



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

Fabiana Gomes dos Passos

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP) COMO
INSTRUMENTO PARA A TOMADA DE DECISÃO: ESTUDO
DE CASO EM UMA EMPRESA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO
VEGETAL EM JUAZEIRO-BA**

Juazeiro – BA
2010

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

Fabiana Gomes dos Passos

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP) COMO
INSTRUMENTO PARA A TOMADA DE DECISÃO: ESTUDO
DE CASO EM UMA EMPRESA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO
VEGETAL EM JUAZEIRO-BA**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Tecnológico, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Rodrigues de Lima Júnior

Juazeiro-Ba
2010

Passos, Fabiana Gomes dos

P289c Controle Estatístico do Processo (CEP) como instrumento para a tomada de decisão: estudo de caso em uma empresa de extração de óleo vegetal em Juazeiro-BA / Fabiana Gomes dos Passos. – Juazeiro, BA, 2010.
120f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Juazeiro, BA, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Rodrigues de Lima Júnior.

1. Óleos Vegetais. 2. Óleo de Algodão - Controle Estatístico do Processo. 3. Óleo e Torta de Algodão. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 665.3

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca

SIBI/UNIVASF

Bibliotecário: Lucídio Lopes de Alencar

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

FOLHA DE APROVAÇÃO
Para TFC

Fabiana Gomes dos Passos

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP) COMO
INSTRUMENTO PARA A TOMADA DE DECISÃO: ESTUDO
DE CASO EM UMA EMPRESA DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO
VEGETAL EM JUAZEIRO-BA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira de Produção, pela Universidade
Federal do Vale do São Francisco.



Paulo César Rodrigues de Lima Júnior, Dr - UNIVASF



José Luiz Moreira de Carvalho, Dr - UNIVASF



Hesler Piedade Caffé Filho, Esp - FASJ

Aprovado pelo Colegiado de Engenharia de Produção em 26 / 11 / 2010

Dedico esse trabalho ao eterno amor de minha vida, meu Pai, Raimundo Passos (*in memoriam*) e a minha mãe, Maria Estela Passos pelo apoio incondicional a mais essa realização e por ter sempre acreditado em mim até nos momentos em que eu mesmo não acreditei.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pois é nosso Pai Criador que nos dá força e determinação para lutar por nossos objetivos. A minha família, pelo bom exemplo, esforço e dedicação. Ao meu pai e minha vó, Maria Nunes dos Passos, que infelizmente não estão presentes para compartilhar esse momento, mas que, enquanto eu viver sempre serão lembrados com carinho e orgulho pelas lições de vida que me ensinaram. À minha mãe, meu grande alicerce, por ser minha referencia, por sempre acreditar e me apoiar. A meu irmão, Helio por todo apoio e conselhos.

Aos professores da graduação, especialmente os do Colegiado de Engenharia de Produção. Em especial ao professor Paulo Cesar, por aceitar o convite de ser meu orientador. Por me orientar mais que em um trabalho de conclusão de curso, por me ensinar lições que levarei por toda a vida. Agradeço pela preocupação que demonstrou e pelo excelente trabalho realizado. E o professor Francisco Ricardo Duarte por todo apoio e amizade.

Agradeço a empresa Icofort Agroindustrial LTDA, por ter permitido que esse trabalho fosse realizado. Aos profissionais, Engenheiro José Luiz e os Químicos Homero Brisolla e Hailton Alves, que me auxiliaram no conhecimento de todo o processo produtivo da empresa, desde a extração do caroço de algodão, passando pelo controle de qualidade até o envase e pelos bons conselhos e a presteza em ajudar-me sempre que necessário.

Aos meus amigos e amigas. Todos eles. Por compreenderem as minhas ausências e estarem sempre dispostos a me ajudarem em qualquer momento. Aos meus amigos da graduação, em especial Emanuely Trindade, Fernanda Passos, Daniela Siqueira, Igo Rafael, Carlos Matos, Leonardo Passos, Ariadne Pequeno, Manoel Torres, Madileide Santos, Márcia Porto, Michael Barbosa, Plutarco Granja, Carla Padilha, Plínio Franklin, Tércio André, Izaac Damasceno, Arlen Gomes e Alisson Siqueira, por tornarem meus dias da faculdade os melhores possíveis.

A todos que contribuíram na minha formação, direta ou indiretamente, muito obrigada!

“Não faças do amanhã o sinônimo de nunca, nem o ontem te seja o mesmo que nunca mais. Teus passos ficaram. Olhes para trás, mas vá em frente, pois há muitos que precisam que chegues para poderem seguir-te.”

Charles Chaplin

PASSOS, F. G. **Controle estatístico do processo (CEP) como instrumento para a tomada de decisão**: estudo de caso em uma empresa de extração de óleo vegetal em Juazeiro-BA. 2010. 120p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Juazeiro: Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2010.

Resumo

Este trabalho procura apresentar e demonstrar a importância da utilização do Controle Estatístico do Processo como instrumento para a tomada de decisão em uma empresa de extração de óleo vegetal em Juazeiro-BA. O CEP fornece uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando que esta seja controlada ao longo do tempo, utilizando de cartas de controle que auxiliam na identificação de causas comuns e especiais de variação. O setor de extração de óleo do caroço de algodão para produção da ração animal e do óleo vegetal é reconhecido por sua importância econômica e social, para a região nordeste, que se destaca não só na produção do caroço de algodão mais também no seu beneficiamento, agregando valor ao produto. Esse estudo, também, foi desenvolvido, com o objetivo de demonstrar como a análise da capacidade, ferramenta do CEP, pode auxiliar na análise de quais processos são capazes de atender as especificações exigidas, com intuito de auxiliar no poder de tomada de decisão dos gestores que têm a possibilidade de aplicar melhorias de qualidade nos processos que se mostraram incapazes. Assim, foi realizada uma pesquisa descritiva de todos os processos existentes na empresa, utilizando como ferramenta de coleta de dados e interpretação das mesmas, o software Minitab 15. Os resultados obtidos, através das cartas de controles individuais e da média móvel exponencialmente ponderada, mostraram que todos os processos estudados encontram-se fora de controle estatístico apresentando causas especiais que necessitam ser identificadas, avaliadas e removidas dos processos para proporcionar uma redução na variabilidade dos processos. Já através das análises de variâncias realizadas nos processos foi possível se conhecer quais origens e fazendas apresentavam diferenças estatisticamente relevantes e na análise de capacidade das prensas pode-se observar que em relação às variáveis estudadas o processo foi considerado incapaz ou capaz. Dessa forma esses resultados formaram a base para as conclusões e interpretações realizadas e podem vir a subsidiar a tomada de decisão dos gestores da empresa.

Palavras-chave: Controle Estatístico do Processo, Óleo e Torta de Algodão, Qualidade e Tomada de Decisão.

Abstract

This research presents the importance of using Statistical Process Control as a tool for decision making in a oil extraction plant in Juazeiro-BA. The SPC provides a detailed description of the process behavior, identifying its variability and allowing it to be controlled over time, using control charts to help identifying common and special causes of variation. The sector of oil extraction from cottonseed and production of animal feed is recognized by its economic and social importance to the northeast, which stands out not only in production of cotton seed but also in its processing, adding value to the product. This study was also accomplished with the aim of demonstrating how the analysis of capacity can help evaluate which processes are able to meet the specifications, in order to assist managers' decision-making, which have the ability to apply quality improvement processes that were inefficient. Thus, we performed a descriptive study of all existing processes in the company, using, as a tool for data collection and interpretation, the software Minitab 15. The results obtained through the control charts (individual controls and the exponentially weighted moving average), showed that all lawsuits are out of statistical control featuring special causes that need to be identified, evaluated and removed from the processes to provide a reduction in the variability of processes. The analysis of variance was performed in order to identify the sources and farms that showed statistically significant differences and the capacity analysis of the presses showed that they can be considered capable or incapable. Thus these results formed the basis for the conclusions and interpretations made and could support the decision making of the managers.

Keywords: Statistical Process Control, Oil, Cotton Quality and Decision Making.

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Estratégia para melhorias no controle estatístico de processos	26
Figura 2 – Exemplo de um Gráfico de Controle típico	27
Figura 3 – Exemplo de um Gráfico de Controle com limites de controle (3σ)	28
Figura 4 - Distribuição dos valores individuais versus distribuição amostral das médias.....	30
Figura 5 - Percentuais associados à faixa de $\pm 1\sigma$, $\pm 2\sigma$, $\pm 3\sigma$ da média de uma distribuição normal com média 28,4 e $\sigma = 0,20$	32
Figura 6 - Exemplo de carta de controle com de padrão cíclico nos dados	37
Figura 7 - Exemplo de carta de controle com mudança da média de um processo..	37
Figura 8- Exemplo de carta de controle obtida de um processo com tendência.....	38
Figura 9 - Processo Estável versus Processo Capaz.....	41
Figura 10– Produção de algodão herbáceo no Brasil, com destaque para os principais municípios produtores – 2004	55
Figura 11 – Torta de Algodão.....	60
Figura 12– Óleo Caçarola e Flor de Algodão	61
Figura 13– Carta de Controle I-MR do Envase - AGL	84
Figura 14 – Gráfico de Controle EWMA do Envase - AGL.....	85
Figura 15 – Carta de Controle I-MR do Envase– Peróxido	86
Figura 16 – Gráfico de Controle EWMA do Envase - Peróxido	87
Figura 17 – Carta de Controle I-MR das Prensas – Teor de Óleo.....	88
Figura 18– Gráfico de Controle EWMA das Prensas – Teor de Óleo	89
Figura 19– Carta de Controle I-MR das Prensas – Umidade	90
Figura 20– Gráfico de Controle EWMA das Prensas - Umidade.....	91
Figura 21– Carta de Controle I-MR do Óleo Bruto Comprado– AGL	92

Figura 22– Gráfico de Controle EWMA do Óleo Bruto Comprado - AGL	93
Figura 23– Carta de Controle I-MR do Óleo Bruto Comprado - Impureza	94
Figura 24– Gráfico de Controle EWMA do Óleo Bruto Comprado -Impureza	95
Figura 25– Análise da Capacidade das prensas – Teor de Óleo– Julho.....	97
Figura 26– Análise da Capacidade das prensas – Umidade - Julho	98
Figura 27– Análise da Capacidade das prensas – Teor de Óleo – Agosto	99
Figura 28– Análise da Capacidade das prensas – Umidade – Agosto.....	100
Figura 29– Análise da Capacidade das prensas – Teor de Óleo – Setembro.....	101
Figura 30– Análise da Capacidade das prensas – Umidade - Setembro	102
Figura 31 – Análise da Capacidade das prensas – Teor de Óleo	103
Figura 32 – Análise da Capacidade das prensas – Umidade.....	103

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Valores de D2 e A2 - cálculo dos limites de controle da carta X.....	34
Tabela 2 - Valores da constante $E2$	35
Tabela 3 – Estimativa de produção no Oeste da Bahia por cultura de 2010 a 2024.	56
Tabela 4 - Óleos Vegetais Refinados – Características de Qualidade.....	63
Tabela 5 – Exemplo do Monitoramento do Caroço de Algodão	69
Tabela 6– Exemplo do Monitoramento do Envase.....	69
Tabela 7– Exemplo do Monitoramento do Óleo Bruto Comprado	70
Tabela 8– Exemplo do Monitoramento das Prensas.....	70
Tabela 9–Análise Variância do Teor de Óleo	72
Tabela 10– ANOVA do Teor de Óleo	73
Tabela 11– Análise Variância da Umidade	74
Tabela 12– ANOVA da Umidade.....	74
Tabela 13– Análise Variância do Ardido	75
Tabela 14– ANOVA do Ardido.....	75
Tabela 15– Análise Variância da Impureza.....	76
Tabela 16– ANOVA da Impureza.....	77
Tabela 17 – Resumo da ANOVA do caroço de algodão	78
Tabela 18 – Análise Variância da AGL.....	79
Tabela 19– ANOVA do AGL.....	79
Tabela 20– Análise Variância da Impureza.....	80
Tabela 21– ANOVA da Impureza.....	81
Tabela 22– Análise Variância da Umidade	81
Tabela 23– ANOVA da Umidade.....	82
Tabela 24 – Resumo da ANOVA do óleo bruto comprado.....	83

Lista de Abreviaturas e Siglas

AGL	Índice de Acidez
AIBA	Associação dos Agricultores e Irrigantes da Bahia
ANOVA	Análise de Variância
ANTT	Agência Nacional de Transporte Terrestre
CEP	Controle Estatístico do Processo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LIC	Limite Inferior de Controle
LC	Limite Central
LSC	Limite Superior de Controle
LNS	Limite Natural Superior
LNI	Limite Natural Inferior
LES	Limite Superior de Especificação
LEI	Limite Inferior de Especificação
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>

Sumário

AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VIII
LISTA DE TABELAS	X
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Motivação.....	15
1.2 Definição do Problema.....	16
1.3 Justificativa.....	18
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo Principal	19
1.4.2 Objetivos Específicos.....	19
1.5 Estrutura do Trabalho.....	20
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 Controle Estatístico do Processo - CEP.....	21
2.1.1 Conceitos	22
2.1.2 Princípios do Controle Estatístico do Processo	25
2.1.3 Cartas de Controle	26
2.1.4 Carta de Controle para Variáveis.....	29
2.1.5 Curva Normal de Probabilidade	31
2.1.6 Cálculo dos Limites de Controle	32
2.1.7 Interpretação da Estabilidade do Processo.....	35

2.1.8	Teste de Estabilidade.....	39
2.2	Interpretação da Capacidade do Processo	40
2.3	Gráficos de Controle para Pequenos Desvios do Valor Nominal.....	44
2.3.1	Gráfico de Controle para Medidas Individuais	45
2.3.2	Gráfico de Controle da Média Móvel Exponencialmente Ponderada.....	47
2.4	Análise de Variância - ANOVA.....	49
2.5	Tomada de Decisão	51
2.5.1	Classificação e Métodos de Decisão	51
2.5.2	Atuação da Gerência na Tomada de Decisão	53
2.6	Conclusão	53
3	OBJETO E AMBIENTE DA PESQUISA.....	54
3.1	Importância do Setor de Produção de Grãos no Estado da Bahia.....	54
3.2	Descrição da Empresa.....	57
3.3	Descrição do Processo de Produção da Ração Animal e do Óleo Vegetal da Icofort Agroindustrial	59
3.4	Controle de Qualidade da Icofort	61
3.5	Conclusão	65
4	METODOLOGIA DE PESQUISA E ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	66
4.1	Metodologia.....	66
4.1.1	Campo de Atuação	66
4.1.2	Tipo e Natureza da Pesquisa	67
4.1.3	Coleta de Dados	68
4.1.4	Análise dos Dados	71
4.2	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	71

4.2.1	Análise de Variância relacionada com a origem do Caroço de Algodão.....	71
4.2.2	Análise de Variância relacionada com a origem do Óleo Bruto Comprado.	78
4.2.3	Carta de Controle I-MR e Gráfico EWMA nos Processos	83
4.2.4	Análise da Capacidade do Processo das Prensas	95
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	104
5.1	Conclusões	104
5.2	Recomendações	106
5.2.1	Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se:	106
5.2.2	Sugestões para Icofort	107
	REFERÊNCIAS.....	109
	ANEXOS	114

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

A sobrevivência das empresas no mercado competitivo atual está diretamente ligada à produção de itens de qualidade a um baixo custo. Nesse sentido, uma série de estratégias foram concebidas nas últimas décadas, com o objetivo de assegurar a qualidade de processos e produtos industriais, proporcionando seu controle efetivo. Uma dessas estratégias, o Controle Estatístico do Processo, é o objeto de estudo deste trabalho.

O controle estatístico de processos teve seus conceitos básicos desenvolvidos na década de 20, por Walter Shewhart. Teve sua gênese na indústria de componentes elétricos, tendo sido intensamente utilizado em períodos específicos como, por exemplo, durante a Segunda Guerra Mundial. No final deste século, sua utilização vem sendo identificada como elemento habilitador de vantagens competitivas, motivada pela bem sucedida utilização da ferramenta pela indústria japonesa (PIRES, 2000).

O Controle Estatístico do Processo (CEP) pode ser descrito como uma ferramenta de monitoramento, em tempo real, da qualidade. Através da inspeção por amostragem de características pré-determinadas do produto em estudo e de seu processo de manufatura, o CEP possibilita a detecção de causas especiais, anômalas ao processo, que prejudiquem a qualidade final do produto manufaturado (PIRES, 2000).

Esta qualidade depende, além das matérias-primas, da sistemática de monitoramento, de parâmetros relevantes em seu processamento e de características do produto acabado. A satisfação do cliente deve ser encarada, por parte das organizações, como uma meta de longo prazo, que possibilite garantir sua sobrevivência no mercado. Com vistas a garantir a satisfação de clientes, seus requisitos de qualidade devem, num primeiro momento, ser identificados, definidos e

esclarecidos quanto a seu conteúdo. Na sequência, deve-se estabelecer procedimentos e sistemas para monitoramento e controle das variáveis relacionadas aos requisitos de qualidade inicialmente identificados pelos clientes. É nesse contexto que o CEP destaca-se como agente habilitador da garantia da qualidade demandada pelos clientes (PIRES, 2000).

Através disso, neste trabalho, investiga-se a implementação do CEP no processo de manufatura da ração animal e do óleo vegetal, extraídos do caroço de algodão, um dos principais oleaginosos produzidos no Brasil, principalmente na região oeste da Bahia.

As estatísticas do período 2004/2005 indicaram que a produção mundial de algodão ultrapassa 24 milhões de toneladas, dominada por três produtores: a China, com 6,423 milhões de toneladas; os Estados Unidos, com 4,909 milhões de toneladas; e a Índia, com 3,092 milhões de toneladas. O Brasil aparece na quinta posição depois do Paquistão, de acordo com o relatório de janeiro de 2005 do *United States Department of Agriculture – USDA* (PANORAMA, 2005). Agentes do setor avaliam que o Brasil, em poucos anos, deve se tornar o terceiro maior produtor de algodão do mundo, posto que o seu volume de produção tende a dobrar em dez anos (SPÍNOLA e XAVIER, 2005).

A partir disso, uma das principais regiões que se destacam na produção de algodão é o estado da Bahia. Alcançando, em 2004, a posição de segundo maior produtor brasileiro de algodão depois do Mato Grosso, superando Goiás. O vertiginoso crescimento da cotonicultura se dá a partir de 1998 quando é introduzida no Cerrado. O oeste da Bahia pode ser considerado a maior região exportadora do produto no Brasil, respondendo pela quase totalidade dos 60 milhões de dólares de algodão exportados pelo estado. Sua produção, por hectare, é das mais elevadas do país, seus produtores são organizados, mecanizados, além de plantarem o algodão em rodízio com a soja e o milho (SPÍNOLA e XAVIER, 2005).

1.2 Definição do Problema

Atualmente, com o crescimento do número de informações, o conhecimento é extremamente valorizado e essencial para tomar decisões, seja no âmbito

empresarial ou até mesmo no pessoal. Por isso, cada vez mais, a ciência estatística vem ganhando força e destaque dentre as áreas profissionais.

Por meio da estatística, pode-se verificar a eficiência de medicamentos, pode-se prognosticar a produção agropecuária para determinado período, pode-se projetar preços de ativos financeiros, entre outros. É por isso que profissionais de praticamente todas as áreas necessitam de várias ferramentas da estatística para solucionar problemas de seu campo de atuação (LEANDRO, 2008).

Embora as técnicas estatísticas sejam as ferramentas técnicas críticas para o controle e melhoria da qualidade, precisam, para serem usadas com maior eficiência, ser implantadas dentro e como parte de um sistema de gerenciamento orientado pela qualidade. Com isso, o monitoramento efetivo das características da qualidade de um processo de produção depende freqüentemente de ferramentas estatísticas para a detecção, identificação e análise das causas significantes responsáveis por variações que afetam o comportamento do processo de maneira imprevisível (MONTGOMERY, 2004).

Através disso, o controle estatístico da qualidade refere-se à utilização de ferramentas estatísticas para a melhoria da qualidade de processos, produtos ou serviços produzidos ou prestados por empresas. Uma das técnicas utilizadas para esse fim é o controle estatístico do processo. O CEP consiste em uma técnica estatística de monitoração de processos de produção, que tem como objetivo principal a redução sistemática da variabilidade de características de qualidade de interesse. Ao reduzir a variabilidade existente em processos de produção, o CEP contribui para a melhoria da qualidade intrínseca dos produtos, da produtividade e da confiabilidade do sistema de produção, possibilitando a redução do custo de fabricação (BREWER, 1996).

Com isso, o presente estudo pretende demonstrar, através de um estudo de caso realizado com a empresa, Icofort Agroindustrial LTDA, de que forma o CEP pode auxiliar no monitoramento da qualidade dos produtos na tomada de decisão de gestores durante o processo de produção de ração animal e de óleo vegetal, extraídos do caroço de algodão.

Para isso faz-se o seguinte questionamento:

De que forma a utilização do controle estatístico do processo (CEP), podem auxiliar nos processos de produção de ração animal e de óleo vegetal, extraídos do caroço de algodão?

1.3 Justificativa

A qualidade tornou-se um dos mais importantes fatores de decisão dos consumidores na seleção de produtos e serviços. Dessa forma, indústrias necessitam ter controle sobre as características de seus produtos para, assim, controlar sua qualidade e satisfazer as principais necessidades de seus clientes.

Segundo Montgomery (2004), a qualidade pode ser definida como o conjunto de atributos que tornam um bem ou serviço plenamente adequado ao uso para o qual foi concebido. Complementarmente, para Betersfield (1986), a qualidade é o conjunto de características de um produto ou serviço que contribui para a satisfação dos clientes. Esta satisfação envolve preço, segurança, disponibilidade, durabilidade e usabilidade. O controle estatístico do processo é usualmente o método preferido para controlar a qualidade, porque a qualidade está sendo “construída” no processo em vez de ser inspecionada no final. (SLACK, 1997).

Além disso, o CEP encontra-se fundamentado na utilização de métodos e técnicas de natureza estatística. Alguns métodos estatísticos surgiram em busca de soluções para problemas relacionados à qualidade, entendimento e previsibilidade dos processos e melhorias dos mesmos (PITT, 1994). Dessa forma, observa-se que o CEP compartilha destes mesmos objetivos, o que justifica sua base estatística.

Através disso, o CEP é extremamente útil, já que é uma poderosa coleção de ferramentas para a coleta, análise e interpretação de dados, como objetivo de melhorar a qualidade através da eliminação de causas especiais de variação, sendo um instrumento de tomada de decisão, utilizado na maioria dos processos (MONTGOMERY, 2004).

Segundo Angeloni (2003), no processo de tomada de decisão, é necessário que se tenha todos os dados pertinentes disponíveis, de forma a serem analisados mediante uma diversidade de perspectivas diferentes. Normalmente estes dados estão fragmentados em diversos pontos da empresa.

Diante disso, pode-se dizer que o processo de decisão se inicia pelo armazenamento sistemático de todos os dados da empresa. Considerando o dado como matéria-prima da informação e a informação como a matéria-prima do conhecimento, acumulando o conhecimento organizacional poder-se-á utilizá-lo em momentos de conflito e de desenvolvimento (LEITE e JUNIOR, 2008).

Neste contexto, o CEP, se bem utilizado, ajudará no poder de tomada de decisão pelos gestores responsáveis por cada setor de produção. Contribuindo, com isso, na conscientização da importância da existência de qualidade em todos os setores da empresa, principalmente no setor produtivo, pelo fato que a qualidade deixou de ser um diferencial competitivo, e passou a ser uma exigência contínua do cliente. Portanto as empresas que não se enquadrarem nestas exigências estarão definitivamente fadadas ao insucesso (MIGLIOLO, 2006).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Principal

O objetivo principal dessa pesquisa é, a partir da literatura e investigação de estudos de casos já reportados, demonstrar a importância da utilização do controle estatístico do processo (CEP) na produção de ração animal e do óleo vegetal, extraídos do caroço de algodão, na empresa Icofort Agroindustrial LTDA, localizada em Juazeiro, BA.

Para alcançar o objetivo principal desse estudo de implementação do CEP, na empresa em estudo, serão necessários os seguintes objetivos específicos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analisar o processo de produção de ração animal e/ou de óleo vegetal;
- Fazer levantamento e detalhamento das atividades (processos) que podem vir a ser objeto do CEP;
- Aplicar o CEP nas atividades identificadas;
- Analisar os resultados da utilização do CEP nos processos ou atividades monitoradas.

1.5 Estrutura do Trabalho

Esse trabalho está estruturado em quatro capítulos além desse capítulo introdutório.

No capítulo 2, apresenta-se um resumo teórico sobre o Controle Estatístico de Processo: sua evolução histórica, conceitos, princípios e desenvolvimentos matemáticos. Bem como, serão abordados os temas: gráficos de controle individual e da média móvel exponencialmente ponderada, capacidade do processo e tomada de decisão.

No capítulo 3, trata-se da descrição da empresa IcoFort, onde o estudo foi realizado. Logo depois vem a definição dos processos realizados em cada setor da empresa, originados através da extração do óleo de algodão. Sendo abordada, também, a importância do controle de qualidade na empresa e a produção de grãos no Oeste da Bahia.

O capítulo 4 foi destinado a expor a metodologia de pesquisa e análise e discussão de resultados desse estudo de caso, através da coleta de dados realizadas durante um determinado período de tempo.

Por fim, o quinto capítulo expõe as conclusões sobre os resultados obtidos, apresentando as limitações deste e as oportunidades para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão abordados os conceitos importantes sobre o Controle Estatístico do Processo.

Apresentando sua evolução histórica, conceitos, princípios e suas principais ferramentas, destacando-se os gráficos de controle.

Dando continuidade, serão analisadas as principais características e objetivos do gráfico de controle. Bem como, a definição de seus dois tipos básicos de gráficos, o gráfico de controle por variável e o gráfico de controle por atributo.

Ainda será possível conhecer o desenvolvimento matemático do gráfico de controle por variável, pelo fato que as características analisadas nesse estudo são de caráter quantitativo. E, além disso, será abordada a importância dos gráficos de controle individual e da média móvel exponencialmente ponderada, bem como a importância da capacidade do processo.

Finalmente, serão analisadas as prioridades necessárias para a tomada de decisão, de extrema importância para o crescimento e desenvolvimento de qualquer empresa.

2.1 Controle Estatístico do Processo - CEP

O desenvolvimento e utilização das técnicas e métodos estatísticos para a análise e solução de problemas passaram a ganhar importância no campo industrial a partir de 1924, quando o Dr. Walter A. Shewart desenvolveu pela primeira vez, os gráficos de controle. Como desenvolvimento da produção em larga escala, tanto nos EUA e Europa, como principalmente no Japão, após 1944 o controle estatístico do processo surgiu como ferramenta ideal para o eficiente, seguro e rápido controle e aperfeiçoamento dos processos produtivos; eficiente por trabalhar com base na matemática aplicada; seguro pela sua aplicação no dia-a-dia das atividades industriais e rápidos por trabalhar com pequenas amostras representando toda população (FARIA et al., 2008).

As ferramentas do CEP podem ser aplicadas a qualquer processo. Suas sete principais ferramentas contemplam o uso de histogramas, folhas de controle, gráfico de Pareto, diagrama de causa-e-efeito, diagrama de concentração de defeito, diagrama de dispersão e gráfico de controle. Cada uma das ferramentas é utilizada com o objetivo de analisar o processo sob o ponto de vista de identificar a causa de sua variabilidade, buscando evidências a partir de resultados obtidos após o uso adequado de cada uma delas (MONTGOMERY, 2004).

Embora essas ferramentas sejam uma parte importante, elas englobam apenas seus aspectos técnicos. O CEP constrói um ambiente no qual todos os indivíduos em uma organização desejam a melhoria continuada na qualidade e na produtividade. Esse ambiente se desenvolve melhor quando a gerência se envolve em um processo contínuo de melhoria de qualidade. Uma vez estabelecido esse ambiente, a aplicação rotineira das sete ferramentas se torna parte usual da maneira de se fazerem negócios, e a organização se direciona para a obtenção de seus objetivos de melhoria de qualidade (MONTGOMERY, 2004).

Através disso, o controle estatístico do processo é um conceito intrínseco ao próprio processo de produção, se relacionando com todas as fases da ação gerencial. Deve, portanto, servir de base para as decisões em todos os níveis da empresa, desde o operário até o presidente. Conseqüentemente, todos devem entender seus princípios e se comprometer na utilização coerente de seus resultados (FARIA et al., 2008).

2.1.1 Conceitos

O CEP é um método preventivo de se comparar continuamente os resultados de um processo com um padrão, identificando, a partir de dados estatísticos, as tendências para variações significativas, e eliminando ou controlando estas variações com o objetivo de reduzi-las cada vez mais (SOMMER, 2000).

Sua existência justifica-se pela necessidade de avaliar a variabilidade (para obter, manter ou melhorar o nível da qualidade). Sempre que houver uma série de observações ou medidas obtidas de um processo, tais medidas não serão idênticas

entre si. Haverá uma variação, produzindo um padrão flutuante: nenhum processo, por maior que seja a sua qualidade, poderá extinguir totalmente esta variabilidade. Contudo, Reis (2001, p.51) fez a seguinte análise:

Se nada perturbar o processo essa flutuação nas medidas permanecerá dentro de limites matemáticos definidos. Se a série for suficientemente grande as medidas tenderão a formar uma distribuição previsível, permitindo que seja possível antecipar qual será a variabilidade do processo, e, portanto avaliar sua qualidade.

Através disso, o CEP é importante para que os produtos sejam produzidos corretamente à primeira vez, reduzindo sistematicamente a variabilidade das características da qualidade com interesse para o processo produtivo, de modo a aumentar a confiabilidade do produto final. Estas ações são fundamentais para alcançar a estabilidade e melhorar a capacidade em qualquer processo de produção (ALVES, 2003).

Com isso, a implementação do CEP, segundo Falcão (2001, p.35), deve levar em consideração alguns princípios básicos:

Os processos, produtos ou serviços devem ser avaliados quanto à capacidade de atender às necessidades e exigências dos consumidores; As informações sobre as Características de Qualidade devem ser obtidas tão próximas da fonte quanto possível; Os resultados de qualquer tarefa a ser realizada apresentam variação e essa variação segue um determinado padrão; A monitoração e possíveis ajustes devem ser realizados por pessoas que conheçam detalhadamente os aspectos produtivos, geralmente o operador ou o responsável pelo ajuste das máquinas; As informações colhidas devem ser analisadas através do uso de ferramentas estatísticas, tais como cartas de controle, diagramas de Pareto, diagramas de causa-e-efeito e histogramas; Ações devem ser tomadas antes que produtos de má qualidade sejam produzidos.

Dessa forma, a utilização do CEP parte do princípio que a variabilidade está sempre presente em processos de produção (ISHIKAWA, 1990 *apud* FALCÃO, 2001). O número de fatores que causam dispersão nos resultados em qualquer processo industrial é teoricamente infinito. Como somente é possível controlar

alguns desses fatores, inevitavelmente haverá variação nas características dos produtos em processos de fabricação (ISHIKAWA, 1990). Com isso, ao comparar unidades fabricadas pelo mesmo processo, elas não serão exatamente idênticas. Se, a diferença entre unidades produzidas for grande, corre-se o risco de produzir itens defeituosos (RIBEIRO e CATEN, 2000).

Existem dois tipos de causas resultantes da variabilidade nos processos. O primeiro tipo de causa, designado por causas comuns e o segundo tipo de causas especiais.

As causas comuns atuam continuamente sobre o processo, sendo de natureza essencialmente aleatória e de difícil controle. Atuar sobre causas comuns normalmente requer investimentos na melhoria de equipamentos, troca de matérias-primas ou treinamento de operadores. Uma vez mantidas em níveis razoáveis, as causas comuns não afetam de maneira nociva a qualidade dos itens manufaturados (GRANT e LEAVENWORTH, 1996).

Já as causas especiais de variação são aquelas que não fazem parte do processo ou sistema. Exemplos: desregulagem de uma máquina ou irregularidades em uma matéria-prima. Causas especiais são anômalas ao processo, podendo ser prejudiciais à qualidade do produto manufaturado. O monitoramento e ação corretiva sobre as causas especiais são de responsabilidade da área operacional da empresa. Uma vez identificadas às causas especiais, pode-se atuar sobre elas, buscando a estabilização do processo (PIRES, 2000).

Com isso, em qualquer processo produtivo, independente de quão bom tenha sido projetada e quão boa seja sua manutenção, haverá a presença de variabilidade. Embora as causas de variação sejam muitas e fique entre a matéria prima utilizada e seu aspecto dimensional, há um agregado de causas de variação. A variação presente no processo produtivo deverá ser reduzida continuamente num ambiente onde a busca pela excelência é uma atitude intercalada entre todos os agentes do processo produtivo. Se esta variabilidade se mantém, ou mesmo aumenta, é certo o aumento de refugos e a conseqüência é a perda competitiva num mercado globalizado. Isto é um fator extremamente importante, porque mais do que maximizar seus lucros, as organizações visam minimizar suas perdas (FARIA et al., 2008).

2.1.2 Princípios do Controle Estatístico do Processo

O principal elemento do CEP é a carta de controle de processo, que permite identificar o comportamento do processo ao longo do tempo, o monitoramento de variáveis ou atributos que determinam o desempenho do processo e detectar a incidência de causas especiais, permitindo delinear ações que previnam e bloqueiem sua reincidência. Além disso, possibilita um controle eficaz da qualidade, feito pelo próprio operador e em tempo real. Desta forma, promove-se um aumento do comprometimento do operador com a qualidade do que está sendo produzido pelo processo por ele controlado. Atividades de supervisão são, assim, reduzidas, permitindo à gerência centralizar seus esforços em ações que visem à melhoria dos processos (PIRES, 2000).

Com isso, as cartas de controle utilizam como dados de entrada medições realizadas de uma característica de qualidade ou parâmetro de processo que influencie na qualidade dos produtos manufaturados. As medições são realizadas em pontos espaçados de tempo e registradas graficamente nas cartas, sendo então comparadas com limites de controle. (MONTGOMERY, 2004).

O sucesso na implantação do CEP depende do grau de entendimento e compreensão da empresa acerca das cartas de controle por ela utilizadas. A Figura 1 permite identificar as etapas envolvidas na operacionalização do controle estatístico de processos. Bem como, a utilização de informações oriundas das cartas de controle na tomada de decisão sobre ações de melhoria também é evidenciada.

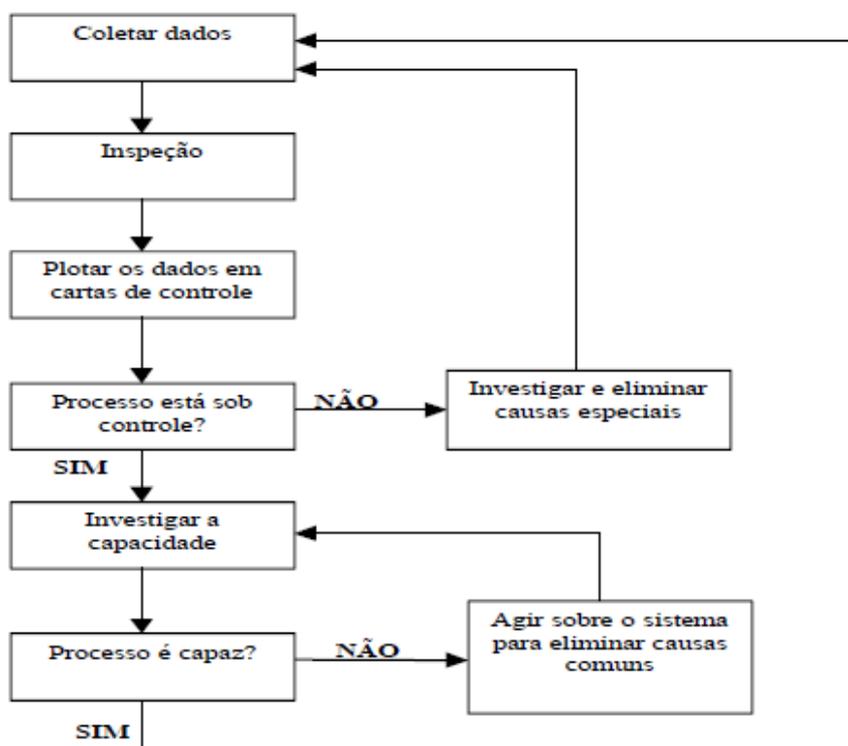


Figura 1 - Estratégia para melhorias no controle estatístico de processos

Fonte: Ribeiro e Caten, 2000.

2.1.3 Cartas de Controle

As cartas de controle consistem em um gráfico formado por, uma linha central, um par de limites de controle, um dos quais se localiza abaixo e outro acima da linha central, e valores característicos marcados no gráfico representando o estado de um processo. Se todos esses valores marcados estiverem dentro dos limites de controle, sem qualquer tendência particular e a disposição dos pontos dentro dos limites for aleatório, o processo é considerado sob controle, como mostrado na Figura 2. Entretanto, se os pontos incidirem fora dos limites de controle ou apresentarem uma disposição atípica, o processo é julgado fora de controle. (KUME, 1993 *apud* VIEIRA, 1999).

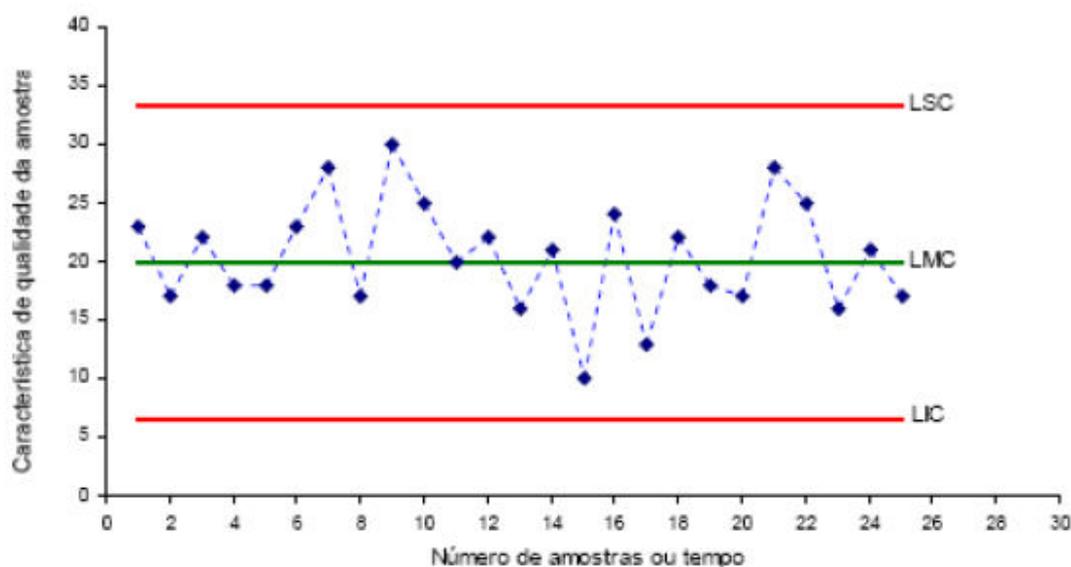


Figura 2 – Exemplo de um Gráfico de Controle típico

Fonte: Alves, 2003.

Através disso, os gráficos de controle são as ferramentas principais utilizadas no controle estatístico de processo e têm como objetivo detectar desvios de parâmetros representativos do processo, reduzindo a quantidade de produtos fora de especificações e os custos de produção. Sua utilização pressupõe que o processo seja estatisticamente estável, isto é, não haja presença de causas especiais de variação ou, ainda e de outra forma, que as sucessivas amostragens representem um conjunto de valores independentes ou não correlacionados. Este pressuposto quase sempre não é atendido e muitas vezes leva à utilização dos gráficos de controle com limites inadequados e com a freqüente ocorrência de alarmes (pontos fora ou próximos aos limites da carta) sem que, necessariamente, representem a presença de uma causa especial (OGUNNAIKE e RAY, 1994 *apud* MONTGOMEY, 2004).

Para embasar esse trabalho, o gráfico de controle escolhido é o cuja especificação para os limites de controle é de (3σ) , como mostrado na Figura 3. Isso fica evidente por entender, segundo Montgomery (2004), que processos analisados com essa especificação de limites geram bons resultados na prática. Utilizando o sistema 3σ implica em dizer que a probabilidade das ocorrências estar entre o intervalo da curva Normal é de 99,73%.

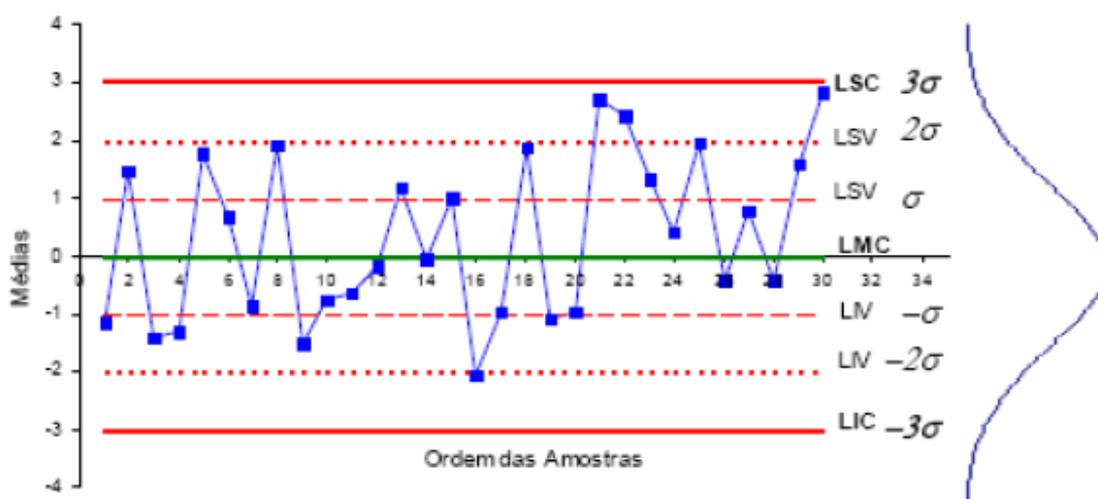


Figura 3 – Exemplo de um Gráfico de Controle com limites de controle (3σ)

Fonte: Alves , 2003.

Existem dois tipos básicos de cartas de controle de qualidade: as cartas baseadas em variáveis e as cartas baseadas em atributos. As cartas por atributos referem-se a situações que podem ser traduzidas por um sistema binário do tipo <<0>> ou <<1>>, em que cada amostra inspecionada é testada para determinar se está ou não conforme com os requisitos. Os controles de atributos são aqueles que se baseiam na verificação da presença ou ausência de um atributo, ou seja, quando as medidas representadas no gráfico resultam de contagens do número de itens do produto que apresentam uma característica particular de interesse (atributo). Alguns exemplos são os gráficos de controle para o número de peças cujos diâmetros não satisfazem às especificações - peças defeituosas - (WERKEMA, 1995, *apud* PINTO et al., 2003).

Já as cartas por variáveis segundo Alves (2003), baseiam-se nas características cujo resultado está associado a algum tipo de medição, como, por exemplo, velocidade, tempo, comprimento, resistência, entre outros. Os controles de variáveis são aqueles que se baseiam em medidas das características de qualidade (CARNEIRO NETO, 2003), ou seja, quando a característica da qualidade é expressa por um número em uma escala contínua de medidas.

2.1.4 Carta de Controle para Variáveis

As variáveis são avaliadas de um sistema de medição, podendo assumir quaisquer valores no domínio dos números reais. Características de qualidade expressas através de valores contínuos são denominadas variáveis. O controle do comportamento temporal deste tipo de característica é realizado através das cartas de controle para variáveis. As cartas de controle mais utilizadas no monitoramento de variáveis são as cartas \bar{x} e R, respectivamente, para média e amplitude; as cartas para valores individuais e as cartas para médias móveis. Os dois primeiros tipos de cartas são detalhados na seqüência.

Observações coletadas de variáveis de processo podem seguir diferentes distribuições de probabilidade. A determinação dos limites de controle utilizados nas cartas demanda o cálculo de probabilidades. Esse cálculo torna-se complexo à medida que as variáveis de interesse assumem distribuições de probabilidade assimétricas (por exemplo, distribuições de Weibull ou Exponencial) (ROSS, 1994).

Na maioria dos casos, todavia, a distribuição pressuposta para as variáveis monitoradas através das cartas de controle é a distribuição Normal. Tal suposição nem sempre é verdadeira. No entanto trabalhando-se com médias ao invés de observações individuais da variável de interesse, o Teorema do Limite Central garante a Normalidade da distribuição da média das médias. A popularidade das cartas de controle para variáveis pode ser justificada, em grande parte, por essa propriedade (PIRES, 2000).

Através disso, o Teorema do Limite Central estabelece que a soma (e, por conseguinte a média) de um grande número (n) de variáveis aleatórias independentes apresenta uma distribuição aproximadamente Normal, independentemente da distribuição de probabilidade dos valores individuais. Esse Teorema apresenta dois condicionantes: (a) todas as variáveis aleatórias consideradas devem seguir uma mesma distribuição (qualquer) de probabilidade; e (b) a medida em que a distribuição das variáveis aleatórias consideradas torna-se mais assimétrica, o valor de n aumenta. Em aplicações práticas das cartas de controle, tais suposições são, em regra, satisfeitas (MOOD et al., 1974).

A distribuição Normal é descrita por dois parâmetros: um parâmetro m que corresponde à média ou centro da distribuição, e um parâmetro s que corresponde à

dispersão ou desvio-padrão da distribuição. Os parâmetros da Normal podem ser estimados a partir de amostragem aleatória da variável de interesse. Ao trabalhar-se com k amostras de tamanho n , como normalmente é o caso em aplicações das cartas de controle para variáveis, os parâmetros da normal podem ser estimados através das seguintes Equações:

$$\text{Média : } \bar{\bar{X}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{Desvio Padrão : } \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde \bar{x}_k denota a média aritmética da k -ésima amostra. Na Equação 2 pode-se verificar que o desvio-padrão da média amostral, representado por $\sigma_{\bar{x}}$, está relacionado com a variabilidade individual das unidades, representado por σ_x , e ao tamanho da amostra, n .

Conforme apresentado na Figura 4, a média das médias amostrais, $\bar{\bar{x}}$, corresponde à média dos valores individuais. Por outro lado, o desvio-padrão das médias, $\sigma_{\bar{x}}$, é menor do que o desvio-padrão dos valores individuais, σ_x , na razão $1/\sqrt{n}$. Os limites da distribuição dos valores individuais são chamados de limites naturais (este ponto será esclarecido no item 2.1.5) e os limites da distribuição das médias amostrais são chamados de limites de controle.

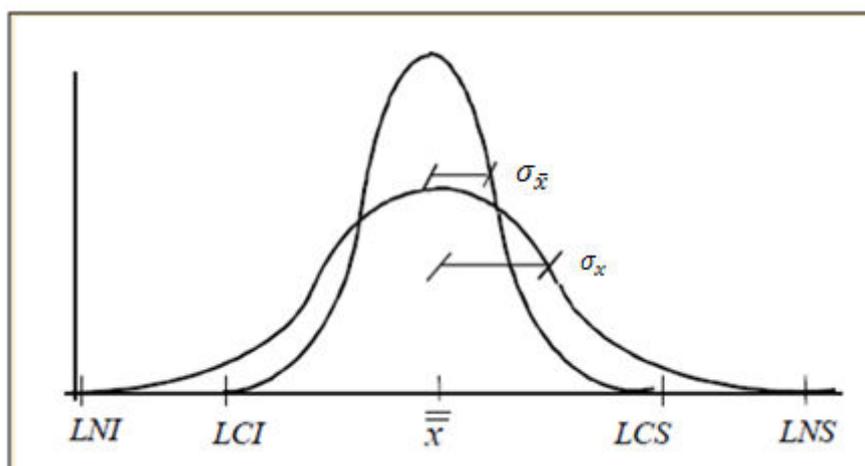


Figura 4 - Distribuição dos valores individuais versus distribuição amostral das médias.

Fonte: Ribeiro e Caten, 2000.

2.1.5 Curva Normal de Probabilidade

Em processos sob controle estatístico, a característica de qualidade de interesse (variável) apresenta uma distribuição de valores conhecida, considerada como distribuição de referência para aquela variável. A distribuição de referência é representada por uma curva, com um valor central de média e uma dispersão natural que corresponde ao desvio-padrão da variável de interesse.

Existem vários tipos de distribuição de probabilidade, com diferentes parâmetros e características. A distribuição mais freqüentemente encontrada em aplicações do CEP é a distribuição Normal. Observações de uma característica de qualidade podem seguir uma distribuição Normal de pelo menos duas maneiras: (a) os valores individuais se ajustam à distribuição, ou (b) médias obtidas agrupando os valores individuais seguem a distribuição Normal (por força do teorema do limite central, apresentado anteriormente), segundo Kume (1993). A distribuição Normal é a base teórica do desenvolvimento das cartas de controle, podendo ser considerada a principal ferramenta do CEP (PITT, 1994).

A curva Normal apresenta três características: simetria em relação à média; curvatura em forma de sino e suavização dos pontos que a compõem. Estas características permitem verificar se observações de uma característica de qualidade, obtidas de um processo, seguem uma distribuição Normal (MONTGOMERY, 2004).

Para tanto, observações plotadas em um histograma de freqüência devem exibir simetria, formato e suavidade similares à curva Normal. Histogramas ou papéis de probabilidade são as ferramentas mais utilizadas para verificar a distribuição de probabilidade apresentada por uma variável aleatória (FREUND e SIMON, 1997).

A área total sob a curva Normal acumula 100% da probabilidade associada à característica de qualidade de interesse. Como a curva é simétrica em relação à média, a probabilidade de observar-se um valor inferior ou superior à média é de 50%. Se uma variável segue uma distribuição Normal, cerca de 68,26% de seus valores encontram-se no intervalo $[\mu+1\sigma; \mu-1\sigma]$; 95,44% no intervalo $[\mu+2\sigma; \mu-2\sigma]$ e 99,73% no intervalo $[\mu+3\sigma; \mu-3\sigma]$. Esta situação está representada na Figura 5.

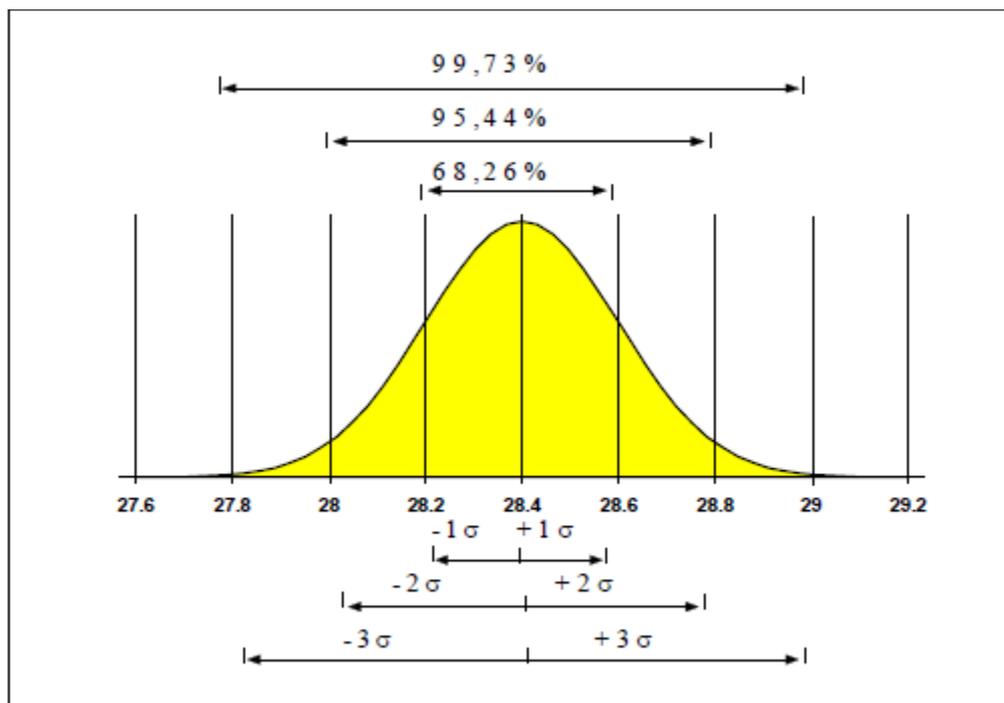


Figura 5 - Percentuais associados à faixa de $\pm 1\sigma$, $\pm 2\sigma$, $\pm 3\sigma$ da média de uma distribuição normal com média 28,4 e $\sigma = 0,20$

Fonte: Pitt, 1994.

2.1.6 Cálculo dos Limites de Controle

Os limites, superior e inferior de controle, refletem a variabilidade inerente do processo, resultante da incidência de causas comuns de variação. Os limites de controle são calculados de tal forma que, na ausência de causas especiais atuando sobre o processo, a probabilidade de um ponto qualquer ultrapassar os limites de controle seja inferior a 1%. Conseqüentemente, pontos fora dos limites de controle representam um forte indício da presença de causas especiais (PIRES, 2000).

O cálculo dos limites de controle de uma carta de controle para variáveis pode ser feito após coleta de 20 a 30 amostras (subgrupos), sem que o processo gerador das amostras apresente indícios de uma situação anormal ou fora de controle. Assim, coletam-se os dados, calculam-se os limites de controle para a média e amplitude, e comparam-se essas mesmas amostras com os limites de controle calculados. Caso existam pontos fora dos limites de controle, deve-se retirar as

amostras correspondentes e recalculando os limites de controle; tais pontos são desconsiderados somente para fins de cálculo dos limites, permanecendo no gráfico de controle para registro histórico (MONTGOMERY, 2004).

De acordo com Montgomery (2004), o cálculo dos limites de controle para as médias baseia-se na média e na dispersão de amostras das características de qualidade de interesse coletadas do processo; uma vez calculados, os limites são plotados nas cartas de controle para seu monitoramento futuro. As equações abaixo apresentam o cálculo dos limites de controle para a carta de médias. Inicialmente, calcula-se a amplitude e a média para cada amostra. A seguir, calculam-se a média das médias das amostras $\bar{\bar{x}}$ e a média das amplitudes \bar{R} conforme apresentado nas Equações 3 e 4, onde \bar{x}_i e R_i representam a média e amplitude da i -ésima amostra, e k o número total de amostras:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k} \quad (\text{Eq. 4})$$

Uma vez determinados $\bar{\bar{x}}$ e \bar{R} calculam-se os limites de controle para as médias (Equação 5). Os limites correspondem a seis desvios-padrão, medidos a partir de $\bar{\bar{x}}$; mediante suposição de médias normalmente distribuídas, os limites de controle compreendem 99,73% dos valores de médias amostrais.

$$LC = \bar{\bar{x}} \pm 3\sigma_{\bar{x}} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde $\sigma_{\bar{x}}$ representa a variabilidade das médias amostrais, dada na Equação 2. A variabilidade dos valores individuais é estimada a partir das amplitudes dos subgrupos, através da Equação 6, onde D_2 é uma constante tabelada que depende do tamanho da amostra (ver Tabela 1). Substituindo as Equações 2 e 6 na Equação 5, obtém-se a Equação 7, a seguir.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{D_2} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \pm \frac{3\bar{R}}{\sqrt{n}D_2} \quad (\text{Eq. 7})$$

Tabela 1 - Valores de D2 e A2 - cálculo dos limites de controle da carta X

<i>n</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
D₂	1,13	1,69	2,06	2,33	2,53	2,7	2,85	2,97	3,08	3,47	3,74
A₂	1,88	1,02	0,73	0,58	0,48	0,42	0,37	0,34	0,31	0,22	0,18

Fonte: Ribeiro e Caten, 2000.

A Equação 7 pode ser simplificada pela substituição $A_2 = \frac{3}{\sqrt{n}D_2}$, com valores de A_2 apresentados na Tabela 1 para diferentes tamanhos de amostra. As equações utilizadas no cálculo dos limites de controle, Limite de Controle Superior – LCS, Linha Central - LC e Limite de Controle Inferior – LCI, em cartas para médias vêm dadas abaixo.

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \quad (\text{Eq. 9})$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \quad (\text{Eq. 10})$$

Um segundo tipo de carta de controle para variáveis de interesse neste trabalho são as cartas para valores individuais. Essas cartas são bastante utilizadas, por exemplo, em (i) processos onde a coleta e análise de dados é automatizada e todas as unidades coletadas são analisadas, (ii) processos onde a taxa de produção é muito baixa, não possibilitando a formação de grupos num espaço razoável de tempo e (iii) processos químicos, onde medições de uma mesma característica de qualidade utilizando amostras distintas resultam diferentes, essencialmente por erros nos procedimentos de análise laboratorial (MONTGOMERY, 2004).

Por pressuporem amostras individuais e não grupos, a utilização das cartas individuais depende do ajuste dos dados obtidos da característica de qualidade de

interesse a uma distribuição Normal. O formulário para o cálculo dos limites de controle para valores individuais normalmente distribuídos é apresentado a seguir:

$$LCS = \bar{X} + E_2\bar{R} \quad (Eq. 11)$$

$$LC = \bar{X} \quad (Eq. 12)$$

$$LCI = \bar{X} - E_2\bar{R} \quad (Eq. 13)$$

Onde \bar{X} , \bar{R} correspondem à média e média das amplitudes móveis dos valores individuais, respectivamente, e E_2 é uma constante, apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores da constante E_2

n	2	3	4	5	6
D₂	2,66	1,77	1,46	1,29	1,18

Fonte: Ribeiro e Caten, 2000.

2.1.7 Interpretação da Estabilidade do Processo

Todo processo apresenta variabilidade, parte dela sendo originada por elementos vitais ao processo, como matérias-primas, máquinas, métodos, gerenciamento e mão-de-obra. Esta variabilidade pode ser constatada através da análise das cartas de controle obtidas para as características de qualidade. As cartas auxiliam na verificação da estabilidade do processo gerador dos dados (PITT, 1994).

A presença de causas especiais em processos resulta em instabilidade operacional. Nessas condições, são esperados pontos fora dos limites de controle ou padrões não aleatórios na seqüência de pontos na carta; ambos os casos apontam para uma provável presença de causas especiais. Assim, causas especiais devem ser identificadas e removidas para redução na variabilidade dos processos (PIRES, 2000).

Após atuar sobre causas especiais, as causas comuns de variação devem ser investigadas e modificadas para reduzir ainda mais a variabilidade do processo. Em geral, no início do monitoramento, os processos apresentam várias causas especiais. Uma vez tomadas ações corretivas através das cartas de controle, causas especiais vão sendo gradativamente identificadas e eliminadas (PITT, 1994).

A eliminação de causas comuns de variabilidade em processos gera mudanças no sistema gerencial como um todo, tais como: (a) verificação no projeto do produto e equipamentos, (b) análise das matérias-primas utilizadas, (c) revisão das metodologias, política gerencial e ambiente de trabalho. Se apenas causas comuns estiverem presentes, o processo é considerado estável, sendo que a quase totalidade dos pontos plotados na carta devem localizar-se dentro dos limites de controle (MONTGOMERY, 2004).

Segundo Montgomery (2004, p. 161) além de verificar os pontos fora dos limites de controle (causas especiais), também é importante:

Investigar no processo eventuais padrões na seqüência de pontos. Eventos como sete pontos em seqüência acima ou abaixo da linha central ou sete pontos em seqüência ascendente ou descendente, podem indicar a presença de causas especiais. É importante investigar eventuais padrões como (i) padrões cíclicos, (ii) mudança na média e (iii) tendência linear na distribuição dos pontos na carta. Tais padrões são indícios de causas especiais e podem apontar para ações que favoreçam melhorias permanentes no processo.

A Figura 6 apresenta um exemplo de padrão cíclico nos pontos de uma carta de controle. Esse tipo de padrão pode ser causado por mudanças na manufatura, tais como temperatura, pressão, rotatividade de operadores por máquina, variação na produtividade dos equipamentos, entre outros.

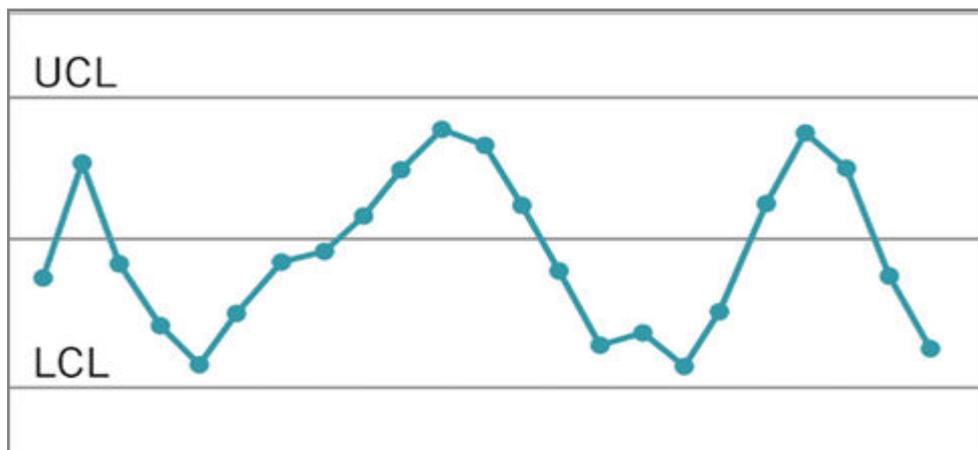


Figura 6 - Exemplo de carta de controle com de padrão cíclico nos dados

Fonte: Montgomery, 2004.

A Figura 7 apresenta um exemplo de mudança na média de um processo. Esse padrão de distribuição dos pontos em uma carta de controle pode ser resultado, por exemplo, da introdução de novos operadores, métodos, máquinas e matéria-prima, troca de método de inspeção e padrões, ou mesmo de fatores motivacionais atuantes sobre os indivíduos que fazem parte do sistema (operadores).

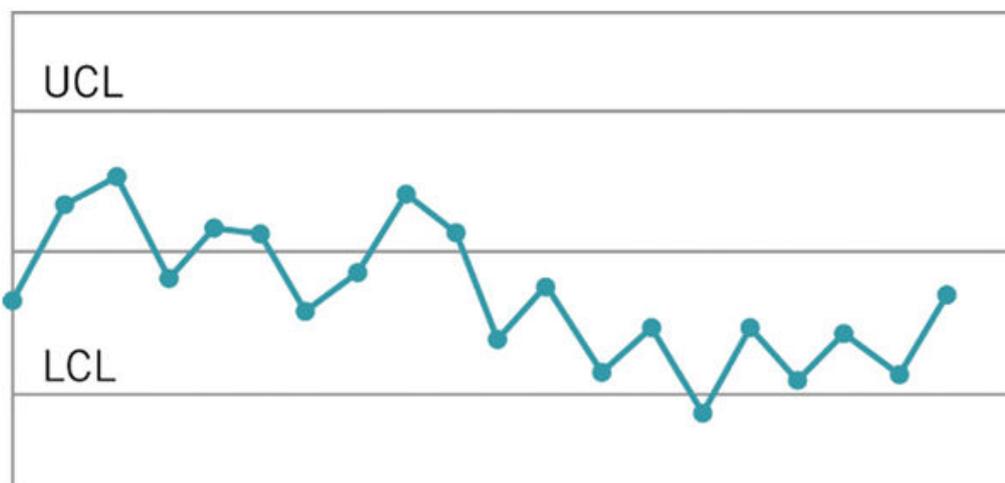


Figura 7 - Exemplo de carta de controle com mudança da média de um processo

Fonte: Montgomery, 2004.

A Figura 8 apresenta um exemplo de tendência linear ou movimento contínuo dos pontos da carta de controle em uma única direção. A tendência linear pode ser causada pelo deterioramento de uma ferramenta ou componente crítico do processo, mas também pode ser devido a causas humanas, como fadiga dos operadores, falta de supervisão e monitoramento

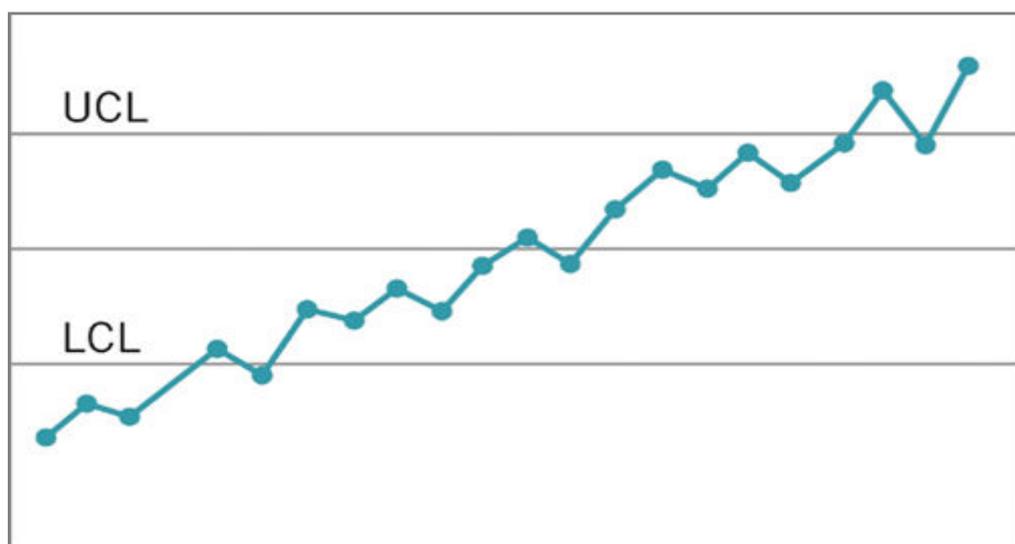


Figura 8- Exemplo de carta de controle obtida de um processo com tendência

Fonte: Montgomery, 2004.

Os limites de controle são calculados de tal forma que, na ausência de causas especiais incidindo sobre o processo, a probabilidade de uma amostra cair fora dos limites seja muito pequena (0,27%). Logo, caso os pontos estejam dentro dos limites de controle, a hipótese de que os parâmetros do processo (média e amplitude) permanecem os mesmos, é aceita. Caso apareçam amostras fora dos limites de controle, há um forte indício de mudança no processo, devido à presença de causas especiais. Se ações de melhorias estão sendo tomadas, o processo deve apresentar um desempenho mais consistente, com redução da variabilidade. Nestas circunstâncias, os limites de controle devem ser recalculados para que seja possível analisar a estabilidade do processo no futuro (MONTGOMERY, 2004).

2.1.8 Teste de Estabilidade

Qualquer processo de produção, independente de quão bem projetado ou mantido ele seja, sempre estará sujeito a uma variabilidade natural ou inerente, que é resultado do efeito cumulativo de muitas causas pequenas e inevitáveis, chamadas de causas comuns (MONTGOMERY, 2004).

Para verificar se o processo está sob controle estatístico existem oito testes para a detecção de pontos fora de controle (NELSON, 1984 *apud* MINITAB, 2003):

- **Teste 1:** O ponto está localizado acima do Limite Superior de Controle - LSC ou abaixo do Limite Inferior de Controle - LIC;
- **Teste 2:** Presença de nove pontos consecutivos localizados acima ou abaixo do Limite Central - LC;
- **Teste 3:** Seis ou mais pontos consecutivos crescentes ou decrescentes;
- **Teste 4:** Catorze pontos alternados em uma linha;
- **Teste 5:** Dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios-padrão acima ou abaixo do LC;
- **Teste 6:** Quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo do LC;
- **Teste 7:** Quinze pontos consecutivos localizados, em qualquer lateral, a menos de um desvio-padrão do LC;
- **Teste 8:** Oito pontos consecutivos acima ou abaixo, em qualquer lateral, a mais de um desvio-padrão do LC.

Um ponto detectado em pelo menos um dos testes pode estar sob a influência de causas especiais, devendo ser investigado. Caso não existam pontos fora de controle, o processo está sob influência somente de causas comuns, podendo ser considerado como estando sob controle estatístico. Dessa forma, é possível fazer a análise de capacidade do processo (MONTGOMERY, 2004).

2.2 Interpretação da Capacidade do Processo

O estudo da capacidade dos processos é um procedimento que evolui a partir do estudo das cartas de controle. Somente após a eliminação das causas especiais, avalia-se se o processo é capaz de atender às especificações de uma determinada característica de qualidade (MONTGOMERY, 2004).

Os índices de capacidade do processo são úteis para verificar se o processo é capaz de atender às especificações do cliente ou da própria empresa quanto ao atendimento do valor alvo e da variabilidade (MONGOMERY, 2004). É importante salientar que um processo pode estar sob controle estatístico e não atender às especificações, sendo considerado como não capaz.

Por esse motivo, os projetistas estabelecem especificações que definem não apenas o valor-alvo de algo, mas também os limites aceitáveis sobre o alvo. Por exemplo, se o valor-alvo de uma dimensão for igual a 10 polegadas, as especificações do projeto poderão ser 10 polegadas \pm 0,02 polegadas. Isso informaria ao departamento de manufatura que, embora ela tivesse como objetivo exatamente as 10 polegadas, qualquer coisa entre 9,98 e 10,02 polegadas seria tolerável. Essas limitações no projeto são chamadas com frequência limites inferior e superior de especificação ou de limites inferior e superior de tolerância (COSTA et al., 2004).

Segundo MONGOMERY (2004), para a análise de capacidade de processo existem dois pré-requisitos a serem atendidos: O processo deve estar sob controle estatístico de qualidade e a característica de qualidade deve apresentar distribuição normal.

A avaliação da capacidade também permite identificar o comportamento do processo e focalizar ações necessárias para eliminar possíveis variações. Segundo Pires (2000, p. 35):

O estudo da capacidade do processo permite (i) otimizar a produtividade e qualidade, (ii) determinar os novos padrões de tolerância, (iii) determinar se um novo equipamento é capaz de atender às especificações dos clientes, e (iv) comparar o desempenho de diferentes equipamentos.

A capacidade dos processos provém da variabilidade existente nos processos; ou seja, de materiais, equipamentos, pessoas e métodos (PITT, 1994). Na análise de capacidade, é importante diferenciar um processo estável de um processo capaz. Processos sob controle estatístico podem não ser capazes de atender as especificações do cliente; esta situação está apresentada na Figura 9. Isso ocorre quando, apesar de estável, o processo apresenta uma variabilidade devido a causas comuns, maior do que a amplitude das especificações.

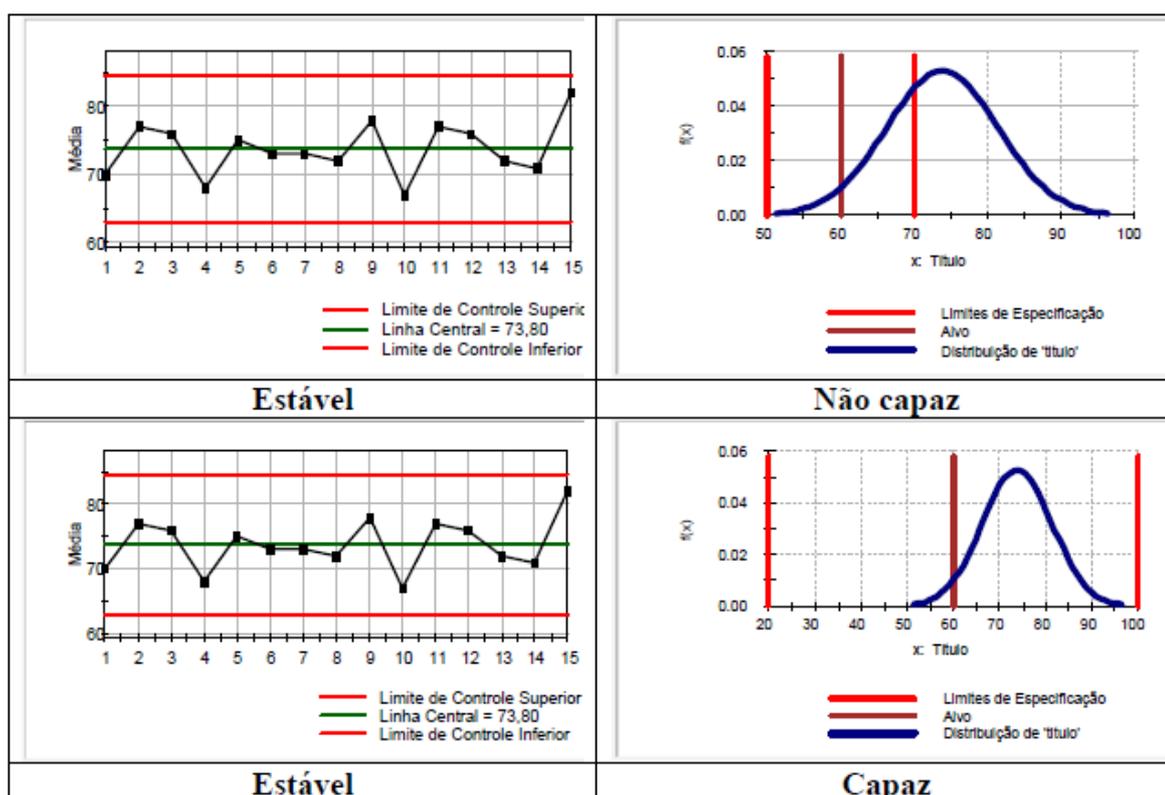


Figura 9 - Processo Estável versus Processo Capaz

Fonte: Ribeiro e Caten, 2000.

Segundo Ribeiro e Caten (2000), para analisar a capacidade do processo é necessário conhecer a distribuição de probabilidade da variável de interesse e estimar a média e a variabilidade dos valores individuais, para então determinar os limites naturais do processo. Se a variável de interesse seguir uma distribuição Normal, seus limites naturais são calculados como seis vezes o valor do desvio padrão (6σ). Em termos probabilísticos, estes limites representariam uma situação em que 99,73% das observações do processo estão dentro dos limites (Equações 14 e 15) e 0,27% estão fora dos limites naturais do processo.

$$LNI = \mu - 3\sigma \quad (\text{Eq. 14})$$

$$LNS = \mu + 3\sigma \quad (\text{Eq. 15})$$

Onde LNI é o limite natural inferior do processo e LNS é o limite natural superior do processo.

Seja LES o limite superior de especificação e LEI o limite inferior de especificação de uma dada característica de qualidade. Se a variabilidade natural (6σ é menor do que a amplitude das especificações (LES – LEI), então o processo é potencialmente capaz de atender às especificações do cliente. A situação oposta, $6\sigma > (LES - LEI)$, caracteriza um processo não-capaz de atender às especificações do cliente (RIBEIRO e CATEN, 2000).

Atualmente, muitos são os estudos para o desenvolvimento de índices que caracterizam o desempenho do processo (índices para medição de capacidade são apresentados em Chan et al., 1988 e Johnson, 1992, entre outros; uma revisão comparativa sobre índices de capacidade é apresentada em Kane, 1986). A contínua análise estatística, realizada com a investigação destes índices, com o conhecimento das especificações e centrada na busca dos objetivos estabelecidos para o processo, envolve técnicos, estatísticos e engenheiros de processo na busca de números que retratem fielmente sua natureza (PIRES, 2000).

Os índices freqüentemente utilizados na mensuração da capacidade de processos são: (i) C_p (Equação 16), dado pela razão entre a amplitude das especificações e a dispersão ou variabilidade natural do processo 6σ , e (ii) C_{pk} (Equação 17), definido como o mínimo entre o limite de especificação inferior e o superior e a média da característica de qualidade do processo em análise, dividida pela semi-amplitude da característica. Estes índices são calculados supondo variáveis normalmente distribuídas.

$$C_p = \frac{LES-LEI}{6\sigma} = \frac{\text{Especificações}}{\text{Dispersão}} \quad (\text{Eq. 16})$$

$$C_{pk} = \text{mín} \left\{ \frac{LES - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LEI}{3\sigma} \right\} \quad (\text{Eq. 17})$$

O índice Cpk avalia a capacidade efetiva do processo, verificando se o processo está centrado ou não. Sempre que o índice Cpk resultar menor que o índice Cp correspondente, tem-se um processo descentrado (relativamente aos limites de especificação inferior e superior); quando o valor de Cpk resultar igual ao valor de Cp, tem-se um processo centrado (MONTGOMERY, 2004).

O índice Cp, que avalia a capacidade potencial do processo, pode ser interpretado em termos de proporção ou percentual de produtos não-conformes que não atendem às especificações. Por exemplo, $Cp = 1,0$ corresponde a uma proporção 0,0027 ou 0,27%, indicando o quanto do que é produzido pelo processo emerge fora das especificações estabelecidas (MONTGOMERY, 2004).

Algumas indústrias utilizam como parâmetro desejado de qualidade um $Cpk > 1,33$, correspondente a uma proporção de defeituosos de 0,00633%. No geral, o índice $Cpk > 1,0$ é condição necessária para que a fração de defeituosos seja pequena (ou seja, menor que 0,27%). Com $Cpk > 1,0$, se os processos em estudos apresentarem características de qualidade normalmente distribuídas, estas estarão centradas em seus valores de média, com desvio-padrão conhecido e o processo será considerado capaz. Como os limites de especificação e os limites de variabilidade natural do processo coincidem, o monitoramento do processo através de cartas de controle é fundamental para que seja mantido o bom desempenho e para que se obtenha continuidade nas melhorias (MONTGOMERY, 2004).

Logo, de acordo com Costa et al. (2005, p. 128), a capacidade do processo é descrita através das seguintes regras:

Se $Cpk \geq 1,33$ o processo é capaz de produzir de acordo com as especificações, mesmo não estando centrado no valor nominal; Se $Cpk = 1$ o processo é capaz de produzir de acordo com as especificações desde que esteja centrado no valor nominal; Se $Cpk < 1$, mesmo que o processo esteja centrado no valor nominal, há produção fora das especificações, pois a dispersão do processo é superior à tolerância permitida. Com isso, processo é considerado moderadamente capaz para valores de Cpk entre 1 e 1,33.

Através disso, o índice de capacidade (Cpk) mostra se as peças produzidas se encaixam bem ou não no intervalo especificado pelos limites do projeto. Se esses limites forem maiores do que os três sigma permitidos no processo, então a média do processo poderá deslocar-se para fora do centro antes do reajuste e uma alta

porcentagem de peças boas será produzida. Quanto mais fora do centro, maiores as chances de produzir peças defeituosas (MONTGOMERY, 2004).

2.3 Gráficos de Controle para Pequenos Desvios do Valor Nominal

Segundo Alves (2003) os gráficos de controle de Shewhart são ferramentas estatísticas que proporcionam uma grande sensibilidade na detecção de causas identificáveis esporádicas ou intermitentes. Para casos onde há uma causa especial identificável no sistema que gera uma pequena e constante variação na média ou na, variabilidade, o gráfico de controle de Shewhart apresentará uma tendência nos valores plotados para as amostras.

Uma das razões do sucesso dos gráficos de controle 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. Para 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, são imbatíveis. Contudo, eles perdem rapidamente a eficiência à medida que os processos vão ficando mais robustos, no sentido de as causas especiais cada vez mais interferirem com menos profundidade, de modo que a magnitude dos desvios ou dos aumentos tende a diminuir (COSTA et al., 2004).

De acordo com Montgomery (2004, p. 255) uma grande desvantagem de qualquer gráfico de controle de Shewhart é que ele usa apenas a informação sobre o processo contida no último ponto demarcado, e ignora qualquer informação dada pela seqüência inteira de pontos. Essa característica torna esse tipo de gráfico de controle relativamente insensível a pequenas mudanças no processo na ordem de $1,5 \sigma$ ou menos.

Duas alternativas, muito eficazes, ao gráfico de controle de Shewhart podem ser usadas quando pequenas mudanças são de interesse: o gráfico de controle da soma cumulativa (CUSUM) e o gráfico de controle de média móvel

exponencialmente ponderada (EWMA). Quando um desses dispositivos está em uso, a decisão sobre o estado do processo é baseada na informação acumulada de diversas amostras, e não apenas na última delas. Acumulando dessa forma a “pequena evidência” que cada amostra fornece do estado do processo, consegue-se maior rapidez na sinalização de pequenos desajustes (MONTGOMERY, 2004).

2.3.1 Gráfico de Controle para Medidas Individuais

Em algumas situações, segundo Montgomery (2004), o monitoramento de um processo é feito mediante observações individuais, ou seja, a partir de um processo de amostras seqüenciais de tamanho $n=1$.

Exemplos de tais situações ocorrem quando:

- A tecnologia de mensuração do processo utilizada é a inspeção automatizada, onde toda unidade produzida é avaliada;
- Os dados demoram muito tempo para serem disponibilizados e, esperar por mais medições para se obter uma amostra de maior tamanho pode ser inapropriado, pois as ações corretivas pode não serem executadas no tempo adequado;
- As medidas repetidas no processo diferem apenas por erro de análise ou erro laboratorial situação bastante freqüente em processos de substâncias químicas onde o tempo ou o custo necessário da medição de apenas uma observação é mais importante que não se justifica a repetição das observações principalmente quando os custos são elevados ou ainda quando os resultados dessas medições são aproximadamente iguais.

Nestas situações, é recomendável fundamentar o controle do processo através de observações individuais, ou seja, monitorar o processo a partir da utilização dos gráficos de controle para medidas individuais.

A habilidade destes gráficos de controle para detectar pequenas mudanças no processo é muito pobre. Por isso, se optarmos pela redução da extensão dos limites de controle para menos de 3σ é perigoso, porque com os limites de controle

mais estreitos se diminui o número esperado de amostras até ser dado um sinal fora de controle. Isto é, aumenta a possibilidade de falsos alarmes e, por esta razão perde-se em credibilidade. Além disso, nestes gráficos de controle cada valor é inserido no gráfico individualmente e a sua relação com os outros pontos é determinada apenas pelo gráfico, ou seja, não é utilizada nenhuma estatística que envolva todos os dados anteriores (COSTA et al., 2004).

Montgomery (2004) sugere que se a opção é detectar pequenas mudanças do processo se deve usar gráficos de controle para pequenos desvios do valor nominal tais como o gráfico de controle de soma acumulada (CUSUM) e/ou o gráfico de controle de média móvel exponencialmente ponderada (EWMA). O processo de decisão destes dois tipos de gráficos baseia-se nos resultados apresentados por um certo número de amostras, e não em observações isoladas de amostras, ou seja, a coordenada desses gráficos é um valor que é função do resultado atual e dos resultados anteriores. Com isso, é possível detectar pequenos e contínuos desvios do valor nominal com um número médio de amostras menor que qualquer outro tipo de gráfico de controle para variáveis.

Análogo aos gráficos de controle de Shewhart (X e R), os gráficos de controle para medidas individuais (X_i e RM) também são utilizados em pares, sendo que a função básica do gráfico de valores individuais (X_i) é monitorar o nível médio do processo e a do gráfico da amplitude móvel (MR) monitorar a variabilidade. Neste gráfico de controle, o procedimento usado na obtenção dos limites de controle para estimar a variabilidade do processo geralmente é baseado numa medida de variação, obtida a partir da amplitude móvel de duas observações sucessivas. A amplitude móvel MR (Moving Range), mostrada na Equação 18, é a diferença absoluta entre dois pares de medidas de uma série, ou seja, a diferença entre a segunda e a primeira medida, entre a terceira e a segunda medida, e assim sucessivamente (MONTGOMERY, 2004).

$$MR = |x_i - x_{i-1}| \quad (\text{Eq. 18})$$

2.3.2 Gráfico de Controle da Média Móvel Exponencialmente Ponderada

O gráfico da média móvel exponencialmente ponderada, EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*), introduzido por Roberts (1959) também é indicado para detecção de pequenas mudanças na média do processo. O desempenho do gráfico de controle EWMA é aproximadamente equivalente ao do gráfico de controle de somas cumulativas, e é de certa forma, mais fácil de estabelecer e operar (MONTEGOMERY, 2004).

O gráfico EWMA para valores individuais é definido pela estatística:

$$Z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)Z_{i-1} \quad (\text{Eq. 19})$$

Onde $0 < \lambda \leq 1$ é uma constante e o valor inicial (exigido com a primeira amostra em $i=1$) é o alvo do processo, de modo que:

$$Z_0 = \mu_0 \quad (\text{Eq. 20})$$

Ou, às vezes, estimado pela média dos dados:

$$Z_0 = \bar{x} \quad (\text{Eq. 21})$$

Não existe uma regra específica para a escolha apropriada do valor de λ para otimizar o desempenho do gráfico EWMA. Entretanto, Montgomery (2004) destaca que, para $0,05 < \lambda \leq 0,25$, há bons resultados na prática, e salienta que, uma boa estratégia para a escolha desse parâmetro seria utilizar valores pequenos de λ para detectar mudanças pequenas na média do processo.

Com isso, para pequenos valores de λ , o gráfico de EWMA detecta pequenos desajustes com maior rapidez. Valores pequenos de λ fazem com que dados históricos (observações anteriores à última disponível) tenham um peso grande no

cálculo de Z_i , e, inversamente, valores grandes de λ fazem com que a última observação tenha peso grande no cálculo de Z_i (COSTA et al., 2004).

O desvio padrão da estatística z_i é dado por:

$$\sigma_{Z_i}^2 = \sigma^2 \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (\text{Eq. 22})$$

Os limites de controle superior, central e inferior para o gráfico de controle EWMA são calculados, respectivamente, por:

$$LSC = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (\text{Eq. 23})$$

$$LC = \mu_0 \quad (\text{Eq. 24})$$

$$LSC = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (\text{Eq. 25})$$

Onde L é o fator de “alargamento” dos limites de controle. Montgomery (2004) salienta que $L = 3$ (usuais limites de controle 3σ) resulta em bons resultados principalmente se o valor de λ for grande, entretanto, quando λ for pequeno, há vantagens em reduzir os valores de L entre 2,6 e 2,8.

Nota-se que, à medida que o tamanho da amostra i aumenta, o termo $[1 - (1 - \lambda)^{2i}]$ das Equações 23 e 25, se aproxima de 1. Dessa forma, os limites de controle superior e inferior convergem para um determinado valor. Isso significa que, depois que o gráfico de controle EWMA já está rodando por vários períodos de tempo, os limites de controle se aproximarão dos valores de estado estacionário dada por:

$$LSC = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \quad (\text{Eq. 26})$$

$$LSC = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \quad (\text{Eq. 27})$$

No entanto, Montgomery (2004) recomenda enfaticamente o uso dos limites de controle exatos nas Equações 23 e 25 para pequenos valores de i . Isso aumentará grandemente o desempenho do gráfico de controle para detectar um processo fora do alvo imediatamente após o EWMA ter sido iniciado.

Com isso, o gráfico EWMA funciona bem para pequenas mudanças, mas não reage a mudanças maiores tão rápido quanto o gráfico de Shewhart. No entanto, o EWMA é, em geral, superior ao CUSUM para grandes mudanças, particularmente de $\lambda > 0,10$. Uma boa maneira de melhorar ainda mais a sensibilidade do procedimento de controle as grandes mudanças, sem sacrificar a capacidade de detectar pequenas mudanças rapidamente, é combinar um gráfico de Shewhart com EWMA. Esses procedimentos combinados de Shewhart – EWMA são eficazes contra, tanto grandes, quanto pequenas mudanças (MONTGOMERY, 2004).

Através disso, como nesse estudo o monitoramento do processo de produção da ração animal e do óleo vegetal, extraídos do caroço de algodão é realizado mediante observações individuais, serão elaborados gráficos de controle individuais e gráficos de controle EWMA, com $\lambda = 0,2$, como indicados por Montgomery (2004) e Costa et al. (2004), para serem analisados entre si.

2.4 Análise de Variância - ANOVA

A ANOVA procura verificar se existem diferenças entre as médias dos grupos. Tendo como objetivo avaliar se as diferenças observadas entre as médias das

amostras são estatisticamente significantes. Faz isso determinando a média geral e verificando o quão diferente cada média individual é da média geral (DANCEY e REIDY, 2006).

A ANOVA de fator único concentra-se na comparação de mais de duas médias populacionais ou tratamentos. Seja I = número de populações ou tratamentos que serão comparados; e $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_i$ as médias populacionais ou médias dos tratamentos. Então, as hipóteses de interesse são:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_i$$

H_1 : Pelo menos duas médias diferentes;

Para obter a estatística do teste é necessário conhecer:

$$\text{A soma dos quadrados totais (SQT)} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{ij} - \bar{x})^2 \quad (\text{Eq. 28})$$

$$\text{A soma dos quadrados dos tratamentos (SQTr)} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_i - \bar{x})^2 \quad (\text{Eq. 29})$$

A soma dos quadrados dos resíduos (SQR)

$$= \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{ij} - \bar{x})^2 - (x_i - \bar{x})^2 \quad (\text{Eq. 30})$$

Sendo, a = número de tratamentos; b = número de repetições, obtêm-se as seguintes equações:

$$\text{Quadrados médios dos tratamentos QMT} = \frac{\text{SQTr}}{a-1} \quad (\text{Eq. 31})$$

$$\text{Quadrados médios dentro dos tratamentos (resíduos) QMR} = \frac{\text{SQR}}{a(b-1)} \quad (\text{Eq. 32})$$

Através disso, uma análise de variância permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo, utilizando variáveis contínuas. O teste é paramétrico (a

variável de interesse deve ter distribuição normal) e os grupos têm que ser independentes (MONTGONERY, 2004).

2.5 Tomada de Decisão

Inicialmente a tomada de decisão caracteriza-se por uma situação de problema, onde é necessário verificar as alternativas para a solução. Miglioli (2006) define tomada de decisão como sendo o ato escolher uma opção dentre diversas alternativas, seguindo critérios previamente estabelecidos de forma a obter uma solução que resolva ou não um dado problema.

A tomada de decisão é um esforço para tentar resolver problema(s) de objetivos conflitantes, cuja presença impede a existência da solução ótima e conduz à procura do melhor compromisso (ZELENY, 1994 *apud* GOMES e ALMEIDA, 2002).

Dessa forma os objetivos são importantes para determinar quais informações devem ser obtidas, para proporcionar justificativas relacionadas às decisões perante aos demais, para ressaltar a importância de uma escolha e estabelecer qual o tempo e os esforços necessários para o cumprimento da tarefa (RAIFFA, 1999 *apud* GOMES e ALMEIDA, 2002).

2.5.1 Classificação e Métodos de Decisão

O processo de tomada de decisão muitas vezes é intuitivo. No entanto, quando estas decisões são de fundamental importância para a sobrevivência de uma organização em um setor competitivo da economia, é necessário que ela disponha de um ferramental quantitativo de suporte a decisões.

O maior objetivo da Teoria da Decisão é de tentar minimizar a subjetividade e a componente intuitiva intrínseca neste processo, através de valores consistentes e lógicos que subsidiem uma ação racional dos decisórios.

Através disso, os gerentes têm sustentado deterministicamente suas decisões de forma científica e racional. Este método decisório se baseia na determinação de probabilidades associadas a cada evento possível, na valorização de cada um deles e, finalmente, na definição quantitativa da melhor estratégia a ser seguida. Portanto, o agente decisório se defronta com uma realidade da qual ele não tem domínio completo, isto é, há o envolvimento de incertezas que são representadas pelas probabilidades (MARGUERON, 2003).

As decisões são divididas de acordo com os diferentes níveis administrativos: estratégico: as decisões englobam a definição de objetivos, políticas e critérios gerais para planejar o curso da organização; tático: as decisões são normalmente relacionadas ao controle administrativo e utilizadas para decidir sobre operações de controle, formulação de novas regras de decisão que serão aplicadas por parte do pessoal da operação; operacional: a decisão é um processo no qual se assegura que as atividades operacionais sejam bem desenvolvidas, utilizando-se procedimentos e regras de decisões preestabelecidas (FREITAS e KLADIS, 1995 *apud* MIGLIOLI, 2006)

Miglioli (2006) aponta três métodos como à tomada de decisão pode ocorrer dentro de uma empresa:

- Decisões individuais: pressupõe que o tomador tem informação e conhecimentos suficientes para tomar uma boa decisão;
- Decisões consultivas: o tomador de decisões busca informações e conselhos com outras pessoas sobre o problema, e com base nas informações colhidas e em sua interpretação, escolhe a alternativa que julga ser melhor;
- Decisões em grupo: o tomador pede ao grupo que tomem ou o ajudem a tomar a decisão final para a solução de um determinado problema.

2.5.2 Atuação da Gerência na Tomada de Decisão

Para Moreira (2004), a tomada de decisão é uma tarefa gerencial, onde se torna necessário buscar o maior número de dados referentes ao problema para gerar informações úteis a serem analisadas. É importante que essa análise tenha como foco os objetivos da empresa e os recursos disponíveis.

Segundo Miglioli (2006) as decisões gerenciais estão ligadas diretamente à sobrevivência da empresa e afetam diretamente todos agentes que giram em torno dela, sejam eles empregados, acionistas, fornecedores, clientes ou até mesmo a própria sociedade.

Montgomery (2004) assegura que o compromisso e envolvimento da gerência com o processo de melhoria da qualidade é o componente mais vital para o sucesso do controle estatístico de um processo. Dessa forma, a gerência torna-se uma função modelo em relação aos demais na organização. Portanto é imprescindível uma abordagem em grupo para que as melhorias do processo sejam difundidas por toda a empresa.

2.6 Conclusão

Através desse capítulo, foi possível conhecer os conceitos relativos ao controle estatístico do processo na tomada de decisão e dessa forma ressaltar a importância da aplicação desses conhecimentos.

As informações expressas nesse capítulo são genéricas ao Controle Estatístico de Qualidade e a análise da capacidade e, portanto, válidas para qualquer setor. No entanto, como o objeto de estudo desse trabalho é avaliar a importância da utilização do CEP na produção de uma agroindústria de extração de óleo vegetal. No próximo capítulo apresentaremos a descrição da empresa, bem como a definição de seus processos realizadas em cada setor da produção e a importância do controle de qualidade para monitorá-los.

3 Objeto e Ambiente da Pesquisa

A importância do setor da produção de grãos no estado da Bahia pode ser retratada em números. Este capítulo apresentará essa importância, priorizando a produção de soja e algodão. Além disso, serão abordadas as estimativas do crescimento da produção de soja e algodão no Oeste da Bahia para os próximos anos.

Neste capítulo, também, será abordada a descrição da empresa IcoFort onde o estudo foi realizado. Logo depois vem a definição dos processos realizados em cada setor da empresa, originados através da extração do óleo de algodão e do óleo bruto de soja comprado.

Por fim, será tratado da importância do controle de qualidade da empresa, no monitoramento das características existentes dos produtos originados de cada processo, bem como dos produtos comprados a terceiros.

3.1 Importância do Setor de Produção de Grãos no Estado da Bahia

Segundo o IBGE (2004) a Bahia é o segundo maior produtor brasileiro do algodão tradicional, sendo que, nessa produção se destaca a região oeste, principalmente as cidades de Barreiras e São Desidério, com sua cultura de alta tecnologia, feita no cerrado e direcionada ao agronegócio, como mostrado na Figura 10.

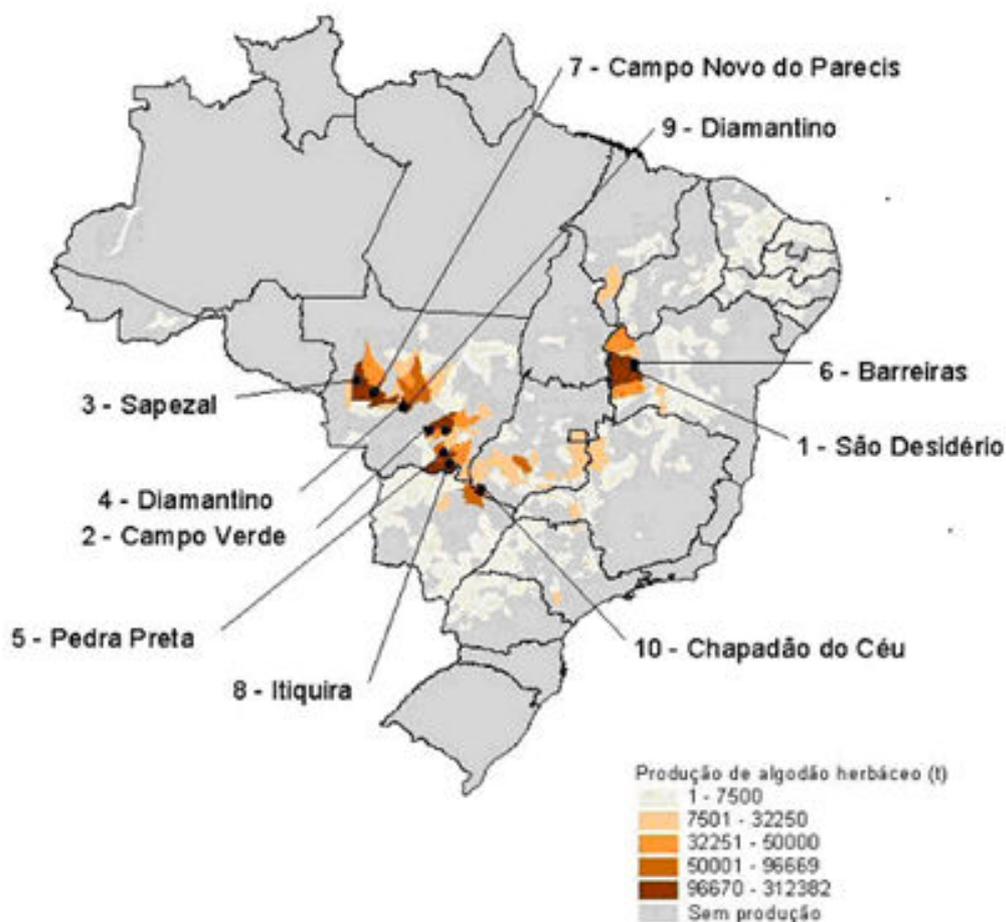


Figura 10– Produção de algodão herbáceo no Brasil, com destaque para os principais municípios produtores – 2004

Fonte: IBGE, 2004.

Analisando a distribuição municipal de algodão herbáceo, verifica-se que São Desidério foi o maior produtor, responsável por cerca de 45% da produção baiana e 8% da produção brasileira. No Mato Grosso, no entanto, há um melhor rendimento médio que na Bahia, devido à distribuição pluviométrica mais favorável ao longo do ciclo da cultura (IBGE, 2004).

Através disso, a região do Oeste da Bahia ocupa aproximadamente 9,6 milhões de hectares, sendo que a área destinada ao desenvolvimento da agropecuária corresponde, atualmente, a mais de 2 milhões de hectares. Soja e algodão são os dois principais produtos agrícolas, sendo que somente no período de 1998 a 2003 houve um aumento em 56% da produção de algodão na região. De acordo com dados do IBGE (2004), no Oeste baiano estão concentrados 92% de toda a produção de grãos e alguns estudos estimam que a região possua um grande

potencial para expansão, especialmente quando se considera a extensão de áreas disponíveis e as condições climáticas e edáficas propícias¹ (DERBA, 2006).

Segundo Spínola e Xavier (2005), a região oeste da Bahia é composta por 23 municípios e ocupa cerca de 20% do território do estado. Na safra de 2003/2004, foi responsável por 62% da soja, cerca de 90% do algodão, 27% do milho e 6% das frutas produzidas no Nordeste.

Com isso, a cultura do algodão ocupa cerca de 14% da área plantada na safra agrícola do oeste do estado em 2004/2005, ficando atrás somente da área destinada à soja (58%) e ultrapassando a do milho (8%), de acordo com estimativas da Associação dos Agricultores e Irrigantes da Bahia (Aiba). Na safra 2004/2005, houve um aumento de 35% da quantidade produzida em relação à de 2003/2004, que já registrava um incremento de 147% em relação à da safra anterior. Trata-se da produção que mais cresce entre os grãos do oeste, permitindo o estado ocupar o posto de segundo maior produtor nacional em 2004. Do volume total produzido na Bahia, 85% se localiza no oeste e 15% no sudoeste baiano (DIAS, 2004).

De acordo com ANTT (2005), como o Oeste da Bahia apresentou uma excepcional evolução no que se refere à atividade agrícola, foi previsto, com base nos índices previstos de rendimento agrícola e na tendência de crescimento da área plantada, os valores estimados da produção total da região projetados para soja, milho, algodão, arroz e feijão, no período de 2010 a 2024, mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Estimativa de produção no Oeste da Bahia por cultura de 2010 a 2024

toneladas					
ANO	SOJA	MILHO	ALGODÃO	ARROZ	FEIJÃO
2010	3.410.041.520	737.495.776	447.088.430	43.876.191	61.630.416
2015	4.510.384.179	962.977.778	690.949.613	56.216.322	77.298.624
2020	5.677.506.872	1.196.999.907	987.597.290	68.932.606	93.134.476
2024	6.607.423.937	1.379.687.612	1.254.070.856	78.785.439	105.165.100

Fonte: ANTT, 2005, p. 46.

¹Referem-se aos processos de formação e conservação de solos.

Dessa forma, o caroço de algodão é utilizado em diversos processos industriais, através de múltiplas aplicações sendo sua principal utilização na indústria têxtil, onde os maiores concorrentes são as fibras químicas. Análises indicavam uma tendência de aumento da demanda pela fibra sintética de poliéster, devido ao menor custo desta. Por sua vez, a alta dos preços do petróleo repercutiu no aumento de preço do poliéster, e, em contrapartida, na tendência de expansão do consumo de algodão (PANORAMA, 2005),

Além disso, em 1 kg de algodão bruto, 35% a 40% equivalem à pluma, utilizada na indústria têxtil; mais de 50% refere-se ao caroço e o restante, a impurezas. Com o caroço fabricam-se tortas (ração animal) e óleos, utilizados na produção de uma gama de itens: sabões e cosméticos, comestíveis, a exemplo do óleo de fritar, margarinas, chocolates, além do biodiesel (SPÍNOLA e XAVIER, 2005).

Através disso, em se tratando do aproveitamento do caroço do algodão, constatou-se que parte é consumida *in natura*, ou em farelo, na alimentação de bovinos. O restante é destinado a empresas de esmagamento para a produção de óleo, de farelo e de línter². Sendo também utilizado o óleo obtido do caroço do algodão, para a produção de biodiesel, semelhante à soja, ao milho, à mamona, ao girassol e a outras culturas (SPÍNOLA e XAVIER, 2005).

3.2 Descrição da Empresa

O Grupo cearense Icofort teve origem há mais de 40 anos em Icó, no interior do Ceará, e é referência nacional na industrialização de torta de algodão, extração e refino de óleo de algodão, visa, com esse investimento, a proximidade com o setor produtivo de sua matéria-prima, o algodão, que tem na Bahia um pólo moderno e com altos índices de produtividade (ICOFORT, 2005).

²Material constituído pelas fibras relativamente curtas, que ainda ficam aderidas ao caroço do algodão depois da operação de descaroçamento.

Esse grupo possui três plantas fabris situadas nas cidades de Juazeiro-BA, Guanambi-BA e Luiz Eduardo Magalhães-BA. Como esse estudo foi realizado na Icofort localizada em Juazeiro-BA, abordaremos logo a seguir o histórico dessa fábrica.

A empresa ICOFORT Agroindustrial LTDA, situada na cidade de Juazeiro-BA, foi inaugurada em agosto de 2005, sendo a primeira Refinaria de Óleos Vegetais do Vale do São Francisco. É uma das mais modernas refinarias de óleo de algodão do Nordeste Brasileiro, com capacidade de processamento de 50.000 toneladas de óleo bruto de algodão, produzindo e envasando as marcas CAÇAROLA e FLOR DE ALGODÃO. A indústria tem a capacidade de processar 90.000 toneladas/ano de caroço de algodão. O Farelo do algodão resulta na torta de algodão uma ração altamente rica em proteína e energia, excelente para alimentação de bovinos, ovinos, caprinos e ruminantes em geral (ICOFORT, 2005).

Com isso, o empreendimento, feito com capital próprio, tem capacidade para refinar 3.800 toneladas por mês, sendo 1.800 toneladas de óleo de algodão e 2 mil toneladas de óleo de soja degomado, gerando 151 empregos diretos. A decisão pela instalação nesta cidade se deu em função dos incentivos fiscais e pela redução com custos de frete, visto que utiliza a hidrovía do Rio São Francisco para trazer o caroço de algodão do oeste baiano, representando uma economia de 15% se comparado com o transporte rodoviário (ICOFORT, 2005).

Dessa forma, a Icofort, com o propósito de melhorar sua logística e reduzir custos ligados ao transporte de seus insumos, comprou dois comboios formados por empurradores e chatas para o transporte de algodão entre Ibotirama (BA) e Juazeiro (BA), utilizando a hidrovía do Rio São Francisco, através do porto da vizinha cidade Petrolina-PE. Com isso, segundo a Icofort (2005), essa iniciativa de revitalização do rio, tem maior ganho no custo ambiental, pois cada comboio traz o equivalente a 70 carretas ou 150 caminhões que serão retirados da estrada evitando o aumento de poluição lançado no meio ambiente.

Além disso, esse grupo recebeu em 2003, pela torta de algodão, o Troféu Internacional de Qualidade *New Millennium Award, do Trade Leard`s Clube* em Paris-França. E em 2004, retornou a ganhar o mesmo prêmio na categoria fábrica, em Madrid, na Espanha. Isto comprova a excelência da qualidade dos produtos finais (ICOFORT, 2005).

Recentemente, a Icofort, visando atender as exigências de um mercado cada vez mais competitivo, construiu, em Luís Eduardo Magalhães-BA, a mais moderna empresa para extração de óleo de algodão do Brasil, com capacidade para processar 120.000 toneladas/ano de caroço de algodão, 55 toneladas/dia de óleo bruto de algodão e 400 toneladas de farelo de algodão de alta energia (ICOFORT, 2005).

3.3 Descrição do Processo de Produção da Ração Animal e do Óleo Vegetal da Icofort Agroindustrial

Como a colheita de grãos é sazonal, com época determinada pelo clima da região produtora, todo o produto a ser trabalhado no ano é recebido e armazenado durante um curto período. O produto, inicialmente, passa pelo processo da pré-limpeza, que tem a finalidade proteger os equipamentos da ação erosiva de areia, pedras, pedaços de metal e outras impurezas que possam prejudicar a qualidade do produto. A pré-limpeza é feita nas denominadas peneiras classificadoras (por diferença de tamanho).

A preparação da semente para a extração pode variar bastante em função da matéria-prima. Geralmente a semente passa inicialmente por deslimateiras para retirada do línter. Logo depois, passa por moinhos quebradores, seguindo para o laminador, cozinhadores e por fim as prensas, como visualizado no fluxograma da extração, Anexo A.

Com isso, o caroço de algodão chega à linha de produção pelo método silo-pulmão. Onde é realizada a pré-limpeza em peneirões e deslimateamento. O línter obtido é ensacado em sacos de 190 kg e estocado.

Logo em seguida, as sementes seguem para decorticagem, onde são cortadas ao meio. As amêndoas são laminadas, cozidas e esmagadas para extração do óleo, por prensagem hidráulica, quando a torta é separada do óleo bruto e quebrada em pedaços. A ração, mostrada na Figura 11, é ensacada e estocada.



Figura 11 – Torta de Algodão

Fonte: <http://www.icofort.com.br>

O óleo bruto segue para refino, onde é aquecido a vapor a 300°C. Toda borra produzida nesse processo vai para caldeiras de alta pressão e é usada como combustível para a própria indústria. O ácido graxo é convertido em biodiesel.

O refino consiste em três etapas: neutralização, composta por dois refinamentos e a lavagem; branqueamento e desodorização, visualizados no fluxograma da refinaria contido no Anexo B.

Na neutralização o primeiro refino consiste na retirada de gomas do óleo bruto. Através da dosagem de soda diluída é feita a separação através de centrifugação a 15.000 RPM (rotações por minuto). No segundo refino é feita nova dosagem de soda diluída e em seguida feita a separação por centrifugação a 15.000 RPM a fim de retirar pigmentos vermelhos e garantir maior pureza. Na lavagem, o óleo recebe uma dosagem de água aquecida e em seguida é feita a separação por centrifugação e secagem a vácuo do óleo. Essas etapas da neutralização podem ser observadas no Anexo C.

No branqueamento, Anexo D, é realizado a dosagem de uma argila adsorvente especialmente tratada e ativada para retirada de pigmentos e gomas que ainda estejam contidas no óleo. Então o óleo segue para um reator sob vácuo com temperatura e tempo de permanência, controlados para em seguida ser filtrado.

Na desodorização, o óleo tem sua temperatura elevada acima de 200°C, pois tal temperatura faz com que os ácidos graxos se volatilizem e posteriormente são retirados através de alto vácuo. Isto garante que se obtenha um óleo com elevadíssima pureza, como observado no Anexo E.

Logo depois as garrafas são sopradas, esterilizadas, rotuladas e seguem para enchimento, observado no fluxograma do envase, Anexo F. O óleo refinado é envasado. As garrafas são tampadas. As caixas são montadas, recebem as garrafas de óleo e são estocadas. Resultando no óleo CAÇAROLA e FLOR DE ALGODÃO, ilustrado na Figura 12.



Figura 12– Óleo Caçarola e Flor de Algodão

Fonte: <http://www.icofort.com.br/>

3.4 Controle de Qualidade da Icofort

O controle de qualidade é um departamento imprescindível a qualquer empresa alimentícia, pois esta, diferentemente de outras precisa de um maior rigor em seus processos de obtenção, uma vez que a depender de seus produtos pode oferecer um maior ou menor risco de contaminação seja ela física, química ou biológica.

Este setor da empresa Icofort está presente em todas as etapas da cadeia de produção, que abrange desde a matéria-prima até o produto final, ou seja, a mesa do consumidor. Logo se faz necessária mão de obra qualificada para o desenvolvimento de suas atividades. Através disso, o controle de qualidade tem que manter uma relação harmoniosa com os outros setores da empresa, promovendo com isso seu crescimento.

O controle de qualidade começa na recepção com a chegada dos caroços, onde os veículos que transportam os mesmos são pesados e encaminhados para o

setor de estoque, no qual diariamente são colhidas amostras, para serem submetidas às análises de: teor de óleo, umidade, caroço bom, ardido e com impurezas grosseiras. Para a realização destas análises é realizado o quarteamento do caroço até que se obtenha uma amostra bastante homogênea. O objetivo é verificar a qualidade da matéria-prima, tendo em vista que caroços com alto teor de umidade tendem a provocar alterações no produto final. Portanto faz-se necessário o monitoramento diário dos caroços.

Logo que o caroço é submetido às diversas etapas da extração de óleo bruto, e, mesmo antes de este ser deslocado para o refino, são realizados, duas vezes por dia, coletas de amostras do óleo bruto, que serão submetidas às análises de acidez, cor e impurezas insolúveis, pois estas irão informar e comprovar se houve ou não alterações no caroço no decorrer de seu armazenamento, bem como se o processo está de acordo com as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, visualizadas na Tabela 4. A acidez é analisada com objetivo de revelar o estado de conservação do óleo.

Já sua cor é realizada através do equipamento nomeado lovibond, que mede a coloração por meio de comparações entre a cor da amostra analisada e sua escala de cores, que contempla medidas de cor para vermelho, amarelo, azul e neutro. Através disso, essa análise é realizada da seguinte forma: uma escala de um pra dez, ou seja, ao utilizar 19 coloração amarela deve então utilizar 1,9 da coloração vermelha. E a análise de impurezas é realizada através da centrifugação por dez minutos, revelando se o processo de filtragem está em bom estado.

Quando o óleo bruto é submetido às etapas de refino, faz-se necessária a realização de análises diversas tais como: índice de acidez, cor, teor de sabão, índice de peróxido. Ao contrário da primeira análise de acidez do óleo bruto, a análise de índice de acidez do óleo refinado tem como objetivo avaliar se a neutralização está de fato acontecendo dentro dos parâmetros legais exigidos pela legislação. Já sua coloração é realizada também no, lovibond, portanto utilizando uma escala diferente que é um valor fixo de 35 ou 70 de coloração amarela para o valor real de cor vermelha em que o óleo se encontra, até porque a coloração do óleo vai estar de acordo com o cliente, tendo em vista que a legislação não faz restrição ao óleo quanto à cor.

A análise de teor de sabão no óleo é realizada apenas no óleo de soja, tendo como finalidade determinar o teor de sabão presentes em óleos refinados,

informando sobre a pureza do óleo e auxiliando na qualidade do produto final. Este é definido como componente básico determinado por titulação da solução de óleo ou gordura em acetona com solução de ácido clorídrico.

Já a análise de peróxido tem como objetivo avaliar o grau de saturação do óleo. Este índice não revela a qualidade do óleo, apenas revela até que ponto houve oxidação lipídica. Geralmente, o óleo, ao sair da desodorização, não apresenta resultados de oxidação, porém, ao ser envasado, mostra-se oxidado. Isso ocorre devido ao tanque em que o óleo refinado fica armazenado, não dispondo de um sistema hermeticamente fechado. Mas, mesmo assim, a empresa está dentro dos parâmetros exigidos pelo MAPA, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Óleos Vegetais Refinados – Características de Qualidade

	Óleo de Algodão		Óleo de Canola		Óleo de Girassol		Óleo de Milho		Óleo de Soja	
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2
Índice de Acidez (mg-KOH/g)	≤0,20	>0,20 ≤0,60	≤0,20	>0,20 ≤0,60	≤0,20	>0,20 ≤0,60	≤0,20	>0,20 ≤0,60	≤0,20	>0,20 ≤0,60
Ponto de Fumaça (°C)	*	*	*	*	*	*	*	*	≥210	≥190
Índice de Peróxidos (mEq/kg)	≤2,5	>2,5 ≤5,0	≤2,5	>2,5 ≤5,0	≤2,5	>2,5 ≤5,0	≤2,5	>2,5 ≤5,0	≤2,5	>2,5 ≤5,0
Impurezas insolúveis em éter de petróleo (%)	≤0,05									
Umidade e material volátil (%)	≤0,1									
Sabões (mq/kg)	≤10,0									
Aspecto a 25°C	Límpido e isento de impurezas.									
Odor e sabor	Odor e sabor característico do produto.									
Cor	Cor característica do produto.									

Fonte: MAPA, 2006.

Quando o óleo bruto é comprado de terceiros, tanto óleo de algodão como o de soja, eles também passam pelo controle de qualidade através das mesmas análises, anteriormente mencionadas com óleo bruto gerado na própria Icofort. Quando as análises de acidez, cor e impurezas são superiores aos limites exigidos pela empresa, são cobrados deságios visualizados no Anexo G.

Quando a acidez variar de 1% a 3%, a cor variar de 394 a 551 unidades de lovibond e a impureza for até 1%, o óleo bruto está dentro do padrão. Caso a acidez varie de 3,5% a 7%, será aplicado desconto padrão (deságio) de 2% para cada ponto acima da acidez especificada. Quando a cor variar de 578 a 761 unidades de lovibond, e a impureza variar de 1,5% a 8 %, será aplicado o desconto determinado mostrado também, no Anexo G. O óleo é recusado quando a análise das suas características (acidez, cor e impureza), ultrapassa esses limites mencionados anteriormente.

A torta de algodão também passa pelo controle de qualidade. Esse controle é realizado através de amostras das tortas retiradas de cada prensa, no total de oito amostras, retiradas durante o processo com o propósito de analisar o teor de óleo e umidade. Sendo que, de cada prensa, são retirados os valores da corrente e da temperatura para analisar se as mesmas estão adequadas para a realização da prensagem da torta de algodão, pois, caso não estejam, a torta gerada terá um alto teor de óleo que prejudicará na saúde dos animais que se alimentarem desse produto.

Geralmente, as prensas da torta de algodão recebem uma manutenção preventiva a cada 45 dias, período no qual se observa que seu rendimento tende a diminuir. Na análise do teor de óleo, é realizado o procedimento de moagem de cinco gramas da torta que logo depois será elaborada a cápsula que passa pelo processo de extração por solvente hexano, ficando, logo depois, duas horas na estufa e depois 40 minutos na centrifugadora. Já para se fazer o estudo da umidade também são moídos cinco gramas da torta em seguida, essa amostra vai para estufa permanecendo durante duas horas.

Essas análises realizadas na torta de algodão têm como objetivo garantir a qualidade do produto final, bem como observar se o produto está de acordo com as normas do Inmetro, onde os limites para umidade e teor de óleo são respectivamente, 90g/Kg e 70g/kg.

O controle de qualidade termina com o *check-list* no envase, que também é realizado diariamente, onde é observada a embalagem do produto final, se está encontra suja, mole, com rótulo fora de nível, se a impressão da data de validade está correta, se a garrafa está com o fundo branco, entre outras. Finalizando com a pesagem dos vinte recipientes de óleo caçarola, um por um, contidos em cada caixa, que devem ter como volume aproximadamente 900 ml. Sendo que a caixa utilizada

como amostra é retirada aleatoriamente de cada lote, com intuito de analisar se o volume de cada recipiente está de acordo com as normas do Inmetro que são: critério individual- valor mínimo 885,0 ml e critério individual- valor máximo 900,5ml.

3.5 Conclusão

Dada a importância do setor de soja e algodão no Oeste da Bahia, foi possível observar que as empresas que necessitam desses insumos tendem a expandir seus negócios, pelo fato que a perspectiva da produção nos próximos anos é só aumentar. Dessa forma, são necessários maiores investimentos dos órgãos governamentais na revitalização do rio São Francisco, através do melhoramento dos seus portos. Proporcionando, com isso, uma melhoria da logística utilizada no transporte desses insumos e no escoamento da produção. Estimulando também o surgimento de novas empresas na região.

Assim, esse capítulo abordou o histórico da empresa Icofort Agroindustrial, bem como descreveu todos os seus processos. Mostrando a importância do controle de qualidade, no monitoramento dos produtos resultantes desses processos e das análises realizadas com os insumos comprados a terceiros, como é o caso do óleo de soja.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA E ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foi adotado esse formato de metodologia e análise e discussão dos resultados em um mesmo capítulo por permitir um melhor entendimento da metodologia através da aplicação da mesma no estudo de caso.

Alves (2003) resume o estudo de caso como uma metodologia de pesquisa que tem como foco o entendimento da dinâmica presente dentro de um cenário específico.

De acordo com, YIN (2004, p.32), “estudo de caso é uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos.” Dessa forma, no estudo de caso, o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre um conjunto contemporâneo de acontecimentos. Geralmente, é utilizado quando se quer responder a questões do tipo “como” ou “por que”.

Assim, este capítulo tem por objetivo apresentar a metodologia que foi usada nessa pesquisa, informando o campo de atuação, o tipo e a natureza da pesquisa e o procedimento para coleta e tratamento dos dados.

4.1 Metodologia

4.1.1 Campo de Atuação

A pesquisa foi realizada no setor de Controle da Qualidade, da empresa Icofort Agroindustrial LTDA localizado no Distrito Industrial São Francisco – DISF, Quadra QIH – S/N Juazeiro – Bahia.

4.1.2 Tipo e Natureza da Pesquisa

Gil (2002) aponta três grandes grupos de pesquisa: exploratórias, descritivas e explicativas. A pesquisa exploratória tem o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, de forma a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A pesquisa descritiva busca identificar as características de determinada população ou fenômeno, ou estabelecer relações entre variáveis. Já a pesquisa explicativa busca identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

A pesquisa descritiva objetiva a descrição de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Esse tipo de estudo tem como característica mais significativa a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática. Segundo Malhotra (2001, p. 108), a pesquisa descritiva “tem como principal objetivo a descrição de algo”, um evento, um fenômeno ou um fato. Os termos: descritiva, descrição e descrever referem-se ao fato de esse tipo de pesquisa apoiar-se na estatística descritiva para realizar as descrições da população (mediante amostra probabilística) ou do fenômeno, ou relacionar variáveis. Assim, a pesquisa descritiva pura tem natureza quantitativa, mas pode ser quantitativa e qualitativa ao mesmo tempo, se representar descrição de amostra não-probabilística (MALHOTRA, 2001).

Diante de tal conceituação, esse trabalho demonstrou através de um estudo de caso realizado com a empresa, Icofort Agroindustrial LTDA, de que forma o CEP pode auxiliar no monitoramento da qualidade dos produtos na tomada de decisão de gestores durante o processo de produção de ração animal e de óleo vegetal, extraídos do caroço de algodão. Com isso, essa pesquisa foi classificada como do tipo descritiva.

A pesquisa, na empresa Icofort, foi de natureza quantitativa, pois, as variáveis estudadas para implantação do CEP foram medições colhidas ao longo do processo de produção da torta de algodão e do óleo vegetal. Logo, a Carta de Controle utilizada foi para Variáveis.

4.1.3 Coleta de Dados

Para Cervo et.al. (2007) a coleta de dados é uma das tarefas mais importantes na pesquisa, pois envolve diversos passos como a determinação da população a ser estudada, a elaboração do instrumento de coleta, a programação da coleta e também os tipos de dados da coleta.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram realizados os seguintes instrumentos para o levantamento de dados:

- Pesquisa bibliográfica e documental;
- Coleta dos dados;
- Armazenamento de dados;
- Análises dos dados.

A pesquisa bibliográfica é o meio de formação por excelência e constitui o procedimento básico para os estudos monográficos pelos quais se busca o domínio do estado da arte sobre determinado tema (CERVO, 2007).

Por pesquisa documental, pode-se entender a busca de informações em textos escritos e publicados referentes ao tema pesquisado se assemelhando bastante com a pesquisa bibliográfica (CERVO, 2007).

A única diferença entre ambas está na natureza das fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica se utiliza fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com o objetivo da pesquisa (GIL, 2002).

Os dados foram coletados no período compreendido entre os meses de Julho a Setembro de 2010. Para tanto foram realizadas visitas diárias ao setor da refinaria, onde está localizado o controle de qualidade da empresa.

Os dados coletados e analisados foram correspondentes ao monitoramento do caroço de algodão, do envase, do óleo bruto comprado e das prensas.

No monitoramento do caroço de algodão foram analisadas as seguintes variáveis: teor de óleo, umidade, ardidos e a impureza, em função da fazenda de origem do caroço, como visualizado na Tabela 5.

Tabela 5 – Exemplo do Monitoramento do Caroço de Algodão

N LOTE	TEOR DE ÓLEO	UMIDADE	ARDIDOS	IMPUREZA	FAZENDA
1	20,1	5,5	1,4	1,2	FAZENDA OSVINO RICARDO
2	20,8	5,4	1,2	2,3	FAZENDA OSVINO RICARDO
3	21	5,7	1,6	2,3	FAZENDA JCC
4	22,2	6,1	1,2	0,4	FAZENDA SLC AGRICOLA
5	18,79	6,83	3,8	4,22	FAZENDA SLC PAMPLONA
6	19,3	6,7	2,2	1,4	FAZENDA SLC AGRICOLA
7	19,2	6	3,4	3,6	FAZENDA HORITA
8	19	6,9	4,2	5,2	FAZENDA SLC PAMPLONA
9	20,9	6,6	0,2	1,6	FAZENDA JCC
10	19,7	6,5	4	2,6	FAZENDA SLC AGRICOLA
11	18,4	5,3	3,4	0,4	FAZENDA SÃO FRANCISCO
12	19,8	6,5	1	0,8	FAZENDA OSVINO RICARDO
13	19,4	7,8	1,4	0,2	FAZENDA HORITA
14	19,5	7,7	3,7	7,1	FAZENDA SLC PAMPLONA

No monitoramento do envase foram analisados o AGL (índice de acidez) e Peróxido, mostrado na Tabela 6.

Tabela 6– Exemplo do Monitoramento do Envase

DATA	N LOTE	AGL	PEROXIDO
09/jul	1	0,02	0,5
11/jul	2	0,02	0,4
13/jul	3	0,02	0,7
13/jul	4	0,02	0,5
14/jul	5	0,02	0,3
15/jul	6	0,015	0,4
16/jul	7	0,01	0,2
17/jul	8	0,015	0,4
19/jul	9	0,015	0,2
20/jul	10	0,015	0,4
21/jul	11	0,017	0,7

No monitoramento do óleo bruto comprado foi estudado o AGL e impureza, em relação a sua origem, podendo ser visto na Tabela 7.

Tabela 7– Exemplo do Monitoramento do Óleo Bruto Comprado

DATA	N DE LOTE	ORIGEM	AGL	IMPUREZA
08/jul	1	ICOL	1,7	1
09/jul	2	DURANCHO	1,9	1
12/jul	3	TINOL	1,4	0,8
12/jul	4	ICOL	1,5	0,8
14/jul	5	VICENTE QUEIROZ GALVÃO	1,8	2
14/jul	6	COPRAL	1,3	2
14/jul	7	RAIMUNDO	1,3	2
15/jul	8	ICOL	1,6	0,1
16/jul	9	DURANCHO	2,1	1
17/jul	10	DUBO TATIS	1,3	1
18/jul	11	FARMATEC	1,3	1,4

E no monitoramento das prensas foram analisadas a umidade e teor de óleo, apontado no exemplo da Tabela 8.

Tabela 8– Exemplo do Monitoramento das Prensas

DATA	N LOTE	PRENSA	UMIDADE	TEOR DE ÓLEO	MÊS
07/jul	1	1	5,6	7,5	JULHO
08/jul	2	1	4,5	7,2	JULHO
01/jul	17	2	5,7	7,6	JULHO
05/jul	18	2	5,1	8,4	JULHO
01/jul	39	3	4,7	6,7	JULHO
02/jul	40	3	4,7	7,4	JULHO
01/jul	64	4	5,1	8,6	JULHO
02/jul	65	4	5,6	10,4	JULHO
01/jul	87	5	5,2	7,4	JULHO
02/jul	88	5	5,3	9,3	JULHO
01/jul	101	6	5,5	7	JULHO
02/jul	102	6	5,5	8,3	JULHO
02/jul	118	7	5,8	10,1	JULHO
05/jul	119	7	4,3	7,7	JULHO
01/set	436	8	5,7	7,4	SETEMBRO
02/set	437	8	4,5	9,7	SETEMBRO

Esses dados coletados, logo depois foram armazenados em planilhas do software Excel e posteriormente foram transferidos para outro software estatístico nomeado Minitab versão 15 para a realização das análises dos dados.

4.1.4 Análise dos Dados

Para interpretação dos dados coletados foi utilizado o software Minitab versão 15, que possui ferramentas estatísticas capazes de analisar os dados retirados em cada processo. Através do Minitab, foram elaborados os gráficos de controle Individual e o da Média Móvel Exponencialmente Ponderada, com propósito de analisar se os processos encontravam-se em controle estatístico ou não.

Os processos estudados através dos gráficos de controle Individual e o da Média Móvel Exponencialmente Ponderada foram: monitoramento do envase, do óleo bruto comprado e das prensas.

Também com auxílio do Minitab, foram realizadas análises de variâncias relacionadas às origens do caroço de algodão e do óleo bruto comprado. Bem como, foram realizadas análises de capacidade do processo das prensas.

Através da interpretação desses dados foi possível avaliar quais processos estavam operando de maneira controlada e quais não estavam em controle. Justificando dessa forma a importância das cartas de controle para o conhecimento da variabilidade existente em cada processo.

4.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos através da tabulação dos dados gerados, com auxílio do software Minitab, serão expressos nesse capítulo.

4.2.1 Análise de Variância relacionada com a origem do Caroço de Algodão

Inicialmente foram elaboradas oito tabelas referentes à análise de variância das seguintes características estudadas do caroço de algodão: o teor de óleo, umidade, ardidos e a impureza, em função das fazendas de origem.

Logo depois foi realizado o teste ANOVA com auxílio da ferramenta estatística – Minitab. Com o intervalo de confiança equivalente a 95%.

Foi observado através das Tabelas 9 e 10, que o caroço de algodão da Fazenda Busato apresentou diferença estatisticamente relevante³ da média de teor de óleo em relação às fazendas Agrifirma, Horita, JCC, Magda, Marina, Mizoto, Osvino Ricardo, Santo Angelo, São Francisco, São Luiz, Savana, Sete Povos e SLC Agrícola.

Já as fazendas Agrifirma, Arakatu, JCC, Magda, Marina, Mizoto, Osvino Ricardo, Santo Angelo, São Luiz, Savana, Sete Povos, SLC Agrícola, SLC Pamplona e Walter Vorita não apresentaram diferença estatisticamente em relação ao teor de óleo existente nos seus caroços de algodão.

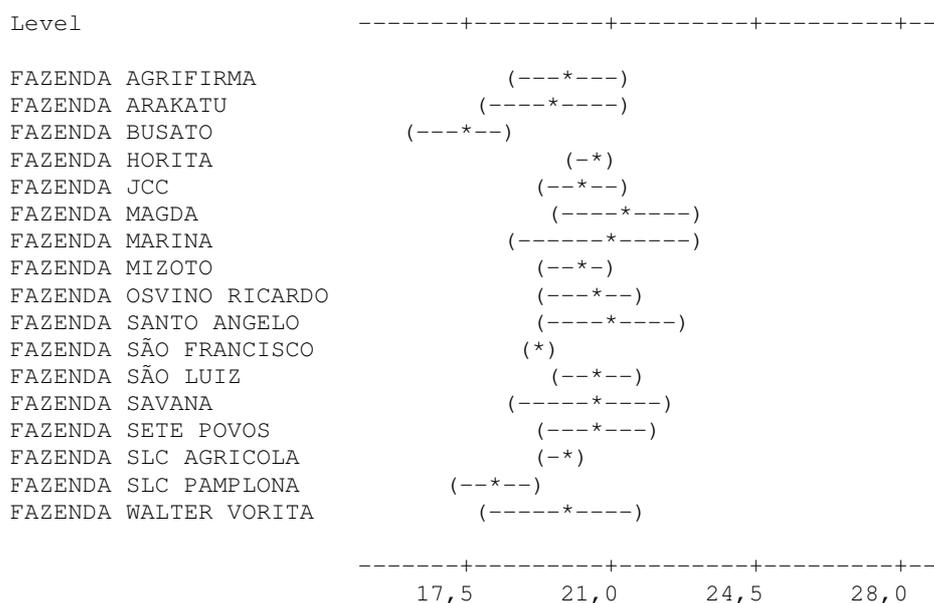
Ao contrário da fazenda São Francisco, que demonstrou ter diferença estatisticamente relevante em relação as fazendas: Horita, Magda, São Luiz, Savana, Sete Povos e SLC Agrícola.

Tabela 9–Análise Variância do Teor de Óleo

FAZENDA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
AGRIFIRMA	19,102	20,798
ARAKATU	18,089	20,987
BUSATO	13,351	21,338
HORITA	20,204	20,881
JCC	19,771	20,806
MAGDA	19,406	23,271
MARINA	19,691	22,216
MIZOTO	19,691	20,801
OSVINO RICARDO	20,227	20,935
SANTO ANGELO	19,295	22,705
SÃO FRANCISCO	19,012	19,431
SÃO LUIZ	19,971	21,148
SAVANA	19,789	21,276
SETE POVOS	19,808	21,397
SLC AGRÍCOLA	19,549	20,153
SLC PAMPLONA	15,292	20,987
WALTER VORITA	17,643	21,952

³Quando não existe a intersecção do intervalo de confiança, de uma determinada característica, de uma fazenda em relação às demais fazendas. Essa comparação sempre é realizada com as mesmas características, para que seja possível determinar quais as fazendas apresentam uma melhor ou pior qualidade relacionada às características estudadas pelo controle de qualidade no caroço de algodão. E quando existe essa intersecção, não se pode considerar que as mesmas sejam estatisticamente diferentes.

Tabela 10– ANOVA do Teor de Óleo
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



De acordo com as Tabelas 11 e 12, as fazendas que não apresentaram diferença estatisticamente nas médias de umidades dos caroços de algodão foram: Arakatu, Magda, Marina, Osvino Ricardo, Santo Angelo, Savana e Walter Vorita.

Já a fazenda São Luiz apresentou diferenças estatisticamente relevantes das umidades dos caroços em relação às fazendas: São Francisco, SLC Agrícola, Agrifirma e Horita.

A fazenda Sete Povos demonstrou a existência estatisticamente relevante com a umidade dos caroços das seguintes fazendas: Agrifirma, Horita e SLC Agrícola.

Foi observado também, que a fazenda SLC Pamplona apresentou diferença estatisticamente relevante com as médias das umidades referentes às seguintes fazendas: Sete Povos, São Francisco, Mizoto, Osvino Ricardo, JCC e Busato.

Tabela 11– Análise Variância da Umidade

FAZENDA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
AGRIFIRMA	6,320	6,880
ARAKATU	6,053	7,195
BUSATO	5,985	6,395
HORITA	6,290	6,629
JCC	5,930	6,373
MAGDA	5,350	7,026
MARINA	5,334	6,699
MIZOTO	5,850	6,484
OSVINO RICARDO	5,804	6,411
SANTO ANGELO	5,871	6,489
SÃO FRANCISCO	6,220	6,446
SÃO LUIZ	5,123	6,484
SAVANA	5,777	6,273
SETE POVOS	5,444	6,056
SLC AGRÍCOLA	6,337	6,616
SLC PAMPLONA	6,563	7,053
WALTER VORITA	5,821	6,859

Tabela 12– ANOVA da Umidade

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



Através das Tabelas 13 e 14, observou-se que as fazendas que não apresentaram diferença estatística em relação às médias dos ardidos existentes em seus caroços de algodão foram: Busato, Magda, Mizoto, Savana e Sete Povos.

Ao contrario da fazenda SLC Agrícola que apresentou diferença estatisticamente relevante em relação às seguintes fazendas: São Luiz, Agrifirma e Santo Angelo.

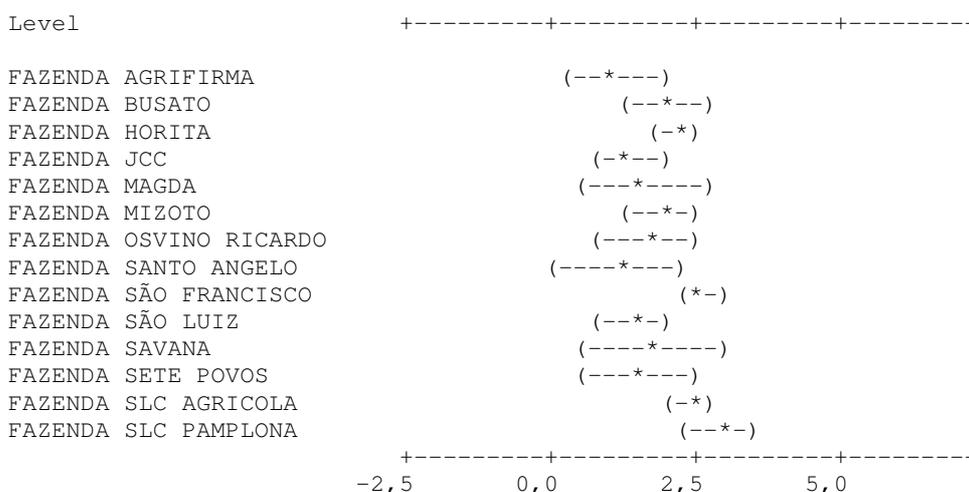
As fazendas SLC Pamplona e a São Francisco apresentaram diferenças estatisticamente relevantes dos ardidos de seus caroços de algodão com as seguintes fazendas São Luiz, Santo Angelo, JCC, Horita, Agrifirma e Osvino Ricardo.

Tabela 13– Análise Variância do Ardido

FAZENDA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
AGRIFIRMA	0,268	1,852
BUSATO	1,610	2,368
HORITA	1,852	2,448
JCC	0,524	2,180
MAGDA	1,231	2,003
MIZOTO	1,005	2,941
OSVINO RICARDO	1,210	2,067
SANTO ANGELO	0,300	1,980
SÃO FRANCISCO	2,296	2,894
SÃO LUIZ	0,898	1,954
SAVANA	0,498	3,022
SETE POVOS	0,408	2,735
SLC AGRÍCOLA	2,038	2,728
SLC PAMPLONA	2,270	3,486

Tabela 14– ANOVA do Ardido

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



A partir das Tabelas 15 e 16, pode-se observar que a fazenda Agrifirma apresentou diferença estatisticamente relevante com as demais fazendas contidas na Tabela 15, em relação às impurezas encontradas com o caroço de algodão.

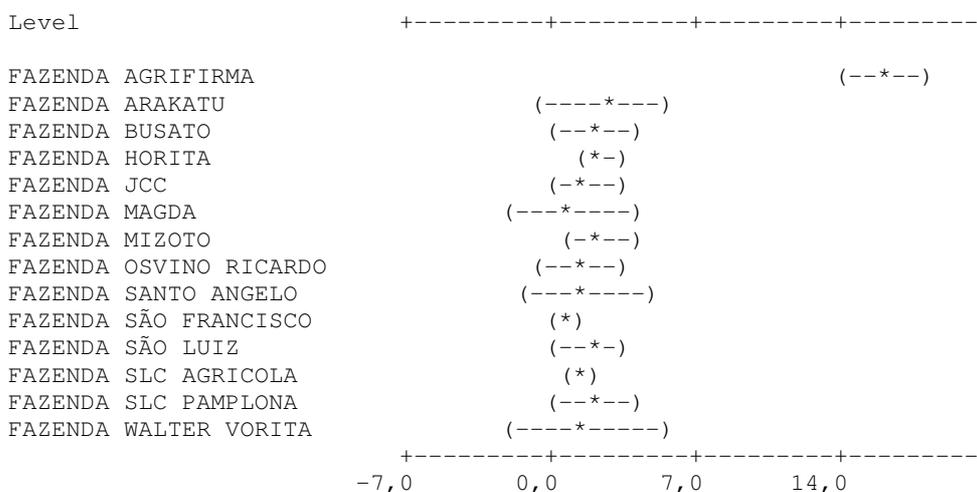
As fazendas que não apresentaram em seu caroço de algodão a média de impurezas estatisticamente diferentes foram: Arakatu, Busato, Horita, Magda, Mizoto, Osvino Ricardo, Santo Angelo, São Luiz, SLC Pamplona e Walter Vorita.

Já a fazenda Horita apresentou existência de diferença estatisticamente relevante com as seguintes fazendas: São Francisco e SLC Agrícola. E a fazenda JCC apresentou também existência de diferença estatística em relação à fazenda São Francisco.

Tabela 15– Análise Variância da Impureza

FAZENDA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
AGRIFIRMA	0,597	31,483
ARAKATU	0,182	4,746
BUSATO	1,309	3,400
HORITA	1,606	2,639
JCC	1,071	2,122
MAGDA	0,464	1,316
MIZOTO	1,578	2,818
OSVINO RICARDO	0,830	1,419
SANTO ANGELO	0,873	2,607
SÃO FRANCISCO	0,623	1,042
SÃO LUIZ	1,297	2,487
SLC AGRÍCOLA	1,031	1,569
SLC PAMPLONA	1,176	3,345
WALTER VORITA	0,541	2,803

Tabela 16– ANOVA da Impureza
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



Esse estudo foi essencial para se observar a existência ou não de diferenças estatisticamente relevantes entre as fazendas de origem do caroço de algodão. Com isso, foi construída a Tabela 17 com o propósito de demonstrar as principais fazendas que apresentaram diferenças estatisticamente relevantes em relação às variáveis estudadas. Contribuindo, através disso, com a tomada de decisão dos gestores no momento da compra, pelo fato que já se sabe quais as fazendas que apresentaram uma melhor ou pior qualidade relacionadas às características analisadas pelo controle de qualidade. Facilitando, com isso, na negociação das novas compras, sendo possível exigir descontos as fazendas que apresentaram diferenças estatísticas bem significativas.

Tabela 17 – Resumo da ANOVA do caroço de algodão

FAZENDA/ CARACTERÍSTICA	TEOR DE ÓLEO	UMIDADE	ARDIDOS	IMPUREZA
AGRIFIRMA				X
ARAKATU				
BUSATO	X			
HORITA				X
JCC				X
MAGDA				
MARINA				
MIZOTO				
OSVINO RICARDO				
SANTO ANGELO				
SÃO FRANCISCO	X		X	
SÃO LUIZ		X		
SAVANA				
SETE POVOS		X		
SLC AGRÍCOLA			X	
SLC PAMPLONA		X	X	
WALTER VORITA				

4.2.2 Análise de Variância relacionada com a origem do Óleo Bruto Comprado

Inicialmente foram elaboradas seis tabelas referentes à análise de variância das seguintes características estudadas do Óleo Bruto Comprado: impureza, umidade e AGL, em função das origens.

Logo depois foi realizado o teste ANOVA com auxílio da ferramenta estatística – Minitab. Com o intervalo de confiança equivalente a 95%.

Através das Tabelas 18 e 19, pode-se observar que a origem Copral do óleo bruto comprado em relação à característica AGL, apresentou diferença estatisticamente relevante⁴ com as origens Dubo Tatis e Icol.

⁴Quando não existe a intersecção do intervalo de confiança, de uma determinada característica, de uma origem em relação às demais origens do óleo bruto comprado. Essa comparação sempre é realizada com as mesmas características, para que seja possível determinar quais as origens apresentam uma melhor ou pior qualidade relacionada às características estudadas pelo controle de qualidade no óleo bruto comprado. E quando existe essa intersecção, não se pode considerar que as mesmas sejam estatisticamente diferentes.

Já na origem Durancho apresentou diferença estatisticamente relevante com as seguintes origens Copral, Deojuvante, Dubo Tatis, Farmatec, L.Xavier, Raimundo, Taji, Tangare, Tinol e Vicente Queiroz Galvão.

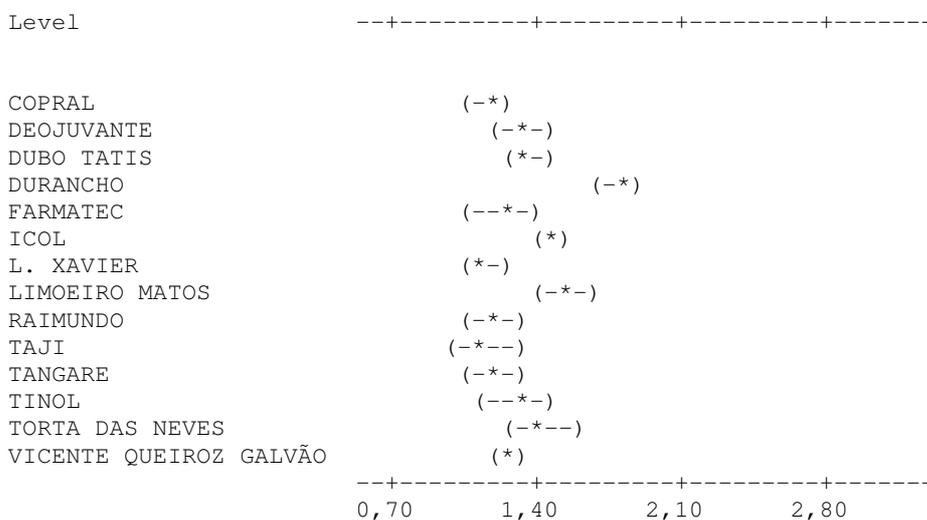
Na origem Icol, observou-se diferença estatisticamente relevante com as origens: Farmatec, Raimundo, Taji, Tangare e Vicente Queiroz Galvão. Ao contrário da origem Torta das Neves, que não apresentou na média de seu AGL estatisticamente diferença com as demais origens contidas na Tabela 18.

Tabela 18 – Análise Variância da AGL

ORIGEM	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
COPRAL	1,090	1,235
DEOJUVANTE	1,208	1,417
DUBO TATIS	1,242	1,441
DURANCHO	1,652	1,930
FARMATEC	1,172	1,308
ICOL	1,397	1,497
L. XAVIER	1,015	1,258
LIMOEIRO MATOS	1,009	2,071
RAIMUNDO	1,103	1,269
TAJI	0,945	1,355
TANGARE	1,134	1,266
TINOL	1,176	1,424
TORTA DAS NEVES	1,147	1,720
VICENTE QUEIROZ GALVÃO	1,159	1,375

Tabela 19– ANOVA do AGL

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



Com auxílio das Tabelas 20 e 21, foi possível observar que a origem Copral apresentou diferença estatisticamente relevante, em relação à impureza no óleo bruto comprado, com as seguintes origens Deojuvante, Durancho, Farmatec, Icol, L.Xavier e Tangare.

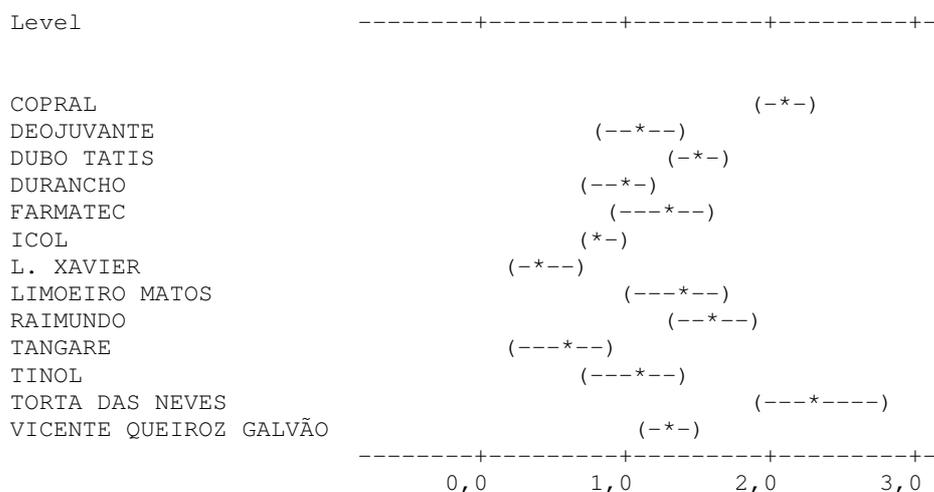
Já a Icol apresentou diferença estatisticamente relevante com as origens Durancho, L. Xavier, Limoeiro Matos, Tangare, Dubo Tatis, Deojuvante e Raimundo.

As origens Tangare e L. Xavier apresentaram diferenças estatisticamente relevantes com as origens Durancho, Dubo Tatis, Deojuvante, Torta das Neves e Vicente Queiroz Galvão. Sendo que a L. Xavier, também indicou diferença estatística com a origem Raimundo.

Tabela 20– Análise Variância da Impureza

ORIGEM	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
COPRAL	1,827	2,298
DEOJUVAnte	0,915	1,210
DUBO TATIS	1,168	1,832
DURANCHO	0,941	1,022
FARMATEC	0,736	1,824
ICOL	0,736	0,897
L. XAVIER	0,079	0,739
LIMOEIRO MATOS	0,217	2,503
RAIMUNDO	0,746	2,454
TANGARE	0,237	0,896
TINOL	0,026	2,094
TORTA DAS NEVES	0,899	3,768
VICENTE QUEIROZ GALVÃO	0,889	1,671

Tabela 21– ANOVA da Impureza
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



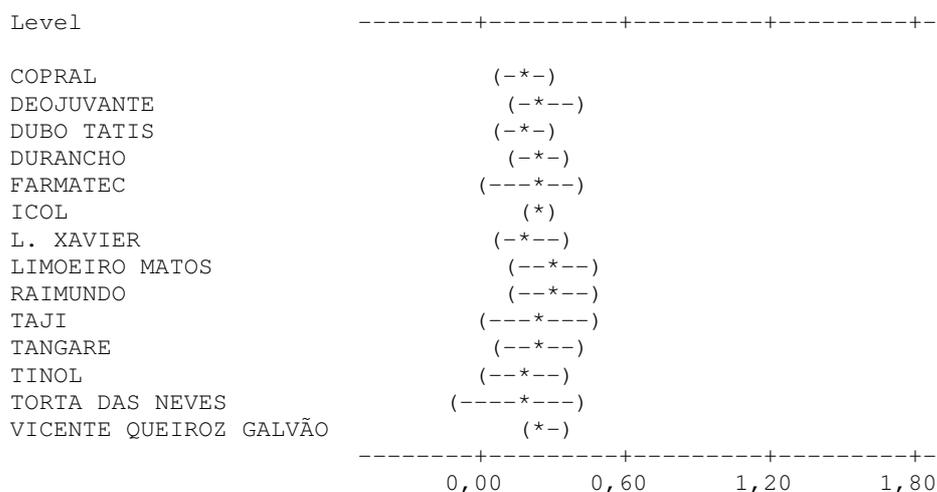
De acordo com as, Tabelas 22 e 23, as origens que não apresentaram em seu óleo bruto comprado as médias de umidades estatisticamente diferentes foram Dubo Tatis, Durancho, Farmtec, Icol, L. Xavier, Limoeiro Matos, Taji, Tangare, Tinol, Torta das Neves e Vicente Queiroz Galvão.

Ao contrário da origem Copral que apresentou diferença estatisticamente relevante com as origens Deojuvante e Raimundo. Mantendo com as demais fazendas, contidas na Tabela 22, uma relação considerada estatisticamente não diferente.

Tabela 22– Análise Variância da Umidade

ORIGEM	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
COPRAL	0,139	0,211
DEOJUVANTE	0,219	0,306
DUBO TATIS	0,128	0,255
DURANCHO	0,161	0,312
FARMATEC	0,164	0,276
IND. CARNEIRO	0,192	0,288
L. XAVIER	0,148	0,252
LIMOEIRO MATOS	0,176	0,424
RAIMUNDO	0,251	0,321
TAJI	0,158	0,342
TANGARE	0,140	0,360
TINOL	0,076	0,284
TORTA DAS NEVES	0,023	0,310
VICENTE QUEIROZ GALVÃO	0,209	0,325

Tabela 23– ANOVA da Umidade
Individual 95% CIs for Mean Based on Pooled StDev



Essa análise realizada é importante para se observar a existência ou não de diferenças estatísticas entre as origens do óleo bruto comprado. Com isso, foi construída a Tabela 24 com o propósito de demonstrar as principais origens do óleo bruto comprado que apresentaram diferenças estatisticamente relevantes em relação às variáveis estudadas. Auxiliando, dessa forma, na tomada de decisão dos gestores no momento da compra, pelo fato que já se sabe quais as origens que apresentam uma melhor ou pior qualidade relacionada às características estudadas pelo controle de qualidade. Facilitando, com isso, a aplicação dos Deságios visualizados no Anexo G, em origens que apresenta uma baixa qualidade e mesmo assim é necessário se efetuar a compra para suprir a carência do produto no setor de produção.

Tabela 24 – Resumo da ANOVA do óleo bruto comprado

ORIGEM/CARACTERÍSTICA	AGL	IMPUREZA	UMIDADE
COPRAL	X	X	X
DEOJUVANTE			
DUBO TATIS			
DURANCHO	X		
FARMATEC			
ICOL	X	X	
L. XAVIER		X	
LIMOEIRO MATOS			
RAIMUNDO			
TAJI			
TANGARE		X	
TINOL			
TORTA DAS NEVES			
VICENTE QUEIROZ GALVÃO			

4.2.3 Carta de Controle I-MR e Gráfico EWMA nos Processos

Com auxílio do Minitab foram elaborados cartas de controle I-MR e gráficos de controle da média móvel exponencialmente ponderada, dos processos de monitoramento do envase, do óleo bruto comprado e das prensas.

4.2.3.1 Carta de Controle I-MR e Gráfico de Controle EWMA do Envase

No monitoramento do envase as variáveis estudadas foram o AGL (Acidez) e o Peróxido.

Na carta de controle mostrado na

Figura 13, pode-se observar que a maioria de causas especiais existentes, marcadas em vermelho nas cartas, são decorrentes de seqüências de quatro e de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo do

Limite de Controle. Dessa forma esse processo não se encontra em controle estatístico.

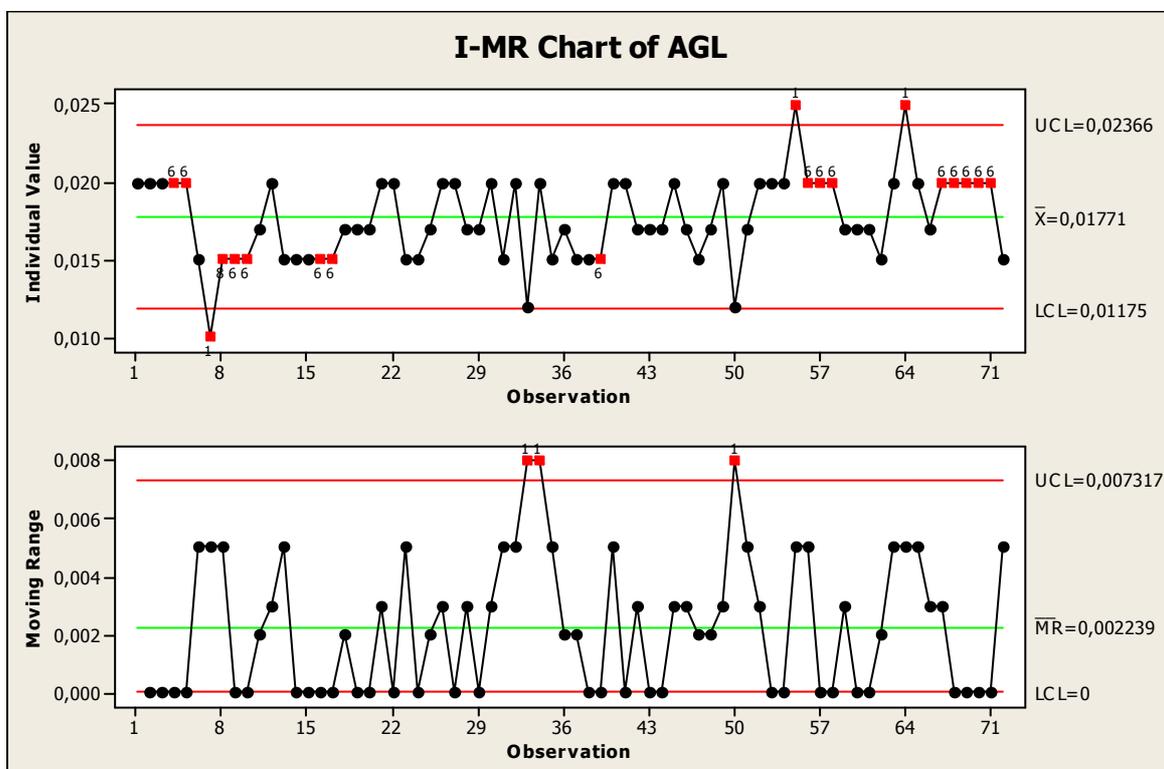


Figura 13– Carta de Controle I-MR do Envase - AGL

Já no Gráfico de Controle de EWMA, da Figura 14, pode-se avaliar a semelhança com a carta de controle, na existência de causas especiais, marcadas em vermelho nas cartas. Sendo que esse gráfico analisou com mais detalhes o deslocamento na média do processo em relação ao gráfico I-MR.

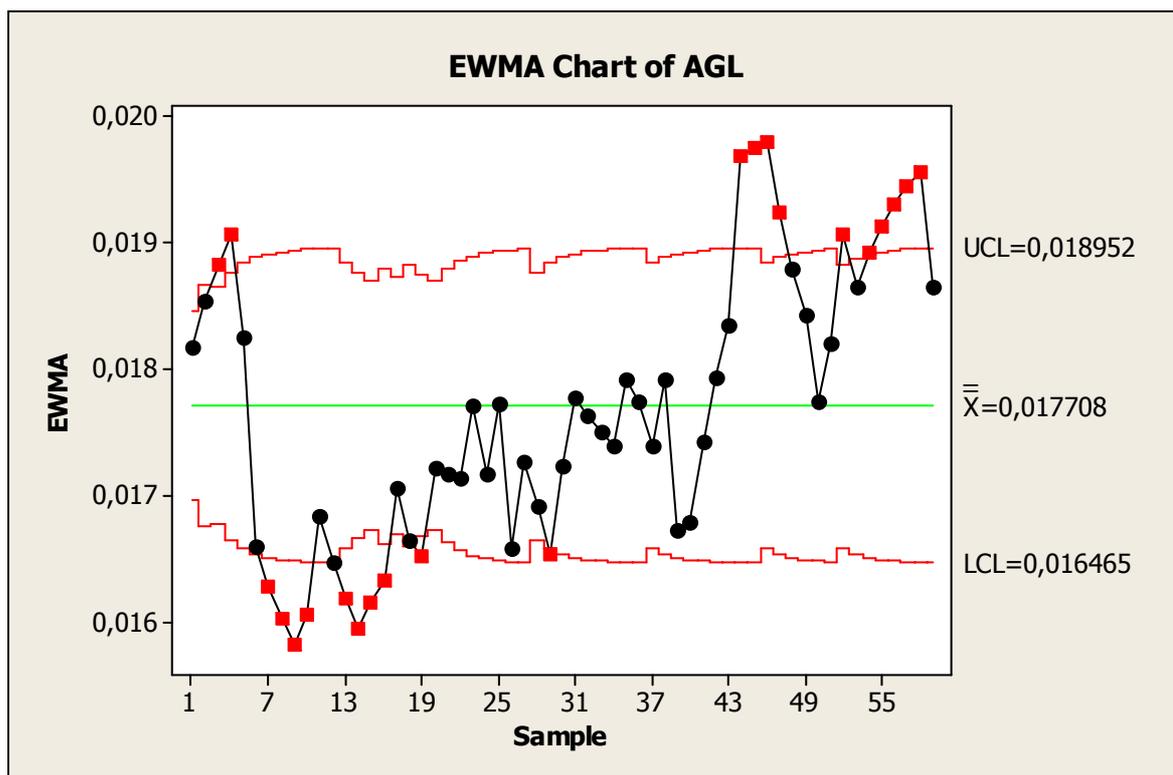


Figura 14 – Gráfico de Controle EWMA do Envase - AGL

Na carta de controle mostrado na Figura 15, pode-se observar que as causas especiais, marcadas em vermelho nas cartas, são seqüências de dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios-padrão acima do LC. Com isso, esse processo não está em controle estatístico.

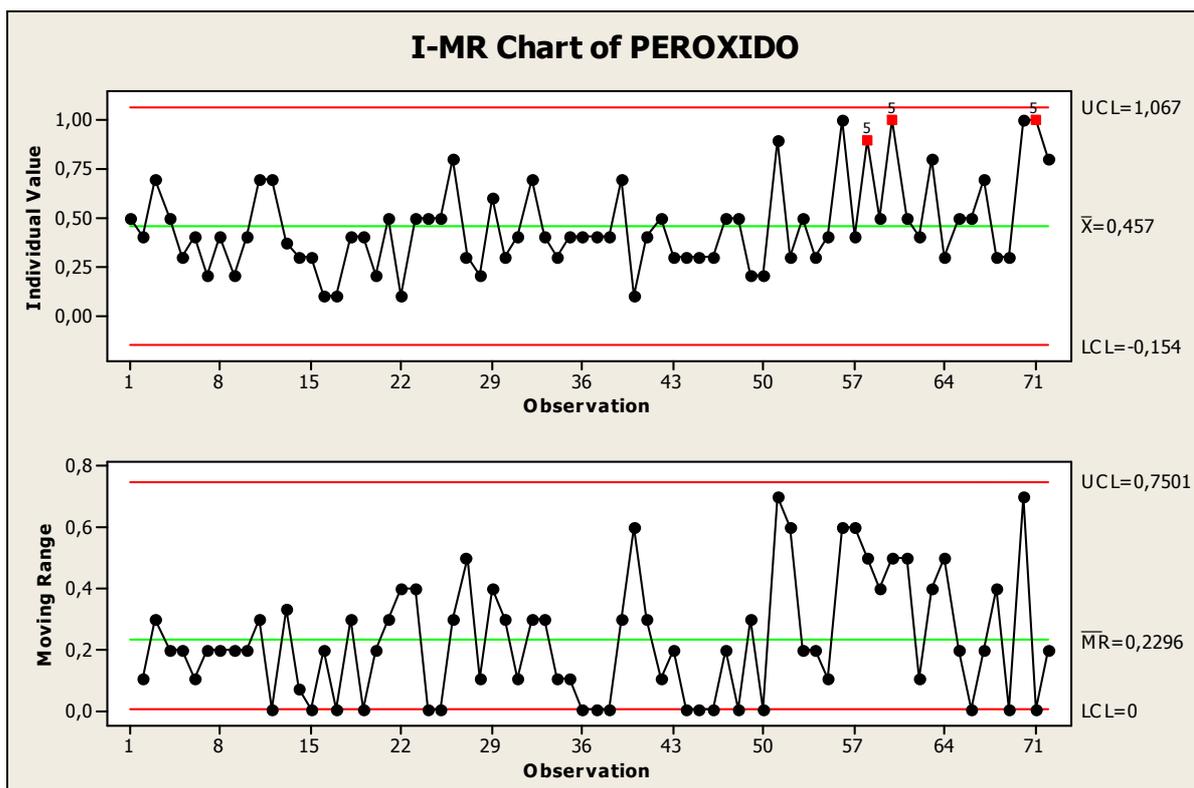


Figura 15 – Carta de Controle I-MR do Envase– Peróxido

Já no Gráfico de Controle de EWMA, da Figura 16, pode-se avaliar a semelhança com a carta de controle, nas causas especiais existentes. Sendo que esse gráfico analisou com mais detalhes o deslocamento na média do processo em relação ao gráfico I-MR.

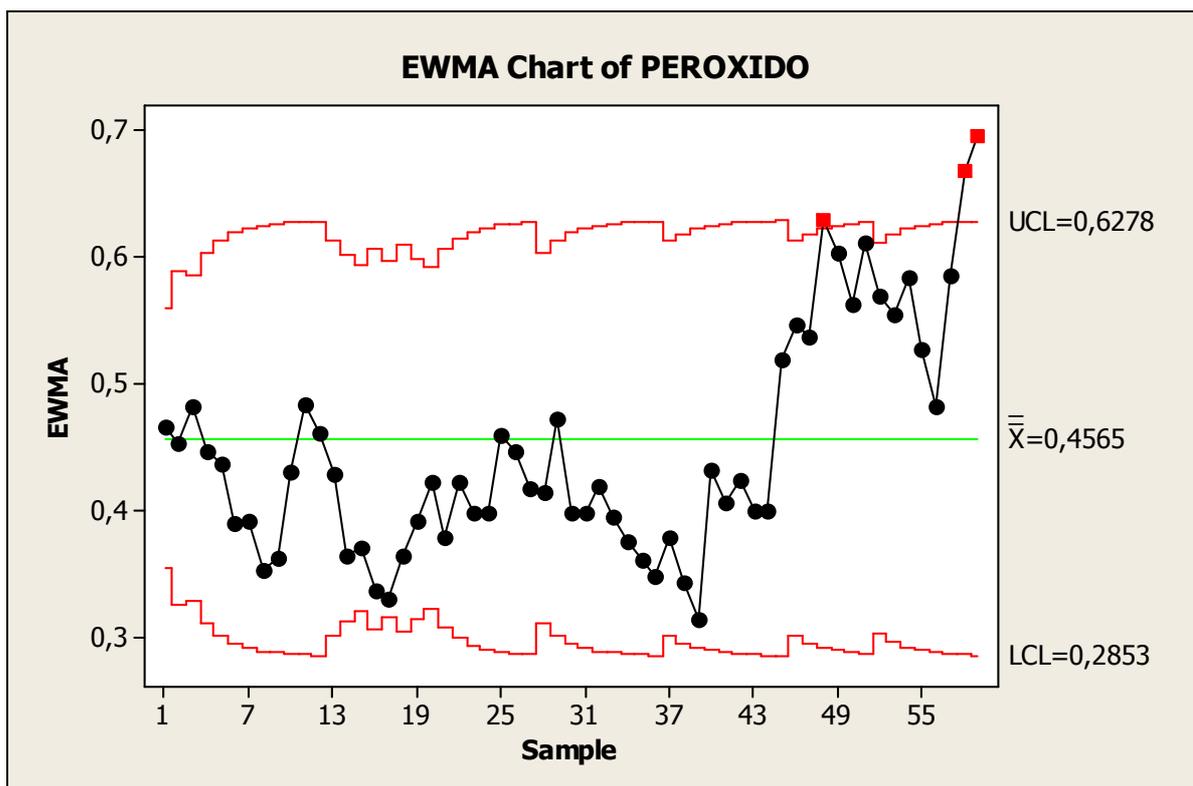


Figura 16 – Gráfico de Controle EWMA do Envase - Peróxido

4.2.3.2 Carta de Controle I-MR e Gráfico de Controle EWMA das Prensas

No monitoramento das prensas as variáveis estudadas foram: Teor de Óleo e a Umidade.

Na carta de controle mostrado na Figura 17, pode-se observar que a maioria de causas especiais existentes, marcadas em vermelho nas cartas, são decorrentes de seqüências de pontos localizados acima do Limite Superior de Controle ou abaixo do Limite Inferior de Controle e seqüências de quinze pontos consecutivos localizados, em qualquer lateral, a menos de um desvio-padrão do Limite Central. Dessa forma esse processo não se encontra em controle estatístico, isso pode ser atribuído a provável falta de ação preventiva ou corretiva nas prensas pelos operadores.

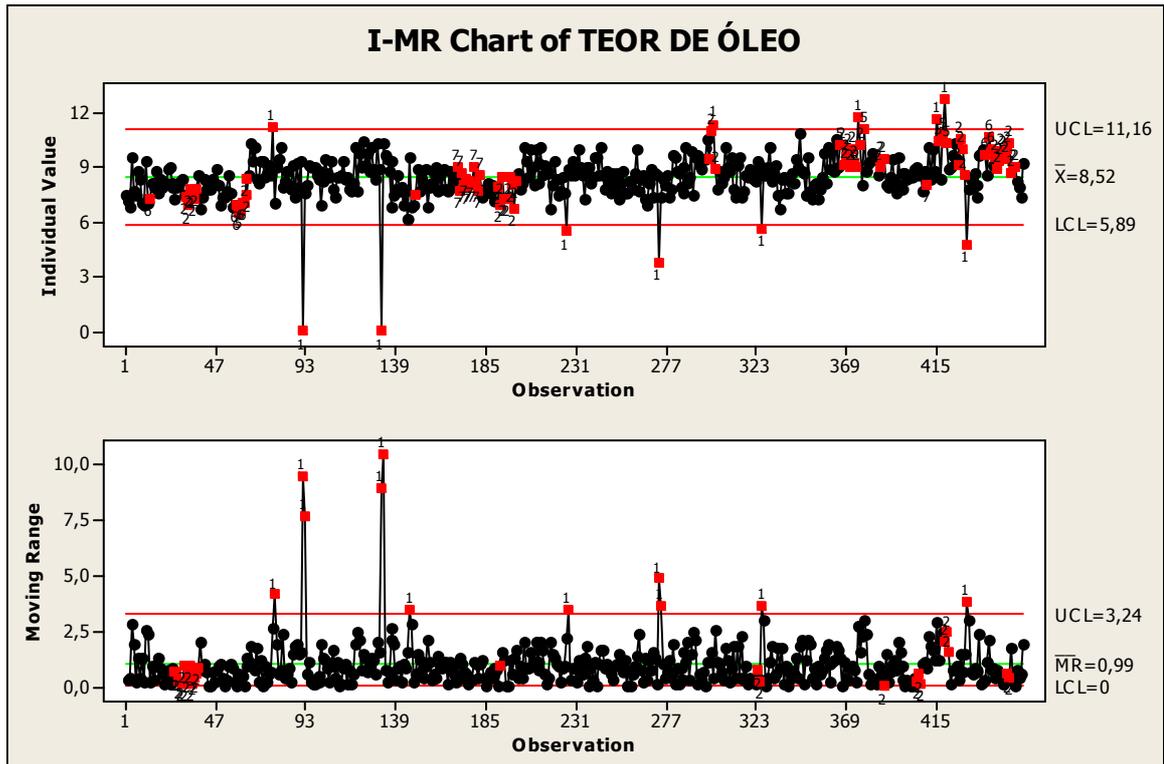


Figura 17 – Carta de Controle I-MR das Prensas – Teor de Óleo

Já no Gráfico de Controle de EWMA, da Figura 18, pode-se avaliar a semelhança com a carta de controle, nas causas especiais existentes. Sendo que esse gráfico analisou com mais detalhes o deslocamento na média do processo em relação ao gráfico I-MR.

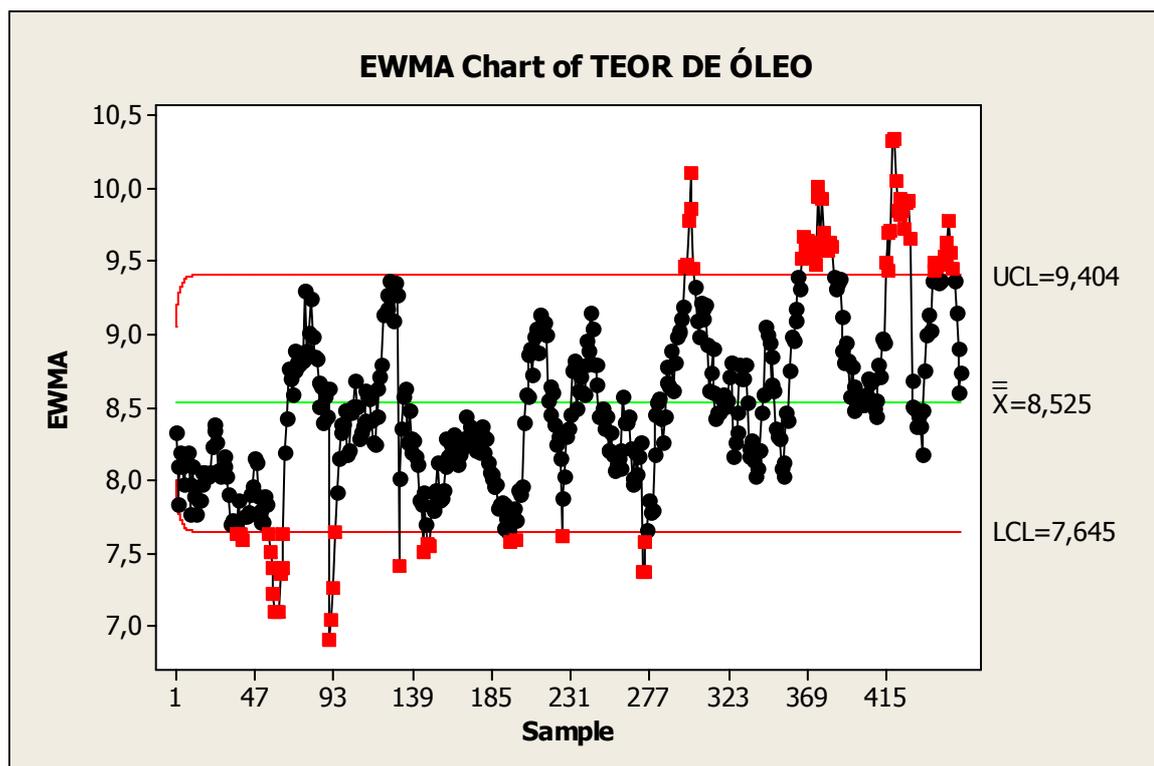


Figura 18– Gráfico de Controle EWMA das Prensas – Teor de Óleo

Na carta de controle mostrado na Figura 19, pode-se observar que a maioria de causas especiais existentes, marcadas em vermelho nas cartas, são decorrentes de seqüências de pontos localizados acima do LSC ou abaixo do LIC. Dessa forma esse processo não se encontra em controle estatístico, isso pode ser atribuído a provável falta de ação preventiva ou corretiva nas prensas pelos operadores.

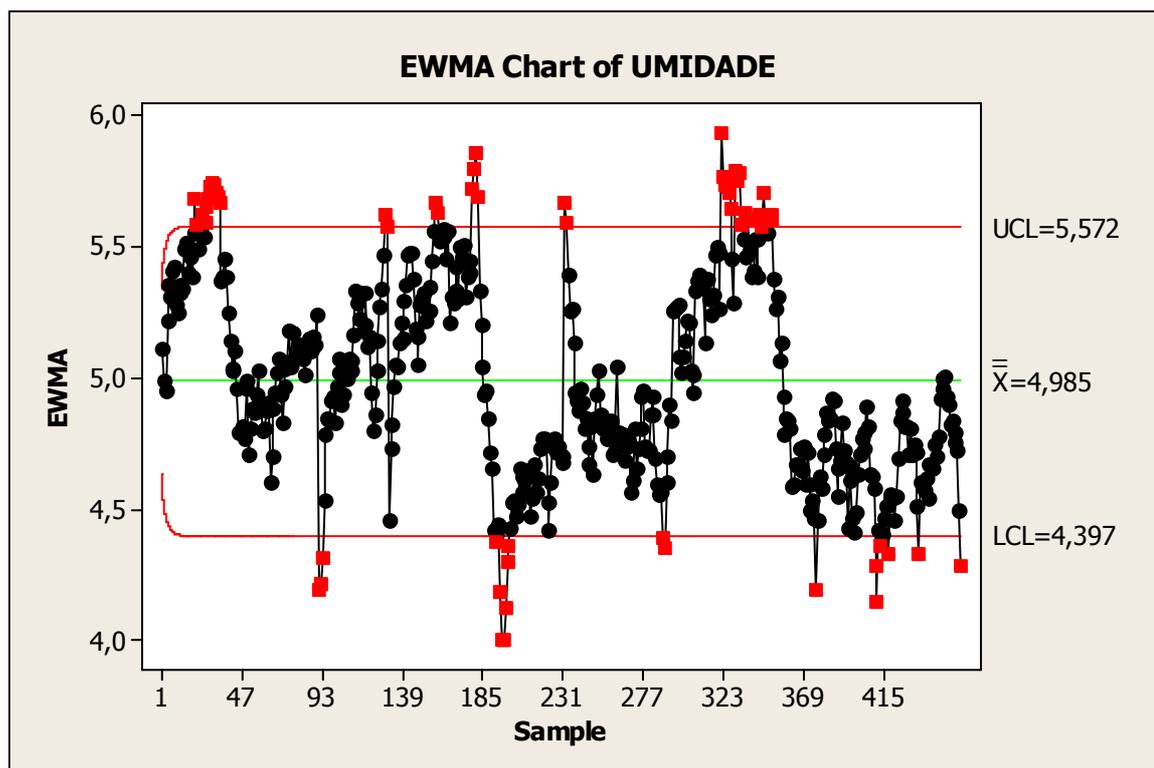


Figura 20– Gráfico de Controle EWMA das Prensas - Umidade

4.2.3.3 Carta de Controle I-MR e Gráfico de Controle EWMA do Óleo Bruto Comprado

No monitoramento do Óleo Bruto Comprado as variáveis estudadas foram: AGL e Impureza.

Na carta de controle mostrado na Figura 21, pode-se observar que a maioria de causas especiais existentes, marcadas em vermelho nas cartas, são decorrentes de seqüências de pontos localizados acima do LSC ou abaixo do LIC, e seqüência de dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios-padrão acima ou abaixo da LC. Dessa forma esse processo não se encontra em controle estatístico.

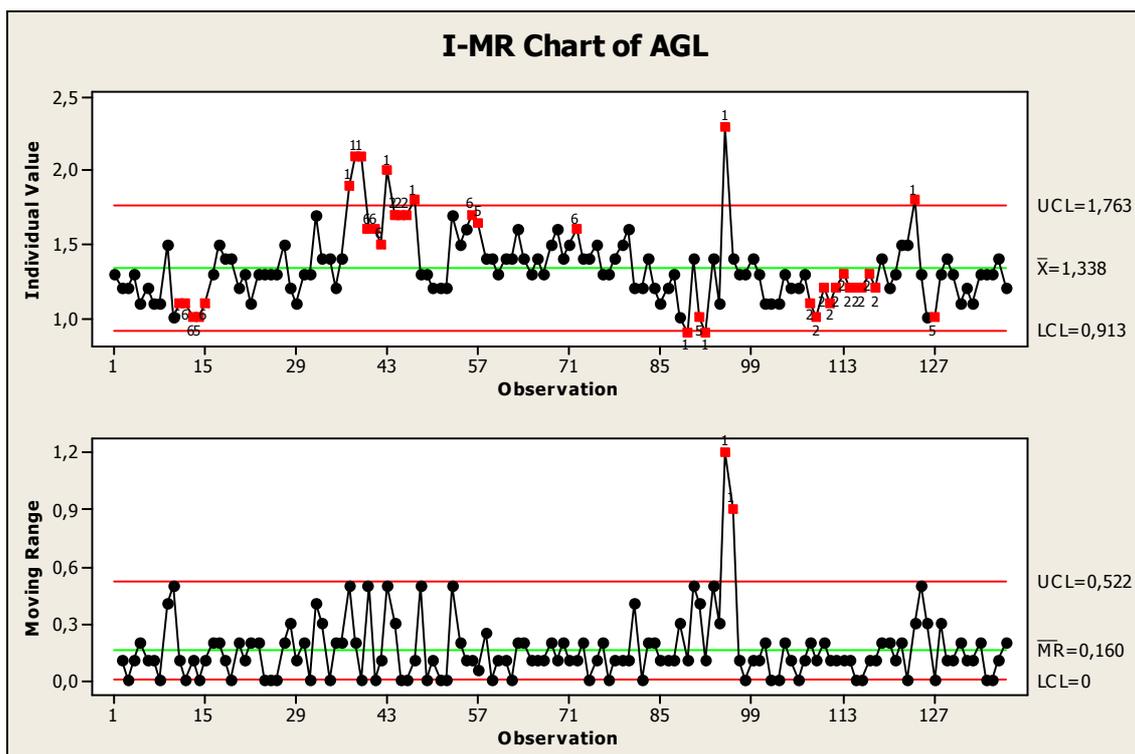


Figura 21– Carta de Controle I-MR do Óleo Bruto Comprado– AGL

Já no Gráfico de Controle de EWMA, da Figura 22, pode-se avaliar a semelhança com a carta de controle, nas causas especiais existentes. Sendo que esse gráfico analisou com mais detalhes o deslocamento na média do processo em relação ao gráfico I-MR.

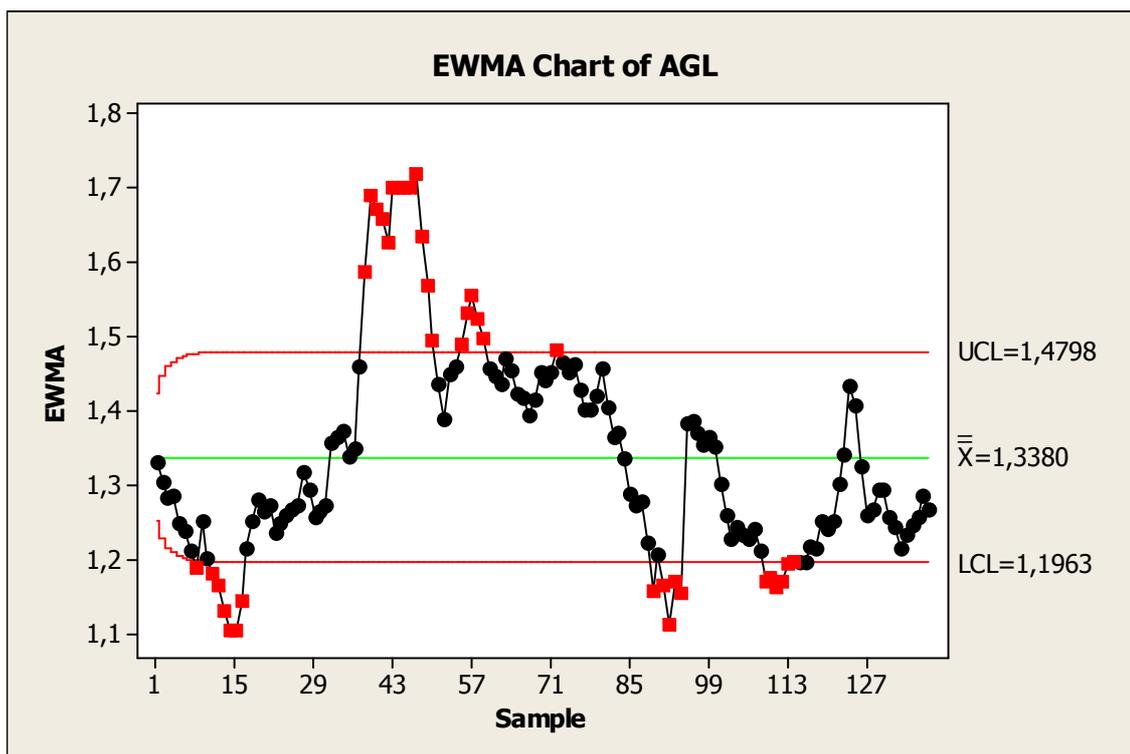


Figura 22– Gráfico de Controle EWMA do Óleo Bruto Comprado - AGL

Na carta de controle mostrado na Figura 23, pode-se observar que a maioria de causas especiais existentes, marcadas em vermelho nas cartas, são decorrentes de seqüências de pontos localizados acima do LSC ou abaixo do LIC. Dessa forma esse processo não se encontra em controle estatístico.

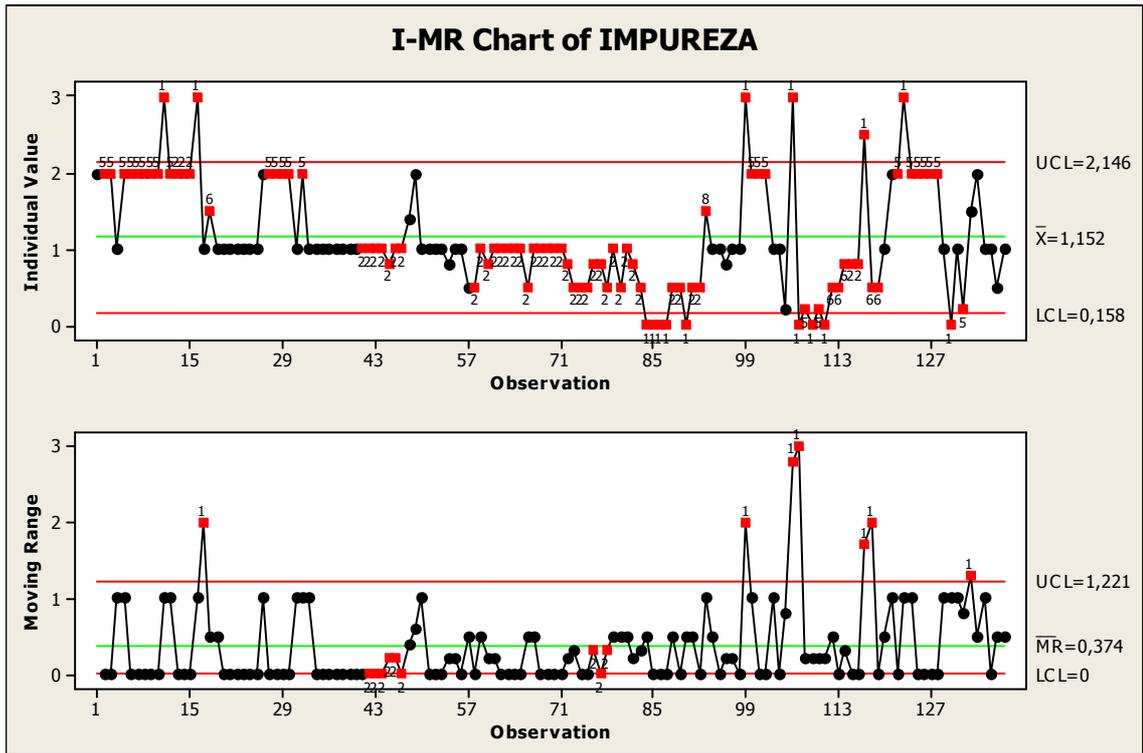


Figura 23– Carta de Controle I-MR do Óleo Bruto Comprado - Impureza

Já no Gráfico de Controle de EWMA, da Figura 24, pode-se avaliar a semelhança com a carta de controle, nas causas especiais existentes. Sendo que esse gráfico analisou com mais detalhes o deslocamento na média do processo em relação ao gráfico I-MR.

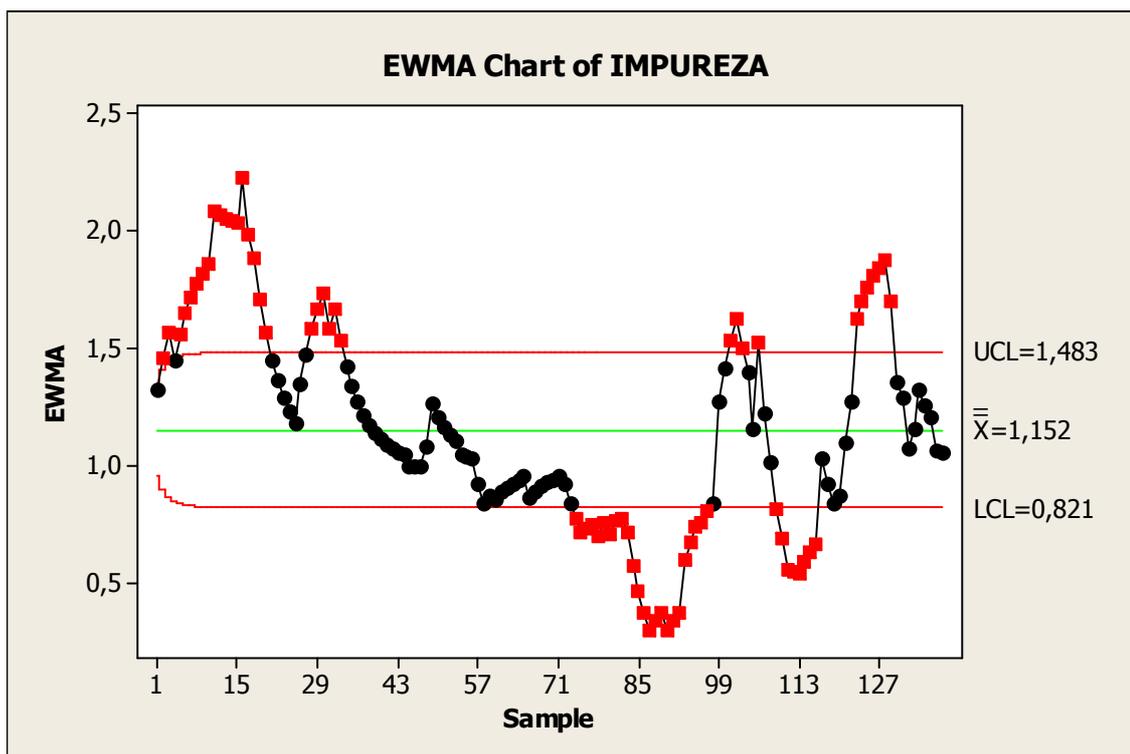


Figura 24– Gráfico de Controle EWMA do Óleo Bruto Comprado -Impureza

4.2.4 Análise da Capacidade do Processo das Prensas

A partir dos estudos das cartas de controle I-MR e Gráficos de Controle EWMA das prensas, as amostras, representadas pelos pontos vermelhos, que se encontravam fora de controle estatístico foram retiradas e foram novamente recalculados os limites de controle; tais pontos são desconsiderados somente para fins de cálculo dos limites, permanecendo no gráfico de controle para registro histórico. Logo depois, iniciou-se a interpretação da capacidade do processo da torta de algodão para as características teor de óleo e umidade nos meses de julho, agosto e setembro.

4.2.4.1 Análise da Capacidade do Processo das Prensas – JULHO

Através da análise da capacidade do teor de óleo da torta de algodão, Figura 25, constatou-se que o processo não é capaz de atender às especificações do cliente⁵, do período de 07/07/2010 a 30/07/2010. Também se verifica que o valor de C_{pk} é menor que o valor de C_p , indicando um processo descentrado.

O percentual acima das especificações⁶ pode ser atribuído a vários fatores, como matéria-prima (caroço de algodão) com alto teor de umidade e impurezas, entre outros. Este percentual elevado de teor de óleo deve ser analisado, pois um percentual acima das especificações beneficia o cliente, mas prejudica a empresa, já que o óleo não extraído para produção de semi-refinado é comercializado como torta de algodão, a um preço bastante inferior. Logo, para o benefício de clientes e empresa, o valor-alvo do teor de óleo na torta de algodão deve ser observado para minimizar a perda financeira imposta à sociedade. Através disso, o processo encontra-se em análise instável⁷.

⁵Ou seja, a variabilidade dos dados devido às causas comuns de variação é maior do que a amplitude das especificações do produto.

⁶Os limites de especificação do teor de óleo existentes na torta de algodão, de acordo, com o Inmetro, são de no mínimo 70g/kg. Logo no controle de qualidade o valor alvo estipulado usualmente é de 80g/Kg.

⁷Com presença de causas especiais de variação. Sendo que, o estudo de capacidade realizado representa os dados históricos do processo, não podendo ser usado para fins de previsões futuras.

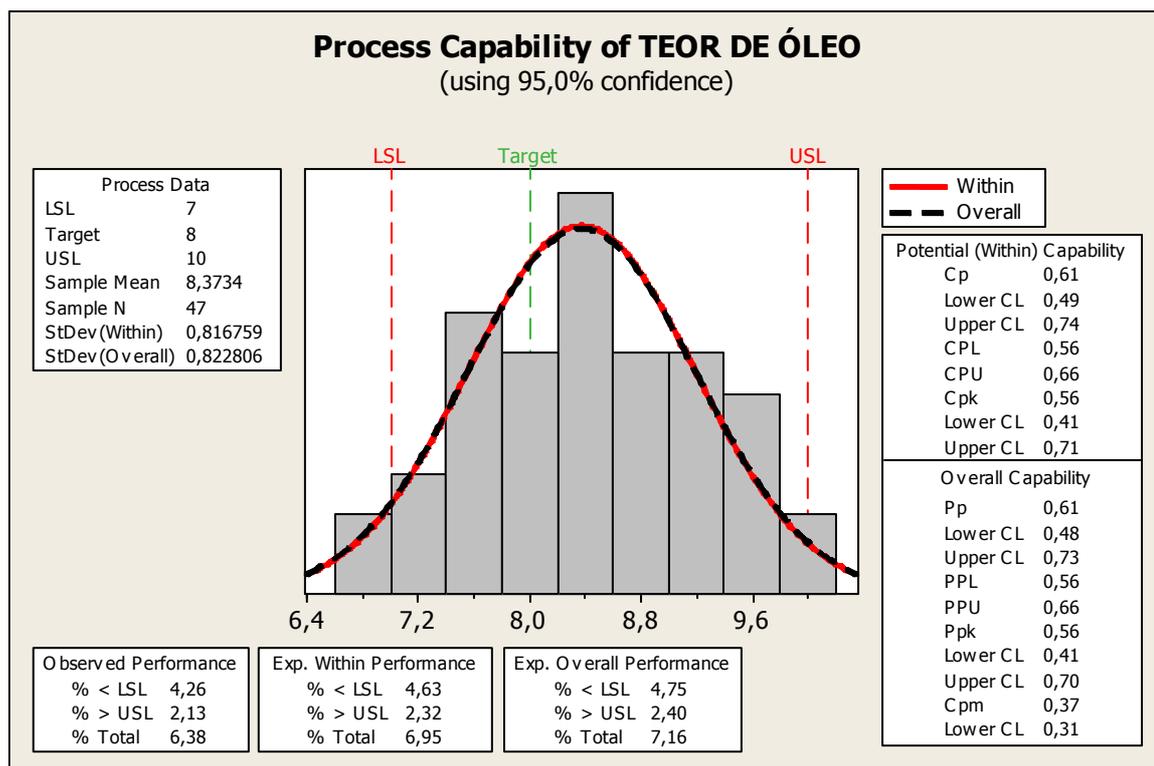


Figura 25– Análise da Capacidade das prensas – Teor de Óleo– Julho

A partir da análise da capacidade da unidade da torta de algodão, Figura 26, do mês de julho, constatou-se que o processo é capaz e atende às especificações⁸ do cliente. Também se verifica que o valor de Cpk é menor que o valor de Cp, indicando um processo descentrado. Sendo que, o estudo de capacidade realizado representa os dados históricos do processo, não podendo ser usado para fins de previsões futuras.

⁸Os limites de especificação da unidade existentes na torta de algodão, de acordo, com o Inmetro, são de no máximo 90g/kg. Logo no controle de qualidade o valor alvo estipulado usualmente é de 50g/Kg.

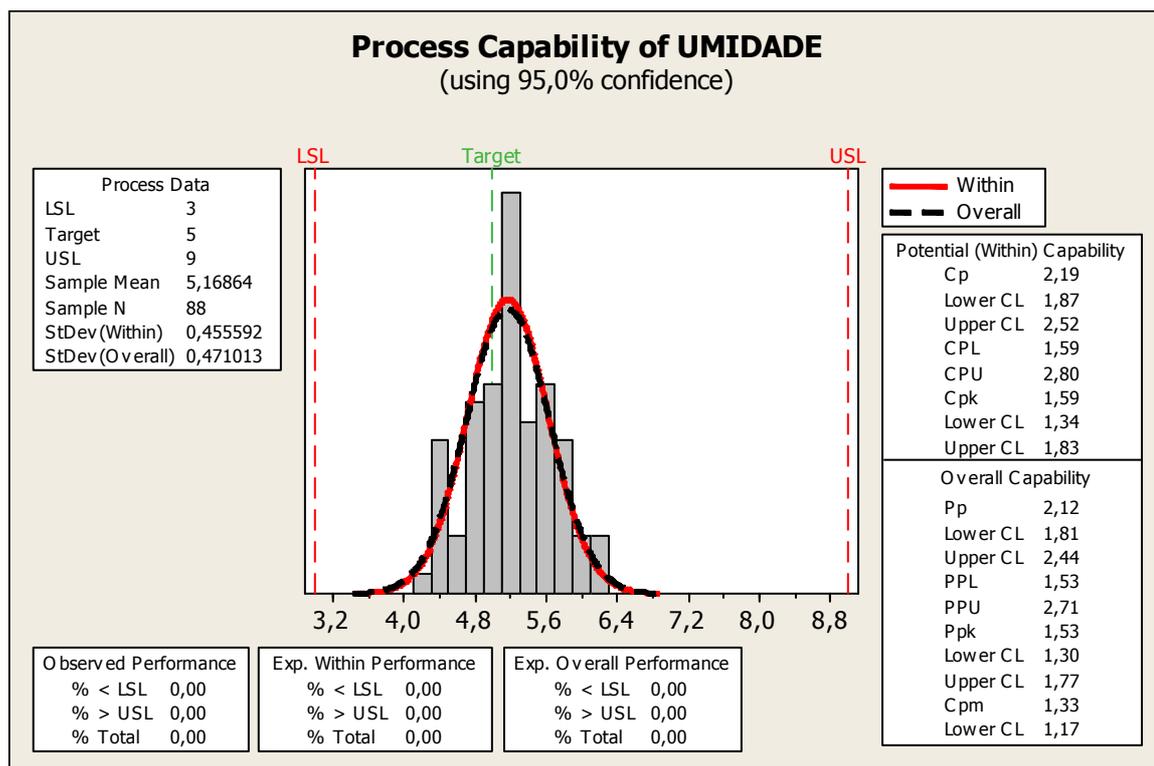


Figura 26– Análise da Capacidade das prensas – Umidade - Julho

4.2.4.2 Análise da Capacidade do Processo das Prensas – AGOSTO

A partir da análise da capacidade do teor de óleo da torta de algodão, Figura 27, constatou-se que o processo não é capaz de atender às especificações do cliente, do período de 01/08/2010 a 31/08/2010.

Com isso, esse processo encontrar-se descentrado ($C_{pk} < C_p$). No entanto, centrar o processo não é suficiente para torná-lo capaz; também é necessário reduzir as causas comuns de variabilidade incidentes sobre o processo. Possuindo, através disso um caráter instável.

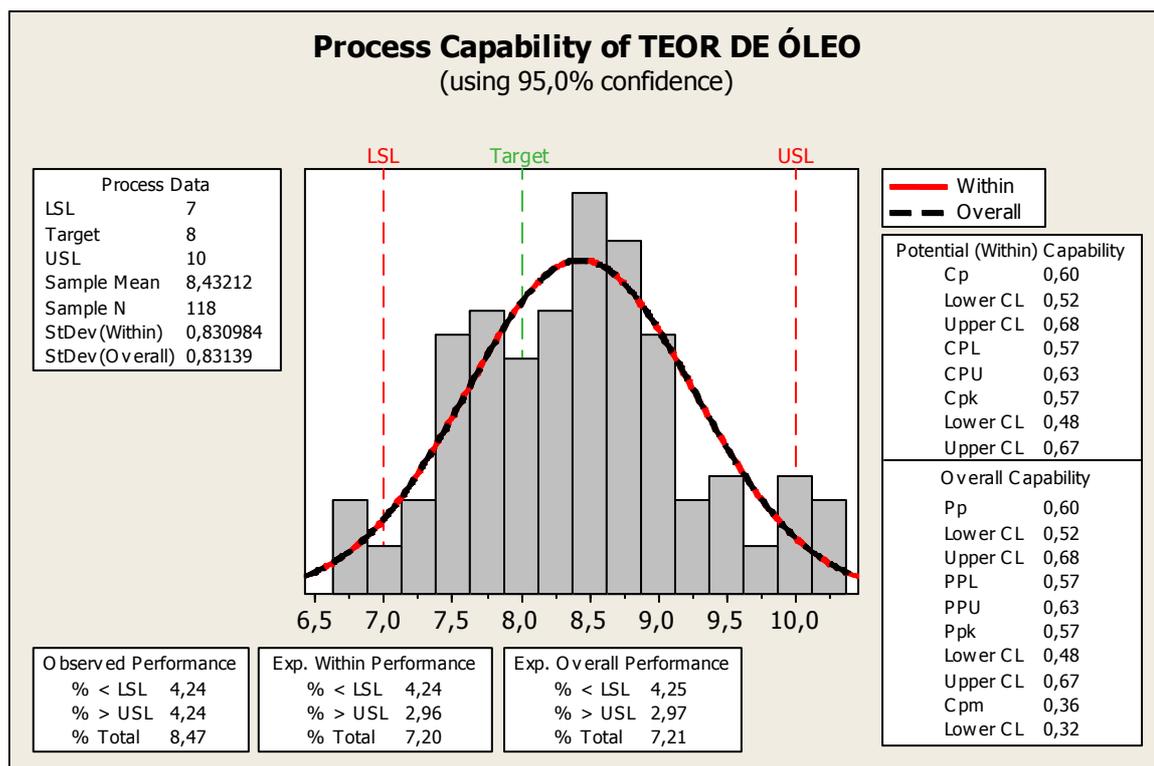


Figura 27– Análise da Capacidade das prensas – Teor de Óleo – Agosto

Através da análise da capacidade da unidade da torta de algodão, Figura 28, do mês de agosto, constatou-se que o processo é aceitável e atende às especificações do cliente. Também se verifica que o valor de Cpk é menor que o valor de Cp, indicando um processo descentrado. Através disso, o estudo de capacidade realizado representa os dados históricos do processo, não podendo ser usado para fins de previsões futuras

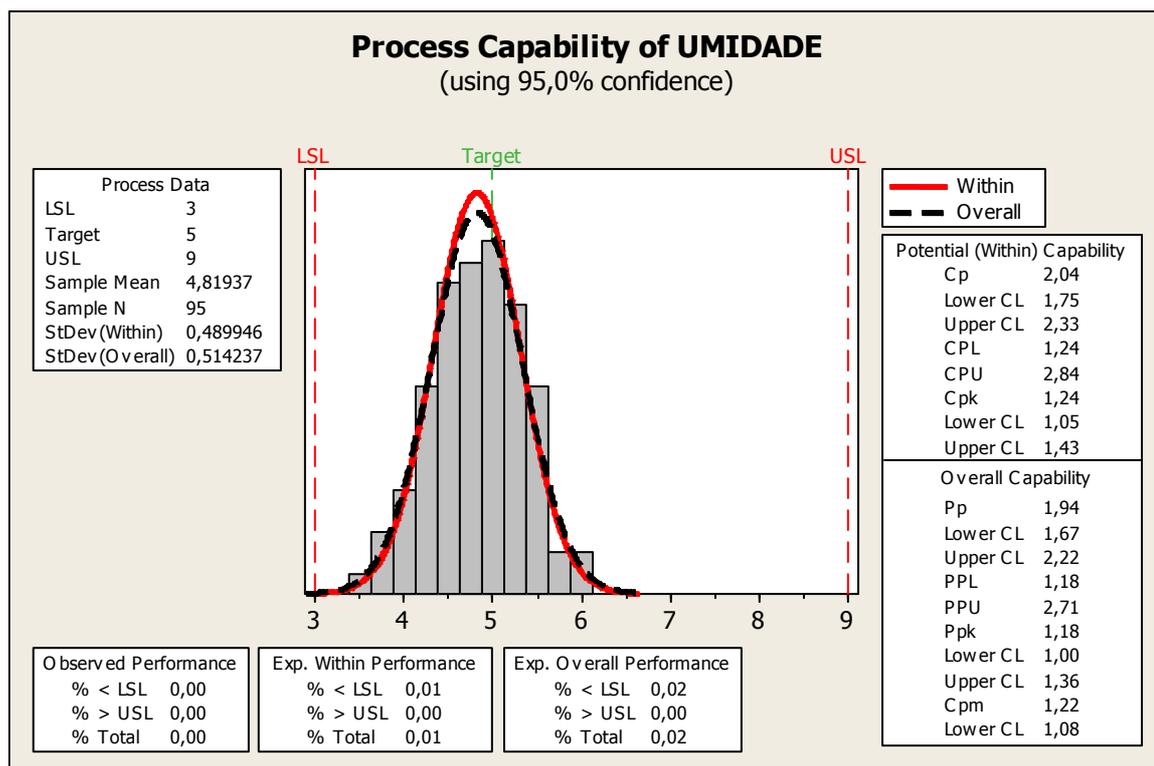


Figura 28– Análise da Capacidade das prensas – Umidade – Agosto

4.2.4.3 Análise da Capacidade do Processo das Prensas – SETEMBRO

A partir da análise da capacidade do teor de óleo da torta de algodão, Figura 29, constatou-se que o processo não é capaz de atender às especificações do cliente, do período de 01/09/2010 a 29/09/2010. Sendo necessária uma redução na variabilidade do teor de óleo da torta de algodão.

Com isso, esse processo encontrar-se descentrado ($C_{pk} < C_p$) e em análise instável.

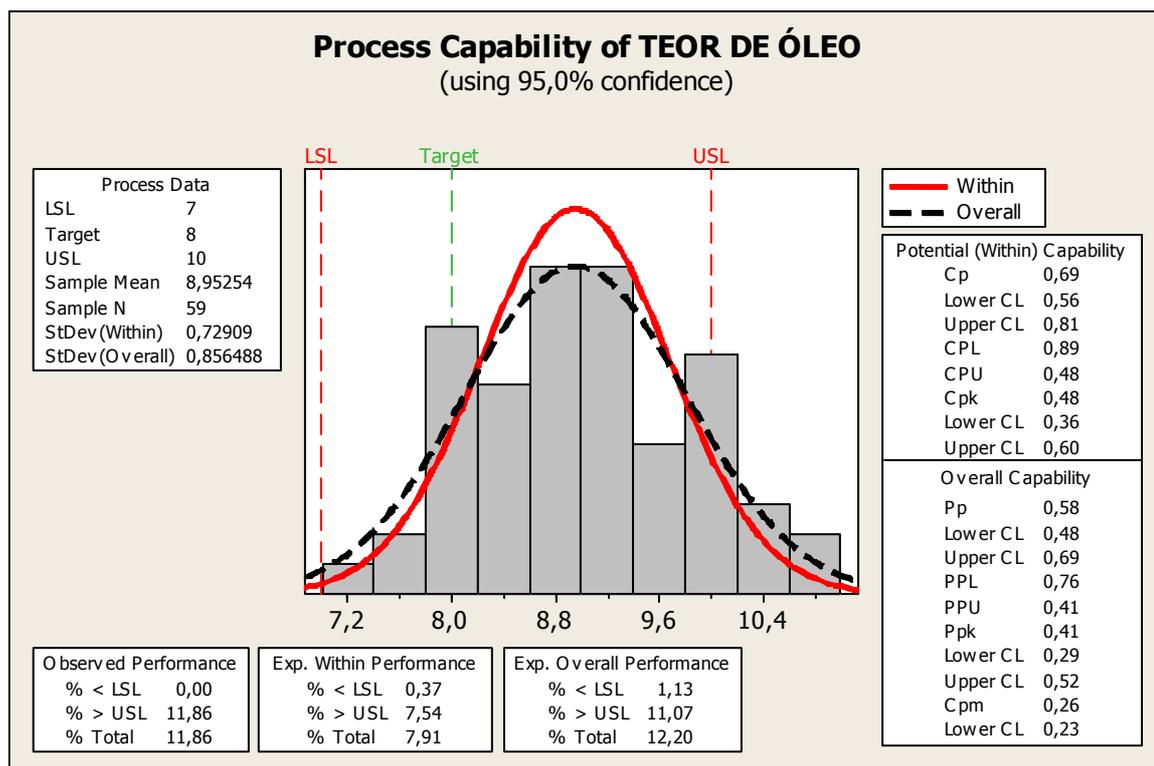


Figura 29– Análise da Capacidade das prensas – Teor de Óleo – Setembro

Através da análise da capacidade da unidade da torta de algodão, Figura 30, do mês de setembro constatou-se que o processo é capaz e atende às especificações do cliente. Porém o valor de Cpk é menor que o valor de Cp, indicando um processo descentrado. Com isso, o estudo de capacidade realizado representa os dados históricos do processo, não podendo ser usado para fins de previsões futuras

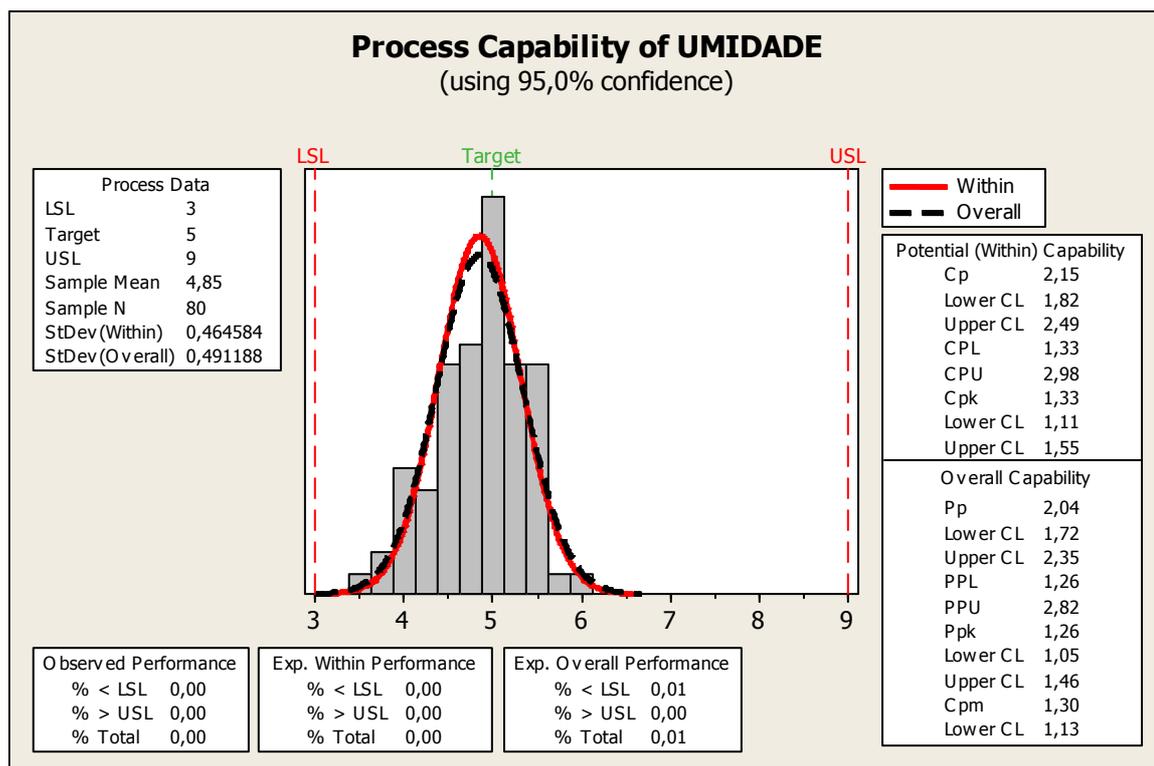


Figura 30– Análise da Capacidade das prensas – Umidade - Setembro

Através dos índices de capacidade e capacidade desses três meses, foram elaboradas as Figuras, 31 e 32, com o propósito de analisar suas variações em relação às variáveis estudadas, teor de óleo e umidade do processo das prensas.

Observou-se que em relação ao Cpk e o Cp da variável teor de óleo, visualizada na Figura 31, seus valores sofreram pequenos acréscimos entre os meses de julho a agosto, reduzindo no mês seguinte, ou seja, através do Cpk foi possível observar que o processo não é capaz de atender às especificações do cliente. Considerado, dessa forma, como um processo que requer controle contínuo das operações, tanto pela fabricação quanto pelo controle da qualidade, visando evitar constantes descontroles e perdas devido a refugos, retrabalhos e paralisações.

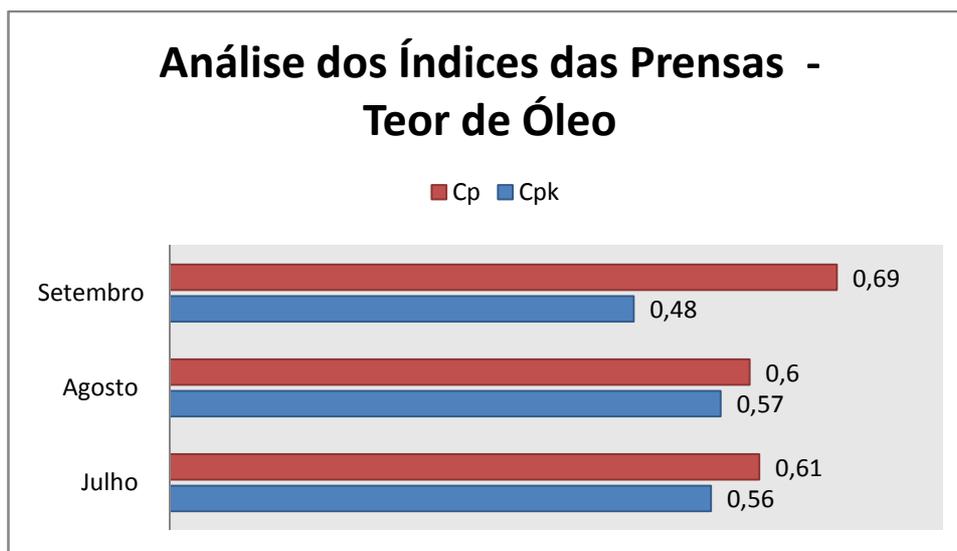


Figura 31 – Análise da Capacidade das prensas – Teor de Óleo

Já em relação ao Cpk e o Cp da variável umidade, visualizada na Figura 32, seus valores tiveram pequenas variações entre os meses de julho a agosto, ocorrendo um pequeno acréscimo no mês de setembro, ou seja, através do Cpk foi possível observar que o processo é capaz de atender às especificações do cliente. Considerado, dessa forma, como um processo relativamente confiável, em que os operadores do processo exercem controle sobre as operações, com auxílio do controle da qualidade que monitora e fornece informações para evitar a deterioração do processo que requer controle contínuo das operações.

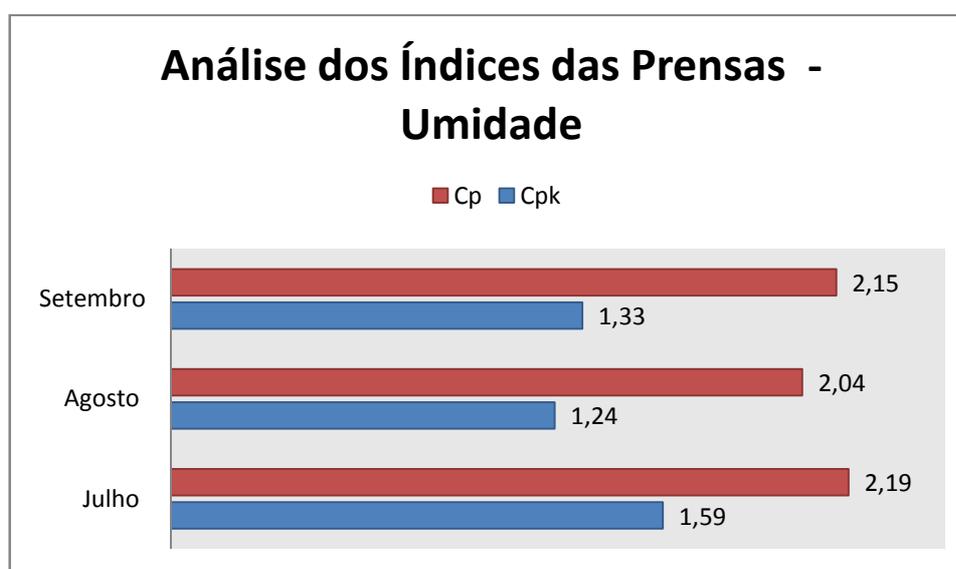


Figura 32 – Análise da Capacidade das prensas – Umidade

5 Conclusões e Recomendações

A pesquisa realizada, apoiada pela revisão bibliográfica, permitiu descrever e analisar os processos existentes na empresa Icofort Agroindustrial LTDA. Bem como, aplicar ferramentas estatísticas, como as cartas de controle individuais e da Média Móvel Exponencialmente Ponderada, e realizar análise de variância e da capacidade do processo.

Este capítulo aborda os resultados dessa pesquisa, apresenta os fatores que a limitaram e sugere recomendações para outros trabalhos.

5.1 Conclusões

Com auxílio da análise de variância realizada com a origem do óleo bruto comprado e com as fazendas de origem do caroço de algodão, é possível sugerir aos gestores uma melhor opção sobre a de tomada de decisão no momento da compra dessas matérias primas, pelo fato que já se sabe quais as origens e fazendas que apresentam uma melhor ou pior qualidade relacionada às características estudadas pelo controle de qualidade.

Através da utilização das cartas de controle individuais e das médias móveis exponencialmente ponderadas, foi possível observar que todos os processos estudados encontram-se fora do controle estatístico, apresentando causas especiais que necessitam ser identificadas, avaliadas e removidas dos processos para proporcionar uma redução na variabilidade dos processos, o que consequentemente, contribuirá para a redução dos custos de produção, aumento da produtividade e melhoria da qualidade.

Pela observação e análise dos resultados obtidos, a utilização destes gráficos de controle para monitorar e analisar os processos produtivos no setor agroindustrial apresentou-se como uma ferramenta de uso essencial para fundamentar a tomada de decisão.

Já na análise de capacidade dos processos das prensas em relação ao teor de óleo, apresentou como processo incapaz em atender as especificações, bem como, possui um processo descentrado e em análise instável. No entanto, centrar o processo não é suficiente para torná-lo capaz; também é necessário reduzir as causas comuns de variabilidade incidentes sobre o processo. Ao contrário da análise de capacidade do processo das prensas em relação à umidade, que apresentou como um processo capaz de atender as especificações, porém o processo apresentou descentrado, como no estudo realizado com a variável teor de óleo.

No caso da capacidade do processo das prensas em relação à variável umidade que se apresentou como capaz, mas instável, isso significa que é capaz de fornecer produtos de acordo com as especificações. Entretanto, em um determinado momento ele passa a apresentar instabilidade que pode resultar em produtos inaceitáveis. Assim, pode ocorrer porcentagem de produtos fora das especificações, devido às variações que ocorrem em decorrência de causas comuns agindo no processo. Essas causas, porém, podem ser identificadas e eliminadas pelas pessoas envolvidas diretamente no processo, utilizando-se de técnicas de análise e solução de problemas como o Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa-e-Efeito.

A partir desses conceitos, este trabalho buscou destacar a importância de se ter um controle estatístico de processos e a partir dele poder controlar o processo de forma a atender às necessidades da empresa bem como a satisfação de seus clientes. Também foi possível observar que o sucesso da implantação de ferramentas como o controle estatístico de processos, está diretamente vinculado ao comprometimento de todos os membros da equipe sempre focados em um único objetivo que é a satisfação de seus clientes e o cumprimento da missão da empresa e suas metas.

Com isso, o sucesso do controle estatístico de processos depende de vários fatores. Dentre eles, destacam-se o apoio total da gerência, treinamento, desenvolvimento do quadro de funcionários, comprometimento das pessoas envolvidas nos processos, e principalmente, tomada de ações corretivas na ocorrência de causas especiais.

5.2 Recomendações

5.2.1 Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se:

- Implantar na empresa Icofort Agroindustrial LTDA o Controle estatístico do Processo, através das seguintes etapas, sugeridas por Montgomery (2004): definição do projeto, planejamento da implantação do CEP, treinamento, implantação efetiva, acompanhamento e consolidação;
 - A etapa de definição do projeto envolve a definição dos objetivos, cronograma, equipe de trabalho e lançamento do projeto.
 - A etapa de planejamento da implantação envolve o desdobramento da qualidade e dos processos, direcionamento das ações, identificação dos postos de controle e variáveis a serem monitorados em cada posto de trabalho, definição dos critérios de classificação dos produtos (filtros), detalhamento dos parâmetros e características de qualidade do processo, definição do procedimento de coleta de dados, avaliação do sistema de medição, definição das responsabilidades, além da definição da documentação necessária.
 - A etapa de treinamento envolve gerentes, supervisores e operadores, e contempla duas etapas, uma teórica e outra prática, baseado no uso de software.
 - A etapa de implantação efetiva envolve o início do monitoramento e cálculo dos limites de controle.
 - A etapa de acompanhamento e consolidação envolve a identificação de possíveis melhorias nos processos produtivos.
 - A sequência de etapas apresentadas para a implantação do controle estatístico de processos pode auxiliar a empresa na busca da satisfação do cliente através da otimização de seus processos, garantia de qualidade de seus processos produtivos e, com isso, qualidade dos produtos manufaturados.

- Organizar procedimentos para atuar no tratamento de anomalias (causas especiais) e gerenciamento de planos de ação (causas comuns), encontradas nas cartas de controle;
- Estudos de outras técnicas e ferramentas de otimização para processos contínuos, como, por exemplo, o projeto de experimentos e as técnicas de otimização multivariada.
- Aplicar as outras seis ferramentas do CEP, que contemplam o uso de histogramas, folhas de controle, gráfico de Pareto, diagrama de causa-e-efeito, diagrama de concentração de defeito e diagrama de dispersão. Com o objetivo de analisar o processo sob o ponto de vista de identificar a causa de sua variabilidade, buscando evidências a partir de resultados obtidos após o uso adequado de cada uma delas.
- Não se pode esquecer que a aplicação de técnicas estatísticas necessita sempre de um aprendizado contínuo, pois a partir do momento que se conhece o processo, a ele associa-se o esforço para a implantação de ferramentas que trarão melhoria, e o resultado é a obtenção de resultados que contribuem para o sucesso do projeto.

5.2.2 Sugestões para Icofort

Tendo em vista o enfoque da melhoria contínua, salienta-se o benefício que um estudo estatístico mais aprofundado e com utilização de mais ferramentas do CEP, trará para esta empresa. Recomenda-se que sejam avaliados mais pontos críticos no processo de produção, medindo-se também os custos relacionados com os pontos escolhidos, procurando a otimização destes e fazendo a relação custo/benefício exceder as expectativas da empresa.

A empresa deve implantar o controle estatístico de processo, a princípio em uma de suas linhas de produção, e depois estender para todas suas linhas de produção.

Começando por desenhar os processos e subprocessos, definindo as entradas e saídas, e as relações entre eles, depois avaliar o sistema de medição

adequando-o às necessidades do processo, para que produzam amostras significativas e aleatórias. As ferramentas que podem ser utilizadas são: estatística básica, análise do sistema de medição, cálculo da capacidade do processo e ferramentas estatísticas básicas.

Após esse trabalho preliminar, devem-se analisar os dados coletados com ferramentas estatísticas, identificando as causas óbvias e não óbvias, ou seja, causas comuns e especiais. Para esta análise, devem-se utilizar as ferramentas: gráficos de controle por variáveis e atributos, CEP para lotes pequenos.

Sabe-se que, *a priori*, esta metodologia parece complicada, mas com dedicação de todos, treinamento, o desejo de melhorar sempre e a possibilidade de aumentar significativamente os lucros, ela se tornará simples.

REFERÊNCIAS

ALVES, Custodio da Cunha. **Gráficos de Controle CUSUM: um enfoque dinâmico para a análise estatística de processos**. 2003. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

ANGELONI, Maria T. **Elementos intervenientes na tomada de decisão**. São Paulo: Atlas, 2003, v. 32, p. 17-22.

ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestres. **Programa Ferrovia Brasil Central**. Brasília, 2005.

BETERSFIELD, D.H. **Qualidade e seus processos produtivos**. 1986.

BREWER, Robert F. **Design of Experiments for Process Improvement and Quality Assurance**. Norcross: Engineering & Management Press, 1996.

CARNEIRO, NETO W. **Controle estatístico de processo - CEP**. Recife, 2003.

CATEN, C. S. **Método de Otimização de Produtos e Processos Medidos por Múltiplas Características de Qualidade**. 1995. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

CERVO, A. L. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2007.

COSTA, Antonio Fernando Branco et al. **Controle Estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 2005.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Estatística sem Matemática para Psicologia: usando PSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DERBA. **Elaboração do Macrozoneamento Agroecológico do Oeste Baiano**. Governo da Bahia, Secretaria de Infra-estrutura de Transportes. Salvador, 2005.

DIAS, José Alan. A Conquista do Oeste. **Jornal Valor Econômico, Valor Especial**. Bahia, 2004.

FALCÃO, Antônio Sérgio Galindo. **Diagnóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - UFRGS.

FARIA, Evandro de Paula et al. O CEP como ferramenta de melhoria de qualidade e produtividade nas organizações. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

FREUND, J.; SIMON, R. E. **Modern Elementary Statistics**, 9 ed. New York: Prentice-Hall, 1997.

GOMES, L.F.A.M.; ALMEIDA, A.T., **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo : Atlas, 2002.

GRANT, E.L; LEAVENWORTH, R.S. **Statistical Quality Control**, 7th Ed. New York: McGraw-Hill, 1996.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de soja cai 4,56% em 2004, mas Brasil ainda é segundo maior produtor mundial**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=498>. Acessado em: 08 set. 2010.

ICOFORT. Vai inaugurar refinaria em Juazeiro. **Valor Econômico**, São Paulo, 2005.

ICOFORT. **Torta de Algodão e Óleo de Algodão**. Disponível em: <<http://www.icofort.com.br>>. Acessado em: 22 abr.2010.

ISHIKAWA, K. **Guide to Quality Control**. Tokyo: Asian Prod. Organization, 1990.

LEANDRO, Flávio Luís. **A utilização da estatística como ferramenta na tomada de decisão: Estudo de caso em uma indústria de base**. 2008. Monografia (especialização) - Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF.

LEITE, Cesar Eduardo; JUNIOR, Daudt Vitorio. A utilização estatística na tomada de decisão gerencial. In: IV CONGRESSOS DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2006.

MARGUERON, Marcus Vinicius Lourenço. **Processo de tomada de decisão sob incerteza em investimentos internacionais na exploração e produção de petróleo: uma abordagem multicritério**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ.

MIGLIOLI, A. M. **Tomada de decisão na pequena empresa: Estudo multi caso sobre a utilização de ferramentas informatizadas de apoio à decisão**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo - USP.

MINITAB. **Methods and Formulas**. MINITAB Programa Estatístico, versão 15 para Windows, Pennsylvania: State College, 2003.

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

MOOD, A.F. et al. **Introduction to the Theory of statistics**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 1974.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 1 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PANORAMA SETORIAL. **A Retomada do Algodão 2005**. Disponível em: <<http://www.panoramasetorial.com.br>>. Acessado em: 22 maio. 2010.

PINTO, TJA. et al. **Controle biológico de qualidade de produtos farmacêuticos, correlatos e cosméticos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

PIRES, Verônica Tassinari. **Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

PITT, H. **SPC for rest of us: a personal path to Statistical Process Control**. Massachusetts: Addison-Wesley, 1994.

REIS, Marcelo Menezes. **Um modelo para o ensino do controle estatístico da qualidade**. 2001. 51 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

CATEN, Carla; RIBEIRO, José Luís Duarte. **Controle Estatístico de Processos**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

ROSS, S. **A First Course in Probability**. 3 ed. New York: Mac Millan College, 1994.

SLACK, Nigel. et al.. **Administração da Produção**. Edição Compacta. São Paulo: Atlas, 1997.

SOMMER, W. A. **Avaliação da qualidade**. Apostila da disciplina de Avaliação da Qualidade. Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

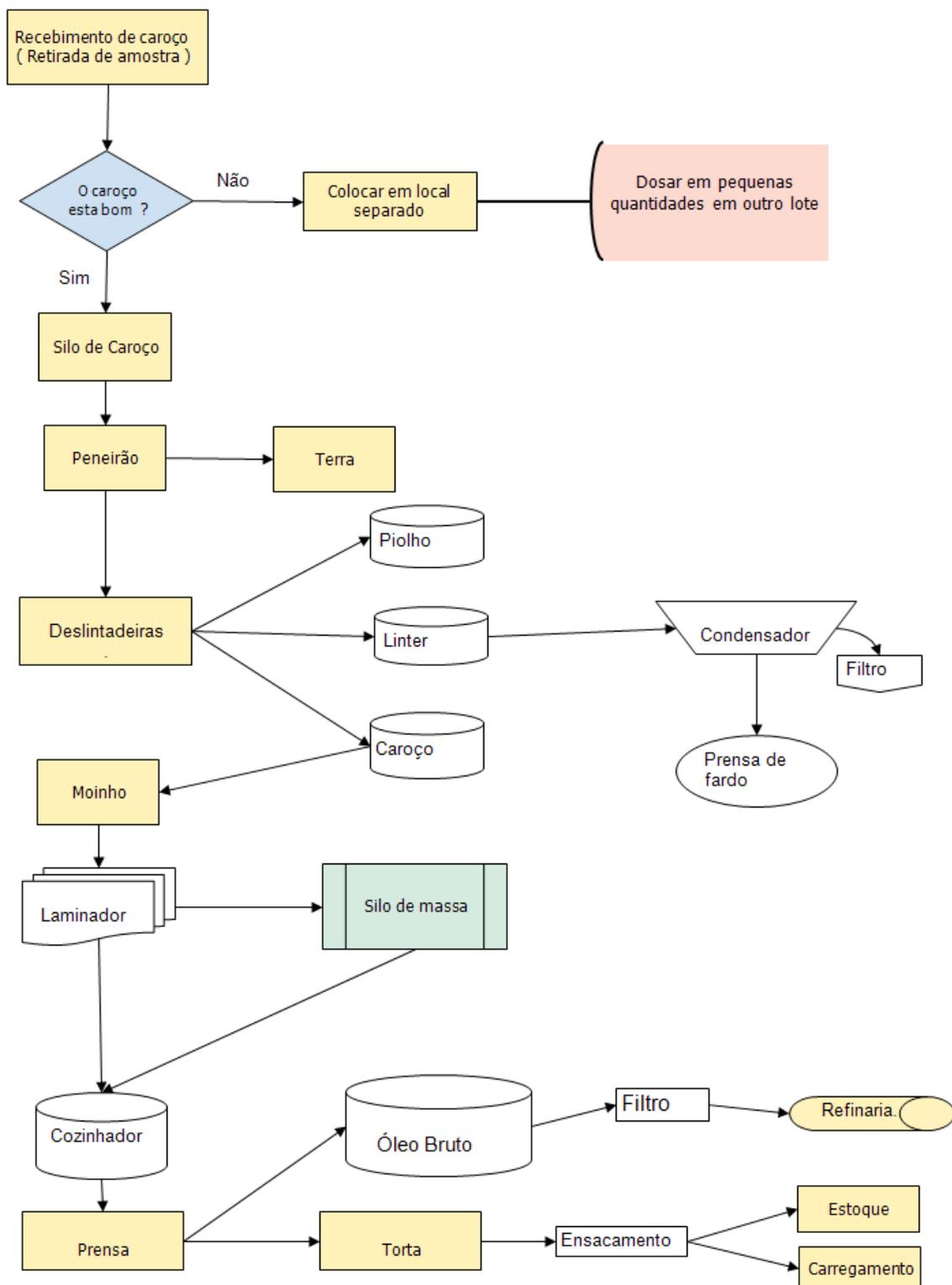
SPÍNIOLA, Vera; XAVIER, Marcelo. **Desafios ao Fortalecimento da Cadeia do Algodão: o Caso da Região Oeste**. Salvador, 2005.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. São Paulo: Bookman, 2004.

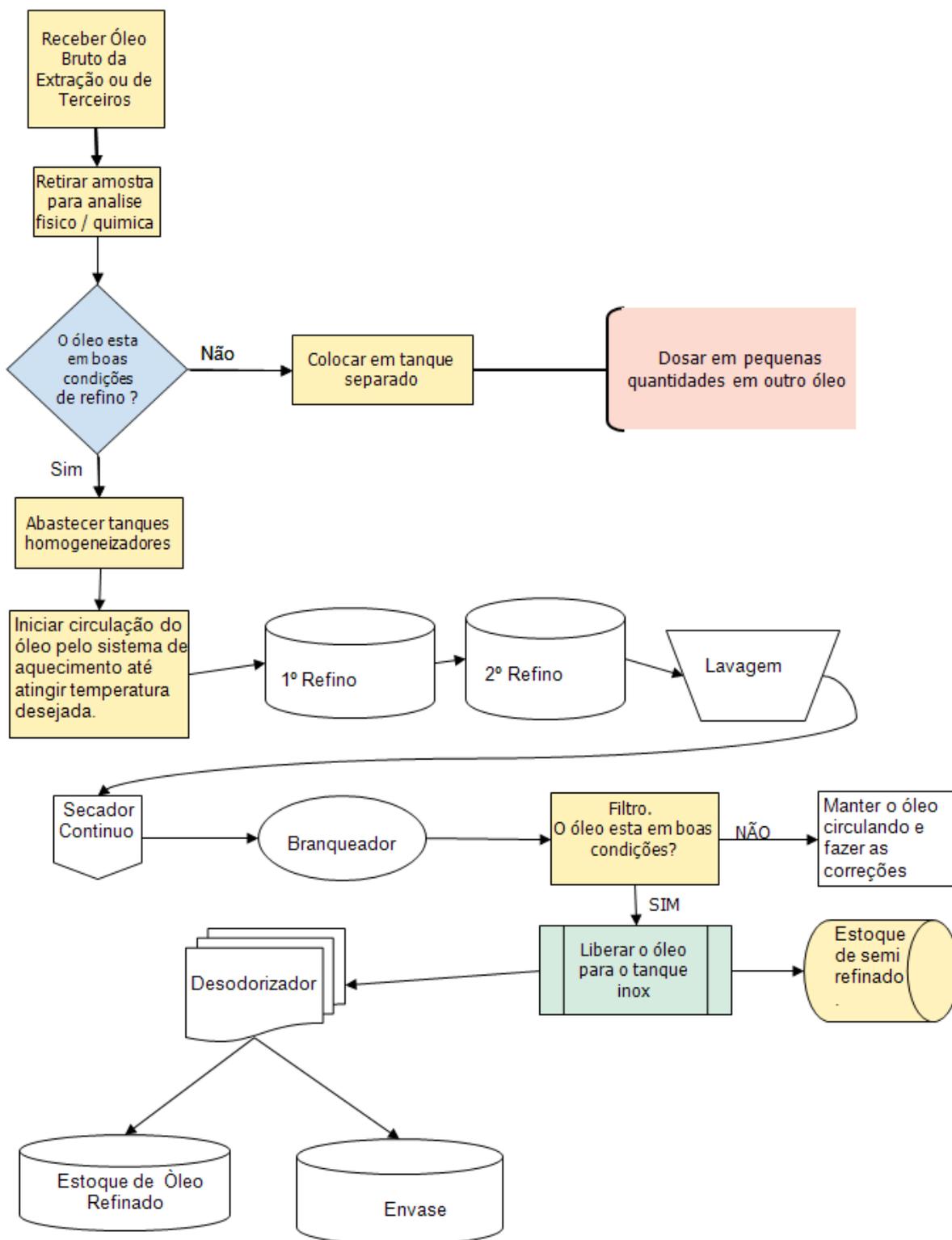
Anexos

ANEXO A – Fluxograma da Extração



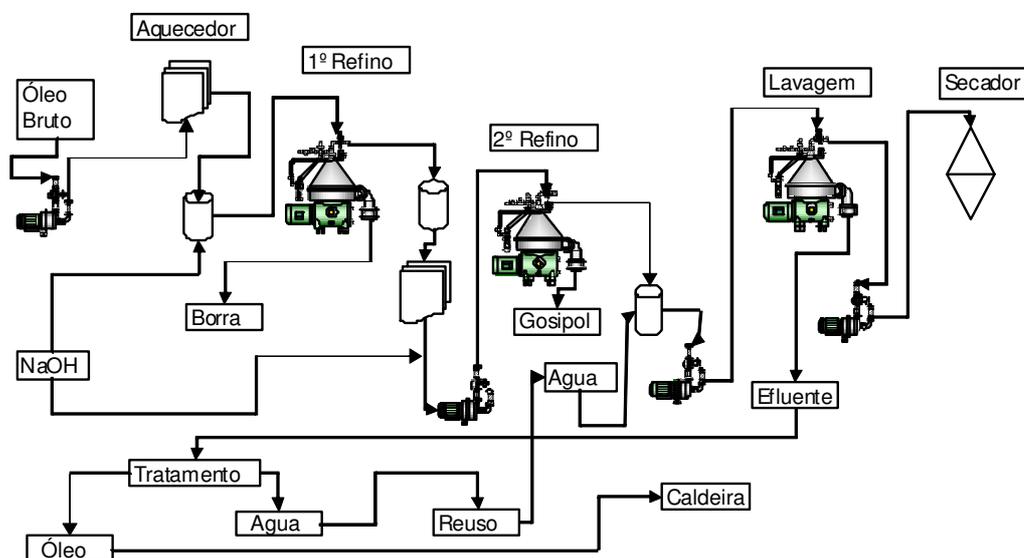
Fonte: Icofort, 2010.

ANEXO B – Fluxograma da Refinaria



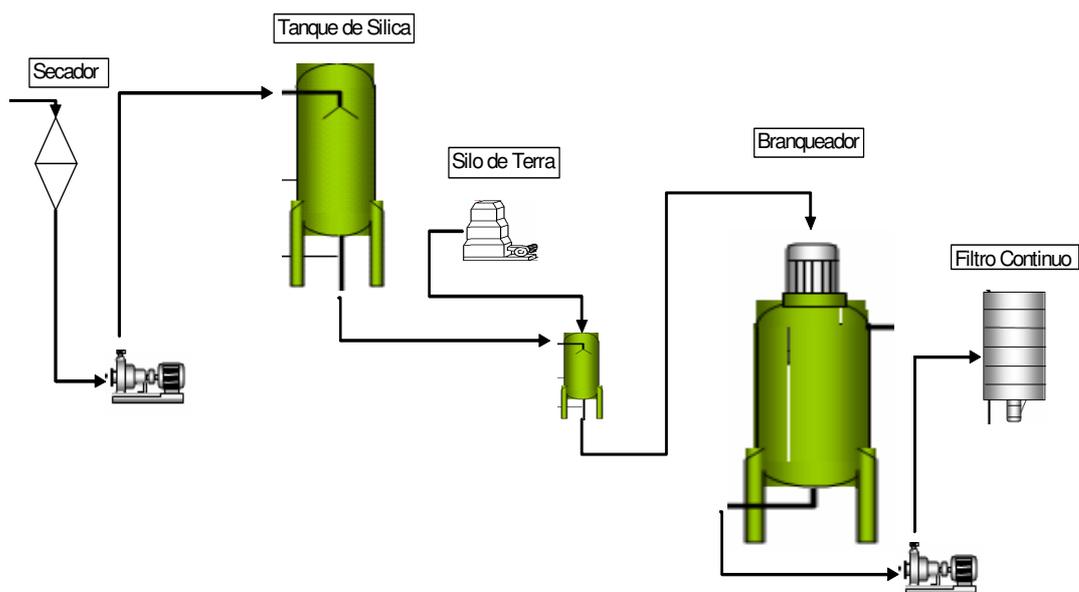
Fonte: Icofort, 2010.

ANEXO C – Fluxograma da Neutralização



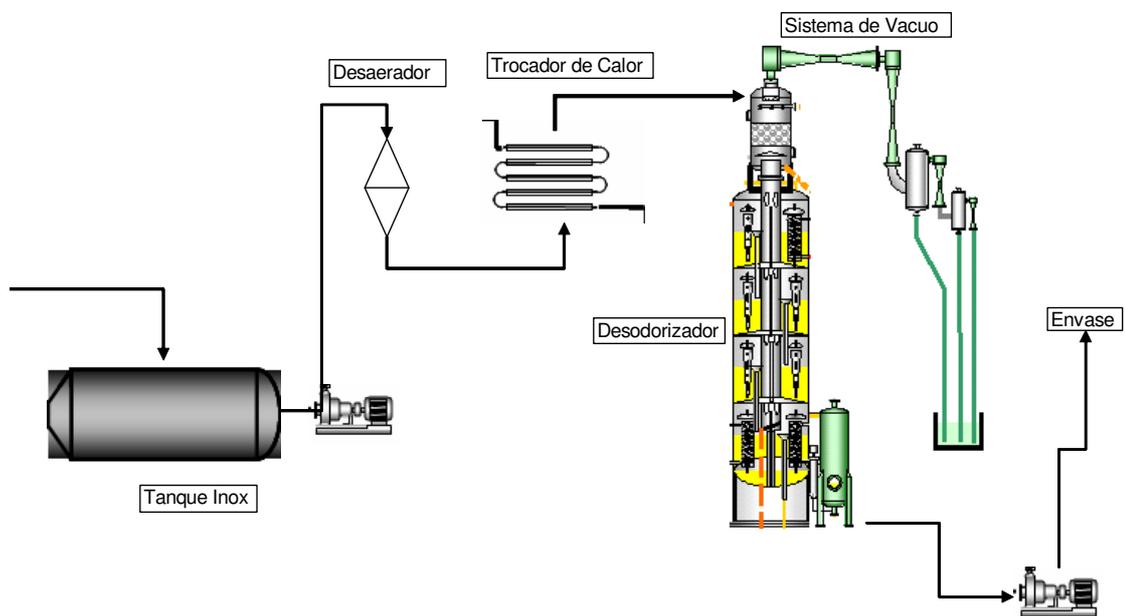
Fonte: Icofort, 2010.

ANEXO D – Fluxograma do Branqueamento



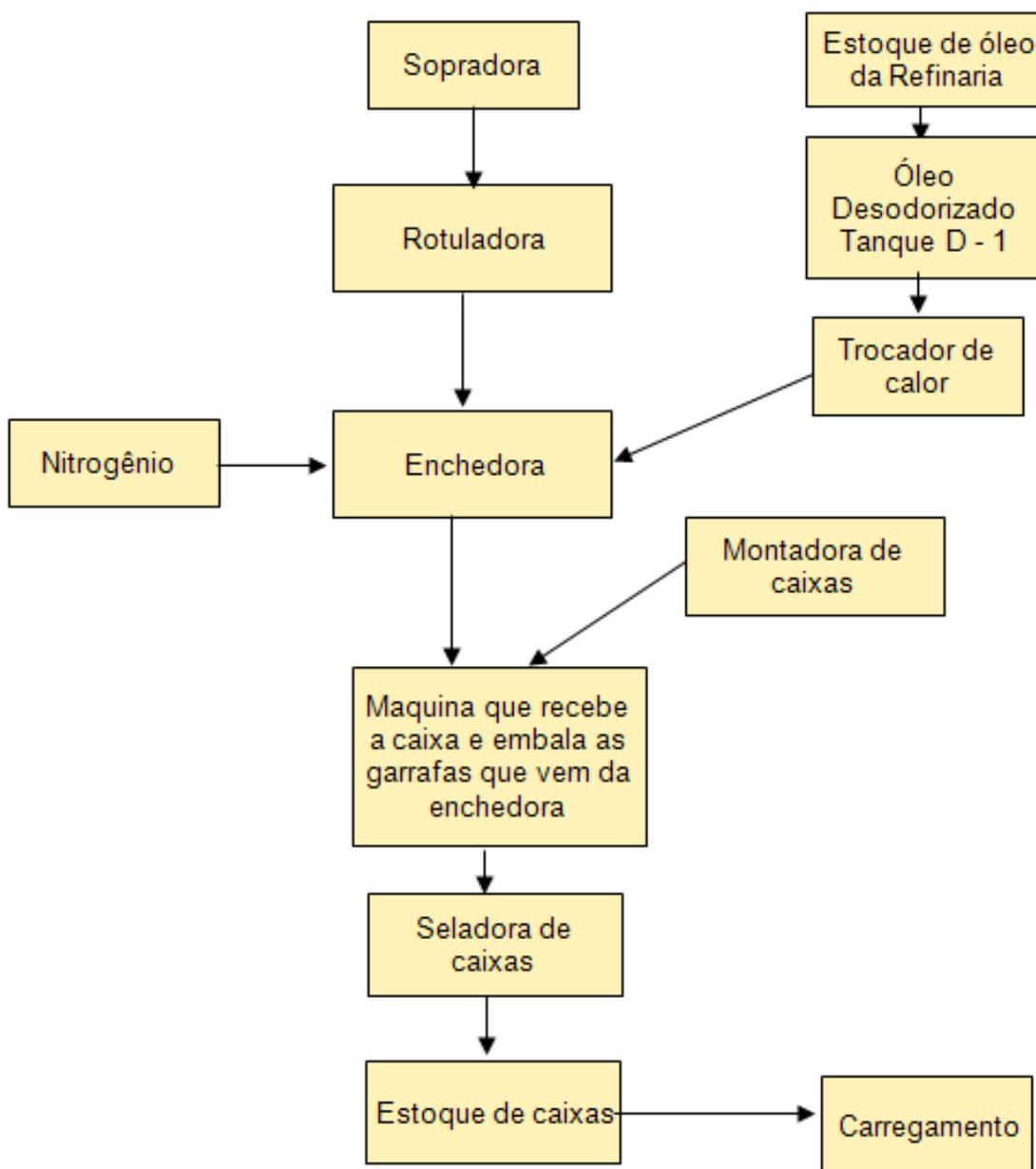
Fonte: Icofort, 2010.

ANEXO E – Fluxograma da Desodorização



Fonte: Icofort, 2010.

ANEXO F – Fluxograma do Envase



Fonte: Icofort, 2010.

ANEXO G – Tabela Padrão para Deságio, utilizado pela Icofort

	TABELA PADRÃO PARA DESÁGIO	TPD 001 DATA 06/08/05
	ÓLEO BRUTO DE ALGODÃO	Revisão 03 Folha 1 de 1

Acidez	Cor																									
	394	420	446	473	499	525	551	578	604	630	656	683	709	735	761	788	814	840	866	893	919	945	971	998	1024	1050
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9
1,5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9
2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9
2,5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9
3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9
3,5	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10
4	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11
4,5	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12
5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13
5,5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14
6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	8	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15
6,5	7	7	7	7	7	7	7	8	8	9	9	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16
7	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17
7,5	9	9	9	9	9	9	9	10	10	11	11	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18
8	10	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19
8,5	11	11	11	11	11	11	11	12	12	13	13	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20
9	12	12	12	12	12	12	12	13	13	14	14	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21

IMPUREZAS	
%	Desc.
1	0
1,5	1
2	2
2,5	3
3	4
3,5	5
4	6
4,5	7
5	8
5,5	9
6	10
6,5	11
7	12
7,5	13
8	14
8,5	15
9	16

Esta tabela foi elaborada seguindo os seguintes padrões:

- 1 - Desconto padrão de 2% para cada ponto acima da acidez especificada.
- 2 - Será aplicado o desconto no pagamento do óleo em porcentagem de acordo com a tabela acima
- 3 - Caso a impureza esteja acima de 1% utilizar tabela auxiliar a esquerda e acrescentar no desconto
- 4 - O calculo de desconto em relação a cor foi baseado na tabela a direita.

■ Faixa verde = Óleo dentro do padrão
■ Faixa Amarela = Óleo onde o deságio faz a compensação do aumento da perda
■ Faixa Vermelha = Óleo sujeito a ser recusado (Custo deve ser revisto)

COR	Desc.
420	0%
446	0%
473	0%
551	0%
604	1%
630	2%
656	2%
709	2%
735	3%
761	3%
788	4%
814	4%
840	5%
893	6%
945	7%
998	8%

Fonte: Icofort, 2010.