRA:	0,0	°C	
TEMP CARRETA:	0,0	°C	
MASSA DA CARRETA (BALANÇA)	0	Kg	

<i>RESULTADO DA CONVERSÃO DOS DADOS</i>			
DENSIDADE 20°:	-0,0881	Kg/L	
FATOR CORREÇÃO:	0,000406	a 20 °C	
VOLUME CONVERTIDO:	0	M ³	
VOLUME CONVERTIDO (BALANÇA)	0	M ³	
ΔVOLUME	0	L	

Fonte: ANP (1970).