



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Brenna Soraia Gomes de Souza**

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO  
DA QUALIDADE EM UMA AGROINDÚSTRIA DO MUNICÍPIO  
DE JUAZEIRO-BA: estudo de caso**

**Juazeiro**

**2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**BRENNA SORAIA GOMES DE SOUZA**

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO  
DA QUALIDADE EM UMA AGROINDÚSTRIA DO MUNICÍPIO  
DE JUAZEIRO-BA: estudo de caso**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro-BA, como requisito da obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Pires Crisóstomo.

Juazeiro – BA

2016

S729a Souza, Brenna Soraia Gomes de.  
Análise da aplicação do controle estatístico da qualidade em uma agroindústria do município de Juazeiro-BA: estudo de caso / Brenna Soraia Gomes de Souza.--Juazeiro-BA,2016.

XVI ; 109f. : il. ; 29 cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Pires Crisóstomo.

1. Estatística matemática – Controle de processo. 2. Agroindústria. 3. Óleos vegetais. I. Título. II. Crisóstomo, Antônio Pires. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 519.5

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF  
Bibliotecário: Renato Marques Alves

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Brenna Soraia Gomes de Souza

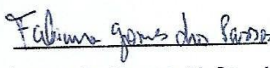
**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE EM  
UMA AGROINDÚSTRIA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO-BA: estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia de Produção,  
pela Universidade Federal do Vale do São  
Francisco.

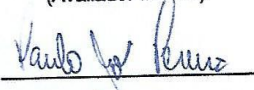
Aprovado em: 11 de maio de 2016

  
**Banca Examinadora**

Antônio Pires Crisóstomo, Dr. – UNIVASF.  
(Orientador)



Fabiana Gomes dos Passos, M. Sc. – UNIVASF.  
(Avaliador interno)



Paulo José Pereira, Dr. – UNIVASF.  
(Avaliador interno)

Dedico este trabalho a Deus, pelas benções que me foram concedidas e sua proteção, e a minha família, pelo apoio e dedicação a mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Essa é mais uma etapa concluída que marca um caminho de muito aprendizado e momentos únicos. Gratificante é saber e sentir o quanto fui apoiada e encorajada durante todo esse período na universidade. Gratidão.

Vale ressaltar a importância dos relacionamentos para o desenvolvimento pessoal, cada um traz consigo uma contribuição, um exemplo de vida, um sentimento novo. A todos, muito obrigada. Seguem nos parágrafo seguintes os meus agradecimentos para algumas pessoas representativas na minha vida, de antemão peço desculpas aos que não foram citados no texto.

Pai, Filho e Espírito Santo, transbordante de graças, de amor, de compaixão, de misericórdia, foi assim que se fez presente. Palavras não são o bastante, que eu possa mostra-lo com minhas ações, o quanto tenho de Ti, o quanto existe em mim. Ele vive e por Ele são todas as coisas. Muito obrigada!

Família, presente de Deus. Escolho como representantes desse conglomerado de pessoas que tanto amo, a minha avó Diva Rodrigues de Oliveira e mãe Ivanilza de Oliveira Gomes. A essas mulheres pertence o meu eterno amor e gratidão. Em meio a erros e acertos elas estiveram aqui, me educando, ensinando e aconselhando. Obrigada pelo exemplo de força, fé, coragem e determinação. Obrigada por não desistirem em nenhum momento de mim, pelo carinho e amor incondicional.

Irmã, agradeço Giovanna Suellén por suprir a minha ausência em casa, compreender a minha falta de tempo, ser aquele sopro de alegria e jovialidade em meio a um turbilhão de provas e trabalhos acadêmicos, e me fazer sorrir das diferenças entre nós.

Professores, desde o ensino fundamental até a universidade. Eles foram os construtores de um sonho, foram meus amigos e alguns me receberam como filha. Mestre, desenvolvedores de mentes pensantes, a vocês todo meu respeito e gratidão. Dentre eles: (1) Prof<sup>a</sup> Marilúcia, querida e amada educadora, que desde o ensino fundamental está presente na minha vida; (2) Tatiana do Vale, mulher de fibra, me encantou por seu respeito a profissão; (3) José Luiz, sempre muito compreensivo e paciente com minhas dificuldades de aprendizado em sua matéria; (4) Ivonete, professora que ama a sua profissão e seus alunos; (5) Regivaldo Nascimento, encantado pela biologia e apaixonado por seus alunos; (6) Ednalva Dantas, amiga; (7) Maria Suely, impossível não se render à sua alegria; (8) Alan, ficava impressionado ao vê-lo solucionar com tanta maestria todos os problemas do livro de matemática e nos incentivar a busca-los; (9) Ana Castro, meu primeiro contato com uma engenheira de produção e com a área, inspiradora, grande mulher e profissional; (10) José Luiz, inúmeras disciplinas, inúmeros trabalhos, inúmeras provas, muitas regras e inúmeras risadas; (11) Vivianni Marques, dona das aulas práticas mais divertidas de todos os tempos, amada pelos alunos.

Destaco aqui o auxílio e comprometimento com a minha formação que recebi do Prof. Abdinardo Oliveira, que me instruiu na iniciação científica e em todos os

momentos estive disposto a ajudar na minha formação. Muito obrigada, foi enriquecedor o período que estive como sua aluna e orientanda.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Pires Crisóstomo, que demonstrou comprometimento com o trabalho, auxiliando no processo de confecção, indo nas visitas as empresas, estive sempre disposto a auxiliar e, além disso, também foi meu orientador em projeto de iniciação científica.

Turma 2010.2 de Engenharia de Produção, vocês foram especialmente escolhidos para fazer parte da minha história. Como foi bom ter cada um de você ao meu lado, muita obrigada pelo carinho e respeito que todos tiveram comigo. Para aqueles que vivenciaram a graduação com atividades mais próximas destaco: Júlia Matos, Denilton Santana, Jéssica Taynara, Juciane Marcula, Carlos Arcanjo e Thales Coité, agradeço pelo companheirismo durante todo o período no qual estivemos juntos na universidade, vivenciando momentos importantes para a vida de todos.

Aos amigos dos demais cursos e de outros períodos do curso de Engenharia de Produção, segue o meu agradecimento. Cito aqui o nome de alguns: Thales Souza, Patrícia Laura, José Ellys, Felipe Ferreira, Naiane Talita, Tarcísio Rocha, dentre outros. Abro um parêntese para falar de alguém que se mostrou uma irmã de coração, no início tudo era por conta dos grupos de estudo, hoje é por carinho, amor e respeito. Taíla Andrade, tu és um achado, e como foi bom te encontrar. Muito obrigada pelo apoio, pelas risadas, conselhos, por aceitar nossas diferenças de personalidade, por acreditar na minha capacidade, me escuta. Você é luz.

Aos que escolheram permanecer, amigos de longas datas, que optaram pela lealdade, amizade que apesar de distante se torna presente quando mais precisamos e não esperamos: Hellem Silva, Noádia Lima, Johnatas Hictley, Sheila Daniela e Cláudio Soares, ainda bem que encontrei vocês, agradeço a Deus por suas vidas e a vocês por serem aquilo que eu preciso no momento certo, cada um do seu jeito, com suas características que me fazem amar-vos ainda mais.

Agradeço a empresa Icofort Agrindustrial Ltda, na qual fui recebida com respeito e carinho por todos os colaboradores, permanecendo 11 meses como estagiária, período no qual vivenciei a dinâmica do processo produtivo e conheci grandes profissionais. Que sejamos fortes em tudo que fizermos.

Nunca estivemos sozinhos, há sempre alguém ou algo ao qual somos gratos. Espero ter sempre o quê e principalmente a quem agradecer. A todos minha gratidão.

“Tenho-vos dito isto, para que em mim  
tenhais paz; no mundo tereis aflições,  
mas tende bom ânimo, eu venci o  
mundo.”

Jesus Cristo



SOUZA, Brenna Soraia Gomes de. **ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE EM UMA AGROINDÚSTRIA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO-BA:** estudo de caso. Trabalho Final de Curso. Juazeiro (BA). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2016.

## RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de analisar, utilizando a ferramenta do controle estatístico do processo, se a agroindústria, situada no município de Juazeiro-BA, consegue produzir mantendo os requisitos de qualidade do seu principal produto, óleo vegetal de algodão, dentro dos limites de controle previamente estabelecidos. A carta de controle é um dos mecanismos estatísticos mais utilizado por indústrias de diversos setores, sendo incorporadas aos tradicionais conceitos do seu uso, as cartas de controle adaptativas que são usadas quando ao menos um dos parâmetros de controle são variados. O Vale do São Francisco é destaque no cenário do agronegócio brasileiro, devido as atividades de fruticultura irrigada, que traz consigo o crescimento do número de agroindústrias na região. Este trabalho busca auxiliar o desenvolvimento dos processos produtivos de alimentos dessas empresas com a metodologia nele apresentada. O procedimento metodológico implica na adaptação de duas sugestões metodológicas para a aplicação das cartas de controle adaptativas, sendo elas construídas em relação à média e desvio padrão, gerando gráficos com limites de controle variados. Foram coletados dados das características de qualidade acidez e cor vermelho do óleo vegetal de algodão, correspondendo aos anos de 2014 e 2015, analisados semestralmente, totalizando 3.396 amostras do requisito acidez e 7.663 do requisito cor vermelho. Os softwares utilizados foram o Microsoft Excel 2013, para a formatação dos dados e cálculos, e o Minitab versão 16, para plotar as cartas de controle. A estatística descritiva dos dados apontaram que nos dois anos as características de qualidade estiveram com média geral inferior a especificação do produto, cor vermelho (7,0) e acidez (0,03% de ácido oleico), todavia elas apresentaram grande variabilidade. Em relação as cartas de controle, em 2015, o processo produtivo não esteve sob controle estatístico do processo para nenhuma das características de qualidade estudadas.

**Palavras-chaves:** Agroindústria; Cartas de Controle Adaptativa; Controle Estatístico do Processo.

SOUZA, Brenna Soraia Gomes de. **ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE QUALITY STATISTICAL CONTROL IN AN AGRIBUSINESS IN JUAZEIRO-BA:** case study. Trabalho Final de Curso. Juazeiro (BA). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2016.

### **ABSTRACT**

By using the statistical process control tool, this study aims to analyze whether an agricultural industry, located in Juazeiro, BA, Brazil, can produce while still maintaining the quality requirements of its main product, a vegetable oil cottonseed, within the limits control established. In fact, are one of the most used statistical tools. Currently, it has been incorporated into traditional concepts of use, such as the adaptive control charts that are used when at least one of its control parameters varies. The São Francisco Valley is featured in the scenario of Brazilian agribusiness, due to the activities of irrigated fruit growing, which brings with it the growth of agribusiness in the region. This work aims to assist the development of the food production processes of these companies with the methodology presented in it. The methodological procedure involves the adaptation of two methodological suggestions for the application of adaptive control charts, which were built from the mean and standard deviation, generating graphs with varied control limits. It was collected data of the characteristics of quality acidity and red color of the vegetable oil cottonseed, regarding to the years 2014 and 2015, analyzed every six months, totaling 3,396 samples of the acidity factor and 7,663 samples of the red color factor. The software used were Microsoft Excel 2013 for data formatting and calculations, and Minitab version 16, to plot control charts. Descriptive statistics of the data showed that in the two years the quality characteristics had a general mean lower than product specification, red color (7.0) and acidity (0.03% oleic acid), but they showed great variability. Regarding the control charts in 2015, the production process was not under statistical control for any of the studied quality characteristics.

**Key words:** Agribusiness; Adaptive Control Charts; Statistical Process Control.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1:</b> LOCALIZAÇÃO DO POLO FRUTÍCOLA PETROLINA/JUAZEIRO.....	13
<b>FIGURA 2:</b> PROCESSO I COM NÍVEL DE QUALIDADE SEIS SIGMA E CENTRADO NO VALOR NOMINAL.....	19
<b>FIGURA 3:</b> PROCESSO II COM NÍVEL DE QUALIDADE SEIS SIGMA E CENTRADO NO VALOR NOMINAL.....	20
<b>FIGURA 4:</b> MÉTODO DMAIC DE CONTROLE DE PROCESSO.....	20
<b>FIGURA 5:</b> UM TÍPICO GRÁFICO DE CONTROLE.....	24
<b>FIGURA 6:</b> EXEMPLO DE CARTA DE ADAPTATIVA COM INTERVALO AMOSTRA VARIÁVEL.....	30
<b>FIGURA 7:</b> CARTA DE CONTROLE PADRONIZADA COM TAMANHO DE AMOSTRA ADAPTATIVO.....	31
<b>FIGURA 8:</b> EXEMPLO DE CARTA DE CONTROLE PADRONIZADA COM INTERVALO DE AMOSTRAGEM, TAMANHO DE AMOSTRA E COEFICIENTE DOS LIMITES DE CONTROLE ADAPTATIVOS.....	33
<b>FIGURA 9:</b> PROCESSO PRODUTIVO DO ÓLEO REFINADO DE ALGODÃO E DEMAIS SUBPRODUTOS.....	37
<b>FIGURA 10:</b> CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE PESQUISA SEGUNDO VERGARA (2011).....	43
<b>FIGURA 11 –</b> CARTA DE CONTROLE ADAPTATIVA DA MÉDIA (COR – 1º SEM 2015).....	61
<b>FIGURA 12 –</b> CARTA DE CONTROLE ADAPTATIVA PARA O DESVIO PADRÃO (COR 1º SEM 2015) .....	62
<b>FIGURA 13 –</b> CARTA DE CONTROLE ADAPTATIVA PARA A MÉDIA (COR 2º SEM 2015).....	63
<b>FIGURA 14 –</b> CARTA DE CONTROLE ADAPTATIVA PARA O DESVIO PADRÃO (COR 2ª SEM 2015) .....	64
<b>FIGURA 15 –</b> CARTA DE CONTROLE ADAPTATIVA PARA A MÉDIA (ACIDEZ 1º SEM).....	66
<b>FIGURA 16 –</b> CARTA DE CONTROLE ADAPTATIVA PARA O DESVIO PADRÃO (ACIDEZ 1º SEM. 2015).....	67
<b>FIGURA 17 –</b> CARTA DE CONTROLE ADAPTATIVA PARA A MÉDIA (ACIDEZ 2º SEM. 2015).....	68
<b>FIGURA 18 –</b> CARTA DE CONTROLE ADAPTATIVA DE S (ACIDEZ 2º SEM. 2015).....	69
<b>FIGURA 19 –</b> CARTA DE CONTROLE Z PADRONIZADA DA COR (2015).....	70
<b>FIGURA 20 –</b> CARTA DE CONTROLE Z PADRONIZADA DA ACIDEZ (2015).....	71

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: PARTICIPAÇÃO DO BRASIL NA PRODUÇÃO E NA EXPOSIÇÃO MUNDIAL DE ALIMENTOS EM 2010.....	9
<b>TABELA 2</b> - RESUMO DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA REFERENTE A COR DE 2015. ....	54
<b>TABELA 3</b> – RESUMO DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA REFERENTE A COR DE 2014. ....	55
<b>TABELA 4</b> – RESUMO DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA REFERENTE A ACIDEZ DE 2015. ....	57
<b>TABELA 5</b> – RESUMO DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA REFERENTE A ACIDEZ DE 2014. ....	58
<b>TABELA 6</b> – RESULTADOS DOS CÁLCULOS DA LINHA CENTRAIS PARA AS CARTAS DE CONTROLE (2015).....	59
<b>TABELA 7</b> – PARÂMETROS DOS LIMITES DE CONTROLE E ADVERTÊNCIA (2015).....	59
<b>TABELA 8</b> – LIMITES DE CONTROLE DAS CARTAS ADAPTATIVAS (2015).....	60
<b>TABELA 9</b> – LIMITES DE ADVERTÊNCIA DAS CARTAS ADAPTATIVAS (2015).....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABIA</b>	Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação
<b>AF</b>	Agroindústria Familiar
<b>ANF</b>	Agroindústria não-familiar
<b>APL</b>	Arranjo produtivo local
<b>BA</b>	Bahia
<b>CE</b>	Ceará
<b>CEP</b>	Controle Estatístico do Processo
<b>DMAIC</b>	Define, Measure, Analyse, Improve and Control
<b>DPMO</b>	Defeitos Por Milhão de Oportunidades
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>FARSUL</b>	Federação Agrícola do Rio Grande do Sul
<b>LIA</b>	Limite Inferior de Advertência
<b>LIC</b>	Limite Inferior de Controle
<b>LM</b>	Linha central ou linha média
<b>LSA</b>	Limite Superior de Advertência
<b>LSC</b>	Limite Superior de Controle
<b>MAPA</b>	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
<b>PDCA</b>	Plant-Do-Chek-Act
<b>PE</b>	Pernambuco

<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PPM</b>	Partes Por Milhão
<b>QFD</b>	Desdobramento da Função Qualidade
<b>SAI</b>	Sistemas Agroindustriais
<b>TQC</b>	Total Quality Control

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA .....	1
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
1.3 OBJETIVO DO TRABALHO .....	4
1.3.1 <i>Objetivo geral</i> .....	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.4 JUSTIFICATIVA.....	4
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	6
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>7</b>
2.1 AGRONEGÓCIO .....	7
2.1.1 <i>Agronegócio brasileiro</i> .....	8
2.1.2 <i>Agroindústria</i> .....	10
2.1.3 <i>Vale do São Francisco e o agronegócio</i> .....	12
2.2 A QUALIDADE E SUA GESTÃO.....	14
2.3 PROGRAMA SEIS SIGMA.....	17
2.4 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO.....	22
2.4.1 <i>Considerações gerais</i> .....	22
2.4.2 <i>Controle de qualidade X e S com tamanho de amostras diferentes</i> .....	25
2.4.3 <i>Cartas de controle adaptativas</i> .....	27
2.4.4 <i>Testes de estabilidade</i> .....	33
<b>3. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>36</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	36
3.2 PROCESSO PRODUTIVO.....	37
3.3 CONTROLE DE QUALIDADE.....	40
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
4.1 TIPO DE PESQUISA .....	42
4.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	45
4.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	46
4.4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PROPOSTO.....	47
4.4.1 <i>Escolha da característica da qualidade</i> .....	47
4.4.2 <i>Escolha das técnicas para coleta de dados</i> .....	48
4.4.3 <i>Caracterização do método de amostragem</i> .....	48
4.4.4 <i>Análise dos dados</i> .....	49
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>54</b>
5.1 ANÁLISE DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS.....	54
5.2 LINHAS CENTRAIS, LIMITES DE CONTROLE E DE ADVERTÊNCIA.....	58
5.3 ANÁLISE DAS CARTAS DE CONTROLE ADAPTATIVAS.....	60
5.4 PADRONIZAÇÃO DOS DADOS .....	69
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>72</b>
6.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS.....	72

6.2	SUGESTÕES PARA ESTUDOS POSTERIORES .....	74
<b>REFERÊNCIAS</b>	.....	<b>75</b>
<b>APÊNDICES</b>	.....	<b>82</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>93</b>



## **1. INTRODUÇÃO**

Nesse capítulo introdutório será realizada a contextualização do tema abordado no trabalho, apresentando a problemática da pesquisa, seus objetivos gerais e específicos, a justificativa para o seu desenvolvimento, e por conseguinte a maneira com a qual o trabalho foi estruturado.

### **1.1 Contextualização do tema**

O cenário mercadológico retrata a busca pelo aumento e garantia da qualidade presente nos produtos que são comercializados. Nesse quesito se destacam os alimentos, que são essenciais para a sociedade, apresentam alto risco associado e possuem uma série de requisitos técnicos dispostos nas legislações, sendo estas específicas para cada tipo de produto alimentício (BATALHA, 2009; FORSYTHE, 2002). Esses fatores levam as empresas do setor a estabelecerem limites de controle, a fim de estarem conforme as especificações e minimizar as possíveis causas que geram produtos com defeitos.

Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA), no ano de 2015, o setor apresentou um faturamento R\$ 562 bilhões; que representa um crescimento de 5,71% em relação ao ano anterior, um crescimento nominal em valor de produção de 5,6% e a participação de 9,5% na composição do PIB, além disso, se constata que obteve um saldo comercial de US\$ 30,5 bilhões (esse valor corresponde a subtração do valor arrecadado com exportação das importações).

Os números supracitados demonstram a importância do setor alimentício para a economia do país e sua população, desse modo são necessários esforços para atingir a qualidade esperada pelos consumidores em relação a esses produtos. A avaliação do cliente frente a escolha dos produtos alimentícios ganhou uma nova perspectiva, visto a preocupação com a qualidade de vida, saúde e boa forma física, gerando a necessidade de haver um crescimento de sua cadeia produtiva ocasionando, assim, o desenvolvimento de tecnologias, pesquisas e inovações no setor alimentícios (MOSER, 2009).

Por causa de todo esse avanço, o setor de alimentos se tornou um gigante, formado por uma infinidade de segmentos. A cadeia produtiva vai desde o

cultivo do alimento até sua industrialização e comercialização, passando pelo processo de embalagem e transporte, além do desenvolvimento de tecnologias para máquinas e equipamentos. Situação vantajosa para o Brasil, já que, dentro dessa perspectiva mundial, o País – com 80% de suas terras agriculturáveis – é visto pelos especialistas como importante fonte de alimentos para boa parte do planeta (MOSER, 2009, p. 4).

Dentro desse contexto estão as agroindústrias que representam um importante papel para o desenvolvimento do Brasil, existindo várias definições para essa atividade. De acordo com Gonçalves (2005):

A parte do complexo agroindustrial, anterior à produção rural, que congrega o conjunto de setores que produzem os insumos que são adquiridos pelos produtores é chamada agregado I ou montante do complexo agroindustrial. A parte por sua vez, que recebe a produção dos produtores (isto é, do agregado II), para armazená-la, processá-la e distribuí-la no mercado é chamada agregado III ou jusante do complexo agroindustrial (GONÇALVES, 2005, p. 2).

Segundo Spers (1993 *apud* Spers, 2003, p. 61), “a segurança do alimento tem um enfoque qualitativo, ou seja, a garantia de o consumidor adquirir um alimento com atributos de qualidade, destacando os ligados a saúde”. As agroindústrias por sua vez precisam estar atentas aos requisitos de segurança e qualidade impostos para a produção dos alimentos, Feigenbaun definiu as atividades de controle da qualidade como sendo: controle de projeto, controle de material recebido, controle do produto, estudo de processos especiais (CARPINETTI, 2010).

Esse trabalho busca enfatizar o controle estatístico da qualidade do produto, sendo este o que chegará ao cliente final, satisfazendo ou não as suas expectativas. A atividade de controle do produto é fabricar produtos de qualidade, inspecionar e testar, distribuir com qualidade, instalar e manter (CARPINETTI, 2010). As empresas buscam a melhoria da qualidade para apreender a satisfação dos consumidores dos seus produtos, ou seja, elas pretendem alcançar a qualidade almejada.

As características da qualidade são, quase sempre, avaliadas de acordo com as especificações, desse modo o Controle Estatístico do Processo (CEP), é uma técnica de monitoramento que auxilia na melhoria da qualidade por meio do seu uso sistemático para a redução da variabilidade no processo, através da utilização de

ferramentas estatísticas (MONTGOMERY, 2004). Com a minimização da variabilidade nas características principais do produto maior será sua qualidade.

Uma das ferramentas do CEP mais utilizada no cenário industrial são as cartas de controle, cuja facilidade de construção e implantação impulsionou sua popularidade (NOOROSSANA, R; DEHESHVAR, A; SHEKARY, M, 2011). As cartas tradicionais se destacam na detecção de grandes variabilidades no processo, no entanto vários autores estudaram métodos para identificação de pequenas variações, assim como adaptações para o perfil de empresas cujos processos de amostragem se comportam de maneira não-padronizada, sugerindo para esse fim as cartas adaptativas de controle.

## **1.2 Problema de pesquisa**

De acordo com informações do Portal do Ministério da Educação (BRASIL, S/D), na Bahia, em cidades distantes da região metropolitana, as atividades econômicas estão centradas principalmente em torno dos municípios de Barreiras e Juazeiro, sendo elas basicamente agricultura e agroindústria (grãos e fruticultura).

A cidade de Juazeiro – BA se destaca por ser um dos componentes de uma das atividades mais rentáveis do país, a fruticultura irrigada. O Polo Frutícola Petrolina/Juazeiro apresenta-se como um dos mais importantes centros econômicos no Sertão pernambucano e baiano, tem mais de 90% de produção exportada para Europa, Estados Unidos e Japão, devido à alta qualidade dos seus produtos (ARAUJO e SILVA, 2013). Perante o cenário da região em relação a produção agrícola, é imprescindível que ela esteja atenta aos padrões estabelecidos para essa atividade.

O desenvolvimento de padrões produtivos em bases modernas impõe à produção agrícola um estreitamento de relações com os setores industriais à montante (fornecedores de insumos e equipamentos) e à jusante (agroindústrias processadoras), de comercialização e serviços tais como os que dizem respeito ao crédito, à assistência técnica, pesquisa, formação de mão de obra (LACERDA e LACERDA, 2004). Os padrões produtivos por sua vez necessitam de uma visão sistêmica de controle do processo para que o resultado do produto final estejam dentro dos limites de especificações estabelecidos como padrão.

Visto a importância do controle do processo para a produção de alimentos, cumprimento de exigências técnicas para a liberação de sua comercialização e sendo uma das atividades econômicas mais fortes na cidade de Juazeiro-BA, o presente trabalho buscou analisar, se uma das agroindústrias da região está realizando a gestão da qualidade de seus produtos e, por meio das técnicas de controle estatístico do processo, se elas estão conseguindo cumprir com as especificações estipuladas por legislações e por seu projeto de produto.

Para isso este estudo visa responder ao seguinte questionamento:

“A agroindústria, situada no município de Juazeiro – BA, consegue produzir mantendo os requisitos de qualidade do seu principal produto, o óleo vegetal de algodão, dentro dos limites de controle previamente especificados?”

### **1.3 Objetivo do trabalho**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Analisar, utilizando a ferramenta do controle estatístico do processo, se a agroindústria, situadas no município de Juazeiro – BA, consegue produzir mantendo os requisitos de qualidade do seu principal produto, o óleo vegetal de algodão, dentro dos limites de controle previamente especificados.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Descrever como ocorre a gestão da qualidade na agroindústria selecionada;
- b) Utilizar as cartas de controle adaptativas para construção a avaliação do CEP;
- c) Comparar os resultados do controle estatístico do processo de amostras selecionadas com os seus limites de especificação;

### **1.4 Justificativa**

Dentre as dez grandes áreas da Engenharia de Produção está inserida a Engenharia da Qualidade, estando diretamente relacionada com o planejamento, projeto e controle de sistemas de gestão da qualidade, considerando também o gerenciamento de processos, utilizando ferramentas da qualidade (ABEPRO, S/D).

A qualidade, por sua vez, é vista hoje como um diferencial competitivo entre as empresas e na visão dos clientes ela é um dos critérios decisivos no processo de compra, além disso, são inúmeras as normalizações que regem a produção de qualquer espécie de produto ou serviço (CARVALHO e PALADINI, 2006; CARPINETTI, 2010). Logo, para estarem atuantes em um mercado tão dinâmico é preciso, não somente o cumprimento de especificações legais, como também estarem dentro dos padrões estabelecidos pelos clientes, buscando a sua satisfação.

Um produto ou serviço de qualidade é compreendido como sendo aquele que atende perfeitamente de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo às necessidades do cliente, o autor destaca em seu texto o foco no cliente como sendo o centro da qualidade dos produtos (CAMPOS, 2004).

Uma das definições de qualidade conceitua a mesma como sendo inversamente proporcional à variabilidade, de maneira que a sua redução se traduz diretamente em menos custos, pois propicia menos retrabalho e redução no gasto de tempo, esforço e dinheiro. Para a garantia e controle da qualidade do seu produto final é necessário haver o controle das características principais dos produtos a serem manufaturados. É sabido que as empresas utilizam o controle estatístico com o intuito de eliminar as causas especiais (MONTGOMERY, 2004).

Especificamente na indústria de alimentos, a garantia da qualidade está fortemente associada à segurança do consumidor e aos riscos de comprometimento da sanidade dos produtos (SANTOS e ANTONELLI, 2011). Verifica-se então a importância da utilização do controle estatístico da qualidade para as agroindústrias, que devem apresentar os seus requisitos de qualidade de maneira consistente e com a mínima inconstância, a fim de garantir a qualidade necessária dos seus produtos.

O presente trabalho visou contribuir com as agroindústrias da região através do controle estatístico do processo, com a finalidade de auxiliar na análise e controle das especificações dos seus produtos, visto que a maioria delas não utilizam essa ferramenta como meio para a melhoria da qualidade do seu produto final. Portanto, esse estudo desempenha um papel de relevância dentro da

engenharia de produção, inserindo a mesma em uma das principais atividades econômicas da região do Vale do São Francisco, contribuindo para o seu crescimento.

### **1.5 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos após o introdutório.

No capítulo 2, é apresentado o resumo teórico sobre o qual se deu o embasamento para o desenvolvimento do projeto, abordando conteúdos como: Agronegócio, A qualidade e sua gestão, Programa seis sigma e Controle estatístico do processo.

No capítulo 3, consta a descrição da empresa selecionada para este estudo de caso.

No capítulo 4, é exposta a metodologia e as ferramentas utilizadas para a análise desse estudo de caso.

O capítulo 5, aborda os resultados e discussões constados mediante a aplicação desse trabalho na agroindústria.

No capítulo 6, constam as considerações finais referentes ao trabalho.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conteúdo abordado nesse capítulo busca descrever, de maneira simplificada, o cenário e os conceitos necessários para o desenvolvimento do presente trabalho.

### 2.1 Agronegócio

As definições para o conceito de agronegócio demonstram que trata de uma junção de atividades que ocorrem em diferentes ocasiões. De acordo com Mendes e Junior (2007, p. 12), entende-se por agronegócio:

A soma total das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, das operações de produção nas unidades agrícolas, do armazenamento, do processamento e da distribuição dos produtos agrícolas e dos itens produzidos com base neles.

As propriedades rurais sofreram grandes transformações a partir da evolução socioeconômica, principalmente por conta dos avanços tecnológicos (ARAÚJO, 2005). Segundo o autor, esses fatores incentivaram a saída do homem do campo para o meio urbano.

Portanto, se considera que o agronegócio é visto não somente como as atividades desenvolvidas dentro das propriedades rurais (agrícola ou pecuária), englobando desde a produção do insumo até o mercado consumidor, com a disponibilização de alimentos. Assim, ele é tratado como um sistema relacionando aspectos econômicos e sociais (CALLADO, 2011).

A compreensão de tudo aquilo que está relacionado com o agronegócio poderá ser determinante para o sucesso de um negócio, esse fator é abordado por Araújo (2005). Este autor relata que para compreender o agronegócio, é necessário haver uma visão sistêmica de todos os seus componentes e inter-relações, para que haja a formulação de políticas e estratégias de maior eficiência. Juntamente com esse novo modo de conceituar o agronegócio surge a denominação *agribusiness*, cuja tradução é bastante indagada (MENDES E JUNIOR, 2007).

O termo *agribusiness* atravessou praticamente toda a década de 1980 sem tradução para o português e foi adotado de forma generalizada, inclusive por alguns jornais, que mais tarde trocaram o nome de cadernos agropecuários para *agribusiness*. Não eram raras as discussões sobre a

utilização do termo em inglês ou a tradução literalmente para o português para agronegócios, ou ainda os termos complexo agroindustrial, cadeias agroeconômicas e sistemas agroindustrial. Todos com a intenção de um mesmo significado (ARAÚJO, 2005, p. 20).

Entretanto para Batalha e Silva (2001) *apud* Callado (2011, p. 2), existem discordâncias entre os conceitos citados acima, pois para eles sistemas agroindustriais (SAI) é processo de transformação presente no horizonte que vai desde a produção dos insumos necessários para as atividades primárias até a obtenção dos produtos finais, independentemente do nível de qualificação tecnologia desse processo. O complexo agroindustrial, por sua vez, é definido pelos mesmo como sendo “um arranjo produtivo que surge a partir de uma determinada matéria-prima de base, tomando diferentes processos industriais, de beneficiamento e comerciais alternativos até se transformar em produtos finais”.

### **2.1.1 Agronegócio brasileiro**

Uma das principais atividades econômica do país é o agronegócio, que nos últimos anos tem colocado o Brasil numa posição confortável a nível mundial, quando se trata de produção e exportação, pois o país hoje é um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo (NOVAES *et al*, 2010).

Segundo Prates (2014) esse é o setor com maior potencial competitivo no mercado brasileiro, de maneira que o mesmo representa 20% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, sendo responsável por 41% das exportações, a mão-de-obra envolvida direta ou indiretamente.

As características presentes no território brasileiro contribuíram para que o mesmo obtivesse esse excelente desempenho, como por exemplo a existência de 527 milhões de hectares ou 62% do território possui potencial para agropecuária; a disponibilidade da maior reserva de água doce do mundo. O Brasil é o único país continental do mundo cujo eixo principal está no sentido norte-sul, apresentando todos os climas, desde o tropical até o frio; possui o domínio da mais avançada tecnologia de processo e manejo em agricultura tropical, devido aos investimentos efetuados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, junto com alguns Institutos Estaduais Públicos e Privados de pesquisa; dentre outros fatores (STEFANELO, 2008).



Alguns estados que obtiveram maior destaque no setor com o crescimento da produtividade anual em 2014 foram Minas Geras (6,5%), Bahia (5,7%) e Goiás (5,5%), outro fator relevante que chama a atenção nesse setor é a produção de grãos que possui uma perspectiva de alcançar 248 milhões na próxima década (PRATES, 2014).

Segundo Brasil (2011) citado por Souza (2012), as projeções para o agronegócio brasileiro são bastante otimistas, os estudos revelam que até 2020-2021 o crescimento da produção agrícola no país será contínuo, de maneira que estes resultados mostraram um acréscimo maior na produção do que nas áreas cultivadas, as exportações aumentarão consideravelmente, entretanto o mercado interno será capaz de absorver grande parcela dos produtos.

Na Tabela 1 segue o ranking dos produtos brasileiros na exportação e produção no ano de 2010. A partir dela se pode perceber a grande vantagem competitiva que o país possui em relação aos demais países quando se trata do agronegócio, este encontra-se como o primeiro lugar em 7 produtos no ranking da exportação e tem a maior produção mundial para 3 deles, e mesmo nos demais produtos citados na tabela ele apresenta uma boa posição. Isso significa que o Brasil é destaque na produção de alimentos, que são produtos com alta demanda e exigências do mercado.

Tabela 1: Participação do Brasil na produção e na exportação mundial de alimentos em 2010.

<b>Produto</b>	<b>Ranking na produção</b>	<b>Ranking na exportação</b>
<b>Açúcar</b>	1º	1º
<b>Café</b>	1º	1º
<b>Suco de laranja</b>	1º	1º
<b>Soja</b>	2º	2º
<b>Carne bovina</b>	2º	1º
<b>Tabaco</b>	2º	1º
<b>Cana-de-açúcar / etanol</b>	2º	1º
<b>Aves</b>	3º	1º
<b>Milho</b>	4º	3º
<b>Carne Suína</b>	4º	4º

**Fonte:** Agronegócio... (2011) *apud* Souza *et al* (2012).

Segundo IBGE, 2009 *apud* Souza, 2012, é sabido que cerca de 50% do valor total da produção da agrícola brasileira são advindos da soja (26,98%), da cana-de-açúcar (17,04%) e do milho (10,68%), para o período de 2008. Como pode ser visto

na Tabela 1, em 2010 o açúcar destaca-se apresentando as primeiras colocações no volume produtivo e de exportação.

Estudos realizados pela Farsul (Federação Agrícola do Rio Grande do Sul) apontam as projeções do consumo e produção, por continente e para o estado do Rio Grande do Sul, de vários produtos agrícolas para os próximos 10 anos. Os resultados apontam a expansão do consumo de grãos em 441 milhões de toneladas, 7,4 milhões de toneladas carne bovina e 38 milhões de toneladas de leite fluído. O Brasil, por sua vez, poderá contribuir com 16% desse total, aumentando a safra brasileira em quase 270 milhões e a gaúcha em 42 (LUZ, S/N).

Embora o país esteja em papel de destaque no agronegócio mundial, ele ainda enfrenta obstáculos que influenciam negativamente no seu desempenho, dentre os principais se sobressai a predominância do modal rodoviário na matriz dos transportes brasileiro, gerando ineficiência e redução de lucratividade para os produtores agrícolas (NOVAES, 2004). Assim, ao confrontar as perspectivas das projeções e as dificuldades citadas acima pelo autor, percebe-se a necessidade da centralização de esforços para o beneficiamento do agronegócio brasileiro, desde o campo até as cadeias logísticas do produto final, principalmente transformando a produção agrícola em produtos agroindustriais aumentando assim, seu valor agregado.

### **2.1.2 Agroindústria**

As agroindústrias surgiram em meio ao processo de globalização, como o objetivo originário de aprimorar os produtos cultivados pelos agricultores e pecuaristas, proporcionando para essas atividades um visão diferenciada e uma nova perspectiva de crescimento (ENGEL e FERNANDES, 2015; OLIVEIRA e ANDRADE, 2012). Essas mudanças proporcionaram também uma fonte de subsistência e renda para as famílias rurais que mantinham apenas suas atividades tradicionais.

De acordo com Oetterer (2006), as indústrias que utilizam a produção agrícola como matéria-prima para a fabricação do produto final, são chamadas de agroindústrias, estando inseridas em um sistema de atividades relacionadas direta

ou indiretamente com a produção e a obtenção da matéria-prima. Dessa forma elas podem ser classificadas em relação a sua localização ou produto final.

São inúmeras as classificações elaboradas por autores para os tipos existentes de agroindústrias, isto que existem muitas unidades com características peculiares, que as diferencia uma das outras. Gazolla (2013) as subdivide em familiar (AF), não-familiar (ANF), localizadas em ambientes urbanos ou rural.

Segundo o IBGE (2006) *apud* Bastian *et al* (2014) as agroindústrias rurais são aquelas que realizam as atividades de beneficiamento e transformação das matérias-primas animais e vegetais oriundas do próprio estabelecimento ou de terceiros, assim como a produção ocorre dentro de suas instalações, comunitárias ou de outros, desde que o destino final do produto seja dada pelo produtor.

É importante ressaltar que em alguns casos as empresas não têm nenhuma relação com a produção agrícola, além da matéria-prima in natura que recebe dessa fonte. Isso ocorre principalmente nas agroindústrias localizadas no ambiente urbano, visto que diferentemente das rurais, elas não estão necessariamente inseridas no meio agrícola/pecuário (Gazolla, 2013).

Trabalhos científicos destacam as atividades presentes nas agroindústrias rurais, devido os resultados trazidos para as famílias. Para Mior, 2007 *apud* Bastian *et al*, 2014, as alterações que ocorreram no ambiente rural foram promovidas pelos avanços tecnológicos realizados na produção agrícola, assim como pela longa cadeia da produção agroindustrial. Os padrões produtivos e o perfil da cadeia, trazem para o cenário interiorano um novo papel, cujo objetivo principal, em grande parte, é a geração de matéria-prima para as agroindústrias.

Bastian *et al* (2014) abordam em seu trabalho a agroindústria rural e sua subdivisão em AF e ANF. A primeira possui gestão familiar, possui seus esforços voltados a subsistência, produção diversificada, mão-de-obra familiar; já a segunda apresenta gestão menos centralizada, objetivos de obter renda, produção com número de atividades reduzidas, commodities em grande quantidade para gerar ganhos de escala, mão-de-obra predominantemente contratada.

O estudo realizado pelos autores no Rio Grande do Sul, associou a existência das agroindústrias familiares com à produção própria da matéria-prima e que o baixo

índice de escolaridade entre os gestores das agroindústrias familiares implica a necessidade de acompanhamento técnico constante e o oferecimento de cursos de capacitação por instituições estatais e/ou privadas (assistência técnica e extensão rural (ENGEL e FERNANDES, 2015).

Embasado nas obras dos autores pode se afirmar que as agroindústrias são empresas cujo papel fundamental é beneficiar e transformar os produtos de origem agrícola/pecuária agregando valor aos mesmos e localidade onde estão inseridas, proporcionando o crescimento dos pequenos e grandes produtores no país.

Neste trabalho a agroindústria em questão originou-se como familiar e atualmente enquadra-se como não-familiar, visto que ela recebe a matéria-prima de diversos agricultores, possui quadros de funcionários com atividades gerenciais distintas, grande volume produtivo e o produtor não interfere no destino do produto final.

### **2.1.3 Vale do São Francisco e o agronegócio**

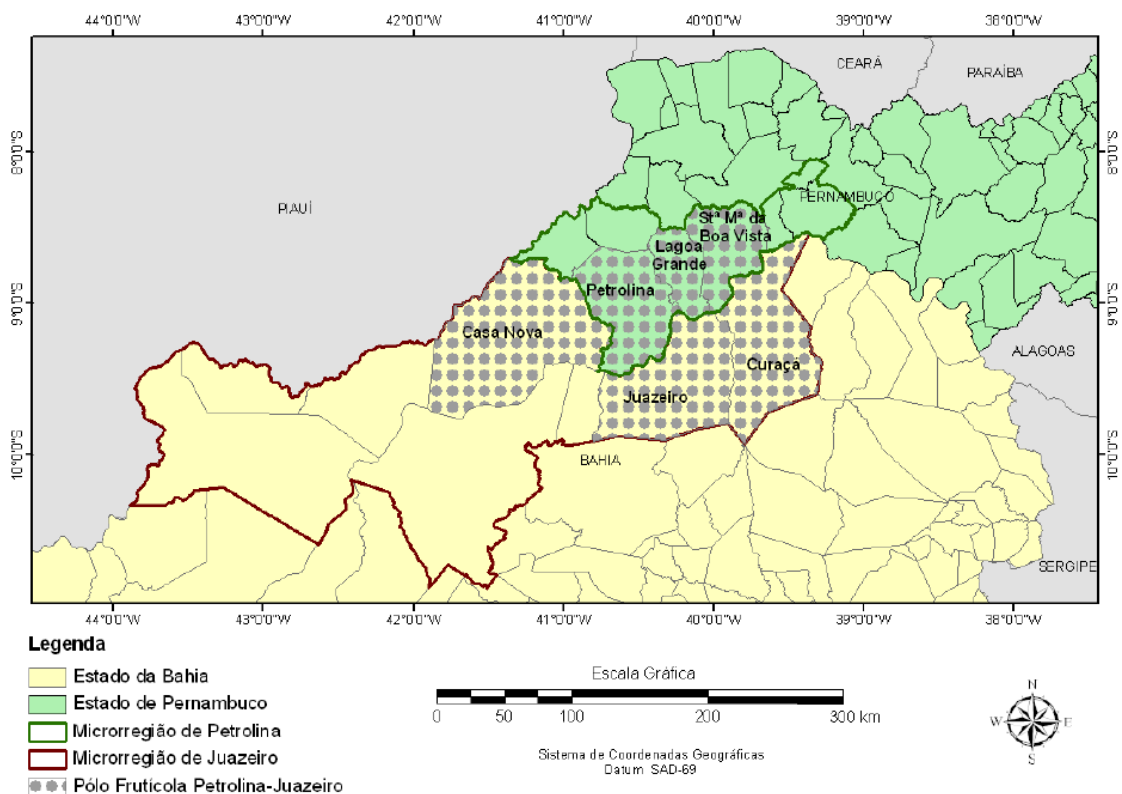
A Região do Vale do São Francisco se destaca no setor do agronegócio devido a suas atividades de fruticultura irrigada, atualmente ele é um grande produtor de frutas e hortaliças. As margens do Rio São Francisco as cidades de Juazeiro, na Bahia e Petrolina, em Pernambuco compõem o polo da fruticultura do Vale do São Francisco (BUSTAMANTE, 2009).

Situado no semiárido brasileiro, o Polo Frutícola Petrolina/Juazeiro passou por uma série de transformações nas suas atividades agrárias devido ao investimento do Estado para que houvesse o seu aprimoramento, gerando benefícios para os produtores (ARAÚJO e SILVA, 2013). O padrão produtivo se modernizou transformando o cenário econômico dessa região, o que ocorreu principalmente depois da implantação dos perímetros públicos e privados, no final dos anos 60, além dos investimentos estatais com a infraestrutura hídrica e elétrica (LACERDA e LACERDA, 2004).

Segundo dados da Dinheiro Rural Online (2014), a produção anual em 2014 foi superior a um milhão de toneladas de frutas, onde as culturas de maior destaque são uva de mesa e manga. Outras culturas também são desenvolvidas como a goiaba, coco verde, melão, melancia, acerola, maracujá, banana e outras frutas.

As cidades de Petrolina-PE e Juazeiro-BA são centros de um polo formado por mais seis municípios (Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista, Orocó, em Pernambuco; e, Sobradinho, Casa Nova e Curaçá, na Bahia), cujo mapa está representado na Figura 01. Além disso, a sua localização é bastante estratégica para o escoamento dos produtos, visto que estão praticamente equidistantes das principais capitais nordestinas, a saber, Recife-PE, Fortaleza-CE e Salvador-BA (BUSTAMANTE, 2009).

Alguns dos problemas a serem enfrentados pelo arranjo produtivo local - APL são listados por Bahia (2008), como sendo má formação escolar da mão-de-obra e dos agricultores familiares, pouca rentabilidade e competitividade dos pequenos negócios frutícolas, insuficiência na capacitação dos produtores de pequeno porte, insumos com custos altos, o processo de certificação e de sua manutenção (Produção Integrada, Eurep-Gap, Orgânicos, etc.) exigem alto investimento acarretando em custo acima do que os pequenos produtores podem custear, dentre outros.



**Figura 1:** Localização do Polo Frutícola Petrolina/Juazeiro.  
**Fonte:** IBGE. Malha Municipal Digital (2001), *apud* Araújo e Silva (2013).

É visto, que existem barreiras a serem enfrentadas pelo agronegócio nessa região, ainda que a mesma ocupe um lugar de destaque no cenário nacional frente a esse setor econômico.

## **2.2 A qualidade e sua gestão**

Qualidade é algo bastante subjetivo, pois existem diferentes perspectivas para o seu uso. É possível associá-la a quantidade de atributos presentes em um produto, a confiabilidade, ao valor associado ao produto, ou ainda ao grau de satisfação do usuário, dentre outros (CARPINETTI, 2010). Logo, existem variedades de definições e significados para o que seja qualidade.

Alguns dicionários definem a qualidade como sendo um atributo ou condição natural, um ponto na qual uma pessoa se diferencie das demais, ou ainda a maneira de ser ou essência; abordam também o fato de se tratar do grau de perfeição, de precisão e conformidade com um padrão (MICHAELIS, 2009; AURÉLIO, 2014). Essas definições apontam elementos de características pessoais, assim como os relacionados as coisas, fatores de um produto ou serviço, sendo algo almejado de acordo com a preferência dos que buscam-na.

Na conclusão de Batalha (2012), ela representa uma síntese de aspectos sensíveis, possui propriedades intrínsecas de coisas, ela está ligada à perfeição e pode ser o critério de diferenciação entre coisas/objetos/produtos aparentemente iguais. Ela é a junção de várias características presentes em um produto, sendo avaliadas de maneira subjetiva ou objetiva, e através dessa mensuração da qualidade se atribui aos produtos o grau de qualidade ou de excelência dos mesmos e isso os diferencia uns dos outros. Segundo Carpinetti *et al* (2010, p.14) “não existe na literatura uma definição única, universal para qualidade; os próprios gurus da qualidade apresentam diferentes definições”.

Para Walter A. Shewhart, “A qualidade é subjetiva e objetiva.”. Ele foi o responsável pela junção de fundamentos estatísticos com os gráficos para implantação no chão-de-fábrica, ferramenta foi chamada de gráficos de controle, propulsor do ciclo PDCA (plant-do-check-act), que possui a finalidade auxiliar na organização da análise e solução de problema, com enfoque na melhoria contínua. Edwards Deming defendia a visão Shewhart sobre o uso da estatística no controle

da qualidade, assim como o ciclo PDCA nas tomadas de decisões para resolução de problemas. Ele participou da recuperação da indústria japonesa, ficando conhecido como o pai do controle de qualidade no Japão, assim passou a difundir as ideias de participação dos trabalhadores na procura contínua pela qualidade, o que chamaram de *Kaizen*, logo para Deming deve existir o comprometimento de todos os funcionários na busca pela qualidade (CARVALHO e PALADINI, 2005).

Joseph M. Juran, por sua vez, também aborda sobre o controle e melhoria da qualidade, todavia traz a ligação dos dois termos com um terceiro, o processo de planejamento da qualidade, chamado de Trilogia da qualidade. Ele também foi o primeiro a relatar sobre os custos da qualidade e sua possível divisão que seria: custo de prevenção, custo de avaliação, custos de falhas internas e custos de falhas externas (Batalha, 2012).

Uma das definições da qualidade para Kaoru Ishikawa é que ela deve satisfazer ao cliente, para que se possa ser altamente competitivo. Ele foi de extrema importância para a difusão das ferramentas e técnicas de análise e soluções de problema, uma delas chamada de Diagrama de Ishikawa. Já Genichi Taguchi tinha seu estudo focado nas atividades do projeto, que chamou de controle de qualidade *off-line*, para ele só era possível satisfazer o cliente através da qualidade robusta. Outro conceito adotado por Taguchi era a respeito da função perda da qualidade, onde dizia que o afastamento de uma característica de qualidade do valor nominal gerava “perda para sociedade” (BATALHA, 2012; CARVALHO e PALADINI, 2005). Para ele, “a qualidade é a perda monetária imposta à sociedade a partir do momento que o produto sai da fábrica” (TAGUCHI *et al.*, 1990, p. 3 *apud* PALADINI, 2006).

A sistematização do controle de qualidade por toda a empresa, ou seja, por todos os departamentos, partiu de Feigenhaun com a criação da Total Quality Control (TQC), onde a qualidade que se deseja atingir é responsabilidade de todos (BATALHA, 2012). A partir desse momento originou-se uma preocupação maior com a estrutura organizacional e sua sistematização, do que somente com o controle estatístico propriamente dito.

David Garvin (1864) criou as 5 abordagens da qualidade, sendo elas os princípios utilizados para conceituar esse termo, foram chamadas por ele como as abordagens conceituais da qualidade (CARVALHO e PALADINI, 2005). Elas buscam esclarecer os motivos pelos quais os consumidores compram um produto ou pagam por um determinado serviço, seguem abaixo as abordagens descritas por Garvin (1987) *apud* Carvalho e Paladini (2005):

- Transcendental – se trata de uma excelência nata, é aquela cujo reconhecimento é universal, ou seja, algo que é sinônimo de qualidade para os consumidores;
- Baseada no produto – a qualidade é originada pelos atributos presentes no produto, assim ela pode ser mensurada de maneira mais precisa;
- Baseada no usuário – nesse caso a qualidade é dita como uma variável subjetiva, é uma espécie de avaliação dos atributos do produto, logo cada usuário se manifesta e tem uma percepção diferente frente a uma mesma característica;
- Baseada na produção – representa o nível de divergência entre o planejado e o executado, ou seja, com as especificações do projeto e o resultado final do produto, nessa definição a qualidade é uma variável precisa e mensurável;
- Baseada no valor – essa é uma abordagem que origina um trade-off entre a excelência e preço, isso significa o quanto o cliente estará disposto a desembolsar para adquirir o produto.

Como já dito anteriormente qualidade pode ser vista a partir de vários modos, há uma divisão dessas maneiras de se observar a qualidade, caracterizando 8 componentes ou dimensão da qualidade segundo Garvin (1987) *apud* Montgomery (2004, p. 2): desempenho, confiabilidade, durabilidade, assistência técnica, estética, características, qualidade percebida e conformidade com especificações. Considerando as contribuições dos gurus da qualidade, abordagem da qualidade baseada na produção, e suas dimensões, pode-se definir a qualidade como sendo um padrão que expresse a pluralidade dos critérios estabelecidos pelas empresas, normas fiscalizadoras e clientes.



Surgiu um tema relevante para qualquer organização que pretende permanecer em atividade no cenário atual, que é a gestão da qualidade presente em produtos/serviços/processos. Ela se tornou um elemento relevante para a estratégia competitiva das empresas, a fim de utilizar a melhoria da qualidade como um diferencial competitivo para manter-se atuante, existindo a possibilidade de conquistar novos mercados, caso seja um dos objetivos da organização (CARPINETTI, 2010).

A Gestão da Qualidade envolve toda a organização e desenvolve-se ao longo do tempo, de forma contínua e progressiva. Ela é, portanto, abrangente e evolutiva. Não é um esforço temporário, mas algo que se faz sempre, ou seja: a Gestão da Qualidade é, antes de tudo, uma característica que identifica a organização e, por isso, confunde-se com ela. Só poderia assim, ser ampla e permanente (PALADINI, 2006, p. 314).

As organizações buscam um aprimoramento contínuo das suas atividades para adquirir resultados amplamente difundidos nelas, assim ainda segundo o autor, “o que se deseja, na verdade, é estruturar um processo de gestão qualidade, ou seja, gestão com qualidade” (PALADINI, 2006, p. 314).

Na procura por uma gestão estratégica da qualidade eficiente surge o programa de melhoria Seis Sigma, que sugeri a sustentação e maximização do negócio, através da utilização de métodos que sejam adequados aos requisitos dos clientes, pelo de ferramentas estatísticas e pela forte atenção dada ao gerenciamento (MARSHALL, 2006; PANDE *et al*, 2000 *apud* SCHELLER e MIGUEL, 2014).

### **2.3 Programa Seis Sigma**

O Programa de melhoria Seis Sigma é fundamentado nas ideias de Shewhart, Deming e Juran, seus objetivos principais é reduzir o número de defeitos ocorridos, minimizar a variabilidade do processo, adquirir custos inferiores, otimizar estoques, reduzir tempo de ciclo e conseqüentemente satisfazer os clientes (MARSHALL *et al*, 2006).

As melhorias oriundas desse programa são constituídas de dois fatores primordiais que são a estrutura organizacional e as técnicas estatísticas. O Seis Sigma estabelece níveis diferenciados de capacitação e de responsabilidades para

conduzi-lo, o segundo fator é o meio de orientação que auxilia no processo de análises e tomadas de decisão (CARPINETTI, 2010). Percebe-se que, para a eficiência dessa metodologia, é necessária a junção desses dois termos.

Para a sua implantação uma das primeiras atitudes a serem tomadas é a especialização, escolha e capacitação dos profissionais envolvidos na linha de frente (lideranças) do projeto, para que posteriormente toda a organização esteja envolvida. A cultura de basear as decisões em fatos concretos e dados melhora a qualidade das decisões que serão tomadas (ANTONY, 2006 *apud* GALVANI e CARPINETTI, 2013; MARSHALL *et al*, 2006).

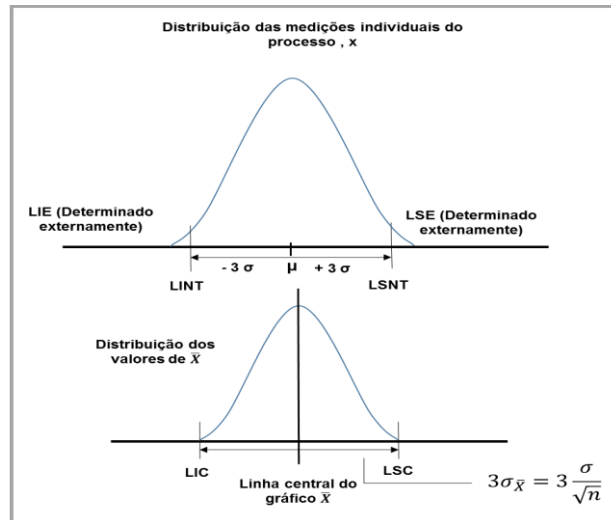
Conseqüentemente a qualidade das decisões geram o aumento do conhecimento sobre as necessidades intrínsecas dos clientes e suas expectativas, confiabilidade e eficiência nas atividades internas, minimização do número de operações desnecessárias que não agregam valor ao produto final, resultados precisos e consistentes, esses são alguns benefícios listados por Antony (2006) *apud* Galvani e Cartinetti (2013).

No âmbito da estatística envolvida, para determinar o nível de qualidade de um processo deve-se saber qual a proporção de rejeição que ele possui. Um nível de qualidade de 1.000 ppm (partes por milhão) significa que, estatisticamente, a expectativa é que de um milhão de unidades produzidas, cerca de 1.000 serão rejeitadas por não se enquadrarem dentro dos limites de tolerância especificados. Para estimar a probabilidade de ocorrerem itens, ainda não produzidos, fora da taxa de tolerância são usados os conceitos estatísticos de probabilidade (CARPINETTI, 2006).

Segundo Galvani (2010) e como relatado anteriormente, um dos objetivos do Seis Sigma é aprimorar a qualidade mediante a redução da variabilidade, o que significa diminuir o desvio padrão e aumentar o nível sigma do processo, que nesse caso é o nível seis sigma ( $6\sigma$ ), ele representa a probabilidade de gerar defeitos na ordem de 0,002 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), quando centrado no valor nominal (média).

A Figura 2 representa uma distribuição da curva normal nos padrões de qualidade Seis Sigma (onde a tolerância especificada é de  $\pm 3\sigma$ ), ou seja, a

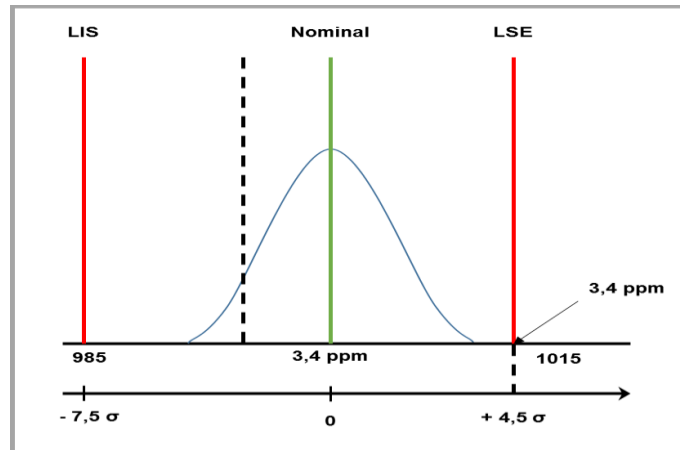
probabilidade de um elemento recair fora do intervalo  $[\mu-3\sigma; \mu+3\sigma]$  é de 0,000002% ou dois defeitos por bilhão de resultados (CARPINETTI, 2010).



**Figura 2:** Processo I com nível de qualidade Seis Sigma e centrado no valor nominal.  
**Fonte:** Adaptado de Montgomery (2004).

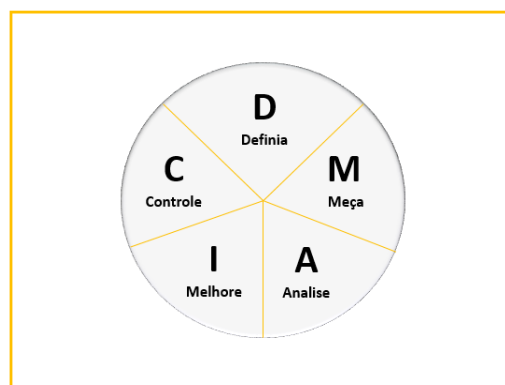
Por conseguinte, é preciso destacar que na prática, raramente um processo ficará em torno de uma média, porém ao longo do tempo ela tende a se deslocar e somado a variação natural do processo ocasiona o aumento da probabilidade de gerar defeitos. No Seis Sigma esse efeito é chamado de variação da média à longo prazo, estabelecido como tendo uma probabilidade de ter 3,4 DPMO de não conformidade ou seja perde  $1,5\sigma$ , devido a descentralização do processo ao longo do tempo (GALVANI, 2010).

A situação relatada acima é a que apresenta um perfil mais adequado ao de um caso real, na Figura 3 temos uma distribuição de curva normal que representa tal conjuntura. A imagem exhibe um resultado cuja a média está deslocada em  $1,5\sigma$  em relação a taxa de tolerância especificada, logo a probabilidade de ocorrer resultados fora dos limites de especificação será de 3,4 ppm. Este processo está nos padrões aceitáveis do programa seis sigma.



**Figura 3:** Processo II com nível de qualidade Seis Sigma e centrado no valor nominal.  
**Fonte:** Adaptado de Carpinetti (2010).

O programa Seis Sigma permite a utilização de diversas ferramentas como por exemplo, as ferramentas de controle estatístico do processo e o método DMAIC. O método DMAIC (*define, measure, analyse, improve and control*) é uma metodologia adotada para a buscar as soluções de problemas, sua utilização é bastante diversa, sendo umas das ferramentas importantes para a implantação do programa Seis Sigma, com o intuito de conseguir melhorias nos produtos/processos, projetá-los ou reprojeta-los (SILVIO, 2006). Sabe-se ainda que o DMAIC é um método PDCA, estruturado de outra maneira. Na Figura 4 está representada de maneira sucinta os passos para a sua aplicação:



**Figura 4:** Método DMAIC de Controle de Processo.  
**Fonte:** Adaptado de Silvio (2006).

Segundo Marshall *et al* (2006) os objetivos inseridos nas etapas do DMAIC são:

- Etapa 1: D – (Definir) Definir as prioridades

Nesta etapa é definido o problema que será solucionado por meio de um projeto Seis Sigma, ou a definição de uma oportunidade, identificando quais são as partes envolvidas, realizar o mapeamento do processo para a identificação no local gerador do problema, definir claramente por escrito quais são as atribuições de cada pessoa envolvida no projeto, recursos necessários, o cronograma (ANTONY, 2006 *apud* BOER *et al*, 2010).

- Etapa 2: M – (Medir) Como o processo é medido e como é executado?

Fase na qual se deve conhecer qual a real situação do processo, onde a equipe Seis Sigma faz as medições com a finalidade de recolher indicadores que possam mensurar a real situação antes e após o projeto iniciar (ANTONY, 2006 *apud* BOER *et al*, 2010; MARSHALL *et al*, 2006);

- Etapa 3: A – (Analisar) Identificação das principais causas

Etapa onde se analisam os dados coletados, ela é muito importante carecendo aqui do uso de ferramentas tradicionais de qualidade e as ferramentas estatísticas para que seja possível constatar quais as causas normal e especial presentes no processo, se torna necessário nessa fase o uso de *softwares* estatísticos para auxiliar a equipe nos cálculos e construção de gráficos (CARVALHO e PALADINI, 2006).

- Etapa 4: I (Melhorar) – Eliminação das causas dos defeitos

A partir desse momento, onde já foram analisadas quais as causas pertinentes para a ocorrência dos defeitos, as devidas melhorias começam a ser feitas. Primeiramente a equipe deverá transformar os dados estatísticos em dados do processo, para efetuarem as análises e definir o que fazer para atingir a causa-raiz do problema e assim elimina-lo. Deve haver a interação entre a equipe e as pessoas que desempenham as atividades no cotidiano, para que as melhorias possam ser materializadas no processo de uma maneira apropriada (CARVALHO e PALADINI, 2010; CLETO e QUINTEIRO, 2011).

- Etapa 5: C (Controlar) Manutenção das melhorias

O controle possibilita a continuidade do programa Seis Sigma, porém é preciso saber se os ganhos com as melhorias serão preservados, isso só é possível se for elaborada uma documentação com todos os registros dos procedimentos e os resultados para que se possam avaliar as vantagens de um projeto realizado com êxito. Deve-se ainda criar um plano de controle para o acompanhamento das variações e para que sejam feitas as devidas correções (MARSHALL *et al*, 2006).

Dessa forma a ligação do método DMAIC com o Seis Sigma está no pensamento estatístico, na aplicação das ferramentas e técnicas da qualidade, na vinculação do Seis Sigma com a estratégia de negócio da empresa, na busca por envolvimento de todos os funcionários e a satisfação dos clientes, integração dos aspectos humanos e dos processos para a realização das melhorias, além disso a responsabilidade e compromisso de toda a direção (ANTONY, 2006 *apud* BOER *et al*, 2010).

## **2.4 Controle estatístico do processo**

Como visto anteriormente as ferramentas estatísticas estão presentes em todo o processo de implementação do programa Seis sigma, assim como nas etapas de análise e controle da metodologia DMAIC. Portanto, é notória a importância do conhecimento sobre o Controle Estatístico de Processo (CEP) para a garantia da melhoria da qualidade.

### **2.4.1 Considerações gerais**

O CEP é uma das principais ferramentas da qualidade utilizadas no meio industrial, pois suas características comportam uma série de possibilidades para a coleta, análise e interpretação de dados, com o objetivo de melhorar a qualidade por meio da eliminação das causas especiais (MONTGOMERY, 2004 *apud* SANTOS *et al*, 2010).

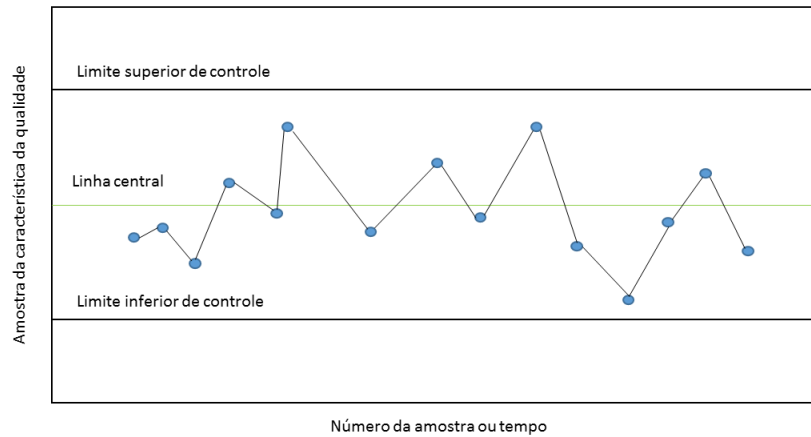
Essa metodologia empregada através de técnicas estatísticas, busca proporcionar o controle e monitoramento das variações presentes no processo produtivo. Elas podem apresentar-se extremamente pequenas, fazendo com que haja o entendimento de que os produtos são idênticos, quando ocorrem dessa forma

não afetam a qualidade final do produto e são imperceptíveis. São consideradas causas comuns ou aleatórias de variabilidade, pois elas são inerentes ao processo (GAUTÉRIO e MATTOS, 2014; COSTA *et al*, 2005).

Quando fatores especiais estão presentes no processo produzem variabilidade adicional, estas são denominadas causas especiais ou causas atribuíveis. Elas geralmente causam um nível maior de variação do que as causas comuns, sendo considerada inaceitável (NAVIDI, 2012). De acordo com Leoni *et al* (2013), o comportamento apresentado por elas, não segue um padrão aleatório, são imprevisíveis e seus efeitos são significativos para a qualidade do produto.

Como exemplos de fatores que geram as causas especiais no processo, Costa *et al* (2005) e Navidi (2012) citam: o mau funcionamento de máquinas, erro de operador, flutuações nas condições ambientais, desajustes de máquinas, variações nas propriedades das matérias-primas estão entre esses fatores. O processo deve ser monitorado a fim de perceber a ocorrência de causas especiais no sistemas, a partir do momento que se detecta esse problema é necessário identificar quais são essas causas para então elimina-las por meio de alguma melhoria aplicada no processo, ou correção de alguma atividade (COSTA *et al*, 2005).

Uma das principais ferramentas utilizadas pelo CEP para o monitoramento do processo, são os chamados gráficos ou cartas de controle, se trata de uma apresentação gráfica de uma característica da qualidade escolhida e medida ou calculada mediante um número de amostras *versus* o número do tempo ou da amostra (MONTGOMERY, 2004). A Figura 5 está representando um modelo de gráfico de controle.



**Figura 5:** Um típico gráfico de controle.  
**Fonte:** Adaptado de Montgomery (2004).

As cartas de controle, normalmente são gráficos do tipo característica da qualidade *versus* horizonte de tempo, compostas por uma linha média central (LM), que representa o valor médio da característica de qualidade correspondente ao controle, um par de limites de controle, um superior (LSC) e o outro inferior (LIC) à linha central, e de uma distribuição de pontos que representam as  $n$  amostras coletadas em um determinado período de tempo (MONTGOMERY, 2004).

O modelo geral para a determinação do valor central e dos limites de controle, ocorre a partir de uma característica de qualidade com estatística amostral  $W$ , baseado na coleta de um número  $n$  de amostras e com intervalo amostral  $h$ , onde  $\mu_w$  representa a média de  $W$  e  $\sigma_w$  é o seu desvio-padrão (MONTGOMERY, 2004), e os limites de controle são dados pela Equação 1:

$$\begin{cases} \text{LSC} = \mu_w + L\sigma_w \\ \text{LM} = \mu_w \\ \text{LIC} = \mu_w - L\sigma_w \end{cases} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde  $L$  é a distância, em desvio-padrão, entre os limites de controle e a linha central.

A localização dos pontos na carta de controle indica a estabilidade do CEP. De modo simplificado, quando existe a presença apenas de causas comuns na variabilidade no processo os pontos (amostras) encontram-se situados entre os



limites de controle e a linha central, o processo está sob controle estatístico. Caso haja grande variação ocasionando a saída de um ou mais pontos dos limites estipulados, ou seja, existe a presença de causas especiais, o processo não está sob controle (MONTGOMERY, 2004). Outra maneira de diagnosticar um processo fora de controle estatístico, são tendências que podem aparecer nos gráficos.

Segundo Gautério e Mattos (2014), uma fase importante e que precisa de cuidados está na escolha das variáveis a serem monitoradas, assim como a adequação do tipo de gráfico as variáveis escolhidas e na determinação dos parâmetros usados para identificação das alterações. Vários autores salientaram em suas obras a importância de estabelecer corretamente os parâmetros utilizados no CEP, pois eles afetam a eficiência do controle. Eles afirmam que a estimação dos parâmetros deve ser feita mediante um número muito grande de amostras, ou seja, uma amostragem representativa, significativa para o processo analisado (TSUNG, 2012 *apud* GAUTÉRIO e MATTOS, 2014; CASTAGLIOLA e MARAVELAKIS, 2011).

Um dos grandes benefícios dos gráficos de controle é que os mesmos diferem entre os de medição (variáveis) e os de atributos. A escolha irá depender das características da qualidade a serem analisadas, ou seja, se são dados de medições ou enumerativos (HINES *et al*, 2011).

São vários os tipos de cartas de controle por variáveis existentes, o uso de cada uma delas dependerá da característica da qualidade estudada. Em busca da melhoria da efetividade dos gráficos de controle, foram propostas modificações nos tamanhos de amostras, assim como com intervalos de coleta variáveis, divergindo do modelo tradicional, onde esses parâmetros são mantidos fixos (PEDRINI E CATEN, 2008). Nestes casos em que não é possível um número de amostras padrão ou em que os intervalos de coleta são indefinidos, aconselha-se utilizar as cartas de controle adaptativas.

#### **2.4.2 Controle de qualidade $\bar{X}$ e S com tamanho de amostras diferentes**

Na construção da carta de controle por variáveis, destacam-se a utilização das cartas  $\bar{X}$  e S e  $\bar{X}$  e R, quando as amostras possuem tamanho maior que 1. Nesse caso são elaborados primeiramente os gráficos de R e S, que buscam

controlar a variabilidade do processo, e posteriormente o gráfico  $\bar{X}$ , com o objetivo de controlar a média do processo produtivo (NAVIDI, 2012; MONTGOMERY, 2004).

A finalidade de ambas as cartas de controle R e S é a mesma, que trata de estimar o desvio-padrão do processo e determinar se o mesmo está sob controle estatístico (NAVIDI, 2012). Todavia a escolha por uma dessas duas opções irá depender das características da coleta dos dados amostrais do requisito de qualidade analisado.

De acordo com Montgomery (2004) e Vieira (1999) citado por Pedrini *et al* (2007), utiliza-se os gráficos  $\bar{X}$  e S quando o tamanho da amostra  $n$  é maior que 10 ou 12, pois nesse caso o gráfico de R superestima o desvio-padrão, ou quando o tamanho amostral é variável.

Ao construir o gráfico de  $\bar{X}$  para amostras com tamanhos diferentes, a média geral é determinada através de uma média ponderada das médias amostrais, de maneira que o peso representa os diferentes tamanhos das amostras (MONTGOMERY, 2004; PEDRINI e CATEN, 2008). Segue abaixo a Equação 2 com a qual é calculado o valor da sua linha central (LM):

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^K n_i \times \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^K n_i} \quad (\text{Equação 2})$$

A estimativa da linha central do gráfico de S é determinada por Montgomery (2004), de maneira que ela permaneça constante, como pode ser visto na Equação 3:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) S_i^2}{\sum_{i=1}^k (n_i) - k}} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde, para as duas equações supracitadas, as incógnitas representam:  $n$  é o tamanho da amostra  $i$ ,  $\bar{X}$  é a média da amostra  $i$ , e  $K$  é o número total de amostras, e  $S^2$  é a variância da amostra  $i$ .

Os limites de controle superior e inferior são estipulados mediante o uso de constantes tabeladas ( $A_3$ ,  $B_3$  e  $B_4$ ), e vale ressaltar que elas irão variar de acordo com o tamanho amostral (MONTGOMERY, 2004). Sendo assim os parâmetros dos gráficos  $\bar{X}$  e S são, respectivamente:

$$\begin{aligned} \text{LSC} &= \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S} \\ \text{LM} &= \bar{\bar{X}} \\ \text{LIC} &= \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S} \end{aligned} \quad (\text{Equação 2.1})$$

$$\begin{aligned} \text{LSC} &= B_4 \bar{S} \\ \text{LM} &= \bar{\bar{S}} \\ \text{LIC} &= B_3 \bar{S} \end{aligned} \quad (\text{Equação 3.1})$$

Duas opções para amostras com tamanhos próximos é o uso do seu tamanho médio, ou do tamanho modal das amostras, e a exclusão aleatória dos dados para fazer com que todos os subgrupos tenham a mesma dimensão da menor amostra (NELSON 1990 *apud* PEDRINI e CATEN, 2008; GRANT & LEAVENWIRTH, 1992; MONTGOMERY, 2004).

A metodologia proposta por Pedrini e Carten (2008) e Pedrini *et al* (2007), se caracterizou por construí gráficos de  $\bar{X}$  e S com tamanho de amostra variável. A aplicação do método segue a seguinte ordem:

- 1º. Escolha da característica de qualidade a ser analisada;
- 2º. Formação e formatação do banco de dados;
- 3º. Realização de análise estatísticas;
- 4º. Plotagem dos gráficos;
- 5º. Análise do processo para conhecer a característica escolhida;
- 6º. Análise de correlação entre a variável escolhida e outras;
- 7º. Teste de estabilidade.

Para Pedrini e Caten (2008), um dos problemas relevantes do gráfico  $\bar{X}$  e S com tamanho de amostra variável são os limites de controle inconstantes, causando dificuldade na interpretação. Isso acontece devido a existência de valores divergentes de limites para cada uma das amostras.

### 2.4.3 Cartas de controle adaptativas

As cartas adaptativas de controle são instrumentos que permitem a utilização de parâmetros variáveis, definidos conforme o estado atual do processo, determinado pelo valor da estatística plotada na carta (MICHEL, 2001). Dessa

maneira, quando o processo produtivo possui a característica de amostragem com alguma variação, elas são tidas como as cartas mais fiéis a realidade.

Nesse tipo de carta de controle pelo menos um dos parâmetros é variável, suas modificações acontecem instantaneamente acompanhando o monitoramento do processo (NOOROSSANA *et al*, 2011). Segundo Tagara (1998) *apud* Michel (2001), designa a existência dos seguintes parâmetros “adaptáveis”: a frequência de amostragem (h), o tamanho da amostra (n), e o coeficiente dos limites de controle (L).

O princípio do funcionamento da carta de controle adaptativa está fundamentado na seguinte lógica: suponha que o valor estatístico de uma amostra foi plotado próximo a linha central do gráfico de controle, sendo inexistente uma tendência de mudança no parâmetro de processo. A estratégia seguinte seria a coleta de amostras com tamanho menor, e/ou intervalo de tempo de coleta mais longo, e/ou o coeficiente L maior. Em uma situação contrária, onde o valor estatístico da amostra se apresentou próximo ao limite de controle ou na região de advertência estabelecida, evidenciando assim que o processo se apresentará fora de controle, se espera optar por uma das alternativas: a coletar um número maior de amostras, e/ou intervalos menores entre as coletas, e/ou reduzir o coeficiente dos limites de controle (NOOROSSANA *et at*, 2011).

A área entre os limites de controle pode ser subdividida em diversas regiões de advertência e uma área central. Michel (2001) aborda um exemplo no qual o gráfico é composto por duas regiões de advertências, sendo a primeira contida entre os limites  $\mu_w \pm 1\sigma_w$  e por outros limites de advertência  $\mu_w \pm 2\sigma_w$ ; a segunda é delimitada por  $\mu_w \pm 2\sigma_w$  e os limites usuais de controle. A região central da carta corresponde a área localizada entre os primeiros limites de advertência e cada região trata-se de um conjunto de combinações dos três parâmetros do gráfico: tamanho amostral (n); intervalo de coleta (h) e coeficiente dos limites de controle (L), a fim de detectar a mudança logo que possível.

Reynolds e Arnold (1989), Runger e Pignatiello (1991) e Reynolds (1995) *apud* Michel (2001), afirmam que apesar das inúmeras possibilidades de combinações dos parâmetros supracitados, a forma ideal, simplificada e cujo os

resultados são considerados suficientes para controle do processo facilitando a aplicação prática, é estabelecer valores mínimos e máximos para cada um dos parâmetros  $n$ ,  $h$  e  $L$ .

Segue abaixo a descrição do funcionamento de alguns modelos de cartas adaptativas de controle para  $\bar{X}$  e  $R$ , sendo elas com intervalo de amostragem adaptativos, tamanho de amostra adaptativo e ambos os casos em conjunto.

a) Cartas adaptativas  $\bar{X}$

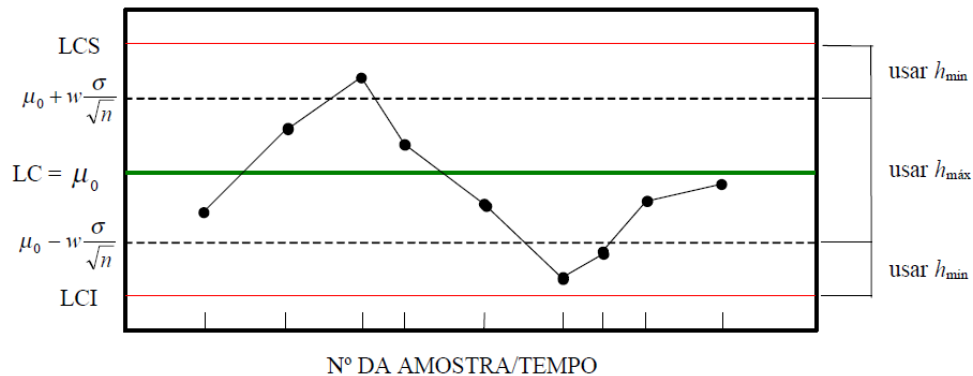
Suponha a existência de uma característica de qualidade seguindo uma distribuição Normal, cuja média ( $\mu$ ) e variância ( $\sigma^2$ ) da carta são conhecidas, onde  $\mu_0$  representa o valor alvo para a média e os limites de controle são dados por  $\mu_0 \pm L\sigma/\sqrt{n}$ . As áreas de advertências entre os limites é dividida em  $r$  regiões  $I_1, I_2, \dots, I_r$ , cada uma delas correspondendo a um certo limite de intervalo  $h$  (NOOROSSANA *et al*, 2011).

Para determinar o valor máximo ( $h_{m\acute{a}x}$ ) e mínimos ( $h_{m\acute{i}n}$ ) do intervalo, devem ser considerados respectivamente, o maior intervalo de tempo dito como razoável para a coleta da amostra e o tempo mínimo necessário para se tomar uma amostra. De acordo com Reynolds e Arnold (1989), Runger e Pignatiello (1991) *apud* Michel (2001), uma política ótima de amostragem é dada por:

$$h_{m\acute{i}n} \rightarrow \begin{cases} \mu_0 - L\sigma/\sqrt{n} \leq \bar{x} < \mu_0 - w\sigma/\sqrt{n} \\ \text{ou} \\ \mu_0 + L\sigma/n < \bar{x} \leq \mu_0 + w\sigma/\sqrt{n} \end{cases} \quad (\text{Equação 4})$$

$$h_{m\acute{a}x} \rightarrow \mu_0 - w\sigma/\sqrt{n} \leq \bar{x} \leq \mu_0 + w\sigma/\sqrt{n}$$

Onde  $w$  é um parâmetro, escolhido convenientemente, que divide a área entre os limites de controle em uma região central e duas regiões de advertência, próximas as limites de controle (MICHEL, 2001). Segue abaixo na Figura 6 a representação da carta de controle cujo parâmetro  $h$  é adaptativo de acordo com a situação do processo.



**Figura 6:** Exemplo de carta de adaptativa com intervalo amostra variável.  
**Fonte:** Michel (2001).

Quando tratamos de carta adaptativa para casos com tamanho de amostras diferentes é seguido o mesmo princípio das cartas com intervalo amostral variado. Considera-se o uso de uma carta com dois tamanhos de amostras, descritos como sendo  $n_p$  (amostra pequena) e  $n_g$  (amostra grande). Mais uma vez ocorre a existência de uma região central e duas regiões de advertência, delimitada pelo coeficiente  $w$ , e nessas regiões são definidas a mudança de um tamanho para outro (NOOROSSANA *et al*, 2011; MICHEL, 2001). Assim, a política de amostragem para a carta  $\bar{X}$  com tamanho de amostra adaptativo é dada por:

$$n_g \rightarrow \begin{cases} \mu_0 - L \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} \leq \bar{x} < \mu_0 - w \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} \\ \text{ou} \\ \mu_0 + w \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} < \bar{x} \leq \mu_0 + L \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} \end{cases} \quad (\text{Equação 5})$$

$$n_p \rightarrow \mu_0 - \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} \leq \bar{x} \leq \mu_0 + \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}}$$

Onde  $n_i$  é o tamanho da amostra  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ).

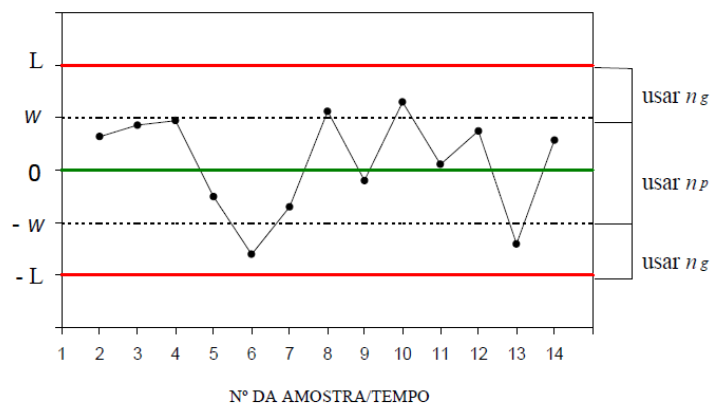
Vale ressaltar que ao utilizar o esquema disposto anteriormente, a mudança proposta no tamanho da amostra ocasiona também a mudança dos limites de advertência e de controle da carta. Isso ocorre devido a variação na razão  $\sigma/\sqrt{n_i}$ , resultando na presença de dois conjuntos de limites de advertência e de controle, dificultando a interpretação do gráfico.

Torna-se necessária a padronização dos valores plotados na carta, ou seja, plotar os valores de  $Z_i = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n_i}}$  (Equação 6), de forma a garantir que os limites de advertência e de controle permaneçam fixos em  $\pm w$  e  $\pm L$ , respectivamente (MONTGOMERY, 2004). Segue abaixo a nova forma para a política de amostragem:

$$n_g \rightarrow \begin{cases} -L \leq Z_i < -w \\ \text{ou} \\ w < Z_i \leq L \end{cases} \quad (\text{Equação 7})$$

$$n_p \rightarrow -w \leq Z_i \leq w$$

Logo em seguida, se observa na Figura 7, a apresentação de uma carta de controle padronizada com tamanho de amostra variável, onde os limites de controle permanecem constantes no gráfico, facilitando a sua interpretação.



**Figura 7:** Carta de controle padronizada com tamanho de amostra adaptativo.  
**Fonte:** Michel (2004).

A carta adaptativa  $\bar{X}$  com parâmetros  $h$  e  $n$  variáveis, utiliza dois intervalos de amostragem ( $h_b$  e  $h_l$ ) e dois tamanhos de amostra ( $n_p$  e  $n_g$ ), o coeficiente dos limites de controle é mantido fixo e as duas regiões de advertência são delimitadas pelo coeficiente  $w$ . A sua política de amostragem é dada por:

$$(h_b, n_g) \rightarrow \begin{cases} \mu_0 - L \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} \leq \bar{x} < \mu_0 - w \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} \\ \text{ou} \\ \mu_0 + w \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} < \bar{x} \leq \mu_0 + L \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} \end{cases} \quad (\text{Equação 8})$$

$$(h_l, h_p) \rightarrow \mu_0 - w \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}} \leq \bar{x} \leq \mu_0 + w \frac{\sigma}{\sqrt{n_i}}$$

Nesse caso também é conveniente a representação da carta  $\bar{X}$  com parâmetro  $h$  e  $n$  adaptativos seja na forma padronizada, de maneira idêntica a padronização realizada quando se trabalha apenas com tamanhos de amostras adaptativos (PRABLUS *et al*, 1994 *apud* MICHEL, 2001).

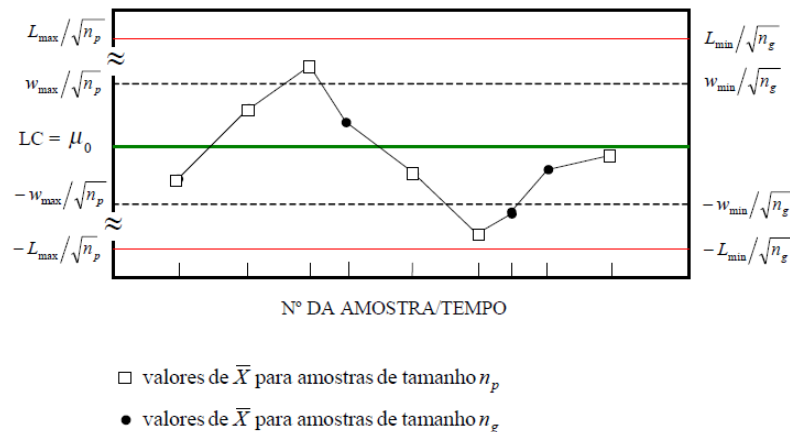
b) Cartas adaptativas  $\bar{X}$  e R

As cartas  $\bar{X}$  – R adaptativas funcionam baseadas no seguinte esquema. Quando um ponto cair na região próxima aos limites de controle da carta  $\bar{X}$  ou R, então passe-se a realiza o controle através da utilização de  $h_{\min}$ ,  $n_{\max}$  e  $L_{\min}$  em ambas as cartas. Caso ocorra o processo inverso, o ponto estar localizado próximo à linha central da carta  $\bar{X}$  ou R, então o controle é relaxado através do uso de parâmetros com seguintes características  $h_{\max}$ ,  $n_{\min}$  e  $L_{\max}$ , também para ambas as cartas. O esquema descrito acima foi proposto por Costa (1998), se nota que o método sugerido acima é para cartas cujos os três parâmetros são variáveis (MICHEL, 2004).

Os limites de controle e advertência para a carta  $\bar{X}$  são dados por  $\mu_0 \pm L_i \sigma / \sqrt{n_i}$  e  $\mu_0 \pm w_i \sigma / \sqrt{n_i}$ , respectivamente. Já para a carta R, os limites de controle e advertência são  $L_{R_i} \sigma$  e  $w_{R_i} \sigma$ , respectivamente. Para ambos os casos, o tamanho de amostra assume os valores  $n_p$  e  $n_g$  (MICHEL, 2004).

Plotando os gráficos de acordo com os limites de controle e advertência ditos acima haverá a necessidade da construção de duas cartas  $\bar{X}$  e duas cartas R, uma para cada tamanho de amostra. Costa (1998) *apud* Michel (2004) sugeriu o uso de uma carta com duas escalas, sendo uma em cada lado do eixo vertical, com a finalidade desses limites coincidam graficamente, sugerindo ainda que uma das escalas não seja contínua, para que dessa maneira ambos os limites de controle e advertência coincidam, conforme visto na Figura 8.





**Figura 8:** Exemplo de carta de controle padronizada com intervalo de amostragem, tamanho de amostra e coeficiente dos limites de controle adaptativos.

Fonte: Costa (1998) apud Michel (2001).

Michel (2001), abordou em sua dissertação a temática das cartas adaptativas de controle abrangendo vários tipos de cartas, sendo que nesse trabalho apenas três delas foram esplanadas. O autor segue em sua sugestão de metodologia a seguinte sequência:

- 1º. Seleção das características de qualidade (CQs);
- 2º. Escolha de um modelo a ser utilizado na determinação dos parâmetros;
- 3º. Coletas das informações necessárias para a operacionalização do modelo selecionado na etapa anterior;
- 4º. Aplicação do modelo para obtenção dos parâmetros;
- 5º. Implantação das Cartas Adaptativas de Controle (CACs).

De acordo com Montgomery (2004), a amostragem adaptativa possui melhores resultados com a junção da adaptação do tamanho da amostra e o intervalo amostra, todavia para tal acontecimento é preciso que haja flexibilidade em relação ao processo de amostragem. O autor aborda ainda que caso necessite da escolha entre um dos métodos de amostragem, a maneira de se obter melhor desempenho é variando o tamanho da amostra.

#### 2.4.4 Testes de estabilidade

Os processos produtivos por mais bem projetado e controlado, haverá nele a presença de causas inerentes ou especiais das não-conformidade. Quando existem apenas causas comuns de variabilidade, o processo está sob controle estatístico (PEDRINI E CATEN, 2008; MONTGOMERY, 2004).

A detecção das causas inerentes ou especiais que estejam presentes em um processo produtivo, e assim saber se ele está ou não sob controle estatístico, é realizada por meio de 8 testes, que são chamados de teste de estabilidade (NELSON, 1984 apud PEDRINI e CATEN, 2008; MINITAB, 2003). O uso desses testes para causas especiais auxilia na determinação de quais observações precisam ser investigadas. Segue abaixo a descrição dos testes de estabilidade:

- Teste 1: um ponto a mais do que  $3\sigma$  da linha central

O teste 1 avalia o padrão de variação da estabilidade. O teste 1 fornece a evidência mais forte da falta de controle. Se pequenos desvios no processo forem de interesse, os testes 2, 5 e 6 podem ser usados para complementar o teste 1 a criar uma carta de controle com maior sensibilidade.

- Teste 2: nove pontos em uma linha no mesmo lado da linha central

O teste 2 avalia o padrão de variação da estabilidade. Se pequenos desvios no processo forem uma preocupação, o teste 2 pode ser usado para complementar o teste 1 a criar uma carta de controle com maior sensibilidade.

- Teste 3: seis pontos em uma linha, todos aumentando ou todos reduzindo

O teste 3 detecta uma tendência ou movimento contínuo para cima ou para baixo. Este teste procura longas séries de pontos consecutivos sem uma mudança na direção.

- Teste 4: quatorze pontos em uma linha, alternando acima e abaixo

O teste 4 detecta a presença de uma variável sistemática. O padrão de variação deve ser aleatório, mas quando um ponto é reprovado no Teste 4 isto significa que o padrão de variação é previsível.

- Teste 5: dois dentre três pontos mais do que  $2\sigma$  da linha central (mesmo lado)

O teste 5 avalia o padrão de variação de pequenos desvios no processo.

- Teste 6: quatro dentre cinco pontos mais do que  $1\sigma$  da linha central (mesmo lado)

O teste 6 avalia o padrão de variação de pequenos desvios no processo.

- Teste 7: quinze pontos em uma linha dentro de  $1\sigma$  da linha central (em qualquer lado)

O teste 7 identifica um padrão de variação que é algumas vezes confundido como uma exibição de bom controle. Este tipo de variação é chamado estratificação e é caracterizado por pontos que seguem a linha central muito de perto.

- Teste 8: oito pontos em uma linha a mais de  $1\sigma$  da linha central (em qualquer lado)

O teste 8 detecta um padrão de mistura. Um padrão de mistura ocorre quando os pontos tendem a evitar a linha central e em vez disso se encaixam perto dos limites de controle.

### **3. ESTUDO DE CASO**

#### **3.1 Caracterização da empresa**

A empresa participante desse estudo de caso é uma agroindústria que emprega o seu processo produtivo na sua principal atividade que é o beneficiamento do caroço de algodão. Além do seu produto principal, que é o óleo refinado de algodão, ela produz uma variedade subprodutos a partir dessa matéria-prima.

Localizada na cidade de Juazeiro-BA, a unidade foi inaugurada em 2005, desde então vem gerando renda para a população do município, mediante as ofertas de emprego e comercializações com outras empresas da cidade.

Além do óleo refinado de algodão, a empresa produz e comercializa outros produtos também de origem vegetal, extraídos do caroço de algodão, são eles o Linter, Torta e Farelo, Óleo semi-refinado de algodão.

O Linter é um subproduto do processo de extração do óleo de algodão do caroço, cuja a produção é praticamente totalmente exportada para os EUA, Japão e China. O produto é utilizado como matéria-prima para a fabricação de placas de vídeo, viscoses, papel moeda, telas de LCD e LED, entre outros.

Ao extrair o óleo bruto de algodão dos caroços, geram-se os subprodutos Torta e Farelo de algodão, ambos destinados como ingredientes para nutrição animal de alto valor proteico e energético para bovinos, ovinos, caprinos e ruminantes em geral. A fiscalização desses produtos é realizada pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos pelo órgão e especificações do produto.

Quando o produto final é destinado para a produção do biodiesel ou para outra função que não seja a alimentação, é comercializado o óleo vegetal de algodão semi-refinado. Que diferencia-se do primeiro devido não passar pelo processo de desodorização (descrito adiante), não realiza a adição de aditivos e ele é envasado apenas à granel.

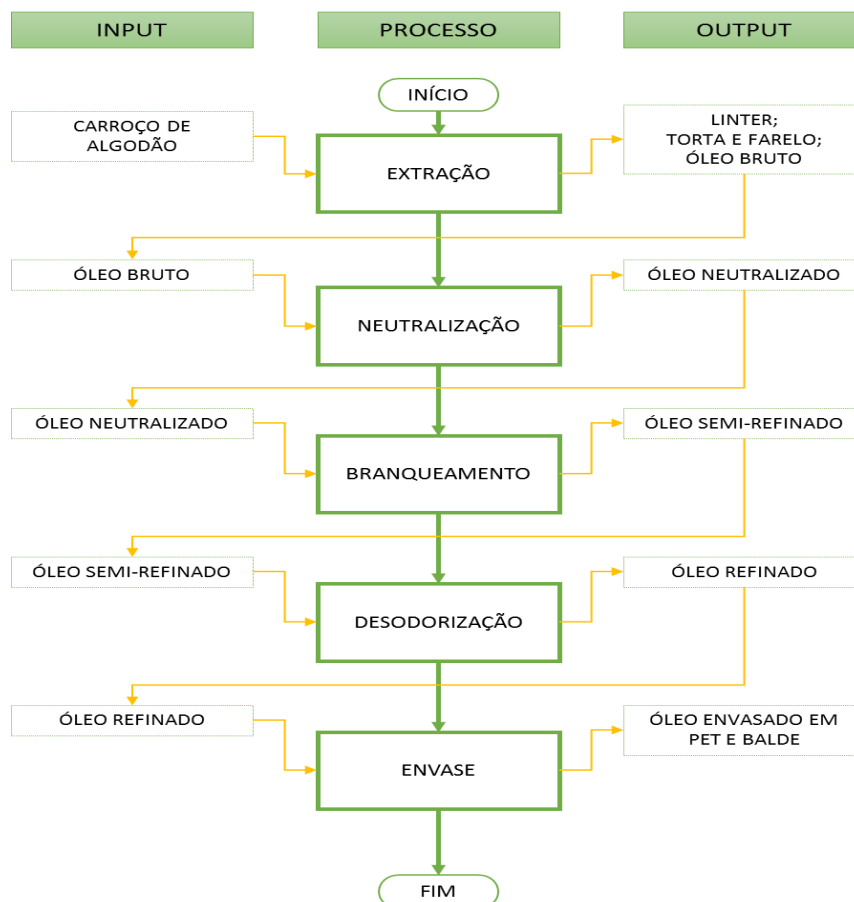
O óleo vegetal de algodão refinado é o principal produto da empresa, este tipo de óleo é destinado ao consumo humano, utilizado na alimentação. Ele é comercializado de três formas, a depender de como o mesmo foi envasado: (1) em garrafa pet; (2) em baldes de 16,3 L; (3) à granel, em carretas com tanques inox

para indústrias de alimentos. O óleo é classificado como nível de qualidade TIPO 01, onde existem especificações definidas para essa classificação.

A agroindústria deste estudo de caso também realiza o refino do óleo bruto de soja, e no ano de 2016 iniciou o processo de refino do óleo bruto de palma, expandindo o seu mix de produtos, conseguindo portanto manter suas atividades ativas mesmo no período de entressafra do caroço de algodão.

### 3.2 Processo produtivo

O processo produtivo para a obtenção de todos os produtos oferecidos pela empresa, oriundos do caroço de algodão, segue apresentado de maneira sucinta por meio de um fluxograma presente na Figura 9, juntamente com os inputs e output das principais matérias-primas de cada processo.



**Figura 9:** Processo produtivo do óleo refinado de algodão e demais subprodutos.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A agroindústria está dividida entre os setores administrativos e o industrial, este por sua vez é subdividido de acordo com as responsabilidades de partes do processo produtivo. Desse modo o fluxograma foi elaborado respeitando as características supracitadas, segue sua descrição do processo de extração do produto principal e secundários:

#### a) Extração

Este setor é o responsável por extrair do caroço de algodão o óleo bruto e também por produzir três subprodutos, sendo eles o linter, torta e farelo de algodão. Primeiramente são eliminadas as sujidades presentes na matéria-prima recebida, por meio de equipamentos chamados peneirões, posteriormente o caroço passa por filtros para retirada da lã morta, que pode ser usada como combustível para caldeira. Ainda na etapa de limpeza do caroço, ele passa por máquinas deslintadeiras que separam a lã do caroço, passando por um processo de prensagem a lã é comercializada como linter.

O caroço agora limpo segue para o moinho onde ele é quebrado, a fim de separar a casca da amêndoa, fazendo com que haja maior eficiência no processo a fim de facilitar a extração do óleo, isso devido ao aumento da superfície de contato. Esse caroço é quebrado de 8 a 12 vezes e logo após são transportados para os laminadores. O processo de laminação consiste em formatar a amêndoa proveniente dos decorticadores e facilitar o cozimento e posterior extração do óleo.

Após laminação é necessária uma ruptura adicional através do calor úmido, onde o caroço esmagado segue para um segundo silo, este abastece três cozedores que funcionam com vapor direto e em alta temperatura. Com isso, dos cozedores, a massa segue para as prensas (prensagem é a separação de líquido de um sistema de suas fases, sólido-líquida, por compressão em condições que permite o escape do líquido enquanto o sólido fica retido entre as superfícies de compressão. Elas que realizaram definitivamente a extração do óleo bruto, produzindo a torta como resíduo do processo.

O óleo bruto segue para ser filtrado e armazenado, enquanto a torta é ensacada ou vai para um processo que quebra, produzindo o farelo de algodão.

O óleo bruto é a matéria-prima recebida pelo setor da refinaria, onde é tratado passando por processos de neutralização, branqueamento e desodorização, para a obtenção do óleo vegetal de algodão refinado. Deve-se ressaltar que nessa parte do processo é possível optar pela produção de outro subproduto que é o óleo semi-refinado de algodão. Segue abaixo a descrição do processo de obtenção de ambos:

#### b) Neutralização

O óleo bruto de algodão é recebido com acidez elevada, imprópria para o produto, a neutralização consiste no processo de redução dos ácidos graxos livres presentes no óleo bruto e que geram a sua acidez, através da reação com a solução de soda cáustica. Nessa etapa o óleo é misturado a solução de soda cáustica, onde os ácidos graxos do óleo são transformados em sabões. Por meio de separadores centrífugos os sabões são separados do óleo, essa etapa é chamada de refino. No caso do óleo de algodão são necessários duas etapas de refino para que haja redução no percentual de acidez do óleo.

#### c) Branqueamento

Esta etapa é responsável pela redução da pigmentação indesejável presente no óleo, ou seja, minimização da coloração do produto. Outras impurezas que são eliminadas durante esse processo, são algum vestígio de sabões, produtos de oxidação, fosfatídeos e material insaponificável. O processo consiste basicamente da adição de argila ativada no óleo, branqueador a mistura óleo e argila é homogeneizada, passando em seguida por uma filtragem, onde toda a terra é removida. Nesse momento já obtém-se um outro subproduto que é o óleo semi-refinado, esta é comercializado a granel e não é indicado para a alimentação humana.

#### d) Desodorização

É a última etapa do refino responsável pela remoção de odor desagradável, assim como melhorias no aspecto da coloração, sabor e estabilidade do óleo, sendo para isso necessário o controle da temperatura de entrada e pressão residual (vácuo). O óleo desodorizado está pronto para ser comercializado, ele segue para

tanques estoques podendo ser destinado para o carregamento a granel ou para o envase em embalagens pet e/ou balde.

Essa última etapa é destinada ao produto final em embalagens de 900 ml ou balde de 15kg/16,3L. O envase é abastecido apenas com o óleo refinado proveniente da refinaria, suas atividades são destinadas a qualificar o produto para ser comercializado.

#### e) Envase

O óleo refinado de algodão que é armazenado nos tanques de estoque é bombeado para os tanques de processo do envase, onde a parti de então o óleo (quando quente) passa por resfriamento, a fim de que o ele chegue no processo de envase com temperatura entre 24° a 28°C. Esse óleo antes de seguir para linha passa por dois filtros, que tem a finalidade de assegurar a inexistência de resíduos no produto final.

A pré-forma da garrafa é colocada na máquina sopradora, ela sofre um aquecimento e um subsequente sopro, este último ocorre dentro de uma forma, a fim de que a pré-forma tome o formato da garrafa final. As garrafas seguem para a rotulagem e posteriormente para a enchedora, equipamento que recebe o óleo já filtrado e realiza o enchimento das garrafas com o óleo refinado, por fim são colocadas as tampas nas garrafas, as informações de data e hora de fabricação e são encaixotadas.

Tratando-se do envase em balde, o óleo é colocado no balde diretamente, por meio da enchedora, passando por uma esteira onde irá ser adicionada a tampa e em seguida as informações de data e hora de fabricação.

### **3.3 Controle de qualidade**

A gestão da qualidade na empresa é realizada pelo departamento de controle de qualidade, cujos os objetivos são o controle do processo de refino do óleo de algodão; da qualidade dos subprodutos torta, farelo e linter; verificação da qualidade do produto final; organização interna de todos os setores e assegurar o cumprimento das regras de boas práticas de fabricação.



O departamento conta com um laboratório de análises físico-químicas e uma equipe de profissionais composto por cinco analistas, que são responsáveis pela realização de todas as análises e acompanhamento da variabilidade do processo, eles são treinados a monitorar o desempenho qualitativo da produção e indicar ao setor produtivo, seja extração, refinaria ou envase as variações e não-conformidades identificadas, para que sejam tomadas as ações corretivas.

Respectivamente no óleo vegetal de algodão na sua fase final são realizadas as análises de acidez (ácido oleico), cor vermelho (Lovibond cubeta 5 ¼”), impureza, umidade, sabões e peróxido. Essas análises são feitas diariamente tanto na etapa de desodorização, quanto do produto já no tanque de estoque do produto final. Não existe uma padronização dos dados coletados e nem um roteiro de amostragem, apesar de estarem estabelecidos os horários das coletas, caso sejam feitas análises em períodos intermediários, conforme a necessidade de um controle maior do processo.

As informações coletadas no laboratório são usadas para controlar e monitorar o processo, mas não é utilizada nenhuma ferramenta estatística para isso, os dados são anotados em planilhas impressas, que posteriormente são arquivadas após o uso.

São realizados em laboratórios de terceiros as análises de metais pesados, microbiologia (mensalmente) e de materiais macroscópicos e microscópicos no óleo vegetal de algodão.

## 4. METODOLOGIA

Este capítulo aborda a metodologia aplicada na construção desta pesquisa, a fim de demonstrar qual a sua tipologia, delimitações, limitações e como se constituiu a coleta de dados, amostragem e análise dos mesmos quando se trata de parâmetros variáveis.

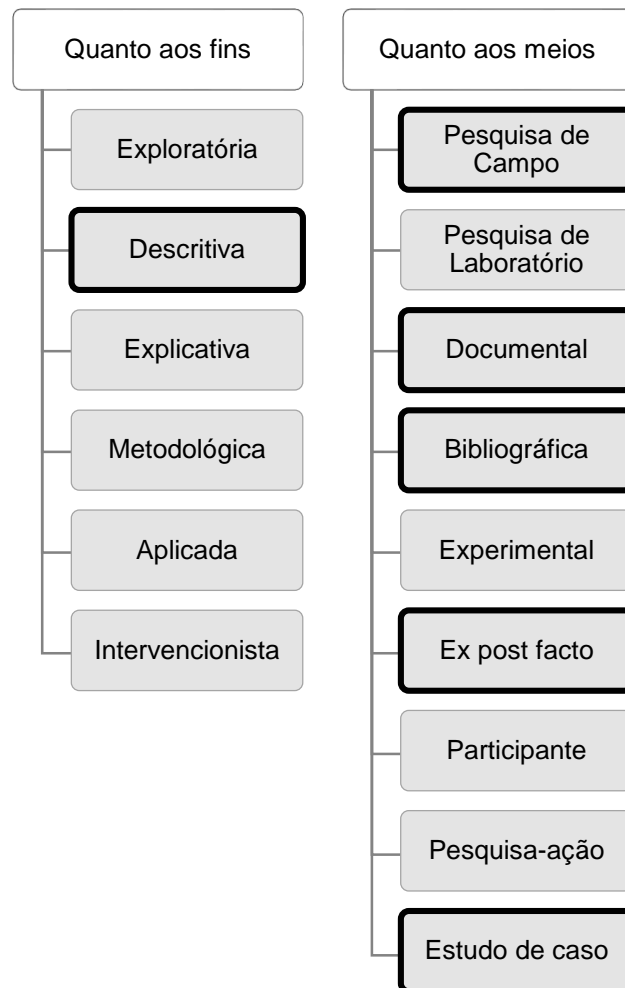
O procedimento metodológico utilizado na elaboração da coleta, amostragem e análise dos dados referentes a esta pesquisa, baseou-se nos trabalhos de Pedrini e Caten (2008); Pedrini *et al* (2007) e Michel (2001). Este último aborda em sua dissertação a proposta de uma metodologia para a aplicação das cartas adaptativas de controle, que aqui serão usadas com adaptações e simplificações para o cenário atual do caso em estudo. Portanto, este trabalho busca a partir da junção das pesquisas dos autores supracitados, demonstrar a aplicação das mesmas em uma agroindústria.

### 4.1 Tipo de pesquisa

Para a classificação do tipo de pesquisa Vergara (2011), propõem dois critérios básicos, quanto aos fins e quanto aos meios, como ilustrado na Figura 10, onde os elementos em destaque são as maneiras nas quais se enquadra o presente estudo.

Baseado nessa definição o presente estudo é qualificado quanto aos fins como sendo uma pesquisa descritiva e quanto aos meios como sendo de campo, investigação documental, pesquisa bibliográfica, investigação *ex post facto* e estudo de caso.

As pesquisas descritivas para Gil (2002, p. 42) “têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômenos ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”. Esse tipo apresenta as características de certa população ou fenômeno, ou estabelece correlações entre as variáveis e definição de natureza (VERGARA, 2011). No decorrer do trabalho foram descritos os requisitos da qualidade para o principal produto da empresa escolhida, assim como, a caracterização do seu perfil quanto ao setor de controle de qualidade.



**Figura 10:** Classificação do tipo de pesquisa segundo Vergara (2011).  
**Fonte:** Elaboração a partir de Vergara (2011).

Houve o contato direto com a empresa estudada, assim como com as pessoas envolvidas com o processo produtivo e do departamento da qualidade, para que fosse possível coletar as informações necessárias para a realização da pesquisa, logo se classifica como pesquisa de campo. Quanto a pesquisa de campo, Marconi e Lakatos (2003) a definem como sendo aquela que busca informações e/ou conhecimentos acerca de um problema, com a finalidade de conseguir respostas para um dado problema, podendo ainda descobrir novos fenômenos ou relações entre os mesmos. Para Vergara (2011), a pesquisa de campo se comporta de forma empírica no local onde já ocorreu ou ocorre um fenômeno, ou ainda em uma localidade onde mesmo sem haver acontecido o fato, existem informações para explicá-lo.

A pesquisa documental em alguns momentos pode até ser confundida com a pesquisa bibliográfica, todavia as duas se diferem em relação a natureza de suas fontes, na primeira os documentos não passaram por nenhuma espécie de tratamento das informações, já na segunda se busca fontes de vários autores com a finalidade de adquirir embasamento teórico para o estudo (GIL, 2008, *apud* PRODANOV e FREITAS, 2013, p. 55; GIL, 2002). Ocorreu a coleta de informações sem formatação prévia por parte da empresa (dados sem estruturação, manuscritos), documentos próprios de terceiros, dentre outros documentos que surgiram durante o processo de elaboração do trabalho, assim como, foi imprescindível a revisão bibliográfica sobre o tema em estudo.

É importante ressaltar que todos os dados coletados consistem em informações nas quais não poderão ocorrer modificações quanto a sua concepção, ou seja, não podem ser alterados, caracterizando a pesquisa como *ex post facto*, pois de acordo com Vergara (2011) a investigação *ex post facto* é definida como um fenômeno já ocorrido, quanto a sua aplicação o autor aborda que “aplica-se quando o pesquisador não pode controlar ou manipular variáveis, seja porque suas manifestações já ocorreram, seja porque as variáveis não são controláveis.” Esse tipo de pesquisa apresenta uma finalidade aproximada da pesquisa experimental, entretanto no primeiro caso o pesquisador não dispõe controle sobre as variáveis independentes, devido as mesmas já terem ocorrido (GIL, 2002).

Esta é uma contradição com a prática do controle estatístico, pois se considera que este deve ser feito no decorrer do processo produtivo quando é possível corrigir as possíveis falhas detectadas na produção. Contudo, nem sempre é possível a coleta concomitante de dados, especialmente para fins acadêmicos. Segundo Costa *et al* (2004) uma das razões do sucesso dos gráficos de Shewhart é a simplicidade da regra de decisão: basta examinar a posição do último ponto; se ele estiver na região de ação do gráfico, deve-se intervir no processo. Os autores ainda ressaltam (p. 185):

Para a detecção de grandes desvios da média do processo, ou de aumentos significativos da variância ou da fração defeituosa, os gráficos de Shewhart, ou seja, os gráficos da média, da amplitude, do desvio-padrão, da fração defeituosa etc., são imbatíveis; contudo, eles perdem rapidamente a eficiência à medida que os processos vão ficando mais robustos.

Realizou-se essa pesquisa mediante o estudo de caso em uma agroindústria localizada em Juazeiro-BA. Conforme Ganga (2012) e Yim (2001) apud Martins *et al* (2014), o estudo de caso é uma metodologia de pesquisa empírica, baseada em ênfases qualitativas e quantitativas que buscam analisar um acontecimento contemporâneo dentro de uma situação real. Para Vergara (2011, p. 44) esse tipo de pesquisa é definido como sendo “um circunscrito a uma ou poucas unidades, entendidas essas como pessoas, famílias , órgãos públicos, comunidade ou mesmo país”, um ponto importante ressaltado pelo autor é que podem ser atribuídos ao estudo de caso diversas ferramentas de coleta dos dados.

O estudo de caso único é um projeto designado para a representação de um caso decisivo a fim de testar uma nova teoria já bem definida, em um caso raro ou extremo, e ainda em um caso revelador (Yin, 2001 *apud* Martins *et al*, 2014). Os diferentes propósitos para a utilização do método são abordados por Gil (2002), destacando a exploração de um fato não delimitado corretamente, preservação do caráter único do objeto que está sendo estudado, descrever a situação na qual esse objeto de estudo está inserido, formulação de hipóteses e desenvolvimento de teorias e explicar as variáveis causais dos fenômenos que ocorrem em situações complexas.

#### **4.2 Delimitação da pesquisa**

Delimitar a pesquisa refere-se a uma espécie de moldura colocada no estudo (VERGARA, 2011). Segundo Ander-Egg (1978, p. 67) apud Marconi e Lakatos (2009, p. 164), a delimitação do estudo apresenta três níveis de limites, quanto: ao objeto, ao campo de investigação e ao nível de investigação. Quanto a limitação referente ao campo de investigação, o autor aborda:

[...] abrange dois aspectos: limite no tempo, quanto o fato deve ser estudado em determinado momento, e limite no espaço, quando deve ser analisado em certo lugar. Trata-se, evidentemente, da indicação do quadro histórico e geográfico em cujo âmbito se localiza o assunto.

Esta pesquisa é delimitada, quanto ao tempo, no período de 2014-2015, ou seja, os dados serão coletados mensalmente nesses dois anos. Em relação ao espaço, o estudo foi realizado em uma agroindústria situada no município de

Juazeiro-BA, sendo localizada no Distrito Industrial da cidade, a qual foi mantido sigilo.

Quanto a limitação do objeto de pesquisa, o autor relata “que consiste na escolha de maior ou menor número de variáveis que intervêm no fenômeno a ser estudado. Selecionado o objeto e seus objetivos, estes podem condicionar o grau de precisão e especialização do objetivo”. Na agroindústria estudada nesse trabalho o objeto de pesquisa foi o seu produto principal, ou seja, aquele com maior produtividade, maior número de vendas e que possui a marca da empresa. Assim, na organização o seu produto principal se trata do óleo vegetal de algodão refinado que é comercializado para consumo humano.

#### **4.3 Limitações da pesquisa**

A principal limitação foi encontrada observando o comportamento das amostras e o método utilizado pela empresa para coleta de dados. Identificou-se a discordância entre a proposta inicial de aplicação do CEP para as condições de amostragem da agroindústria em questão. Tal situação impulsionou a busca por metodologias e teorias fundamentadas no CEP, que melhor se enquadrassem no perfil do estudo de caso. Obviamente, essa alteração requisitou um tempo adicional de pesquisa para o referencial teórico, mudanças relacionadas a problemática e objetivos de pesquisa, sendo esta a segunda maior limitação vivenciada.

Ainda se pode ressaltar a dificuldade em encontrar trabalhos atuais abordando a temática do CEP adaptativo, o fato pode ser constatado nas referências das obras publicadas após o ano 2000, são pesquisas realizadas a partir da década de 80 até meados de 1998, sendo estes os únicos que explanam o tema em questão de maneira amplificada.

Outra limitação encontrada reside no processo burocrático para a marcação das visitas, gerando muitas vezes um longo espaço de tempo entre as visitas, ocasionando o atraso para coleta de dados do período de 2014. Outros fatores a serem evidenciados quanto ao âmbito das limitações da pesquisa é a localização e acesso até a agroindústria, assim como a espera pelo término da produção referente ao ano de 2015 para posteriormente serem formatados os dados e iniciar as análises.

#### **4.4 Procedimento metodológico proposto**

Como já dito anteriormente, a aplicação dessa pesquisa baseou-se nas obras de autores que abordaram o CEP cujos parâmetros envolvidos na sua elaboração eram tidos como variáveis, ou seja, trabalharam com o tema das cartas de adaptativas de controle.

A fim de aplicar uma metodologia mais coerente com a realidade vivida pela agroindústria do estudo de caso, optou-se pela junção das etapas metodológicas descritas pelos autores. De modo sintético os passos seguidos para o estudo de caso apresentado nesse trabalho foram:

##### **4.4.1 Escolha da característica da qualidade**

Embora um dos autores aponte a análise de custo, por meio da aplicação da ferramenta de qualidade QFD (Desdobramento da Função Qualidade), para a escolha da característica de qualidade a ser estudada, neste trabalho não será aplicada tal etapa na metodologia, visto que o objeto de estudo já apresenta especificações relevantes para sua produção e comercialização, além disso o custo associado com a coleta das amostras é irrelevante frente a necessidade de controle dos produtos alimentícios.

A escolha do requisito de qualidade se deu pautado na influência dele para a qualificação do produto final, mediante o uso das técnicas de coleta de dados mencionadas no tópico 4.4.2, utilizando para este fim as informações prestadas pela equipe do controle de qualidade, observações em relação do produto final e a variabilidade dessa característica.

Na etapa de Desodorização, que se trata do último processo na produção do óleo vegetal refinado de algodão, são feitas análises físico-químicas das seguintes características do produto: acidez, cor, peróxido e sabões. As características de qualidade escolhidas foram acidez e cor (cor vermelho na escala Lovibond), uma vez que se observou que dentre as características analisadas essas são as que apresentam maior instabilidade nos resultados, portanto ao invés de uma foram selecionadas duas características para o estudo.

#### 4.4.2 Escolha das técnicas para coleta de dados

Nessa etapa foram definidas quais as técnicas de coleta de dados usadas na pesquisa, as escolhidas foram:

- Análise documental - Martins *et al* (2014) aborda que é necessário a realização de uma busca sistemática de documentos e que estas são importantes para qualquer tipo de planejamento. No caso desse estudo foram realizadas pesquisas com os arquivos da organização, a fim de embasar o conhecimento sobre o assunto e a empresa.
- Registros em arquivos - os registros em arquivos foram utilizados para coletar os dados que foram analisados no ponto de vista estatístico, ou seja, são os dados amostrais dos requisitos de qualidade do principal produto da empresa, visto que a pesquisa foi definida como também sendo uma *ex post facto*.
- Entrevistas (por pautas) – Nessa pesquisa ocorreram entrevistas por pautas, ou seja, semiabertas, que segundo o autor “é aquela onde o entrevistador agenda previamente vários pontos a serem explorados pelo entrevistado”. Essa técnica foi aplicada com o gerente de qualidade da empresa e/ou pessoa envolvida com a qualidade do produto.
- Observações diretas formais – Para Martins *et al* (2014, p. 153), as observações podem variar de formais para informais:

Quando formais, podem-se desenvolver protocolos de observação como parte do protocolo do estudo de caso e incluem observações de reuniões, visita aos setores da empresa, acompanhamento de atividades operacionais etc.

Nas visitas, além da coleta de dados e entrevistas, ocorreram a observação direta formal, visto que houve o acompanhamento de atividades operacionais.

#### 4.4.3 Caracterização do método de amostragem

Considera-se população um conjunto de elementos que possuem características semelhantes e objeto de estudo, a seleção de uma parte desse universo se denomina população amostral ou amostra (Vergara, 2011).

Para a construção dos gráficos de controle é necessário a determinação do tamanho das amostras, que irá depender da magnitude da mudança que se pretende detectar, assim quando se possui um processo que apresenta grandes



mudanças deve-se utilizar tamanhos de amostras menores do que quando as mudanças de interesses são menores; outro ponto a ser definido é a frequência amostral (Montgomery, 2004). Isso implica que quando as mudanças no processo produtivo são difíceis de serem detectadas ou se deseja controlar alterações mínimas no processo, é necessário a coleta de amostras com tamanho maior em intervalo amostral mais curto, para que haja uma melhor representação.

Portanto para o estudo CEP foi necessário a determinação de um tamanho de amostra ( $n$ ) e um intervalo amostral ( $h$ ), assim como um coeficiente para os limites de controle ( $L$ ), para que possam ser construídos as cartas de controle.

O processo de amostragem probabilística ocorreu de maneira aleatória simples, o intervalo entre as coletas foi estipulado de acordo com o padrão da empresa e a análise do controle estatístico do processo foi realizada no horizonte de tempo semestral, correspondente aos anos de 2014 e 2015.

Para esse estudo de caso o tempo padrão do intervalo de coleta das amostras foi estipulado pela empresa (2h), porém, ele pode ser alterado conforme a necessidade de haver um controle maior da qualidade após um resultado fora da especificação, ou quando ocorrer parada no processo produtivo.

Essa mudança no perfil das coletas gera alterações no intervalo amostral e conseqüentemente no tamanho das amostras, dessa forma os resultados foram uma totalidade de 3335 e 4328 dados referentes a cor do produto, 1679 e 1717 dados de acidez, para os anos de 2014 e 2015, respectivamente.

#### **4.4.4 Análise dos dados**

Os dados das características de qualidade utilizados nesse estudo de caso foram retirados dos registros de monitoramento do controle de qualidade da empresa, que ficam arquivados no laboratório interno, mais precisamente da planilha de monitoramento do processo de desodorização do produto.

A formatação dos dados coletados teve início em sua digitalização e estruturação em planilhas eletrônicas no software Microsoft Excel 2013, separados por tipo e períodos. Com eles já formatados foram realizadas a estatística descritiva dos dados.

Após a coleta e realização da estatística descritiva, as informações foram avaliadas a fim de determinar qual o tipo de carta de controle a ser utilizada, para assim realizar os cálculos e definições dos parâmetros utilizados. Também nessa fase foi feito o uso da planilha eletrônica citada acima, para auxiliar no processo de manipulação dos dados e resolução das equações.

De acordo com o modo que ocorreu a amostragem das características de qualidade, observa-se que tanto o intervalo amostral, quanto o tamanho das amostras sofrem variações, outro ponto a ser ressaltado é que muitas amostras obtiveram tamanho superior a 10. Devido esses fatores optou-se pela construção das cartas adaptativas de controle de  $\bar{X}$  e S, com tamanho e intervalo amostral adaptativo. Para tal trabalho supomos que os dados coletados estão distribuídos normalmente.

Dando prosseguimento ao tratamento dos dados, os *outliers* foram excluídos, assim como as amostras cujos tamanhos eram inferiores a 5, visto que esse valor corresponde a 50% do valor (10) que caracterizou o estudo para a elaboração da carta de controle S.

Na construção das cartas de controle adaptativas de  $\bar{X}$  e S, primeiramente foram usados os resultados da estatística descritiva referentes as médias, variâncias e tamanho de cada amostra para serem aplicados na resolução das equações 1 e 2, que foram adotadas para determinar o valor da linha média central de ambos os gráficos, respectivamente.

Para a determinação dos limites de controle o coeficiente (L) foi mantido fixo em  $\pm 3$ . De acordo com as orientações da empresa e observações realizadas durante as visitas e registros de monitoramento, foram escolhidos os valores mínimos e máximos para o tamanho das amostras ( $n_p$ ,  $n_g$ ) e intervalo entre as coletas ( $h_b$ ,  $h_1$ ). Os limites de controle para a carta de controle  $\bar{X}$  adaptativa, foram estipulados mediante a equação 8, e com as adaptações sugeridas pela equação 9.

Para os limites de controle da carta adaptativa de S, utilizou-se a equação 3.1 como norteadora, considerando a variabilidade do tamanho da amostra e do intervalo, tendo sido feito o seu desmembramento para realiza as adaptações necessárias (Ver equação 10 no Quadro 1).

Sabe-se que,  $B_3 = 1 - \frac{3^2 \sqrt{1-c_4^2}}{c_4}$  e  $B_4 = 1 + \frac{3^2 \sqrt{1-c_4^2}}{c_4}$ , assim os parâmetros para o gráfico de controle de S é dado por  $\bar{S} \pm L \frac{\bar{S}}{C_4} \sqrt{1-c_4^2}$ . Sendo que  $c_4$  é se trata de uma constante tabelada (Anexo A), cujo valor associado depende do tamanho da amostral.

No caso da carta de controle adaptativa de S a lógica para a aplicação das equações permaneceu a mesma. O comportamento do processo de amostragem varia com o surgimento de uma amostra entre a região de advertência e os limites de controle, logo surgem novamente as indagações: (1) quando o ponto está entre as regiões de advertência e os limites de controle, são coletadas um número maior de amostras em um intervalo de tempo menor; (2) quando o ponto está próximo a linha média, se estipula uma política de coleta com um tamanho menor de amostras coletadas entre intervalos maiores de tempo.

Dessa forma, para a constante  $c_4$  houveram dois valores de acordo com o comportamento descrito acima, sendo eles associados aos padrões determinados de  $n_g$  e  $n_p$ . Vale ressaltar que para valores de n maiores que 25, a constante é determinada por  $c_4 \cong 4(n-1)/4n-3$ .

Após o cálculo dos limites de controle e de advertência para ambas as cartas, os dados dos dois semestres de 2015 foram unidos em uma nova planilha e transformados em Z conforme a seguinte Equação 6:  $Z_i = \frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n_i}}$ . Para a carta de controle da característica de qualidade cor, foram utilizando os valores de L e w iguais aos usados nas cartas plotadas anteriormente, aplicando o esquema da Equação 7.

A padronização dos dados da característica de qualidade acidez, ocorreu de maneira diferente. Primeiramente foi aplicada a Equação 7 e calculado o valor da LM. Feito isso houve a necessidade de estabelecer que os limites de advertências estariam a  $\pm 2$  pontos da média, e os limites de controle foram calculados com o auxílio do Minitab, com  $L \pm 3$ .

São apresentadas no Quadro 1 as equações usadas para determinação dos parâmetros dos gráficos de controle adaptativos.

Equações para determinação das LM nas cartas adaptativas de $\bar{X}$ e S	
$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^K n_i \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^K n_i}$	$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (n_i - 1) S_i^2}{\sum_{i=1}^K (n_i) - k}}$
(Equação 2)	(Equação 3)
Onde, n é o tamanho da amostra i; $\bar{x}$ é a média da amostra i; K é o número total de amostra; $S^2$ é a variância da amostra i.	
Equações para determinação dos limites de controle $\bar{X}$	
$(h_b, n_g) \rightarrow \begin{cases} \bar{\bar{X}} - L \frac{\bar{S}}{\sqrt{n_i}} \leq \bar{X} < \bar{\bar{X}} - w \frac{\bar{S}}{\sqrt{n_i}} \\ \bar{\bar{X}} + w \frac{\bar{S}}{\sqrt{n_i}} < \bar{X} \leq \bar{\bar{X}} + L \frac{\bar{S}}{\sqrt{n_i}} \end{cases}$	$(h_b, n_g) \rightarrow \begin{cases} -L \leq Z_i < -w \\ w < Z_i \leq L \end{cases}$
$(h_l, n_p) \rightarrow \bar{\bar{X}} - w \frac{\bar{S}}{\sqrt{n_i}} \leq \bar{X} \leq \bar{\bar{X}} + w \frac{\bar{S}}{\sqrt{n_i}}$	$(h_l, n_p) \rightarrow -w \leq Z_i \leq w$
(Equação 9)	(Equação 7)
Equações para determinação dos limites de controle S	
$(h_b, n_g) \rightarrow \begin{cases} \bar{S} - L \frac{\bar{S}}{c_{4i}} \sqrt{1 - c_{4i}^2} \leq \bar{S} < \bar{S} - w \frac{\bar{S}}{c_{4i}} \sqrt{1 - c_{4i}^2} \\ \bar{S} + w \frac{\bar{S}}{c_{4i}} \sqrt{1 - c_{4i}^2} < \bar{S} \leq \bar{S} + L \frac{\bar{S}}{c_{4i}} \sqrt{1 - c_{4i}^2} \end{cases}$	
$(h_l, n_p) \rightarrow \bar{S} - w \frac{\bar{S}}{c_{4i}} \sqrt{1 - c_{4i}^2} \leq \bar{S} \leq \bar{S} + w \frac{\bar{S}}{c_{4i}} \sqrt{1 - c_{4i}^2}$	
(Equação 10)	

**Quadro 1:** Equações para determinação das LM nas cartas adaptativas de  $\bar{X}$  e S.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A plotagem dos gráficos foi realizada no Minitab versão 16, a fim de detectar se o processo está ou não sob controle estatístico. No Quadro 2 encontram-se os teste de estabilidade utilizados no Minitab para auxiliar nas análises da presença de causas especiais no processo.

Teste	Descrição	K
1	1 ponto > k desvio padrão para a linha central	3
2	K ponto em uma fila no lado da linha central	9
3	K ponto em uma sequência, crescente ou decrescente	6
4	K ponto em uma linha, alternando para cima ou para baixo	14
5	K de k+1 pontos > 2 desvio padrão da linha central (mesmo lado)	2
6	K de k+1 pontos > 1 desvio-padrão da linha central (mesmo lado)	4
7	K pontos em uma linha dentro de um desvio padrão da linha central (ambos os lados)	15
8	K pontos em uma linha > 1 desvio padrão da linha central (ambos os lados)	8

**Quadro 2:** Testes do software Minitab para Gráficos de Controle

Fonte: Minitab versão 16.

A análise considerou os valores máximos de especificação estipulados pela empresa para cada requisito de qualidade, os limites calculados e também os padrões Seis Sigma de qualidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse tópico apresenta os resultados, obtidos através da aplicação do método descrito anteriormente no tópico 4, referentes as análises dos dados coletados na agroindústria do estudo de caso. Os resultados estão subdivididos entre a análise descritiva dos dados, definição e análises dos parâmetros e das cartas adaptativas de controle.

### 5.1 Análise da estatística descritiva dos dados

A estatística descritiva dos dados foi elaborada dividindo-os de acordo com o tipo de características da qualidade e o período do ano. Nas tabelas são apresentados os seguintes resultados: média geral das amostras, desvio padrão amostral, o valor máximo e mínimo de cor encontrada em cada semestre, conseqüentemente a amplitude, o intervalo do tamanho amostral de cada período, e o número total de amostras em cada semestre.

O primeiro requisito de qualidade analisado foi a cor de vermelho (Lovibond 5  $\frac{1}{4}$ "), segue abaixo a Tabela 2 que apresenta os resultados do ano de 2015.

**Tabela 2** - Resumo da estatística descritiva referente a cor de 2015.

SEMESTRE	MÉDIA (Xi)	DP (S)	MÁXIMO	MÍNIMO	AMPLITUDE	n	TOTAL DE AMOSTRAS
1	6,29	0,72	10,00	3,10	6,90	26-5	1768
2	5,55	0,73	10,00	2,00	8,00	33-5	2560

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

No primeiro e segundo semestre de 2015, os resultados médios da característica de qualidade cor se apresentaram com médias gerais 6,29 e 5,55, respectivamente. Ao longo do primeiro período se pode constar uma mudança no perfil dos dados, visto que havia a priori uma variação entre os valores 7 e 6 de vermelho, por fim os valores passaram a despencar para próximos a 4, chegando até a valores inferiores. O segundo período, por sua vez, manteve a tendência de apresenta médias inferiores a 6 de cor vermelho, de maneira que apenas 3% das vezes as médias referente a cada dia de coleta, foram iguais ou superior a 7 de cor vermelho.

Um fato importante a destacar é a similaridade do desvio padrão amostral nos dois semestres do ano de 2015. O valor máximo de cor alcançado em ambos os

períodos foi 10, de maneira que a média para o primeiro semestre foi 7,53 e no segundo 6,84 de cor vermelho. Apesar dos valores mínimo serem baixos quando comparados aos máximos, as médias para eles foram 5,16 e 4,49, em ordem cronológica. Repercutindo em uma amplitude média anual de 2,36 cor vermelho em ambos os semestres, valor baixo quando comparado aos apresentados na tabela, que são as maiores amplitudes encontradas.

No ano de 2015 se totalizaram 4.328 amostras coletadas para realização de análise da cor vermelho, sendo que apenas 31% correspondem ao primeiro semestre, ocorrendo uma variação de 26 a 5 o tamanho amostral das amostras coletadas diariamente, gerando um n médio de 15. Os outros 69% dos dados foram distribuídos com maior variabilidade entre os dias onde em alguns foram realizadas 34 análises e em outros apenas 5, uma média de 18 análises por dia, no segundo semestre.

Quando comparado aos resultados apresentados no ano 2014, se percebe uma similaridade entre as médias gerais. Levando em consideração o desvio padrão amostral médio, em 2014 o segundo semestre se destacou com o maior desvio, conforme pode ser visto na Tabela 3.

**Tabela 3** – Resumo da estatística descritiva referente a cor de 2014.

SEMESTRE	MÉDIA (Xi)	DP (S)	MÁXIMO	MÍNIMO	AMPLITUDE	n	TOTAL DE AMOSTRAS
1	6,38	0,64	10,00	5,0	6,40	16-10	1698
2	5,50	0,83	10,00	4,28	5,70	23-5	1637

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Ainda realizando o estudo comparativo entre os anos, é perceptível que em 2014 nos dois semestres o valor máximo e mínimo estiveram mais próximos do que em 2015, conseqüentemente a amplitude apresentou melhores resultados. Os resultados médios da amplitudes foram 1,96 e 2,65, para o primeiro e segundo semestre do ano, respectivamente. As maiores amplitudes também obtiveram melhor desempenho, que no ano anterior. Diferentemente de 2015, onde o total de amostras apresentou disparidade entre as quantidades, em 2014 a diferença foi de apenas 61 amostras entre os semestres.

É sabido que o recebimento da matéria-prima caroço de algodão e óleo bruto oriundo de terceiros começam a cessar a partir do início de cada ano e que no final do segundo semestre a qualidade do que é recebido se torna inferior ao que é praticado normalmente. Esse fator pode ter ocasionado a alteração no comportamento das amostras do segundo semestre, tanto em 2014 quanto em 2015, porém de maneiras diferentes. No primeiro ano houve o aumento da variabilidade da qualidade, no segundo ocorreu o aumento do número de amostras coletadas, com o intuito de inibir e controlar o surgimento de não-conformidades durante o processo produtivo.

Compreende-se que o produto principal da empresa é o óleo vegetal de algodão e que o tal é classificado ao mercado como TIPO 1. Nessa classificação não entra o critério cor do produto, porém na especificação técnica do produto elaborada pela empresa a cor máxima é o valor 7 de vermelho. Não é estipulada uma cor mínima, todavia quanto mais baixa a cor do produto mais argila ativada foi utilizada para o clareamento do mesmo, gerando aumento no custo de produção. Isso implica que o bom resultado para a empresa, são valores próximos de sua especificação a fim de minimizar custos, pois isso não interfere na qualidade efetiva do seu produto.

Apesar de não afetar no desempenho do óleo, é preciso salientar que para o consumidor final a cor muitas vezes é um critério de avaliação da qualidade do produto. Muitos deles não tem o conhecimento dos critérios de classificação, muito menos da imparcialidade que representa essa característica para qualidade efetiva do óleo. Todavia a grande preocupação se trata dos grandes clientes, que adquirem o produto como matéria-prima para o seu produto final (salgados, por exemplo), nesse caso a cor do óleo pode afetar a coloração que se espera atingir na aparência do produto pronto. Logo, é preciso haver um equilíbrio entre esses fatores.

A acidez por sua vez, é um dos critérios para a classificação do produto como tipo 1 ou 2, de modo que, para o óleo vegetal de algodão, este parâmetro de qualidade deve ser  $\leq 0,03$  (% ácido oleico), para ser classificado como Tipo 1. Na Tabela 4 estão dispostos os resultados referentes a característica da acidez do óleo vegetal de algodão, para o primeiro e segundo semestre de 2015.



**Tabela 4** – Resumo da estatística descritiva referente a acidez de 2015.

SEMESTRE	MÉDIA (Xi)	DP (S)	MÁXIMO	MÍNIMO	AMPLITUDE	n	TOTAL DE AMOSTRAS
1	0,0269	0,0068	0,1700	0,002	0,1500	26-5	1022
2	0,0217	0,0056	0,1200	0,009	0,1030	21-5	695

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

No primeiro semestre de 2015, foram totalizados 1022 amostras coletadas, durante 106 dias, com tamanho amostral (n) variando entre 26 e 5, cuja média se aproximou de 10 amostras por dia. Esses dados apresentaram uma média geral 0,0269 % de acidez oleica, 10,33% abaixo do que é exigido pelo mercado. O valor máximo demonstra que nem sempre o processo esteve de acordo com o estabelecido, entretanto esses resultados são pontuais. Quando se observa esses dados, é perceptível que a causa pode ter sido ocasionada por desajuste em equipamentos, ou ainda por queda da pressão de vapor emitido pela caldeira, fatores que interferem diretamente no processo de desodorização. Em média os valores máximos das amostras foram 0,0414 % de acidez oleica, cerca de 30% maior que a especificação.

Em contrapartida no segundo semestre a média foi ainda menor, apresentando ainda o desvio padrão amostral inferior ao do período anterior. O número total de amostras foram 32% menor, variando o tamanho amostral entre 21 e 5, com média de aproximadamente 7 amostras por dia, demonstrando maior controle sobre o processo produtivo. Outro fato a destacar para o segundo semestre de 2015, é que apesar de haver picos com valores máximos elevados e mínimo muito inferior, quando comparado ao padrão estabelecido, o resultados médio da acidez máxima de cada dia foi de 0,03, exatamente igual ao padrão. A média geral mínima apresentou um aumento para 0,015, consequentemente reduzindo a amplitude média de 0,0223 para 0,0151, cerca de 32,28% a menos que no primeiro semestre.

O ano de 2014 apresentou, conforme a Tabela 5, variação no tamanho amostral inferior a 2015, obtendo uma média diária de 7 amostras, gerando um total de dados coletados muito próximo entre os semestres, porém no segundo semestre de 2015 foram coletadas um número menor de amostras quando comparados a eles. Logo, se trata de uma evidência de que houve um número maior de

ocorrências de não-conformidades ao longo do processo produtivo, no primeiro período de 2015.

**Tabela 5** – Resumo da estatística descritiva referente a acidez de 2014.

SEMESTRE	MÉDIA (Xi)	DP (S)	MÁXIMO	MÍNIMO	AMPLITUDE	n	TOTAL DE AMOSTRAS
1	0,0248	0,0069	0,1500	0,01	0,13	10-5	864
2	0,0263	0,0072	0,1700	0,01	0,1150	13-5	815

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Continuando o estudo comparativo em relação a acidez, se percebe que em 2014 apesar das médias gerais estarem inferiores a 0,03 e próximas uma da outra, o desvio padrão amostral sofreu aumento, mas que apesar disso se manteve o padrão. Observa-se também que embora os valores máximos do primeiro e segundo semestre de 2014 representarem acidez muito alta, a média geral deles foi de 0,0362 e 0,0375, respectivamente. Assim, se constata que conforme 2015, houveram pontos no processo produtivo que influenciaram negativamente para a disparidade entre o valor máximo das amostras e a especificação.

A variabilidade dos dados foi baixa quando comparada as dos períodos anteriores. Observa-se que os dias no qual foram coletadas menos amostras de obtiveram menor valor máximo e conseqüentemente menor amplitude. Os que apresentaram elevado número n foram as que exibiram maiores amplitudes. Isso confirma a teoria de que quando há uma não-conformidade se procura reduzir o intervalo de coleta das amostras e aumentar a quantidade delas.

É perceptível que existe um controle maior em relação a característica de qualidade acidez do produto, o principal fator está relacionado a exigência do mercado por esse padrão para óleo classificados como Tipo 01. Caso um produto seja pego sendo comercializado fora desse padrão de acidez (0,03 % ácido oleico) a empresa é notificada e multada.

## **5.2 Linhas centrais, limites de controle e de advertência**

Uma das primeiras etapas para construção das cartas de controle adaptativas, é a definição dos parâmetros de controle que será utilizado na carta e o cálculo dos limites superior e inferior de controle, assim como das linhas centrais dos gráficos e os limites de advertência.

Segue abaixo a Tabela 6 com os resultados obtidos para as linhas médias de cada tipo de gráfico e de cada característica de qualidade, semestralmente. Observa-se que os valores da média geral para ambas as características de qualidade foram abaixo do padrão estabelecido de cor (7,0 vermelho) e acidez (0,03 % ácido oleico).

**Tabela 6** – Resultados dos cálculos da linha centrais para as cartas de controle (2015).

Característica da qualidade	Acidez		Cor	
	1º Semestre	2º Semestre	1º Semestre	2º Semestre
<b>Período</b>				
<b>Média geral</b>	0,0294	0,0229	6,33	5,78
<b>DP geral</b>	0,0118	0,0074	0,77	0,76

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

De acordo com a metodologia abordada no tópico 4 desse trabalho, os parâmetros a serem determinados são o coeficiente L de controle e o w de advertência, juntamente com o  $n_g$ ,  $n_p$ ,  $h_b$  e  $h_l$ . Baseando-se na observação do processo produtivo durante as visitas é perceptível que os parâmetros apresentados na Tabela 7, são suficientes para dá início a implantação das cartas de controle adaptativas na empresa, realizando ajustes, se necessário.

**Tabela 7** – Parâmetros dos limites de controle e advertência (2015).

Parâmetro	Carta $\bar{X}$	Carta S
<b>L</b>	$\pm 3$	$\pm 3$
<b>w</b>	$\pm 2$	$\pm 2$
<b><math>n_g</math></b>	48	24
<b><math>n_p</math></b>	12	6
<b><math>h_l</math></b>	2h (120 min.)	4h (240 min.)
<b><math>h_b</math></b>	¼ h (15 min.)	1h (60 min.)

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Sabe-se que não ocorreu o controle do número menor e maior de amostras a serem coletadas, assim como do tempo para o intervalo mais curto ou longo, os gráficos foram plotados utilizando os dados coletado sob o sistema da empresa em estudo. Portanto, as cartas de controle foram feitas com amostras de diversos tamanhos. Cabe ainda ressaltar que as amostras usadas nas cartas são referentes apenas ao ano de 2015, pois nesse ano houveram grandes mudanças relacionadas a padrões de especificações e exigências comerciais que influenciaram diretamente no controle do processo.

Os limites de controle das cartas adaptativas estão apresentados na Tabela 8. Para a característica de qualidade cor os limites em ambos os gráficos foram próximos. Já no caso da acidez, o limite de controle superior do segundo semestre sofre uma significativa redução quando comparado aos dos primeiros semestres.

**Tabela 8** – Limites de controle das cartas adaptativas (2015).

Gráficos	Semestre	Cor		Acidez	
		LSC	LIC	LSC	LIC
$\bar{X}$	1º	6,95	5,71	0,0416	0,0172
	2º	6,39	5,17	0,0317	0,0141
S	1º	1,23	0,31	0,0212	0,0024
	2º	1,21	0,31	0,0144	0,0004

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Na Tabela 9 estão dispostos os limites de advertência das cartas adaptativas de  $\bar{X}$  e S. Eles apresentam o comportamento semelhante ao dos limites de controle. Onde LSA significa limite superior de advertência e LIA corresponde a limite inferior de advertência.

**Tabela 9** – Limites de advertência das cartas adaptativas (2015).

Gráficos	Semestre	Cor		Acidez	
		LSA	LIA	LSA	LIA
$\bar{X}$	1º	6,74	5,92	0,0375	0,0213
	2º	6,18	5,38	0,0288	0,0170
S	1º	1,07	0,46	0,0181	0,0055
	2º	1,06	0,46	0,0120	0,0028

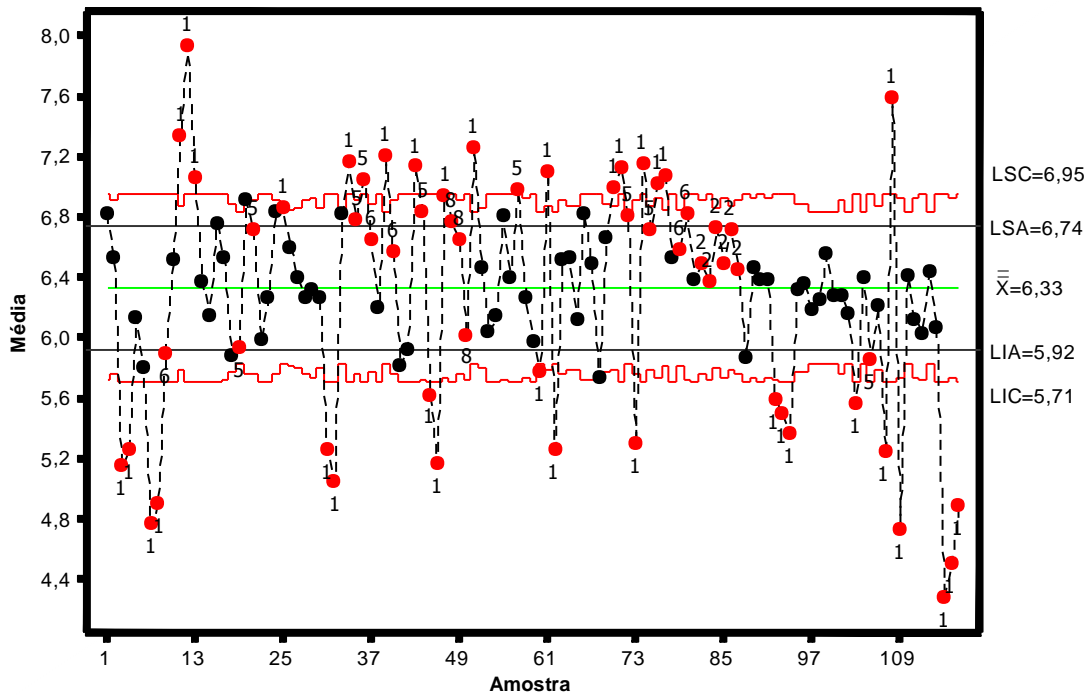
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 5.3 Análise das cartas de controle adaptativas

Os gráficos apresentados a seguir correspondem as cartas adaptativas da média e desvio padrão para cada uma das características de qualidade durante o primeiro e segundo semestre de 2015. As cartas de controle foram construídas de forma a destacar os resultados dos testes de estabilidade apresentados no subtópico 2.4.4 deste trabalho. Os pontos em vermelho demonstram que causas especiais existem no processo produtivo, os numerais que acompanha cada ponto em destaque indica o teste pelo qual a causa foi detectada.

As informações contidas no gráfico, cabe ressaltar que a linha média é representada pela linha na cor verde, as duas linhas de cor vermelha são os limites de controle superior e inferior, na cor preta estão as linhas que representam os

limites de advertência. Adiante está a Figura 11, que corresponde a carta de controle adaptativa para a média referente a cor do primeiro semestre de 2015.



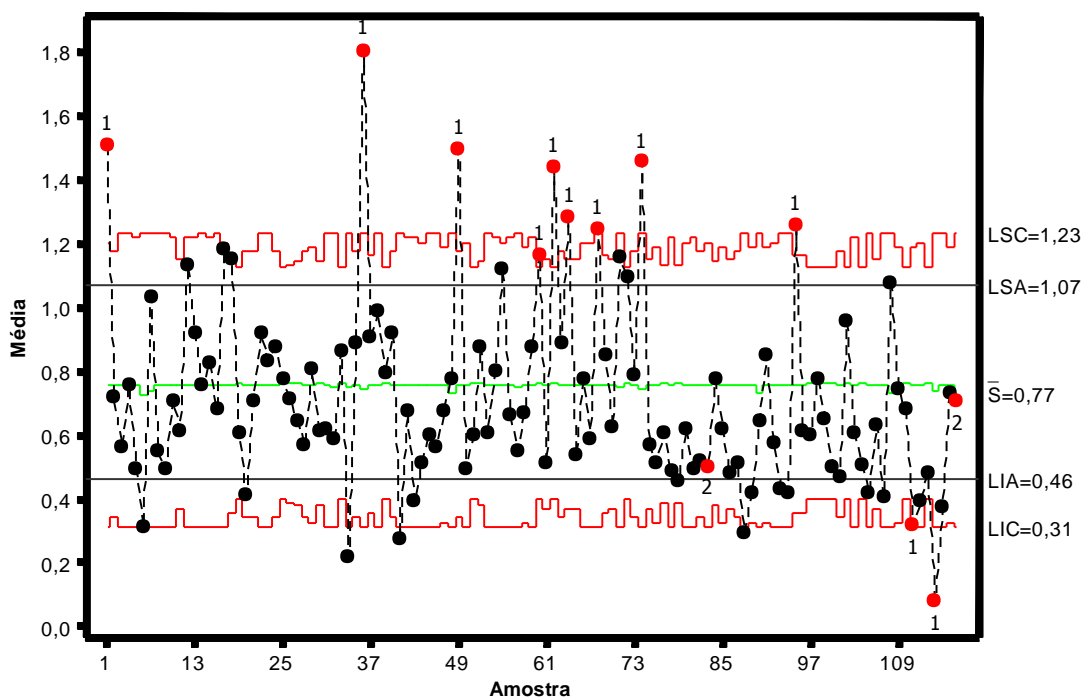
**Figura 11** – Carta de controle adaptativa da média (Cor – 1º sem 2015)  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Como pode ser visto na carta de controle adaptativa apresentada na Figura 11, se destacam a presença de 35 pontos em vermelho devido a reprovação no teste 1, isso indica que para os limites específicos calculados para essas amostras houveram pontos fora dos limites de controle devido a presença de causas especiais no processo. Considerando o valor do LSC, apenas o ponto que corresponde a amostra 25 está abaixo dele, com valor de médio de 6,86, apesar de estar destacado.

Na carta de controle adaptativa da Figura 11, também foi diagnosticando uma tendência nos valores das médias amostrais, pois existem sequências de 9 pontos posicionados acima da linha central (indicada pelo teste 2). É visto ainda que na parte superior da linha central há pontos destacados na cor vermelha que representam os testes 5 e 6. Eles demonstram que realmente a tendência da característica de qualidade cor ser superior ao valor médio ocorreu durante todo o primeiro semestre de 2015.

Partindo para a análise da variabilidade dos dados, a Figura 12, apresenta a carta adaptativa de controle de S para a cor do primeiro semestre de 2015. Observa-se novamente a falha no teste 01 durante todo o período, com a presença de pontos fora dos limites de controle. O resultado de ambas as cartas apontam para um processo fora de controle estatístico em relação a característica de qualidade cor vermelho, isso para o primeiro semestre de 2015.

Um fator a ser observado é que a variabilidade da cor foi reduzida no final do primeiro semestre, quando comparada ao início. Isso indica a busca pelo controle maior dessa característica. Marca também um período de transição pelo qual a empresa passou, devido a exigências feitas por clientes para a redução do seu limite de especificação, passando de cor vermelho 7 para 6. Para atingir esse novo padrão era preciso maiores esforços operacionais.

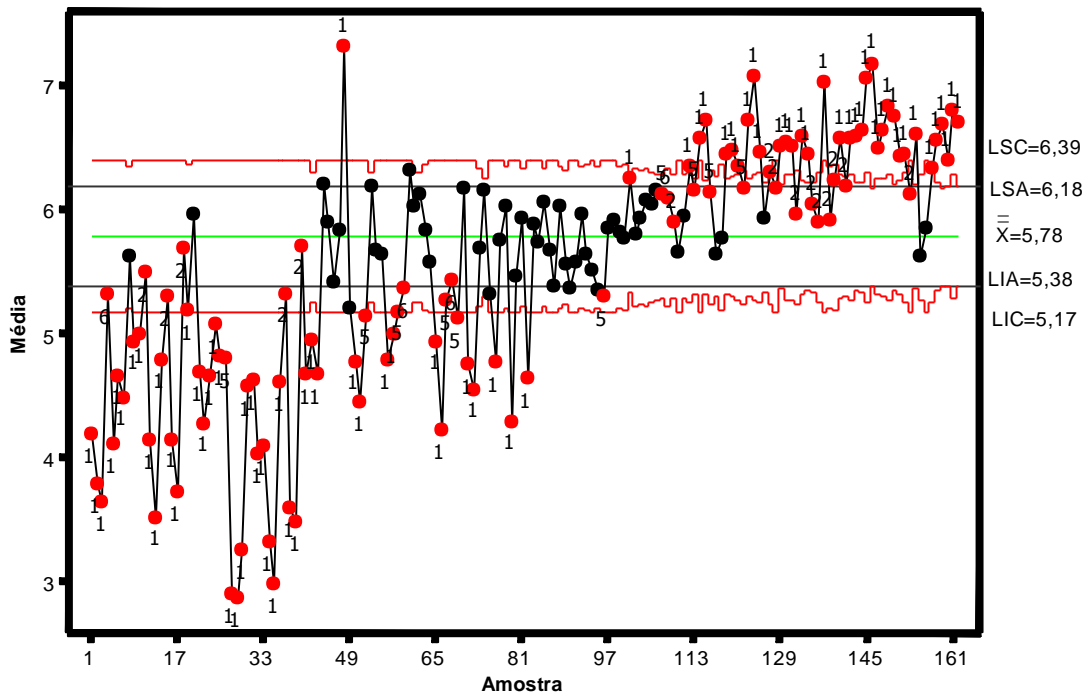


**Figura 12** – Carta de controle adaptativa para o desvio padrão (Cor 1º sem 2015)

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Diferentemente do ocorrido no primeiro semestre de 2015, é demonstrado na Figura 13 que os valores médios referentes a cor no segundo semestre do ano estiveram dispersos e sem a centralidade devida, apresentando uma tendência crescente do início até o final do período. Apenas 31,67% das amostras mantiveram

suas médias dentro dos limites de controle calculados, o que pode ser visto pela grande presença de falhas no teste 01. As falhas nos testes 02, 05 e 06 comprovam a tendência do início do período dos valores médios estarem muito abaixo do LIC e no final dos mesmos se apresentarem acima do LSC.



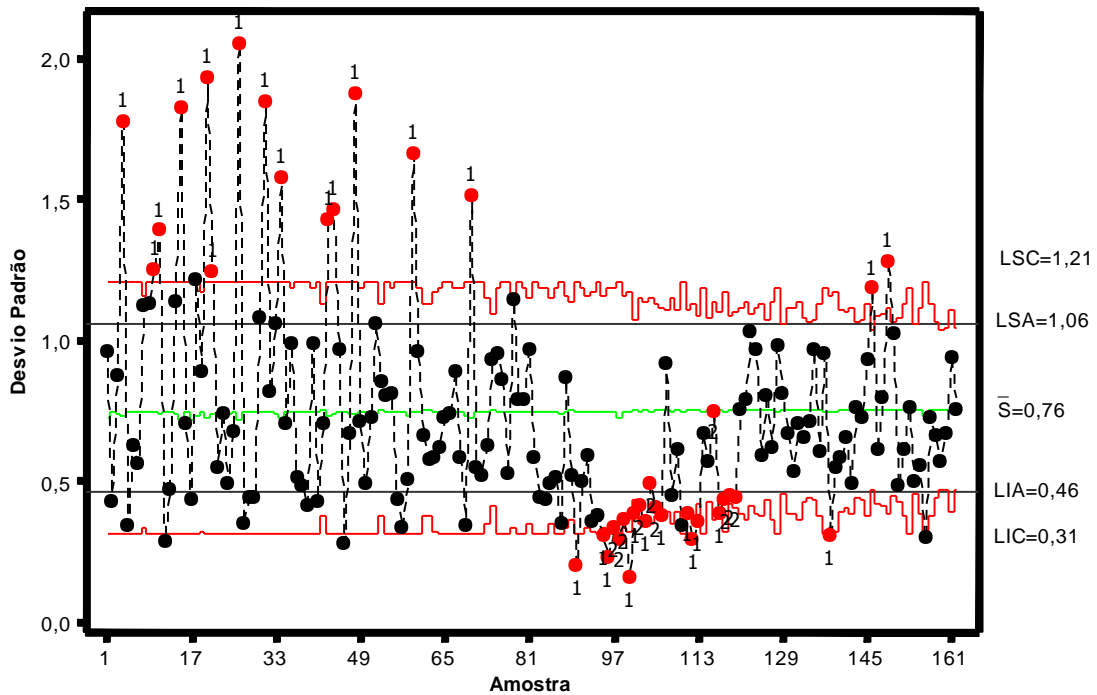
**Figura 13** – Carta de controle adaptativa para a média (Cor 2º sem 2015)

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A carta de controle adaptativa de S na Figura 14, apresenta a maior variabilidade aconteceu no início do segundo semestre, com a presença de pontos acima do LSC, é justamente no período no qual a centralidade das amostras não esteve próximo a linha central, mas muito abaixo dela.

No intervalo entre as amostras 71 e 89, o processo manteve a variabilidade dentro dos parâmetros de controle, esse intervalo corresponde ao momento no qual houve a centralidade no gráfico referente a média. Na figura abaixo é possível ver que a transição para os valores médios das amostras acima da linha central (Ver Figura 14) é marcada pela presença de um conjunto de falhas nos testes 1 e 2, expondo que ocorreu uma grande variação no perfil das amostras. Em seguida, no final do semestre, a média dos desvios se mantiveram em grande parte dentro dos limites de controle, apesar de quando confrontada com a carta de controle

adaptativa da média, este período representa a fase onde os resultados foram superiores aos limites de controle.



**Figura 14** – Carta de controle adaptativa para o desvio padrão (Cor 2ª sem 2015)  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Os resultados expostos acima, demonstram que o processo produtivo do óleo de algodão não esteve sobre controle estatístico em relação a característica de qualidade cor, durante todo o ano de 2015.

É notório que ocorreu uma mudança brusca no perfil das amostras coletadas no decorrer do ano. Onde primeiro haviam amostras com grande variabilidade, porém com uma certa centralidade em torno da LM e em seguida o comportamento delas foi uma tendência crescente, sem nenhuma espécie de centralidade.

Confrontando os dois semestres analisados, se nota que no primeiro a produção se mantinha em torno dos valores correspondentes dos limites de controle, apesar de haver amostras fora deles. Todavia no início do segundo semestre a produção passa a desencadear uma série de amostras abaixo do LIC (5,17), fato que envolve maior esforço para atingir tal característica no resultado final do produto.

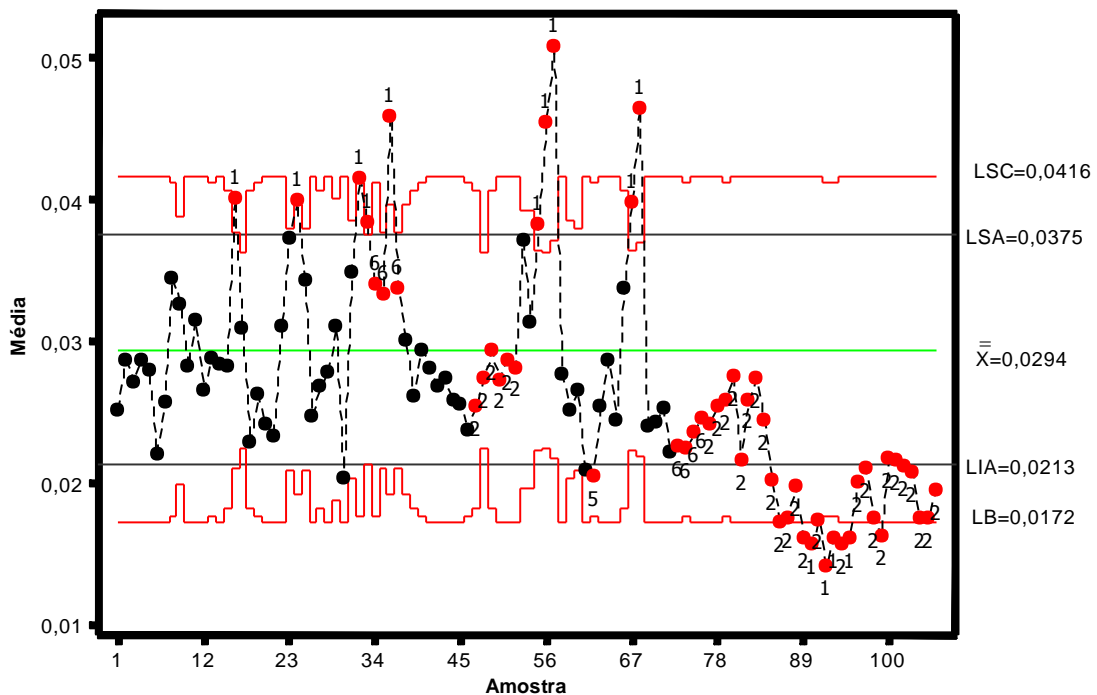


Um fato importante a ser relatado é que durante um determinado período de 2015 (transição do primeiro para o segundo semestre) a empresa ofertava seu produto para um cliente que exigia que o valor padrão da característica de qualidade cor de vermelho (Lovibond 5 ¼”) fosse 6,0. Dessa maneira é justificada essa distorção no perfil histórico desse requisito, ainda que isso tenha gerado maiores cuidados e gastos com a quantidade de insumos usados para o branqueamento do produto atingir a especificação do cliente.

Atrelado ao fato mencionado no parágrafo acima, existe também a perda da qualidade da matéria-prima, que trata-se do óleo extraído por terceiro, assim como o caroço de algodão velho. Esse ponto negativo induziu a carta de controle adaptativa do segundo semestre referente a cor, ter apresentado valores superior ao LSC no final do ano.

Segue abaixo as cartas de controle adaptativas referentes a segunda característica de qualidade do produto analisada nesse trabalho, que é acidez, cujo padrão estabelecido é de 0,03 % de ácido oleico. Cabe salientar que o valor dito anteriormente é o máximo de acidez permitido haver no produto para sua comercialização.

A Figura 15 representa a carta de controle adaptativa para a média da acidez do produto produzido no primeiro semestre de 2015. É perceptível que a linha média já apresentou resultado muito próximo ao padrão. Portanto para atingir a especificação as médias individuais precisariam estar próximas ao valor central do gráfico, melhor ainda que estivesse entre o LM e o LIA. Porém o que ocorreu foi que no início do período as médias apresentaram um certa centralidade, apesar de existir falhas no teste 01. No meio do semestre surgiram falhas no teste 6 que apontam juntamente a tendência de haver valores subsequentes fora de controle.

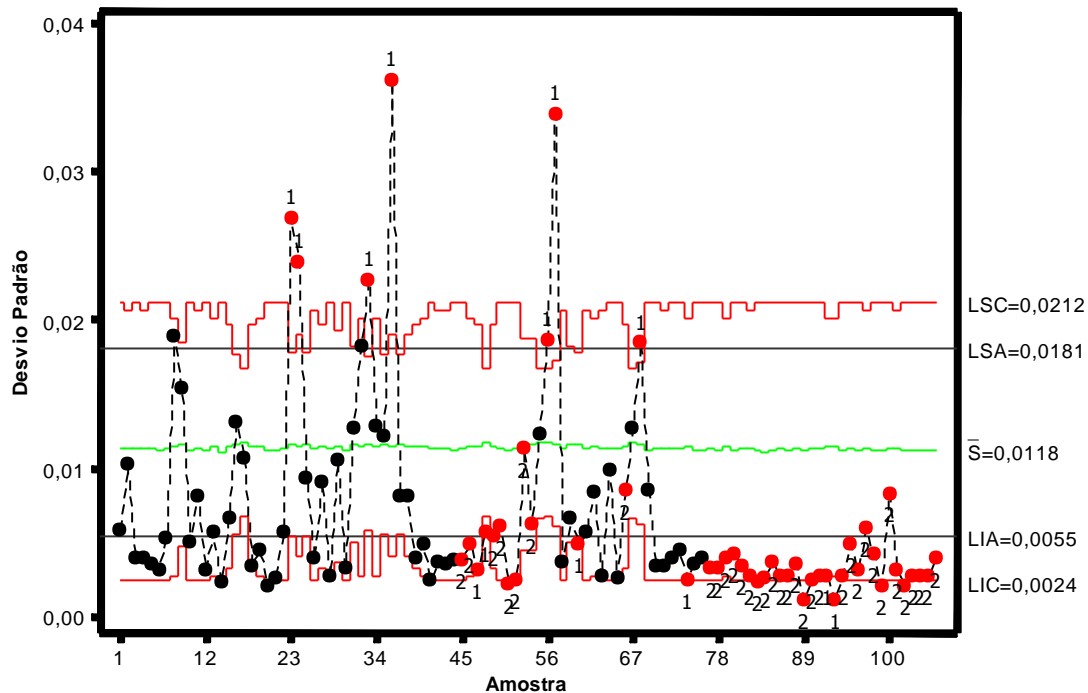


**Figura 15** – Carta de controle adaptativa para a média (Acidez 1º sem).  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda analisando a Figura 15, se constata que o intervalo entre as amostras 38 (0,03) e 52 (0,028), os resultados médios estiveram dentro do esperado apesar das falhas no teste 2, que indica o comportamento subsequente de pontos no mesmo lado da linha central. Em seguida se tem uma série de pontos fora do limite de especificação e uma queda a partir da amostra 68, onde se inicia um novo perfil dos dados coletados, que é destacado pela reprovação nos testes 2 e 6, com acidez excessivamente inferior ao estabelecido nas especificações.

Contata-se que o processo não esteve sob controle estatístico na carta representada na Figura 16, que corresponde ao desvio padrão das amostras. Nota-se que no início do primeiro semestre o processo esteve sob controle (até a amostra 23), após isso começam a ocorrer falhas nos testes 01 e 02, onde 5 pontos estiveram acima do LSC e sequências de 9 pontos estiveram no lado inferior a linha central, respectivamente, indicando o descontrole do processo.

Devido à redução nos resultados das amostras no final do segundo semestre e a falha do tipo 2 apresentada no gráfico anterior, aqui também é perceptível a diminuição na variabilidade no mesmo período de tempo.



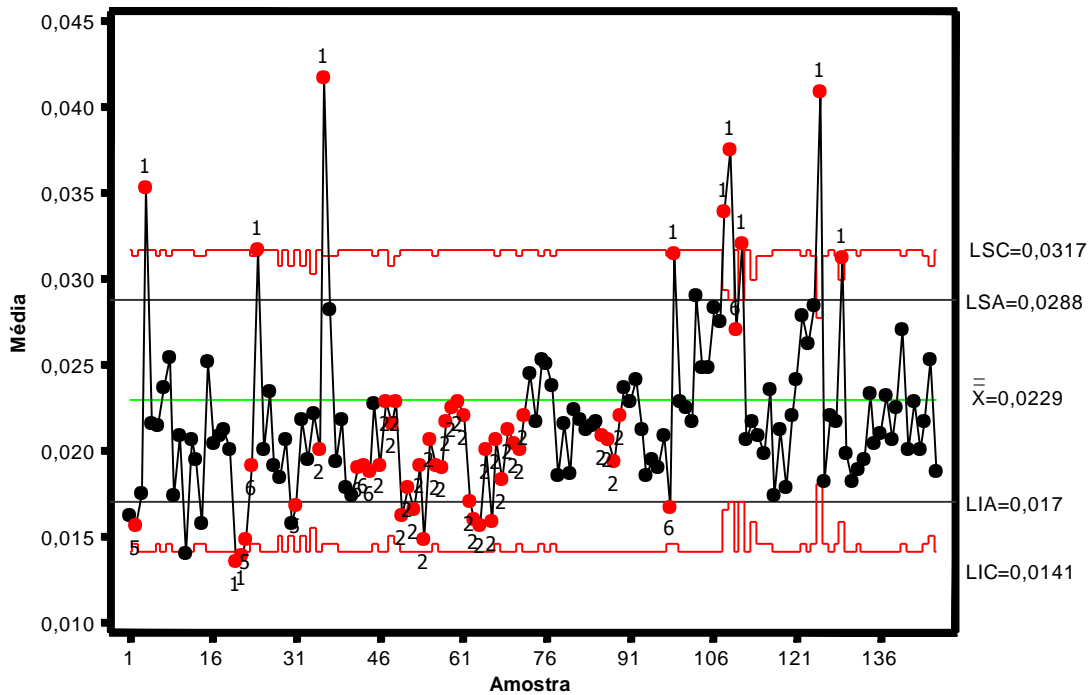
**Figura 16** – Carta de controle adaptativa para o desvio padrão (Acidez 1º sem. 2015).  
Fonte: Elaborado pelo autor.

No segundo semestre de 2015 a linha média da carta de controle é delimitada por um valor médio muito inferior ao da especificação, como pode ser visto na Figura 17. Aqui o perfil da produção busca a centralidade em torno da média, embora apresente falhas pontuais no teste 1, com pontos acima do LSC.

No intervalo da amostra 42 até 72 ocorrem falhas em sequência nos testes do tipo 06 e em grande maioria do tipo 2, existe um conglomerado de valores médios abaixo da linha central, porém todos dentro do LIC, apesar de 7 deles ultrapassarem o LIA. Isso implica que apesar de não ter saído dos limites de controle, se identificou uma causa especial no processo que leva os resultados a estarem abaixo da média por um certo tempo.

Um dos fatores que devem ser observados é a adaptação da dosagem de insumos de acordo com a qualidade da matéria-prima que entra no processo. Obviamente que para que essa ação ocorra é necessário que os equipamentos possibilitem essa alteração com eficácia e segurança nas suas marcações. Além

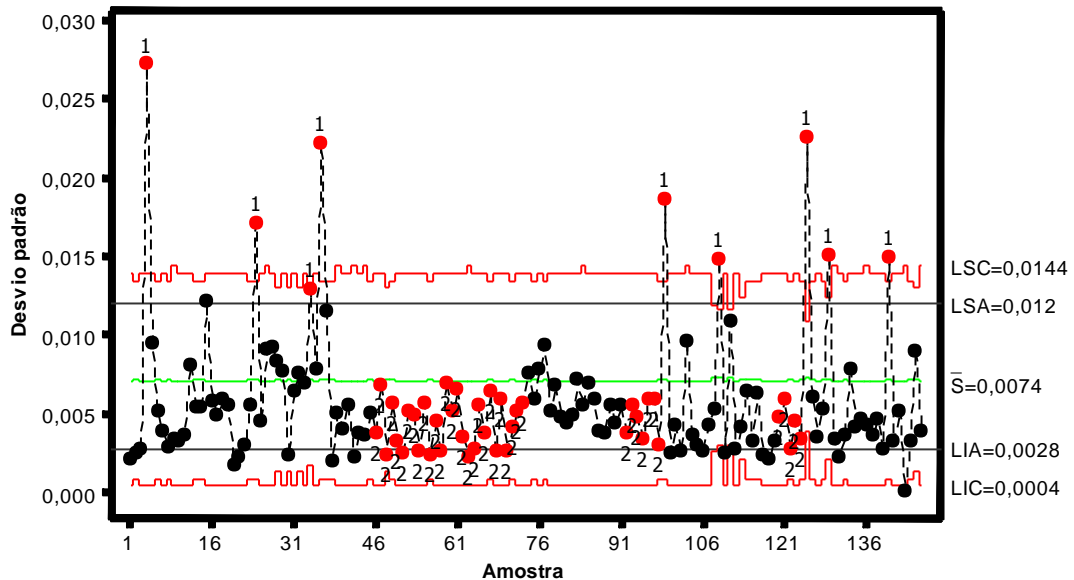
disso, é preciso que os operadores saibam como se posicionar para cada perfil de produto recebido.



**Figura 17 – Carta de controle adaptativa para a média (Acidez 2º sem. 2015).**  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Em relação a variabilidade dos dados, a Figura 18 representa a carta de controle adaptativa de S para a acidez do segundo semestre de 2015. É notório que o processo não esteve sob controle estatístico, pois houve a presença de diversas causas especiais representadas pelas falhas 01 e 02.

Observa-se que a eliminação das amostras 04, 24, 34, 36, 99, 109, 125, 129 e 140, estabilizaria o processo colocando-o em controle estatístico, gerando uma nova média e limite, visto que a maioria dos desvios estão concentrados na parte inferior a linha central e não ultrapassaram o LIC.



**Figura 18** – Carta de controle adaptativa de S (Acidez 2º sem. 2015).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

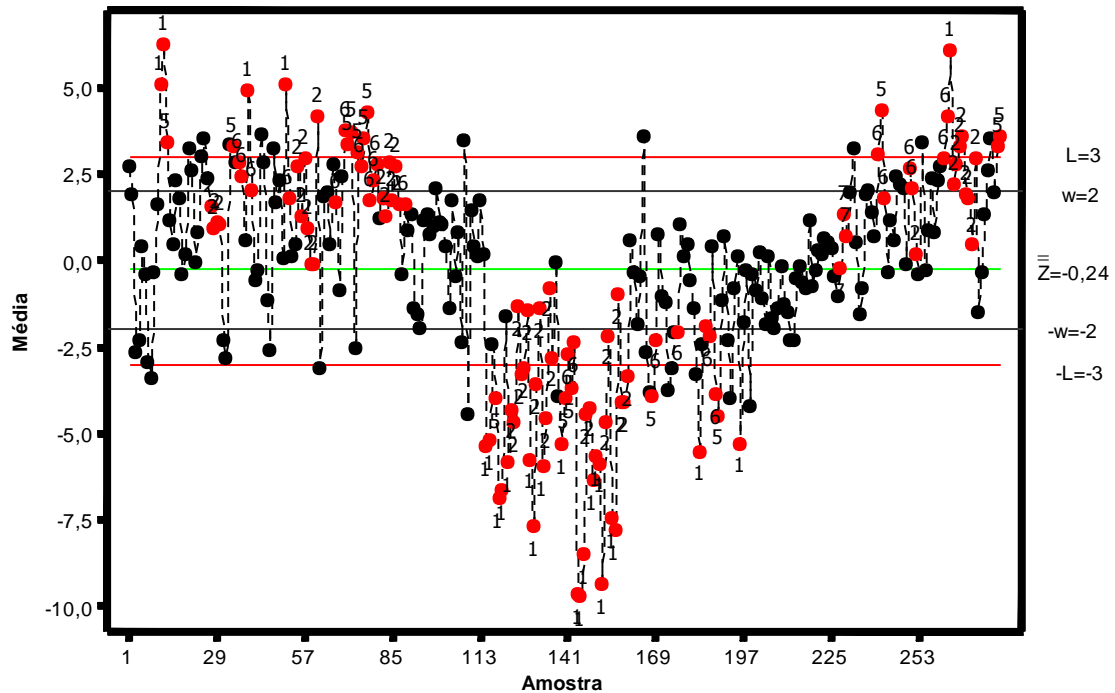
Os resultados obtidos no ano de 2015 para a característica de qualidade acidez demonstram que as causas especiais estiveram presentes no processo produtivo do óleo de algodão e que elas afetaram a centralidade e a variabilidade das cartas de controle adaptativas. Apesar desse diagnóstico, se nota que as falhas ocorridas nos testes são muitas das vezes geradas pela presença de causas pontuais que influenciam negativamente nos parâmetros.

Comparando os dois períodos a acidez no segundo semestre esteve mais centralizada e os valores dos desvios padrões mostram a baixa variabilidade dos dados. Vale ressaltar que para uma baixa acidez ocorre a inserção de uma quantidade maior de insumo a fim de neutralizar a acidez inerente ao óleo bruto de algodão, que por sua vez é superior a maioria dos óleos.

#### 5.4 Padronização dos dados

Com o intuito de aprimorar e facilitar a análise das cartas de controle adaptativas da média com tamanho e intervalo amostral variável, os dados coletados foram padronizados, gerando a variável Z. O resultado dessa transformação de

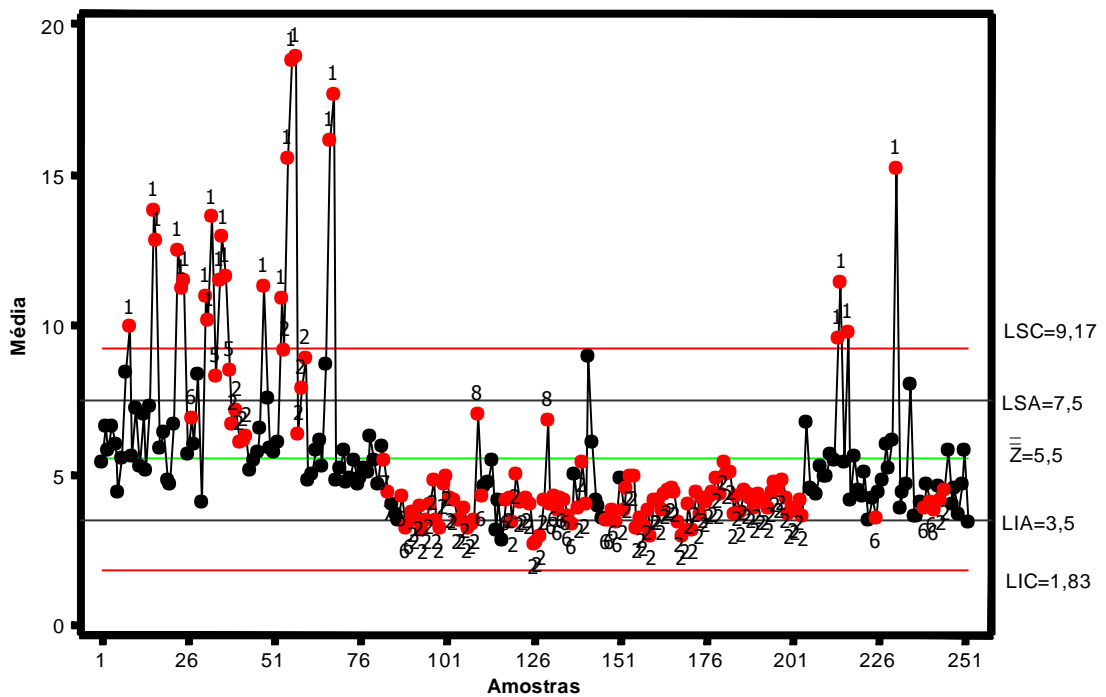
variáveis são limites de controle constantes ao longo do período. A carta de controle abaixo (Figura 19) apresenta os valores adaptados da característica da qualidade cor referente a todo ano de 2015.



**Figura 19** – Carta de controle  $\bar{Z}$  PADRONIZADA da cor (2015).  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Como é possível observa na Figura 19, mesmo após a padronização dos dados é visto o mesmo comportamento das médias ao longo do período, como foi descrito anteriormente com as cartas de controle adaptativas cujos limites são inconstantes. Novamente se pode observar a tendência crescente ocorrida no segundo semestre e a dispersão do primeiro.

A Figura 20 apresenta os resultados encontrados para essa característica mediante a transformação das variáveis. Observa-se a presença de causas especiais no processo produtivo ao longo de todo o ano, destacando o conglomerado de valores dispostos entre a linha média central e o LIC, onde ocorre inúmeras falhas no teste 02, indicando sequências com mais de 09 números de um mesmo lado da LM, chegando a ser em número superior como mostra a falha no teste 08.



**Figura 20** – Carta de controle  $\bar{Z}$  PADRONIZADA da acidez (2015).  
**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Obviamente através da carta de controle padronizadas para a acidez, demonstra que ao serem retiradas as amostras cujos dados apresentaram falhas nos testes 01, a centralidade do gráfico mudaria e consequentemente seus limites, trazendo o processo para o estado de controle estatístico.

É visto que a padronização dos dados não afetou o resultado obtido quando analisado pelo método cujos limites de controle eram inconstantes, porém a interpretação do gráfico é visualmente mais simplificada.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **6.1 Considerações sobre os resultados**

Através deste trabalho foi possível detectar o quão importante é para uma empresa do setor alimentício, que nesse estudo de caso foi uma agroindústria, a produção dos seus produtos com qualidade. Cada vez mais, elas estão sendo avaliadas e cobrada pelos clientes e órgãos de fiscalização.

Este trabalho analisou os dados de duas característica de qualidade do óleo de algodão, que interferem diretamente na comercialização do produto final no mercado, sendo elas a cor e acidez, por meio do uso da estatística descritiva e do controle estatístico do processo usando a metodologia das cartas adaptativas de controle.

Os resultados da estatística descritiva para o requisito cor vermelho, apresentou médias semestrais abaixo da especificação técnica do óleo, sendo que elas foram menores no segundo semestre dos anos de 2014 e 2015. Destaca-se ainda o alto valor de desvio padrão, entretanto próximos entre si, com ressalva para o segundo semestre de 2014 onde o DP foi de 0,83, cerca de 14% superior ao do mesmo período no ano de 2015.

Outro fato a salientar é que dentre 4328 amostras para análise de cor vermelho coletadas no ano de 2015, 69% delas foram realizadas no segundo semestre. Esse resultado demonstra a forte influência da demanda dos clientes e a qualidade da matéria-prima para o processo produtivo do óleo vegetal de algodão. Esse fator também comprova a lógica de funcionamento das cartas de controle adaptativa, quando a mesma relata que ao surgir uma não-conformidade o número de amostras coletas aumentam ou/e o intervalo amostral diminui.

Em relação a acidez os resultados da estatística descritiva retrata que a média geral das amostras, assim como a cor vermelho, foi inferior a especificação técnica do produto nos dois anos analisados, tendo havido uma redução significativa no número de análises realizadas no segundo semestre de 2015. Dessa forma, mais uma vez, há coerência com a lógica apresentada pelas cartas de controle adaptativas. Constata-se que quando o processo está sob controle a tendência é um número de amostra menor e/ou intervalo de coleta mais longo.



As cartas de controle adaptativas se mostraram aceitáveis para aplicação nesse tipo de produto, demonstrando que a produção do óleo vegetal de algodão esteve fora do controle estatístico, para ambas características de qualidade, durante todo ano de 2015, apresentando causas especiais no decorrer do processo produtivo, gerando falhas nos testes estabilidade.

As origens das não-conformidades encontradas no processo produtivo do óleo de algodão, estão fortemente associada as características de qualidade da matéria-prima óleo bruto recebida de terceiro. Principalmente, no segundo semestre de 2015, período no qual houve o encontro de duas situações divergentes: o recebimento de óleo bruto de algodão com cores elevadas e a exigência de cor vermelho inferior ao da especificação por um importante cliente. Assim, para atingir a satisfação do cliente foi necessário esforços maiores e conseqüentemente um aumento nos insumos utilizados para minimizar a cor do produto final.

Quanto a característica acidez, o processo produtivo do óleo vegetal de algodão manteve em melhor desempenho. Sendo esse requisito de extrema importância para a comercialização do produto final, a empresa opta por trabalhar com níveis muito baixos de % de acidez oleica, muito inferior a especificação. Ao trabalhar com baixo % de acidez, é necessário haver um excelente processo de refino do óleo bruto, gerando talvez custos maiores seja pelo incremento de insumos ou baixa vazão na linha produtiva. A qualidade da matéria-prima também interfere na acidez obtida, assim como a execução das atividades operacionais do processo de refino do óleo.

Foi possível padronizar os dados para a construção de cartas de controle com tamanho de amostras e intervalo amostral diferentes, resultando em gráficos com limites constantes, facilitando a interpretação dos mesmos. Estas cartas confirmaram que o processo não esteve sob controle estatístico, mantendo inclusive o mesmo perfil das cartas anteriores.

É sugerido que a empresa implante um plano de amostragem estabelecendo o tamanho amostral e intervalos de coletas máximo e mínimo, contendo os pontos de coleta de cada tipo de amostra e as análises que serão realizadas. Outro fator necessário para a análise estatística dos dados é a inserção em planilha eletrônica

das os resultados das análises, isso reduziria o tempo gasto com digitação e o custo com documentação em papéis.

Outra sugestão é o treinamento operacional dos colaboradores para suas respectivas atividades, essa ação irá inibir o surgimento de causas especiais devido à má operação das máquinas e equipamentos, além de renovar o conhecimento dos colaboradores quanto ao processo no qual trabalha.

## **6.2 Sugestões para estudos posteriores**

Indica-se o uso das metodologias usadas como base para o método proposto nesse trabalho em agroindústrias cujo o custo associado as amostras seja alto, assim seria aplicada a ferramenta QFD para a escolha da característica de qualidade a ser analisada.

Outra indicação seria a aplicação em empresas que já possuem o CEP implantado para obter as diferenças entre o estudo das cartas tradicionais de controle e as cartas adaptativas de controle englobando a amostragem com dois tamanhos de amostras (pequeno e grande) e dois intervalos (curto e longo).

## REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Referências de conteúdos da Engenharia de Produção** - Associação Brasileira de Engenharia de Produção – S/D. Disponível em: < <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/%C3%81reas%20da%20Engenharia%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf> >. Acesso em: 03 fev. 2015.

ABIA. **O setor em números**. Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. Disponível em: < <http://www.abia.org.br/vs/setoremnumeros.aspx> > Acesso em: 24 set. 2014.

ARAÚJO, G. J. F; SILVA, M. M. Crescimento econômico no semiárido brasileiro: o caso do polo frutícola Petrolina/Juazeiro. **CAMINHOS DE GEOGRAFIA - revista on line**. Publicado em: Uberlândia, 03 jun. 2013. v. 14, n. 46, p. 246–264. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/18291/12824> > Acesso em: 15 nov. 2014.

ARAÚJO, M. J. **Fundamentos de agronegócios**. 2 ed. ver., ampl e atual. São Paulo: atlas, 2005. 160 p.: ISBN 8522441537

AURÉLIO. **Dicionário do Aurélio online**. Disponível em: < <http://www.dicionariodoaurelio.com/qualidade> >. Acesso em: 16 dez. 2014.

BAHIA. **Plano de desenvolvimento do APL de fruticultura do Vale do São Francisco** – Governo do Estado da Bahia - Secretaria de Ciência Tecnologia e Inovação – SECTI - Salvador, BA – maio / 2008. Disponível em: < [http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1247146529.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1247146529.pdf) >. Acesso em: 200 jan. 2015.

BASTIAN, L; WAQUIL, P.D; AMIN, M. C; GAZOLLA, M. Agroindústrias rurais familiares e não familiares: uma análise comparativa. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional - Mestrado e Doutorado da Universidade de Santa Cruz do Sul**. Publicado em: Santa Cruz do Sul, v. 19, nº 3, p. 51 - 73, set./dez. 2014. Disponível em: < [https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/download/2679/pdf\\_2](https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/download/2679/pdf_2) >. Acesso em: 10 jan. 2016.

BATALHA, M. O. (Coord.) Grupo de estudos e pesquisas agroindustriais. **Gestão agroindustrial**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2009. (V. 2) ISBN 9788522454495

BOER, R. L; BORCHARDT, M; PONTE JÚNIOR, J. Aplicação do seis sigma em recursos humanos: um estudo de caso em uma empresa eletro-eletrônica. **Revista Produção Online** - v. 10, n. 2, jun. 2010. Disponível em: < <http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/536/696> >. Acesso em: 13 nov. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. **INDICADORES SOCIOECONÔMICOS**. Disponível em: < [http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/indicad\\_ba.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/indicad_ba.pdf) > Acesso em: 15 nov. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2009/2010 a 2019/2020** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília: Mapa/ACS, 2010. Disponível em: < [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/MAIS%20DESTAQUES/Proje%C3%A7%C3%B5es%20Agroneg%C3%B3cio%202009-2010%20a%202019-2020.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/MAIS%20DESTAQUES/Proje%C3%A7%C3%B5es%20Agroneg%C3%B3cio%202009-2010%20a%202019-2020.pdf) > Acesso em: 14 dez. 2014.

BUSTAMANTE, P. M. A. C. A Fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco: Vantagens e Desafios. **Revista Econômica do Nordeste** - Volume 40 | Nº 01 | Jan. – Mar. / 2009. Disponível: < [http://www.bnb.gov.br/projwebren/exec/artigoRenPDF.aspx?cd\\_artigo\\_ren=1120](http://www.bnb.gov.br/projwebren/exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=1120) >. Acesso em: 20 jan. 2015.

CALLADO, A.A.C. **Sistemas Agroindustriais**. Agronegócio. – 3 ed - São Paulo: Atlas, 2011.

CAMPOS, V. F. **TQC: controle da qualidade total no estilo japonês**. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG, 2004.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo, SP: Atlas, 2010 241 p. ISBN 9788522458028.

CARVALHO, M. M; PALADINI, E. P. (Coord.) **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Campus, 2006. 355p. ISBN 8522436738

COSTA, A. F. B; EPPRECHT, E. K. CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico da qualidade** - 2 ed. – São Paulo: Atlas, 2005.

DINHEIRORURALONLINE. **Região do Vale São Francisco se destaca como polo produtor de fruticultura**. Publicado em: 27 mai. 2014. Disponível em: < <http://revistadinheiorural.terra.com.br/noticia/agronegocios/regiao-do-vale-sao-francisco-se-destaca-como-polo-produtor-de-fruticultura> > Acesso em: 28 jan. 2015.

ENGEL, B. S; FERNANDES, D. M. M. Agroindústrias familiares no Rio Grande do Sul: características principais. **V SEBE – Seminário de Ensino Pesquisa e Extensão**. Ano: 2015. Disponível em: < <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/SEPE-UFFS/article/viewFile/2738/1623> >. Acesso em: 20 de dezembro de 2015.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 424 p. ISBN 8573079886

GALVANI, L. R. **Análise comparativa da aplicação do programa seis sigma em processos de manufatura e serviço**; orientador Luíz César Ribeiro Carpinetti – São Carlos, 2010. Disponível em: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/121767/1/ANALISECOMPARATIV A.pdf> >. Acesso em: 21 jan. 2015.

GALVANI, L. R; CARPINETTI, L. C. R. Análise comparativa da aplicação do programa Seis Sigma em processos de manufatura e serviços. - **Prod.** vol.23 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2013 Epub Mar 19, 2013. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132013000400003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132013000400003&script=sci_arttext) > Acesso em: 20 nov. 2014.

GANGA, G. M. D. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na engenharia de produção**: um guia prático de conteúdo e forma. - São Paulo: Atlas, 2012.

GAUTÉRIO, E. G; MATTOS, V. L. D. Utilização de controle estatístico de processo na avaliação do desempenho acadêmico. - **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.14, n. 2, p. 744-763, abr./jun. 2014. Disponível em: < <http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1592/1156> >. Acesso em: 12 dez. 2014.

GAZOLLA, M. Redefinindo as agroindústrias no Brasil: uma conceituação baseada em suas “condições alargadas” de reprodução social. **Revista IDEAS**, v. 7, n. 2, p. 62-95, 2013. Disponível em: < [http://r1.ufrjr.br/cpda/ideas/revistas/v07/n02/03-IDEAS-v07\\_n02Marcio\\_Gazolla.pdf](http://r1.ufrjr.br/cpda/ideas/revistas/v07/n02/03-IDEAS-v07_n02Marcio_Gazolla.pdf) >. Acesso em: 10 jan. 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, J. E. **Contextualização do complexo agroindustrial brasileiro**. In: Congresso da SOBER, XLIII, 2005. Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/2/919.pdf> >. Acesso em 18 out. 2014.

HINES, William W. (Et al). **Probabilidade e estatística na engenharia**. 4. ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC, 2006. 588 p. ISBN 8521614748 (broch.).

LACERDA, M. A. D; LACERDA, R. D. O Cluster da fruticultura no Pólo Petrolina/Juazeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Volume 4, n. 1, Jul. 2004. Disponível em: < <http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/pdf/petrolina.pdf> > Acesso em: 15 nov. 2014.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2009. 312 p.

LEONI, R. C; COSTA, A. F. B; MACHADO, M. A. G. O efeito da autocorrelação no planejamento das cartas de controle de X e EWMA. - **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 1, p. 98-110, 2013. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/gp/v20n1/a08v20n1.pdf> > Acesso em: 10 out. 2014.

LUZ, ANTONIO. **Cenários 2016-2026 para o agronegócio. O mundo veio convidar o brasil para crescer. Vamos aceitar o convite?** FARSAUL – Federação Agrícola Do Rio Grande Do Sul. DISPONÍVEL EM: < [HTTP://REVISTAAGROCAMPO.COM.BR/CENARIOS-PARA-O-AGRONEGOCIO/](http://REVISTAAGROCAMPO.COM.BR/CENARIOS-PARA-O-AGRONEGOCIO/) > ACESSO EM: 24/02/2016.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 315 p. ISBN 8522440158.

MARSHALL JÚNIOR, I; CIERCO, A. A. ROCHA, A. V. MOTA, E. B; LEUSIN, S. **Gestão da qualidade** – 8. Ed. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 196 p. – (Gestão empresarial (FGV Manegment)).

MARTINS, R. A. **Gestão da qualidade agroindustrial.** In: Batalha, M. O (coordenador), Gestão Agroindustrial. São Paulo: Atlas, 2012. p. 503-585.

MARTINS, R. A. **Guia para elaboração de monografia e TCC em Engenharia de produção.** São Paulo: Editora Atlas, 2014. 211 p. ISBN 9788522483730.

MENDES, J. T. G; PADILHA JUNIOR, J. B. Agronegócio: uma abordagem econômica. São Paulo: Person Prentice Hall, 2007. 369 p. ISBN 9788576051

MICHAELIS. **Dicionário eletrônico de português.** Disponível em: < <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=qualidade> > Acesso em: 16 dez. 2014.

MICHEL, R. **Cartas adaptativas de controle: desenvolvimento de metodologia para implementação em processo de manufatura.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. (Tese de mestrado). Porto Alegre, 2001. Disponível em: < [www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2648/000323836.pdf?sequence=1](http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2648/000323836.pdf?sequence=1) >. Acesso: 20 fev. de 2016.

MICHEL, R; FOGLIATTO, F. S. **Planejamento da implantação de cartas adaptativas de controle.** UFRGS – Porto Alegre, RS, Brasil, 2004. Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2001\\_TR22\\_0627.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2001_TR22_0627.pdf) >. Acesso em: 28 de fev. de 2016.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513 p. ISBN 8521614004

MOSER, Sandra. Comida é um grande negócio. **Weg em Revista.** Ano X, n 59, out. nov. dez, 2009, p. 3-4. Disponível em: < <http://www.weg.net/files/weg-em-revista WR-59.pdf> >. Acesso em: 18 out. 2014.

NAVIDI, W. **Probabilidade e estatística para ciências exatas**/ William Navidi; Tradução: José Lucimar do Nascimento; Revisão Técnica: Antonio Pertence Júnior. – PORTO ALEGRE: AMGH, 2012.

NOOROSSANA, R; DEHESHVAR, A; SHEKARY, M. **Developing sample size and sampling interval  $\bar{X}$  chart**. Industrial Engineering Department, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran, 2011. Disponível em: < [http://www.usc.edu/dept/ise/caie/Checked%20Papers%20\[ruhi%2012th%20sept\]/word%20format%20papers/REGISTRATION%20PAID%20PAPERS%20FOR%20PROCEEDINGS/pdf/213%2017%20DEVELOPING%20VARIABLE%20SAMPLE%20SIZE%20AND%20SAMPLING%20INTERVAL%20X%20CHART.pdf](http://www.usc.edu/dept/ise/caie/Checked%20Papers%20[ruhi%2012th%20sept]/word%20format%20papers/REGISTRATION%20PAID%20PAPERS%20FOR%20PROCEEDINGS/pdf/213%2017%20DEVELOPING%20VARIABLE%20SAMPLE%20SIZE%20AND%20SAMPLING%20INTERVAL%20X%20CHART.pdf) > Acesso em: 20 de fev. de 2016.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 2. ed., rev. e atual. Rio de Janeiro: Campus, 2004. 408 p. ISBN 8535214526

NOVAES, A. L; MOREIRA, B. C. R; OLIVEIRA, L. TALAMINI, E; VIANA, J. J. S. **Análise dos fatores críticos de sucesso do agronegócio brasileiro**. – 48<sup>o</sup> Congresso SOBER, Campo Grande – MS, jul. 2010. Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/15/839.pdf> >. Acesso em: 20 jan. 2015.

OETTERER, M. **Agroindústrias de Alimentos**. Publicado em: 2006. Disponível em: < <http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/Agroindustria%20Alimentos.pdf> >. Acesso em: 20 out. 2015.

OLIVEIRA, R. B. A; ANDRADE, S. A. C. **Instalações Agroindustriais**. – Recife: EDUFRPE, 2012. 166 p. (Curso técnico em alimentos) ISBN 978-85-7946-124-8. Disponível em: < [http://200.17.98.44/pronatec/wp-content/uploads/2013/06/Instalacoes\\_Agroindustriais.pdf](http://200.17.98.44/pronatec/wp-content/uploads/2013/06/Instalacoes_Agroindustriais.pdf) > Acesso em: 20 out. 2015.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2006. 339 p. ISBN 8522436738

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2012. 302 p.: ISBN 9788522471157

PEDRINI D. C; CATEN, C. S. T. **Gráficos de controle  $\bar{X}$  e S com tamanho de amostra variável e análise de capacidade para dados não-normais: um estudo aplicativo**. Publicado em: 2008. Disponível em: < [http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista\\_SIER/v.%209,%20n.%2011%20\(2008\)/1.%20Gr%20E1ficos%20de%20Controle%20X%20e%20S%20com%20tamanho%20de%20amostra.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%209,%20n.%2011%20(2008)/1.%20Gr%20E1ficos%20de%20Controle%20X%20e%20S%20com%20tamanho%20de%20amostra.pdf) >. Acesso em: 28 de fev. de 2016.

PEDRINI, D. C; CATEN, C. S. T; SOARES, A. B; CAMPOS, M. S. Gráficos de controle para média e desvio-padrão com tamanhos de amostra variável: **uma aplicação em uma indústria do setor metalúrgico**. XXVII Encontro Nacional de

Engenharia de Produção: A energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 de Outubro de 2007. Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007\\_tr580439\\_9489.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr580439_9489.pdf) > Acesso em: 21 de fev. de 2016.

PRATES, M. Os números que mostram o poder do agronegócio brasileiro. – **Exame.com**, São Paulo: jun. 2014. Disponível em: < <http://exame.abril.com.br/economia/noticias/os-numeros-que-mostram-o-poder-do-agronegocio-brasileiro>> Acesso em: 27 jan. 2015.

PRODANOV, C. C; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. - Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: < <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf> > Acesso em: 18 nov. 2014.

SANTOS, A. B.; ANTONELLI, S. C. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um *survey* com indústrias de alimentos de São Paulo. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 18, n. 3, p. 509-524, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/gp/v18n3/06.pdf> > Acesso em: 13 nov. 2014.

SANTOS, A. G; LACERDA, E. F; NETO, H. C. A; LUNA, W. A; FURLANETTO, E. L. Importância dos gráficos de controle para monitorar a qualidade dos processos Industriais: estudo de caso numa indústria Metalúrgica. **Cadernos do IME – Série Estatística**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ; Rio de Janeiro – RJ – Brasil; ISSN 1413-9022 / v. 28 p. 33 - 46, 2010. Disponível em: < <http://cadest.ime.uerj.br/index.php/cadernos-online-estatistica/article/view/41/44> >. Acesso em: 20 out. 2014.

SHELLER, A. C; MIGUEL, P. A. C. Adoção do seis sigma e *lean production* em uma empresa de manufatura. - **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.14, n. 4, p.1316-1347, out./dez. 2014. Disponível em: < <http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1652/1218> >. Acesso em: 23 out. 2014.

SILVIO, A. **Integração das ferramentas de qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Nova Lima: INDG. Tecnologia e Serviços Ltda., 2006. 234 p.: il.  
 SOUZA, R. S; WANDER, A. E; CUNHA, C. A; MEDEIROS, J. A. V. Competitividade dos principais produtos agropecuários do Brasil: vantagem comparativa revelada normalizada. - **Revista de Política Agrícola**, ano XXI – nº 2 – Abr./Maio/Jun. 2012. Disponível: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/928384/1/2012.Souza.et.al.pdf> >. Acesso: 27 jan. 2015.



SPERS, E. E. **Segurança do Alimento**. In: Decio Zylbersztajn, Roberto Fava Scare (organizadores), *Gestão da qualidade agribusiness: estudos e casos*. São Paulo: Atlas, 2003. p. 60-76.

STEFANELO, E. O Agronegócio Mundial e Brasileiro. – UNIFAE – Centro Universitário Franciscano. **Vitrine da Conjuntura**, Curitiba, v.1, n.1, março 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/BRENNNA/Documents/UNIVASF/2014.2/TCC%20I/Agronegocio%20no%20Brasil/746399500200267.pdf >. Acesso em: 20 nov. 2014.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 13. ed. - São Paulo: Atlas, 2011.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DA COR REFERENTE AO 1º SEMESTRE DE 2015

Data	Média	Variância	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Amplitude	Tamanho (ni)
6-jan	6,81	2,28	1,51	10,00	5,40	4,60	14
7-jan	6,53	0,51	0,72	7,30	5,30	2,00	16
8-jan	5,14	0,32	0,56	6,00	4,00	2,00	12
9-jan	5,25	0,57	0,76	6,10	4,00	2,10	12
10-jan	6,13	0,24	0,49	7,30	5,50	1,80	13
11-jan	5,80	0,10	0,31	6,30	5,50	0,80	5
19-jan	4,76	1,07	1,03	7,00	4,00	3,00	7
20-jan	4,89	0,30	0,55	6,00	4,30	1,70	12
21-jan	5,89	0,24	0,49	7,00	5,00	2,00	12
22-jan	6,51	0,50	0,71	7,80	5,10	2,70	13
23-jan	7,34	0,38	0,61	8,40	5,60	2,80	18
24-jan	7,94	1,28	1,13	10,00	6,20	3,80	13
25-jan	7,06	0,84	0,92	8,10	5,20	2,90	13
26-jan	6,37	0,57	0,75	7,30	5,20	2,10	12
27-jan	6,15	0,68	0,83	7,50	4,50	3,00	13
28-jan	6,75	0,46	0,68	8,20	6,00	2,20	12
29-jan	6,53	1,39	1,18	9,10	5,00	4,10	14
30-jan	5,88	1,33	1,15	8,50	4,60	3,90	17
31-jan	6,03	0,41	0,64	7,00	5,30	1,70	24
1-fev	6,91	0,17	0,41	7,40	6,00	1,40	16
2-fev	6,72	0,50	0,70	7,90	5,60	2,30	16
3-fev	5,98	0,85	0,92	7,30	4,40	2,90	12
4-fev	6,26	0,69	0,83	7,00	5,00	2,00	12
5-fev	6,83	0,76	0,87	8,40	5,30	3,10	16
6-fev	6,83	0,59	0,77	8,00	5,30	2,70	22
7-fev	6,60	0,51	0,71	7,30	5,40	1,90	20
8-fev	6,40	0,41	0,64	7,00	5,30	1,70	19
9-fev	6,26	0,32	0,57	7,80	5,60	2,20	16
10-fev	6,32	0,65	0,81	7,40	5,10	2,30	15
11-fev	6,27	0,37	0,61	7,10	5,40	1,70	19
12-fev	5,25	0,38	0,62	6,30	4,30	2,00	12
13-fev	5,05	0,34	0,59	6,00	4,20	1,80	11
14-fev	6,81	0,75	0,86	8,80	5,50	3,30	21
15-fev	7,16	0,05	0,22	7,50	7,00	0,50	10
19-fev	6,78	0,79	0,89	8,20	5,20	3,00	16
20-fev	7,04	3,26	1,81	9,90	5,20	4,70	9
21-fev	6,65	0,82	0,91	8,40	5,50	2,90	17
22-fev	6,19	0,97	0,99	9,00	5,40	3,60	12
27-fev	7,20	0,63	0,79	9,20	6,00	3,20	21
28-fev	6,56	0,84	0,92	7,80	5,00	2,80	16
1-mar	5,82	0,07	0,27	6,20	5,40	0,80	12
2-mar	5,92	0,45	0,67	7,00	4,80	2,20	13
3-mar	7,13	0,15	0,39	7,80	6,10	1,70	13
4-mar	6,84	0,26	0,51	7,30	5,80	1,50	14
5-mar	5,62	0,36	0,60	7,00	4,50	2,50	12
6-mar	5,16	0,32	0,56	6,10	4,40	1,70	12
7-mar	6,93	0,45	0,67	7,90	5,40	2,50	15
8-mar	6,77	0,60	0,78	8,10	6,00	2,10	6
9-mar	6,65	2,24	1,50	9,90	4,30	5,60	16
10-mar	6,01	0,24	0,49	7,00	5,10	1,90	14
11-mar	7,18	0,45	0,67	8,20	5,60	2,60	23

12-mar	6,46	0,77	0,88	7,60	5,10	2,50	19
13-mar	6,04	0,36	0,60	7,20	5,20	2,00	12
14-mar	6,14	0,64	0,80	7,20	4,80	2,40	13
15-mar	6,80	1,26	1,12	10,00	5,50	4,50	14
16-mar	6,39	0,44	0,66	7,40	5,60	1,80	13
17-mar	6,98	0,30	0,55	8,00	6,20	1,80	11
18-mar	6,27	0,45	0,67	7,20	5,30	1,90	15
19-mar	5,97	0,77	0,88	7,30	4,60	2,70	13
20-mar	5,97	1,35	1,16	7,80	4,00	3,80	25
21-mar	7,09	0,26	0,51	7,90	5,80	2,10	18
24-mar	5,25	1,97	1,40	9,40	4,00	5,40	22
25-mar	6,51	0,78	0,89	7,80	4,70	3,10	16
26-mar	6,52	1,64	1,28	8,30	4,20	4,10	18
27-mar	6,12	0,29	0,54	7,40	5,10	2,30	18
28-mar	6,82	0,60	0,77	7,80	5,20	2,60	14
30-mar	6,49	0,35	0,59	7,30	5,50	1,80	14
31-mar	5,73	1,55	1,25	7,30	3,10	4,20	12
1-abr	6,66	0,72	0,85	8,00	5,40	2,60	17
2-abr	6,99	0,39	0,62	7,90	6,00	1,90	18
6-abr	7,13	1,35	1,16	9,90	6,10	3,80	11
7-abr	6,82	0,98	0,99	8,80	4,30	4,50	26
8-abr	5,29	0,62	0,79	7,00	4,20	2,80	16
9-abr	7,16	2,12	1,46	10,00	6,00	4,00	9
10-abr	6,72	0,32	0,57	7,90	6,00	1,90	18
11-abr	7,01	0,26	0,51	7,70	6,10	1,60	15
12-abr	7,07	0,37	0,61	8,10	6,00	2,10	20
13-abr	6,53	0,23	0,48	7,40	6,10	1,30	13
14-abr	6,58	0,20	0,45	7,30	5,60	1,70	20
15-abr	6,82	0,38	0,62	7,60	5,60	2,00	14
16-abr	6,38	0,24	0,49	7,10	5,70	1,40	13
17-abr	6,49	0,26	0,51	7,40	5,70	1,70	16
18-abr	6,37	0,25	0,50	7,50	5,70	1,80	14
19-abr	6,72	0,60	0,77	8,00	5,50	2,50	19
20-abr	6,49	0,38	0,62	7,30	5,50	1,80	15
21-abr	6,72	0,23	0,48	7,30	5,90	1,40	18
22-abr	6,44	0,26	0,51	7,20	5,60	1,60	16
23-abr	5,87	0,09	0,29	6,30	5,40	0,90	12
24-abr	6,46	0,17	0,42	7,00	6,00	1,00	15
25-abr	6,38	0,41	0,64	7,30	5,60	1,70	6
19-mai	6,38	0,72	0,85	7,60	4,80	2,80	15
20-mai	5,59	0,33	0,57	7,00	4,70	2,30	14
21-mai	5,49	0,18	0,43	6,00	4,50	1,50	12
22-mai	5,36	0,17	0,42	6,00	4,60	1,40	12
23-mai	6,31	1,58	1,26	8,40	4,30	4,10	17
24-mai	6,36	0,37	0,61	7,20	5,10	2,10	17
25-mai	6,18	0,36	0,60	7,20	5,30	1,90	21
26-mai	6,24	0,60	0,77	7,80	4,80	3,00	21
27-mai	6,48	0,45	0,67	7,40	5,20	2,20	23
28-mai	6,26	0,24	0,49	7,60	5,10	2,50	22
29-mai	6,28	0,22	0,47	7,20	5,50	1,70	16
3-jun	6,10	0,93	0,96	8,10	4,50	3,60	22
4-jun	5,56	0,37	0,61	6,50	4,30	2,20	13
5-jun	6,38	0,25	0,50	7,40	5,80	1,60	26
6-jun	5,85	0,18	0,42	6,30	5,20	1,10	12
7-jun	6,21	0,40	0,63	7,20	4,60	2,60	18
8-jun	5,24	0,16	0,40	5,60	4,30	1,30	12
16-jun	7,58	1,16	1,08	8,80	5,80	3,00	6
17-jun	4,72	0,55	0,74	6,00	3,50	2,50	15
18-jun	6,32	0,44	0,66	7,20	5,30	1,90	25

19-jun	6,12	0,10	0,32	7,00	5,50	1,50	15
20-jun	6,03	0,15	0,39	7,00	5,50	1,50	14
21-jun	6,41	0,23	0,47	7,10	5,60	1,50	22
22-jun	6,06	0,01	0,08	6,20	6,00	0,20	7
27-jun	4,27	0,14	0,37	5,00	3,90	1,10	12
28-jun	4,50	0,53	0,73	5,80	3,30	2,50	15
29-jun	4,88	0,50	0,71	6,00	4,20	1,80	6

**APÊNDICE B - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DA COR REFERENTE AO 2º SEMESTRE DE 2015**

Data	Média	Variância	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Amplitude	Tamanho
5-jul	4,2	0,91	0,96	6,00	3,20	2,80	6
6-jul	3,8	0,18	0,42	4,20	3,00	1,20	12
7-jul	3,6	0,77	0,88	4,80	2,50	2,30	10
11-jul	5,3	3,15	1,78	7,90	3,50	4,40	7
12-jul	4,1	0,12	0,34	4,50	3,40	1,10	12
13-jul	4,7	0,39	0,63	5,80	3,80	2,00	13
14-jul	4,5	0,32	0,56	5,40	3,80	1,60	12
15-jul	5,6	1,26	1,12	7,60	4,00	3,60	16
16-jul	4,9	1,28	1,13	6,50	3,40	3,10	12
17-jul	5,0	1,57	1,25	6,30	2,60	3,70	12
18-jul	5,5	1,93	1,39	7,40	3,90	3,50	10
19-jul	4,1	0,08	0,28	5,00	4,00	1,00	12
20-jul	3,5	0,22	0,47	4,40	3,00	1,40	12
21-jul	4,8	1,30	1,14	6,20	3,40	2,80	11
24-jul	5,3	3,33	1,82	8,50	4,20	4,30	5
25-jul	4,1	0,49	0,70	5,10	3,00	2,10	13
26-jul	3,7	0,19	0,43	4,40	3,40	1,00	5
27-jul	5,7	1,47	1,21	7,30	4,10	3,20	8
28-jul	5,2	0,78	0,89	7,10	4,00	3,10	15
30-jul	6,0	3,74	1,93	8,00	3,20	4,80	6
31-jul	4,7	1,55	1,24	7,90	3,40	4,50	11
1-ago	4,3	0,30	0,54	5,20	3,10	2,10	12
2-ago	4,7	0,55	0,74	5,60	3,40	2,20	11
3-ago	5,1	0,24	0,49	5,90	4,40	1,50	11
4-ago	4,8	0,45	0,67	6,00	4,00	2,00	12
6-ago	4,8	4,22	2,05	7,80	3,00	4,80	5
7-ago	2,9	0,12	0,34	3,50	2,40	1,10	12
8-ago	2,9	0,19	0,44	4,00	2,50	1,50	12
9-ago	3,3	0,19	0,44	4,00	2,60	1,40	12
10-ago	4,6	1,17	1,08	6,30	3,10	3,20	12
11-ago	4,6	3,42	1,85	7,40	2,40	5,00	12
12-ago	4,0	0,66	0,81	6,40	3,20	3,20	13
13-ago	4,1	1,11	1,05	6,50	3,20	3,30	11
16-ago	3,3	2,50	1,58	6,00	2,00	4,00	6
17-ago	3,0	0,49	0,70	4,10	2,00	2,10	12
18-ago	4,6	0,97	0,99	6,30	3,50	2,80	14
19-ago	5,3	0,26	0,51	6,30	4,40	1,90	13
20-ago	3,6	0,23	0,48	4,60	3,10	1,50	12
21-ago	3,5	0,17	0,41	4,00	2,60	1,40	12
22-ago	5,7	0,97	0,98	7,50	3,90	3,60	14
23-ago	4,7	0,18	0,42	5,40	4,00	1,40	12
24-ago	4,9	0,49	0,70	6,00	4,10	1,90	19
25-ago	4,7	2,04	1,43	7,00	3,00	4,00	8
26-ago	6,2	2,14	1,46	8,10	3,50	4,60	10
27-ago	5,9	0,93	0,96	7,30	4,50	2,80	13
28-ago	5,4	0,08	0,28	6,00	4,80	1,20	12
29-ago	5,8	0,44	0,67	7,00	4,60	2,40	10
30-ago	7,3	3,51	1,87	9,40	4,60	4,80	9
31-ago	5,2	0,51	0,71	6,30	3,60	2,70	14
1-set	4,8	0,24	0,49	5,40	4,00	1,40	12
2-set	4,4	0,53	0,73	5,60	3,30	2,30	8
6-set	5,1	1,12	1,06	7,20	4,00	3,20	9
7-set	6,2	0,73	0,85	7,10	4,60	2,50	19
8-set	5,7	0,64	0,80	7,10	4,00	3,10	12
9-set	5,6	0,65	0,81	7,30	4,50	2,80	14

10-set	4,8	0,18	0,43	5,60	4,20	1,40	12
11-set	5,0	0,11	0,33	5,40	4,30	1,10	12
12-set	5,2	0,26	0,51	5,60	4,10	1,50	8
13-set	5,4	2,76	1,66	9,00	3,50	5,50	13
14-set	6,3	0,91	0,96	8,60	4,80	3,80	14
15-set	6,0	0,44	0,66	7,30	5,00	2,30	19
16-set	6,1	0,33	0,57	7,10	5,10	2,00	19
17-set	5,8	0,34	0,58	7,00	4,90	2,10	15
18-set	5,6	0,38	0,61	7,20	4,80	2,40	14
19-set	4,9	0,53	0,73	6,00	4,00	2,00	12
20-set	4,2	0,54	0,74	5,50	2,90	2,60	12
21-set	5,3	0,79	0,89	7,00	4,00	3,00	14
22-set	5,4	0,34	0,58	6,30	4,50	1,80	14
23-set	5,1	0,11	0,34	5,40	4,40	1,00	8
24-set	6,2	2,29	1,51	9,00	4,50	4,50	6
25-set	4,8	0,30	0,55	5,40	3,90	1,50	12
26-set	4,6	0,27	0,52	5,40	3,90	1,50	12
27-set	5,7	0,39	0,63	7,00	4,40	2,60	17
28-set	6,2	0,86	0,93	7,50	4,40	3,10	23
29-set	5,3	0,90	0,95	7,00	4,10	2,90	14
30-set	4,8	0,73	0,86	6,30	3,90	2,40	13
1-out	5,8	0,27	0,52	7,00	5,10	1,90	13
2-out	6,0	1,30	1,14	9,60	5,00	4,60	16
3-out	4,3	0,62	0,79	5,50	3,40	2,10	12
4-out	5,5	0,62	0,79	6,10	3,50	2,60	14
5-out	5,9	0,94	0,97	8,10	4,50	3,60	17
6-out	4,6	0,34	0,58	5,50	3,60	1,90	12
7-out	5,9	0,19	0,44	7,00	5,20	1,80	14
8-out	5,7	0,19	0,43	6,30	5,00	1,30	14
9-out	6,1	0,24	0,49	7,00	5,00	2,00	17
10-out	5,7	0,26	0,51	6,40	4,60	1,80	14
14-out	5,4	0,12	0,34	6,00	5,00	1,00	11
15-out	6,0	0,75	0,86	7,70	5,00	2,70	16
16-out	5,6	0,27	0,52	6,70	5,00	1,70	18
17-out	5,4	0,04	0,20	5,70	5,00	0,70	12
18-out	5,6	0,24	0,49	6,50	4,90	1,60	14
19-out	6,0	0,35	0,59	7,00	5,00	2,00	16
20-out	5,6	0,12	0,35	6,20	5,00	1,20	15
21-out	5,5	0,14	0,38	6,00	5,00	1,00	12
22-out	5,4	0,09	0,31	6,10	4,90	1,20	16
23-out	5,3	0,05	0,23	5,90	5,10	0,80	14
24-out	5,8	0,11	0,33	6,50	5,30	1,20	14
25-out	5,9	0,09	0,29	6,30	5,60	0,70	6
26-out	5,8	0,13	0,36	6,50	5,20	1,30	16
27-out	5,8	0,02	0,15	6,00	5,50	0,50	15
28-out	6,2	0,14	0,38	7,30	5,60	1,70	26
29-out	5,8	0,17	0,41	6,30	5,00	1,30	17
30-out	5,9	0,12	0,35	6,30	5,20	1,10	18
31-out	6,1	0,24	0,49	7,00	5,30	1,70	17
1-nov	6,0	0,16	0,40	6,70	5,30	1,40	19
2-nov	6,2	0,14	0,37	6,70	5,50	1,20	20
3-nov	6,1	0,84	0,92	9,80	5,10	4,70	21
4-nov	6,1	0,20	0,45	7,00	5,00	2,00	17
5-nov	5,9	0,37	0,61	7,00	5,00	2,00	21
6-nov	5,7	0,11	0,34	6,00	5,00	1,00	12
7-nov	5,9	0,15	0,39	6,40	5,10	1,30	21
8-nov	6,3	0,08	0,29	6,80	6,00	0,80	19
9-nov	6,2	0,13	0,36	6,90	5,40	1,50	24
10-nov	6,6	0,44	0,67	7,30	5,80	1,50	14

11-nov	6,7	0,32	0,57	8,50	6,10	2,40	25
12-nov	6,1	0,56	0,75	7,00	4,90	2,10	18
13-nov	5,6	0,15	0,38	6,40	5,20	1,20	22
14-nov	5,8	0,19	0,43	6,60	5,40	1,20	15
15-nov	6,4	0,20	0,45	7,30	5,60	1,70	24
16-nov	6,5	0,19	0,44	7,00	5,70	1,30	22
17-nov	6,3	0,57	0,75	7,10	4,80	2,30	20
18-nov	6,2	0,63	0,79	7,50	5,00	2,50	18
19-nov	6,7	1,06	1,03	9,00	4,30	4,70	23
20-nov	7,1	0,93	0,96	9,10	6,00	3,10	20
21-nov	6,5	0,35	0,59	7,90	5,50	2,40	19
22-nov	5,9	0,65	0,80	7,50	4,00	3,50	26
23-nov	6,3	0,38	0,62	7,80	5,20	2,60	18
24-nov	6,2	0,96	0,98	8,00	4,80	3,20	14
25-nov	6,5	0,65	0,81	7,50	5,10	2,40	29
26-nov	6,5	0,45	0,67	7,40	5,20	2,20	20
27-nov	6,5	0,28	0,53	7,30	5,60	1,70	20
28-nov	6,0	0,50	0,70	7,40	4,60	2,80	18
29-nov	6,6	0,43	0,65	7,40	5,50	1,90	25
30-nov	6,4	0,50	0,71	7,80	5,40	2,40	27
1-dez	6,0	0,93	0,97	8,00	4,40	3,60	26
2-dez	5,9	0,36	0,60	7,00	4,50	2,50	19
3-dez	7,0	0,91	0,95	9,00	5,80	3,20	14
4-dez	5,9	0,09	0,30	6,30	5,40	0,90	16
5-dez	6,2	0,30	0,55	7,30	5,40	1,90	15
6-dez	6,6	0,33	0,58	7,30	5,20	2,10	21
7-dez	6,2	0,42	0,65	7,40	5,20	2,20	22
8-dez	6,6	0,24	0,49	7,50	6,00	1,50	20
9-dez	6,6	0,58	0,76	8,10	5,40	2,70	27
10-dez	6,6	0,52	0,72	7,80	5,50	2,30	26
11-dez	7,1	0,86	0,93	9,00	5,80	3,20	19
12-dez	7,2	1,40	1,18	10,00	5,80	4,20	33
13-dez	6,5	0,37	0,61	7,50	5,60	1,90	24
14-dez	6,6	0,63	0,79	9,10	5,70	3,40	23
15-dez	6,8	1,64	1,28	9,40	5,20	4,20	20
16-dez	6,8	1,05	1,02	9,60	5,30	4,30	28
17-dez	6,4	0,23	0,48	7,40	5,60	1,80	25
18-dez	6,5	0,37	0,61	7,30	5,30	2,00	19
19-dez	6,1	0,58	0,76	7,80	4,60	3,20	14
20-dez	6,6	0,25	0,50	7,40	5,80	1,60	29
21-dez	5,6	0,30	0,55	6,20	4,20	2,00	20
22-dez	5,8	0,09	0,29	6,30	5,40	0,90	7
23-dez	6,3	0,53	0,73	8,00	5,40	2,60	19
24-dez	6,6	0,43	0,66	7,50	5,50	2,00	27
25-dez	6,7	0,32	0,57	8,00	5,50	2,50	33
26-dez	6,4	0,44	0,66	7,30	5,20	2,10	32
27-dez	6,8	0,88	0,94	9,00	5,80	3,20	21
28-dez	6,7	0,57	0,75	9,10	5,60	3,50	32

**APÊNDICE C - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DA ACIDEZ REFERENTE AO  
1º SEMESTRE DE 2015**

Data	Média	Variância	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Amplitude	Tamanho
6-jan	0,0251	0,0000	0,0059	0,0300	0,0170	0,0130	7
7-jan	0,0286	0,0001	0,0102	0,0520	0,0200	0,0320	8
8-jan	0,0271	0,0000	0,0039	0,0300	0,0200	0,0100	7
9-jan	0,0286	0,0000	0,0039	0,0350	0,0220	0,0130	8
10-jan	0,0280	0,0000	0,0035	0,0320	0,0220	0,0100	7
20-jan	0,0220	0,0000	0,0032	0,0270	0,0200	0,0070	6
21-jan	0,0257	0,0000	0,0053	0,0350	0,0200	0,0150	7
22-jan	0,0344	0,0004	0,0189	0,0800	0,0250	0,0550	9
23-jan	0,0326	0,0002	0,0153	0,0800	0,0150	0,0650	14
24-jan	0,0282	0,0000	0,0050	0,0350	0,0200	0,0150	6
25-jan	0,0315	0,0001	0,0082	0,0500	0,0250	0,0250	8
26-jan	0,0265	0,0000	0,0031	0,0300	0,0220	0,0080	6
27-jan	0,0288	0,0000	0,0057	0,0400	0,0220	0,0180	9
28-jan	0,0284	0,0000	0,0023	0,0300	0,0250	0,0050	5
29-jan	0,0282	0,0000	0,0067	0,0350	0,0200	0,0150	10
30-jan	0,0401	0,0002	0,0131	0,0800	0,0250	0,0550	18
31-jan	0,0310	0,0001	0,0106	0,0650	0,0150	0,0500	26
1-fev	0,0228	0,0000	0,0035	0,0270	0,0150	0,0120	10
2-fev	0,0262	0,0000	0,0045	0,0350	0,0220	0,0130	9
3-fev	0,0242	0,0000	0,0020	0,0250	0,0200	0,0050	6
4-fev	0,0233	0,0000	0,0026	0,0250	0,0200	0,0050	6
5-fev	0,0310	0,0000	0,0057	0,0400	0,0250	0,0150	7
6-fev	0,0373	0,0007	0,0269	0,1000	0,0150	0,0850	17
7-fev	0,0399	0,0006	0,0238	0,0900	0,0220	0,0680	12
8-fev	0,0342	0,0001	0,0093	0,0500	0,0250	0,0250	17
9-fev	0,0248	0,0000	0,0039	0,0300	0,0170	0,0130	8
10-fev	0,0268	0,0001	0,0091	0,0500	0,0150	0,0350	10
11-fev	0,0279	0,0000	0,0027	0,0300	0,0250	0,0050	7
12-fev	0,0310	0,0001	0,0105	0,0600	0,0220	0,0380	11
13-fev	0,0203	0,0000	0,0033	0,0250	0,0150	0,0100	6
14-fev	0,0349	0,0002	0,0126	0,0570	0,0170	0,0400	15
15-fev	0,0416	0,0003	0,0182	0,0750	0,0250	0,0500	9
19-fev	0,0384	0,0005	0,0227	0,1200	0,0150	0,1050	19
20-fev	0,0340	0,0002	0,0129	0,0550	0,0220	0,0330	9
21-fev	0,0333	0,0001	0,0122	0,0750	0,0250	0,0500	18
22-fev	0,0459	0,0013	0,0361	0,1500	0,0220	0,1280	12
27-fev	0,0337	0,0001	0,0081	0,0500	0,0220	0,0280	18
28-fev	0,0301	0,0001	0,0081	0,0550	0,0250	0,0300	12
1-mar	0,0261	0,0000	0,0039	0,0300	0,0200	0,0100	10
2-mar	0,0293	0,0000	0,0049	0,0400	0,0220	0,0180	9
3-mar	0,0281	0,0000	0,0024	0,0300	0,0250	0,0050	7
4-mar	0,0268	0,0000	0,0037	0,0300	0,0220	0,0080	8
5-mar	0,0274	0,0000	0,0035	0,0320	0,0220	0,0100	8
6-mar	0,0258	0,0000	0,0038	0,0300	0,0200	0,0100	6
7-mar	0,0256	0,0000	0,0038	0,0300	0,0200	0,0100	7
9-mar	0,0237	0,0000	0,0049	0,0320	0,0170	0,0150	9
10-mar	0,0254	0,0000	0,0031	0,0300	0,0200	0,0100	10
11-mar	0,0273	0,0000	0,0057	0,0400	0,0170	0,0230	26
12-mar	0,0293	0,0000	0,0054	0,0400	0,0200	0,0200	10
15-mar	0,0273	0,0000	0,0061	0,0370	0,0170	0,0200	8
16-mar	0,0287	0,0000	0,0022	0,0300	0,0250	0,0050	6
17-mar	0,0281	0,0000	0,0024	0,0300	0,0250	0,0050	7
18-mar	0,0371	0,0001	0,0113	0,0670	0,0250	0,0420	13
19-mar	0,0313	0,0000	0,0062	0,0470	0,0250	0,0220	13
20-mar	0,0382	0,0002	0,0123	0,0750	0,0250	0,0500	25



21-mar	0,0454	0,0003	0,0186	0,1100	0,0270	0,0830	26
24-mar	0,0509	0,0011	0,0339	0,1700	0,0200	0,1500	21
25-mar	0,0276	0,0000	0,0036	0,0300	0,0220	0,0080	8
26-mar	0,0251	0,0000	0,0067	0,0370	0,0100	0,0270	15
27-mar	0,0265	0,0000	0,0049	0,0300	0,0100	0,0200	17
28-mar	0,0209	0,0000	0,0056	0,0250	0,0100	0,0150	8
30-mar	0,0204	0,0001	0,0083	0,0300	0,0000	0,0300	9
31-mar	0,0254	0,0000	0,0027	0,0300	0,0220	0,0080	8
1-abr	0,0286	0,0001	0,0099	0,0500	0,0200	0,0300	7
2-abr	0,0244	0,0000	0,0026	0,0270	0,0200	0,0070	7
6-abr	0,0337	0,0001	0,0084	0,0550	0,0250	0,0300	10
7-abr	0,0398	0,0002	0,0128	0,0720	0,0250	0,0470	25
8-abr	0,0465	0,0003	0,0184	0,0970	0,0270	0,0700	22
9-abr	0,0240	0,0001	0,0085	0,0400	0,0150	0,0250	6
10-abr	0,0243	0,0000	0,0035	0,0300	0,0200	0,0100	7
11-abr	0,0253	0,0000	0,0035	0,0300	0,0200	0,0100	8
12-abr	0,0221	0,0000	0,0039	0,0250	0,0150	0,0100	7
13-abr	0,0226	0,0000	0,0045	0,0300	0,0150	0,0150	7
14-abr	0,0224	0,0000	0,0025	0,0250	0,0200	0,0050	9
15-abr	0,0235	0,0000	0,0036	0,0300	0,0200	0,0100	6
16-abr	0,0245	0,0000	0,0039	0,0300	0,0200	0,0100	6
17-abr	0,0241	0,0000	0,0032	0,0300	0,0200	0,0100	7
18-abr	0,0253	0,0000	0,0033	0,0300	0,0200	0,0100	6
19-abr	0,0258	0,0000	0,0039	0,0300	0,0200	0,0100	9
20-abr	0,0275	0,0000	0,0042	0,0300	0,0200	0,0100	6
21-abr	0,0216	0,0000	0,0034	0,0270	0,0170	0,0100	7
22-abr	0,0259	0,0000	0,0027	0,0300	0,0220	0,0080	8
23-abr	0,0273	0,0000	0,0023	0,0300	0,0250	0,0050	6
24-abr	0,0244	0,0000	0,0026	0,0270	0,0200	0,0070	5
20-mai	0,0202	0,0000	0,0037	0,0250	0,0150	0,0100	6
21-mai	0,0171	0,0000	0,0027	0,0200	0,0150	0,0050	7
22-mai	0,0175	0,0000	0,0027	0,0200	0,0150	0,0050	6
23-mai	0,0197	0,0000	0,0035	0,0270	0,0170	0,0100	7
24-mai	0,0160	0,0000	0,0011	0,0170	0,0150	0,0020	6
25-mai	0,0156	0,0000	0,0024	0,0200	0,0120	0,0080	7
26-mai	0,0173	0,0000	0,0028	0,0220	0,0150	0,0070	7
27-mai	0,0141	0,0000	0,0027	0,0170	0,0100	0,0070	9
28-mai	0,0161	0,0000	0,0011	0,0170	0,0150	0,0020	9
29-mai	0,0157	0,0000	0,0027	0,0200	0,0120	0,0080	6
3-jun	0,0160	0,0000	0,0049	0,0220	0,0100	0,0120	7
4-jun	0,0200	0,0000	0,0032	0,0250	0,0150	0,0100	6
5-jun	0,0210	0,0000	0,0060	0,0300	0,0120	0,0180	8
6-jun	0,0175	0,0000	0,0042	0,0250	0,0150	0,0100	6
7-jun	0,0162	0,0000	0,0020	0,0200	0,0150	0,0050	6
8-jun	0,0217	0,0001	0,0083	0,0400	0,0150	0,0250	7
17-jun	0,0215	0,0000	0,0031	0,0250	0,0170	0,0080	8
18-jun	0,0212	0,0000	0,0020	0,0250	0,0200	0,0050	6
19-jun	0,0207	0,0000	0,0027	0,0250	0,0170	0,0080	6
20-jun	0,0175	0,0000	0,0027	0,0200	0,0150	0,0050	6
27-jun	0,0175	0,0000	0,0027	0,0200	0,0150	0,0050	6
28-jun	0,0195	0,0000	0,0039	0,0250	0,0150	0,0100	6

**APÊNDICE D - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DA ACIDEZ REFERENTE AO  
2º SEMESTRE DE 2015**

Data	Média	Variância	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Amplitude	Tamanho
6-jul	0,0162	0,0000	0,0020	0,0200	0,0150	0,0050	6
7-jul	0,0156	0,0000	0,0024	0,0200	0,0120	0,0080	7
12-jul	0,0175	0,0000	0,0027	0,0200	0,0150	0,0050	6
13-jul	0,0353	0,0007	0,0272	0,0900	0,0200	0,0700	6
14-jul	0,0215	0,0001	0,0094	0,0350	0,0150	0,0200	6
15-jul	0,0214	0,0000	0,0051	0,0320	0,0170	0,0150	7
16-jul	0,0237	0,0000	0,0038	0,0300	0,0200	0,0100	6
17-jul	0,0254	0,0000	0,0029	0,0300	0,0220	0,0080	7
18-jul	0,0174	0,0000	0,0034	0,0220	0,0150	0,0070	5
19-jul	0,0208	0,0000	0,0032	0,0250	0,0170	0,0080	6
20-jul	0,0140	0,0000	0,0035	0,0200	0,0100	0,0100	6
21-jul	0,0207	0,0001	0,0081	0,0300	0,0120	0,0180	6
25-jul	0,0194	0,0000	0,0053	0,0250	0,0100	0,0150	7
28-jul	0,0157	0,0000	0,0053	0,0250	0,0100	0,0150	7
31-jul	0,0252	0,0001	0,0121	0,0470	0,0120	0,0350	6
1-ago	0,0203	0,0000	0,0057	0,0300	0,0120	0,0180	6
2-ago	0,0208	0,0000	0,0049	0,0300	0,0150	0,0150	6
3-ago	0,0212	0,0000	0,0058	0,0300	0,0150	0,0150	6
4-ago	0,0200	0,0000	0,0055	0,0300	0,0150	0,0150	6
7-ago	0,0135	0,0000	0,0016	0,0150	0,0120	0,0030	6
8-ago	0,0138	0,0000	0,0021	0,0170	0,0120	0,0050	6
9-ago	0,0148	0,0000	0,0029	0,0200	0,0120	0,0080	6
10-ago	0,0191	0,0000	0,0055	0,0250	0,0100	0,0150	7
11-ago	0,0317	0,0003	0,0171	0,0550	0,0120	0,0430	7
12-ago	0,0200	0,0000	0,0045	0,0250	0,0150	0,0100	6
13-ago	0,0234	0,0001	0,0091	0,0300	0,0120	0,0180	5
17-ago	0,0192	0,0001	0,0092	0,0300	0,0100	0,0200	6
18-ago	0,0184	0,0001	0,0083	0,0300	0,0100	0,0200	8
19-ago	0,0207	0,0001	0,0077	0,0300	0,0120	0,0180	6
20-ago	0,0158	0,0000	0,0023	0,0200	0,0120	0,0080	8
21-ago	0,0168	0,0000	0,0064	0,0250	0,0120	0,0130	6
22-ago	0,0218	0,0001	0,0075	0,0350	0,0120	0,0230	8
23-ago	0,0195	0,0000	0,0069	0,0300	0,0120	0,0180	6
24-ago	0,0221	0,0002	0,0129	0,0550	0,0100	0,0450	9
25-ago	0,0200	0,0001	0,0077	0,0300	0,0150	0,0150	6
26-ago	0,0417	0,0005	0,0221	0,0750	0,0200	0,0550	7
27-ago	0,0281	0,0001	0,0115	0,0500	0,0150	0,0350	7
28-ago	0,0193	0,0000	0,0019	0,0200	0,0150	0,0050	7
30-ago	0,0218	0,0000	0,0049	0,0300	0,0170	0,0130	5
31-ago	0,0178	0,0000	0,0040	0,0250	0,0150	0,0100	6
1-set	0,0173	0,0000	0,0055	0,0250	0,0090	0,0160	6
6-set	0,0190	0,0000	0,0022	0,0200	0,0150	0,0050	5
7-set	0,0192	0,0000	0,0038	0,0250	0,0150	0,0100	6
8-set	0,0188	0,0000	0,0036	0,0220	0,0150	0,0070	5
9-set	0,0227	0,0000	0,0050	0,0300	0,0150	0,0150	7
10-set	0,0192	0,0000	0,0038	0,0250	0,0150	0,0100	6
11-set	0,0228	0,0000	0,0068	0,0300	0,0150	0,0150	6
13-set	0,0215	0,0000	0,0023	0,0250	0,0200	0,0050	8
15-set	0,0229	0,0000	0,0057	0,0300	0,0150	0,0150	7
16-set	0,0162	0,0000	0,0032	0,0200	0,0120	0,0080	6
17-set	0,0178	0,0000	0,0025	0,0200	0,0150	0,0050	6
18-set	0,0165	0,0000	0,0051	0,0250	0,0120	0,0130	6
19-set	0,0192	0,0000	0,0049	0,0250	0,0150	0,0100	6

20-set	0,0148	0,0000	0,0026	0,0170	0,0100	0,0070	6
21-set	0,0207	0,0000	0,0056	0,0300	0,0150	0,0150	6
22-set	0,0191	0,0000	0,0023	0,0220	0,0150	0,0070	7
25-set	0,0190	0,0000	0,0045	0,0270	0,0150	0,0120	6
26-set	0,0217	0,0000	0,0026	0,0250	0,0200	0,0050	6
27-set	0,0225	0,0000	0,0069	0,0300	0,0150	0,0150	6
28-set	0,0228	0,0000	0,0051	0,0300	0,0150	0,0150	6
29-set	0,0220	0,0000	0,0065	0,0300	0,0150	0,0150	6
30-set	0,0170	0,0000	0,0035	0,0200	0,0120	0,0080	6
1-out	0,0160	0,0000	0,0022	0,0200	0,0150	0,0050	5
2-out	0,0157	0,0000	0,0027	0,0200	0,0120	0,0080	6
3-out	0,0200	0,0000	0,0055	0,0300	0,0150	0,0150	6
4-out	0,0158	0,0000	0,0038	0,0200	0,0100	0,0100	6
5-out	0,0206	0,0000	0,0064	0,0300	0,0120	0,0180	7
6-out	0,0183	0,0000	0,0026	0,0200	0,0150	0,0050	6
7-out	0,0212	0,0000	0,0058	0,0300	0,0150	0,0150	6
8-out	0,0203	0,0000	0,0026	0,0250	0,0170	0,0080	6
9-out	0,0200	0,0000	0,0041	0,0250	0,0150	0,0100	7
10-out	0,0220	0,0000	0,0051	0,0300	0,0150	0,0150	6
14-out	0,0245	0,0000	0,0056	0,0300	0,0150	0,0150	6
15-out	0,0217	0,0001	0,0075	0,0300	0,0150	0,0150	6
16-out	0,0253	0,0000	0,0058	0,0300	0,0150	0,0150	7
17-out	0,0250	0,0001	0,0077	0,0300	0,0150	0,0150	6
18-out	0,0237	0,0001	0,0093	0,0370	0,0120	0,0250	7
19-out	0,0185	0,0000	0,0052	0,0270	0,0120	0,0150	6
20-out	0,0215	0,0000	0,0068	0,0300	0,0150	0,0150	6
21-out	0,0187	0,0000	0,0048	0,0270	0,0150	0,0120	6
22-out	0,0223	0,0000	0,0044	0,0270	0,0150	0,0120	6
23-out	0,0218	0,0000	0,0048	0,0300	0,0150	0,0150	6
24-out	0,0212	0,0001	0,0071	0,0300	0,0150	0,0150	6
26-out	0,0214	0,0000	0,0055	0,0300	0,0150	0,0150	5
27-out	0,0217	0,0000	0,0068	0,0300	0,0150	0,0150	6
28-out	0,0208	0,0000	0,0058	0,0300	0,0150	0,0150	6
29-out	0,0207	0,0000	0,0039	0,0270	0,0150	0,0120	6
30-out	0,0193	0,0000	0,0037	0,0250	0,0150	0,0100	6
31-out	0,0220	0,0000	0,0055	0,0300	0,0150	0,0150	6
1-nov	0,0237	0,0000	0,0043	0,0270	0,0150	0,0120	6
2-nov	0,0228	0,0000	0,0055	0,0300	0,0150	0,0150	6
3-nov	0,0242	0,0000	0,0038	0,0300	0,0200	0,0100	6
4-nov	0,0212	0,0000	0,0055	0,0300	0,0150	0,0150	6
5-nov	0,0185	0,0000	0,0048	0,0250	0,0120	0,0130	6
6-nov	0,0195	0,0000	0,0034	0,0250	0,0150	0,0100	6
7-nov	0,0190	0,0000	0,0059	0,0270	0,0100	0,0170	6
8-nov	0,0208	0,0000	0,0058	0,0300	0,0150	0,0150	6
9-nov	0,0167	0,0000	0,0030	0,0220	0,0150	0,0070	7
10-nov	0,0314	0,0003	0,0186	0,0650	0,0150	0,0500	7
11-nov	0,0228	0,0000	0,0025	0,0250	0,0200	0,0050	6
12-nov	0,0225	0,0000	0,0042	0,0300	0,0200	0,0100	6
13-nov	0,0217	0,0000	0,0026	0,0250	0,0200	0,0050	6
14-nov	0,0290	0,0001	0,0096	0,0450	0,0200	0,0250	5
15-nov	0,0248	0,0000	0,0035	0,0300	0,0200	0,0100	6
16-nov	0,0248	0,0000	0,0029	0,0300	0,0220	0,0080	6
17-nov	0,0283	0,0000	0,0026	0,0300	0,0250	0,0050	6
18-nov	0,0275	0,0000	0,0042	0,0300	0,0200	0,0100	6
19-nov	0,0339	0,0000	0,0052	0,0400	0,0250	0,0150	12
20-nov	0,0375	0,0002	0,0148	0,0750	0,0200	0,0550	14
21-nov	0,0270	0,0000	0,0024	0,0300	0,0250	0,0050	6
22-nov	0,0320	0,0001	0,0108	0,0600	0,0200	0,0400	14
23-nov	0,0207	0,0000	0,0027	0,0250	0,0170	0,0080	6

25-nov	0,0217	0,0000	0,0041	0,0300	0,0150	0,0150	10
26-nov	0,0209	0,0000	0,0064	0,0320	0,0150	0,0170	7
27-nov	0,0199	0,0000	0,0032	0,0250	0,0150	0,0100	7
28-nov	0,0236	0,0000	0,0063	0,0300	0,0150	0,0150	7
29-nov	0,0173	0,0000	0,0023	0,0200	0,0150	0,0050	6
30-nov	0,0212	0,0000	0,0020	0,0250	0,0200	0,0050	6
1-dez	0,0178	0,0000	0,0032	0,0220	0,0150	0,0070	6
2-dez	0,0220	0,0000	0,0047	0,0300	0,0170	0,0130	6
4-dez	0,0242	0,0000	0,0058	0,0300	0,0150	0,0150	6
5-dez	0,0279	0,0000	0,0027	0,0300	0,0250	0,0050	7
6-dez	0,0262	0,0000	0,0045	0,0300	0,0200	0,0100	6
7-dez	0,0284	0,0000	0,0033	0,0320	0,0250	0,0070	7
8-dez	0,0410	0,0005	0,0225	0,1200	0,0170	0,1030	21
9-dez	0,0181	0,0000	0,0060	0,0300	0,0120	0,0180	7
10-dez	0,0220	0,0000	0,0035	0,0250	0,0170	0,0080	6
11-dez	0,0217	0,0000	0,0052	0,0300	0,0150	0,0150	7
12-dez	0,0312	0,0002	0,0151	0,0650	0,0150	0,0500	10
13-dez	0,0198	0,0000	0,0033	0,0250	0,0170	0,0080	5
14-dez	0,0182	0,0000	0,0021	0,0200	0,0150	0,0050	6
15-dez	0,0189	0,0000	0,0035	0,0250	0,0150	0,0100	7
16-dez	0,0195	0,0001	0,0078	0,0350	0,0150	0,0200	6
17-dez	0,0233	0,0000	0,0041	0,0300	0,0200	0,0100	6
18-dez	0,0203	0,0000	0,0045	0,0250	0,0150	0,0100	6
19-dez	0,0210	0,0000	0,0042	0,0250	0,0150	0,0100	5
20-dez	0,0232	0,0000	0,0035	0,0270	0,0200	0,0070	6
21-dez	0,0207	0,0000	0,0046	0,0250	0,0150	0,0100	6
23-dez	0,0225	0,0000	0,0027	0,0250	0,0200	0,0050	6
24-dez	0,0270	0,0002	0,0149	0,0600	0,0150	0,0450	7
25-dez	0,0200	0,0000	0,0032	0,0250	0,0150	0,0100	6
26-dez	0,0228	0,0000	0,0051	0,0300	0,0150	0,0150	6
27-dez	0,0200	0,0000	0,0000	0,0200	0,0200	0,0000	5
28-dez	0,0217	0,0000	0,0033	0,0250	0,0170	0,0080	7
29-dez	0,0253	0,0001	0,0090	0,0420	0,0150	0,0270	8
30-dez	0,0188	0,0000	0,0039	0,0250	0,0150	0,0100	5

## ANEXOS

## ANEXO A – FATORES PARA CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS DE CONTROLE PARA VARIÁVEIS

Gráficos para Desvios Padrão					
Fator para Linha Central					
Observações na Amostra, n	C <sub>4</sub>	Observações na Amostra, n	C <sub>4</sub>	Observações na Amostra, n	C <sub>4</sub>
2	0,7979	11	0,9754	20	0,9869
3	0,8862	12	0,9776	21	0,9876
4	0,9213	13	0,9794	22	0,9882
5	0,9400	14	0,9810	23	0,9887
6	0,9515	15	0,9823	24	0,9892
7	0,9594	16	0,9835	25	0,9896
8	0,9650	17	0,9845		
9	0,9693	18	0,9854		
10	0,9727	19	0,9862		

Para n > 25:

$$c_4 = \frac{4 \times (n - 1)}{4n - 3}$$

Fonte: Adaptado de Montgomery, 2004.