UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JULIANA HASTENREITER MUCIDAS

APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE LEITE UHT EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

JUIZ DE FORA
2010

JULIANA HASTENREITER MUCIDAS

APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE LEITE UHT EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientadora: DSc. Roberta Rezende Zagha
Co-Orientador: MSc. Fernando Luiz Cyrino Oliveira

JUIZ DE FORA
2010

JULIANA HASTENREITER MUCIDAS

APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO NO ENVASE DE LEITE UHT EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 11 de novembro de 2010.

BANCA EXAMINADORA

_____

Roberta Resende Zagha, D.Sc.
Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Fernando Luiz Cyrino Oliveira, M.Sc.
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

_____

Thais Cristina Pereira Ferraz, M.Sc.
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me dar forças ao longo de minha caminhada, me fazendo ter a certeza de que Ele está ao meu lado, abençoando minha vida e me orientando.

À minha orientadora, Roberta Resende Zagha, pela atenção e disponibilidade. Agradeço pelo carinho e por nunca ter hesitado em me auxiliar.

Ao meu co-orientador, Fernando Luiz Cyrino Oliveira, que foi duplamente meu veterano e que sempre me ensinou a acreditar naquilo que sou capaz. Agradeço pelos conhecimentos que me proporcionou, pela dedicação e carinho.

À professora Thais Cristina, que influenciou na escolha deste tema e pela disposição de sempre me ajudar e auxiliar na elaboração deste trabalho.

Ao professor Roberto Malheiros, pela presteza e atenção.

Aos demais professores da UFJF do curso de Engenharia de Produção, com quem tive oportunidade de conviver e aprender.

À minha mãe, por ter me tornado quem sou hoje, pelo amor, pelos princípios e valores que me ensinou dignamente.

Ao meu pai, pelo companheirismo, paciência, amor e carinho.

Ao Rogerinho, pelas palavras sábias e amigas e pelo conforto nos momentos difíceis.

Ao Vi, meu namorado, amigo, companheiro e fundamental em minha vida. Agradeço pelo incentivo, por sempre acreditar em mim, pela paciência com que suportou meus momentos de ausência nas horas que dediquei a este trabalho.

À Eloá, mais que uma grande amiga, pelos conselhos que sabiamente consegue me passar.

À Vanessa, pela amizade e pela contribuição ao meu trabalho.

À Melk e à Marina, pelo equilíbrio que me proporcionam, pela amizade que há de perdurar e pelo amor.

Aos amigos e colegas da EPAMIG, em especial ao Nelson, Luzia e Cida pela confiança e auxílio.

A todas as pessoas que não foram nominalmente mencionadas, mas que de alguma forma contribuíram para viabilizar este trabalho.

RESUMO

Na busca por maior qualidade na obtenção de produtos e serviços, o controle estatístico do processo (CEP) apresenta benefícios na sua utilização, possibilitando avaliação eficiente e monitoramento do processo. O presente trabalho apresenta uma análise de verificação do atual estado do processo de envase de fabricação de leite longa vida, através da utilização dos conceitos e ferramentas do controle estatístico do processo, sobretudo dos gráficos de controle. O intuito desta pesquisa é determinar o comportamento do sistema produtivo de uma indústria de laticínios, no que diz respeito ao envase de leite longa vida, monitorando a variável de controle "peso de leite" existente no interior das embalagens, de forma a criar subsídios que fundamentem a tomada de decisões. Para tal, realizou-se um estudo do referencial teórico disponível, a fim de observar os principais aspectos sob os quais o assunto pode ser explorado, bem como as principais aplicações e restrições. Foram descritos ainda, o processo de envase de leite UHT, bem como questões relacionadas à legislação que preconiza parâmetros para este tipo de produto. O estudo utiliza gráficos de controle do tipo amplitude-média, analisa a capacidade do processo, além de verificar a normalidade dos dados - preceito este que é fundamental para a utilização de tais ferramentas. A análise foi estratificada inicialmente por máquinas e, depois, por turnos. Para as três máquinas de envase analisadas, o processo mostra-se incapaz e duas máquinas apresentam processos fora de controle. Com relação aos turnos, o da madrugada apresenta comportamento muito particular em relação aos demais, sendo suspeito de realizar a coleta de dados de maneira não representativa. Apesar do processo não ser capaz e não estar sob controle para duas das três máquinas, a empresa atende aos requisitos da legislação. Os resultados orientam que há necessidade da empresa priorizar suas ações na máquina de maior capacidade de envase e no turno da madrugada, que são os pontos mais críticos do processo. Todavia, o sistema de manutenções das máquinas e a atuação dos turnos devem sofrer intervenções, pois, de maneira geral, o processo não é satisfatório.

Palavras-chave: Controle Estatístico da Qualidade. Gráfico de Controle. Indústria de Laticínios.

ABSTRACT

In the search for higher quality in obtaining products and services, the statistician control of the process (SCP) has benefits in its use, allowing efficient assessment and monitoring process. This work presents an analysis of the current state of the filling process for manufacturing long-life milk, using the concepts and tools of statistician process control, especially of control charts. The purpose of this research is to determine the behavior of the production system of a dairy industry, as regards the filling of long life milk, monitoring the control variable “weight milk" that exists inside the package in order to create subsidies that substantiate the decision-making. To achieve this aim, we carried out a study of the available theories in order to observe the main aspects under which the subject can be explored, as well as its main uses and restrictions. The filling process of UHT milk and the legislation that recommend parameters for this type of product were described. The study uses control charts of the mean and range type, checks the capability of the process and the normality of the data - precept that is fundamental to the use of such tools. Initially, the analysis was stratified by machines and then by turns. For the three filling machines that were analized the process proves unable and in two machines presents processes out of control. In relation to the turn, the dawn is behaving very particular in relation to others and, in this time, is suspected to carrying out the data collection so as not represent the reality. Although the process is not able and not being in control in two of three machines, the company meets the requirements of the legislation. The results guide the company to prioritize its actions on the machine with greater capacity of filling and it should be do at dawn, which are the most critical points of the process. However, the system of maintenance of machines and the atuation of the turn must suffer interventions, because, in general, the process is not satisfactory.

Key words: Statistician quality control. Chart control. Dairy industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção 17
Figura 2 - Esquema para condução de estudo de casos..... 19
Figura 3 - Causas atribuíveis e aleatórias de variabilidade 29
Figura 4 - Exemplos de Gráfico de Controle. (a) Processo sob controle. (b) Processo fora do Controle..... 30
Figura 5 – Mercado de Leite Longa Vida no Brasil - 1992/2006 (em 1.000.000 de litros) 42
Figura 6 - Fluxograma de fabricação de leite UHT..... 47
Figura 7 – Camadas da embalagem de leite longa vida 49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Teste da normalidade Kolmogorov-Smirnov 52
Gráfico 2 – Valores individuais para as médias por máquinas 56
Gráfico 3 – Histograma agrupado 57
Gráfico 4 – Run Chart - Máquina 1 59
Gráfico 5 – Carta de controle ($\bar{X}$ -R) – Máquina 1 59
Gráfico 6 – Run Chart – Máquina 2 61
Gráfico 7 – Carta de Controle ($\bar{X}$ -R) – Máquina 2 61
Gráfico 8 – Run Chart – Máquina 3 62
Gráfico 9 – Carta de Controle ($\bar{X}$ -R) – Máquina 3 63
Gráfico 10 – *Boxplot* para Máquinas 1, 2 e 3 – Estratificação por turnos 64
Gráfico 11 – Análise de capacidade de processo – Máquina 1 70
Gráfico 12 - Análise de capacidade de processo – Máquina 2 71
Gráfico 13 - Análise de capacidade de processo – Máquina 3 72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Teste de normalidade para as médias dos processos por máquinas 54
Quadro 2 – ANOVA – Máquina 1 66
Quadro 3 – ANOVA – Máquina 2 67
Quadro 4 – ANOVA – Máquina 3 68
Quadro 5 – Interpretação do Índice Cpk 69
Quadro 6 – Análise de dados sob aspecto da legislação 73
Quadro 7 – Resumo de resultados 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Máximo admissível de erros 38
Tabela 2 – Tolerâncias individuais admissíveis para massa e volume 43
Tabela 3 – Critério para a média 44
Tabela 4 – Critério individual 44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 13
1.2 JUSTIFICATIVA 14
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 14
1.4 FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES 15
1.5 OBJETIVOS 16
1.6 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 17
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO 21

2 CONTROLE DA QUALIDADE DO PROCESSO 23

2.1 O CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP) SOB A ÓTICA DA QUALIDADE 23
2.2 A EVOLUÇÃO DO CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL 24
2.3 CONCEITOS BÁSICOS DO CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL 26
2.4 CONTROLE ESTATISTICO DO PROCESSO (CEP) 27
2.5 CONCEITOS BÁSICOS DO CEP 28
2.6 GRÁFICOS DE CONTROLE 29
2.7 TIPOS DE GRÁFICOS DE CONTROLE 31
2.8 INSPEÇÃO E AMOSTRAGEM 33
2.9 CAPACIDADE DE PROCESSOS 34
2.10 A APLICAÇÃO PRÁTICA DO CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE 36

3 A INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS 40

3.1 ORIGEM DO LEITE UHT E SUAS PERSPECTIVAS NO MERCADO 41
3.2 CONJUNTURA ECONÔMICA DO SETOR DE LÁCTEOS, COM ÊNFASE NA PRODUÇÃO DE LEITE UHT 41
3.3 LEGISLAÇÃO PERTINENTE 43

4 O CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP) NO PROCESSO DE ENVASE DE LEITE UHT 45

4.1 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE 45
4.2 PROCESSAMENTO DO LEITE UHT 46
4.3 AMOSTRAGEM 50
4.4 ANÁLISE DO PESO DA CAIXA DE LEITE UHT 51
4.5 TESTE DA NORMALIDADE DA VARIÁVEL 51
4.6 ANÁLISE DOS DADOS 55
4.7 ANÁLISE DOS DADOS SOB O PONTO DE VISTA DA LEGISLAÇÃO 72
4.8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 74

5 CONCLUSÕES 78

REFERÊNCIAS 81

ANEXOS 84

1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos produtos e serviços consumidos é um fator que caracteriza cada vez mais um fator competitivo no mercado, possibilitando que as organizações possuam vantagens em relação às outras. A garantia da qualidade tem sido, por isso, buscada incessantemente pelas empresas que visam a sua sustentação no mercado com diferenciais que possam conquistar os clientes.

Sob este aspecto, o Controle Estatístico do Processo (CEP) apresenta-se como uma ferramenta capaz de possibilitar o monitoramento do processo para as variáveis de controle definidas, de forma que gráficos de controle auxiliam na visualização do comportamento do processo. O fundamento básico do CEP está calcado nos conceitos de variabilidade. Agregando-se ao conceito de variabilidade as diversas definições para qualidade, verifica-se um viés em comum que justifica a aplicação do Controle Estatístico do Processo. Segundo Carvalho e Paladini (2005), Crosby define qualidade como sendo conformidade às especificações. Se a variabilidade é alta e as especificações não são atendidas, a qualidade é um alvo cada vez mais distante.

O emprego do CEP, portanto, permite avaliar o processo e garantir maior confiabilidade no produto final obtido, além de possibilitar o melhoramento do processo, uma vez que os problemas que são identificados geram planos de ações que visam eliminar ou reduzir causas importantes de variabilidade no processo.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com o aumento da competitividade no mercado, as empresas necessitam cada vez mais oferecer produtos e serviços com qualidade crescente, sendo esta associada à redução de custos de maneira orientada. O Controle Estatístico do Processo ou CEP tem se caracterizado como importante ferramenta no que tange ao controle dos parâmetros de produção, possibilitando a manutenção da qualidade dos produtos obtidos através de processos controlados de forma mais eficiente. A ferramenta citada permite o controle através de tomadas de decisões embasadas em informações estatísticas.

> Uma vez que as variáveis importantes tenham sido identificadas e a natureza da relação entre elas e a saída do processo tenha sido quantificada, então uma técnica estatística on-line de controle de processo para o monitoramento e inspeção do mesmo pode ser usada com considerável eficiência. Técnicas tais como gráficos de controle podem ser usadas para monitorar a saída do processo e detectar quando são necessárias mudanças nas entradas para trazer o processo de volta a um estado sob controle (MONTGOMERY, 2004, p. 9).

1.2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento deste trabalho justifica-se pela carência das indústrias de laticínios quanto a ferramentas e técnicas estatísticas que permitam tomar decisões devidamente embasadas. Grande parte do setor de produção de leite e derivados ainda caracteriza-se por empreendimentos de cunho familiar e, na maioria das vezes, está desprovido de informações substanciais que possibilitem gerir o processo de maneira menos variável, com maior qualidade e reduzir custos provenientes de falhas no processo.

Segundo Montgomery (2004, p. 95), "O controle estatístico do processo (CEP) é uma poderosa coleção de ferramentas de resolução de problemas útil na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade através da redução da variabilidade".

A realização deste trabalho busca obter informações do atual estado de comportamento do processo de leite UHT de determinada indústria de leite e derivados, identificando os principais fatores causadores de alterações no processamento. Tem como benefícios a identificação de ferramentas aplicáveis a outras empresas do ramo que sejam capazes de controlar a produção de leite UHT de acordo com técnicas estatísticas, facilitando a tomada de decisões e gerando conhecimentos de qualidade para a área de sistemas de qualidade no setor de alimentos, já que este tipo de informação é limitada para o referido setor.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O âmbito do trabalho se limita ao setor de produção de leite UHT (*Ultra-High Temperature*), também conhecido como leite longa vida, de uma indústria de laticínios que atua na fabricação de uma extensa gama de produtos derivados do leite de vaca.

A análise será restrita quanto ao peso da embalagem de leite UHT produzida pela indústria, fator este que pode apresentar considerável variação, não se estendendo aos demais parâmetros do produto ou do processo que também apresentam relevante importância.

A delimitação do tema será embasada na aplicação do controle estatístico do processo, fazendo uso acerca da abordagem das ferramentas de controle estatístico da qualidade que podem ser empregadas no processo de obtenção de leite UHT, no intuito de gerar melhorias da qualidade neste setor. Serão identificados os principais fatores geradores de variabilidade no processo, de forma que seja possível minimizá-los ou mesmo, eliminá-los.

1.4 FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES

A possível variabilidade envolvida no processamento do leite UHT tem diversas causas, sobretudo técnicas. A seguir, serão levantadas algumas hipóteses de causas capazes de gerar impacto sobre a variável peso do leite, objeto de estudo. Tais hipóteses foram analisadas sob caráter técnico da fabricação de derivados lácteos, por se tratar de assunto extremamente específico, enfatizando os pontos que possuem maior capacidade de alterar o peso do leite na embalagem UHT.

O equipamento de processamento de leite UHT, que esteriliza e envasa o leite, requer ajustes periódicos que podem alterar o peso do leite dentro da embalagem. A troca de bobinas de embalagem, por exemplo, ocorre várias vezes durante o processo de fabricação, sem a necessidade de parada do equipamento. Ao realizar essa troca de bobina o equipamento demora um tempo para se ajustar, tanto que algumas embalagens já são descartadas pela máquina antes mesmo de ir para a esteira de produto. Assim, as primeiras embalagens após a troca de bobina de embalagem tendem a sofrer maior variação de peso. Além disso, a troca da bobina de fita de solda da embalagem ocorre da mesma forma e, em função da emenda, algumas embalagens são descartadas e as primeiras embalagens após essa troca de fita tendem a sofrer maior variação de peso enquanto há o ajuste dão equipamento de envase.

A princípio, a parada do equipamento, por qualquer motivo, também gera influência no peso de leite envasado. O operador pode necessitar parar a máquina por problemas antes do seu processo, por exemplo, problemas no esterilizador, no produto, entre outros. Problemas em sistemas após a etapa de envase asséptico também podem demandar paradas na linha, como problemas na máquina acumuladora de embalagens, no forno, na montagem de palets ou nas empilhadeiras.

Os ajustes da máquina de envase asséptico são cruciais para a quantidade de leite que estará presente nas embalagens. Por se tratar de um equipamento extremamente sensível, ajustes periódicos necessitam ser realizados pelo operador. Sempre que tais ajustes são realizados, supõe-se alteração do peso da caixinha de leite.

Outra questão técnica que se configura como hipóteses para alterar o peso do leite envasado é o tempo que o processo demora para se completar. Se considerarmos que com o passar do tempo o leite sedimenta na tubulação, e esses sedimentos acabam passando para o produto, quanto maior o tempo de processo, maior a quantidade de sedimentos no produto e consequentemente maior o peso. Essa é uma análise extremamente sensível, mas em um intervalo considerável de tempo, por exemplo, uma hora, essa alteração pode ser percebida.

Essa análise de sedimentação também é vital para definir o tempo de processo. Isso significa que dependendo da quantidade de sedimentos que o produto apresentar, é necessário parar a produção para limpeza da linha, caracterizando *setup*.

A homogeneização é uma etapa da produção do leite UHT e tem a finalidade quebrar os glóbulos de gordura, evitando a posterior separação deste componente do leite. Se a homogeneização não for realizada de maneira adequada, a densidade do produto irá variar e isso acarretará em variação no peso da caixinha. Isso ocorre, pois a gordura possui densidade mais baixa em relação aos demais componentes do leite. Se ela está em maior quantidade, a densidade do leite é menor, podendo ocasionar variação no peso. Para garantir isso, a temperatura, o volume e a pressão devem ser considerados e controlados durante todo o processo.

Outra hipótese importante a ser levantada tem relação com os equipamentos utilizados para medição do peso: as balanças empregadas na pesagem do leite existente na embalagem podem não estar aferidas e, dessa forma, gerar resultados errados que fazem parecer que o processo está ocorrendo de uma forma irreal.

Todas as hipóteses acima consideradas são importantes para auxiliar na verificação da existência de causas comuns e especiais no processo, sendo que cada processo pode ou não sofrer interferência por tais motivos, dependendo do modelo do equipamento de envase utilizado, da marca do equipamento e da operação.

1.5 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo principal empregar as ferramentas de Controle Estatístico de Processos em uma empresa do setor de leite e derivados, na área de envase de leite UHT, de maneira que seja possível verificar as principais causas de variabilidade do processo em questão. Dessa maneira, pretende-se avaliar os impactos gerados em função da aplicação do CEP, tanto no que tange à qualidade do produto, quanto no que diz respeito à qualidade do processo.

Objetivos específicos:

a) Determinar os principais aspectos produtivos que influenciam na ocorrência de alterações do processo, no tocante à quantidade de leite UHT envasado.
b) Aplicar gráficos de controle para a coleta de dados do peso de leite presente em cada embalagem.

c) Facilitar a tomada de decisão pelos gestores por meio do uso de ferramentas estatísticas.

1.6 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

A fim de classificar o presente estudo sob diferentes aspectos e definir a metodologia mais adequada, utilizou-se a divisão classificatória proposta na Figura 1. Por meio dessa classificação, é possível verificar as características predominantes da pesquisa e, então, delinear a forma correta para se conduzir o estudo.

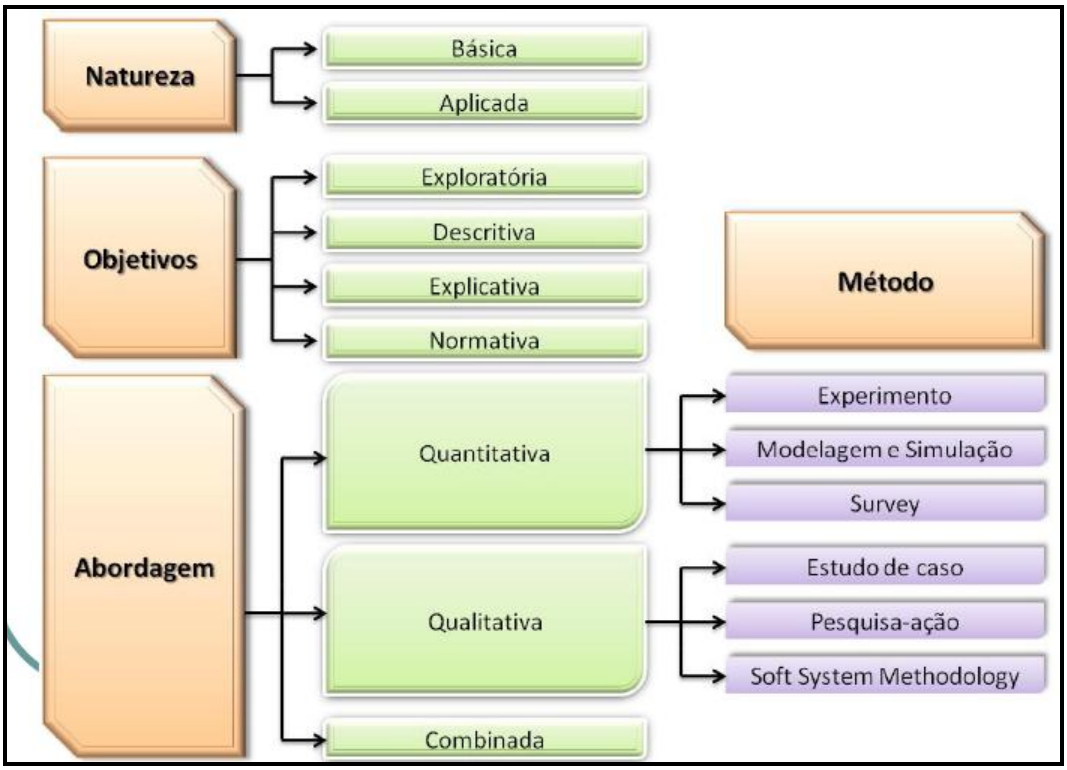

Figura 1 - Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção
Fonte: Miguel (2010) (Adaptado)

A classificação inicial é dada quanto à natureza da metodologia. Trata-se de natureza aplicada, pois envolve o interesse prático e a finalidade de propor ações que possam solucionar problemas encontrados em um sistema considerado real. O estudo irá investigar as principais causas de variabilidade e determinar ações que possam auxiliar na redução de tal variabilidade.

No que diz respeito aos objetivos, a pesquisa tem caráter explicativo e descritivo. Explicativo, pois busca justificativa para a ocorrência de eventos que já são conhecidos ou que são descobertos. No caso, o objetivo é verificar se o processo está sob controle, e verificar

o motivo de ocorrência de determinadas situações. É também descritivo, já que descreve as características das variáveis analisadas, delineando o problema.

A análise envolve dados quantitativos, por analisar valores envolvidos no processo, que permitem o controle por meio de dados numéricos. Serão considerados os dados referentes ao peso contido no interior da embalagem de leite UHT, objeto de estudo deste trabalho. Por outro lado, a pesquisa tem caráter qualitativo, pois avalia as questões que interferem nesses dados, determinando fatores e esclarecendo motivos que são capazes de gerar impacto sobre os valores resultantes do processo. Portanto, classifica-se como qualitativo.

De acordo com as classificações acima determinadas, verifica-se que o presente trabalho tem sua metodologia de desenvolvimento fundamentada em um estudo de caso, permitindo avaliar características de eventos específicos, sob a abordagem qualitativa.

Para Miguel (2007) o estudo de caso tem natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas.

Segundo Miguel (2010), a condução adequada de um estudo de caso não é tarefa trivial, uma vez que os estudos de caso podem possuir limitações metodológicas no que diz respeito à seleção do caso, coleta e interpretação dos dados e geração de conclusões suportadas pelas evidências.

Miguel (2010) propõe a estruturação do estudo de caso partindo de um nível estratégico, onde podem ser identificadas lacunas existentes, facilitando delinear o que a pesquisa a ser realizada deve propor e abordar, além de nortear o aprofundamento na literatura. O conhecimento de tais lacunas é de fundamental importância para que o estudo seja orientado, possibilitando a adequada escolha da abordagem, objetivos e hipóteses levantadas. O autor sugere um esquema para condução de estudo de caso.

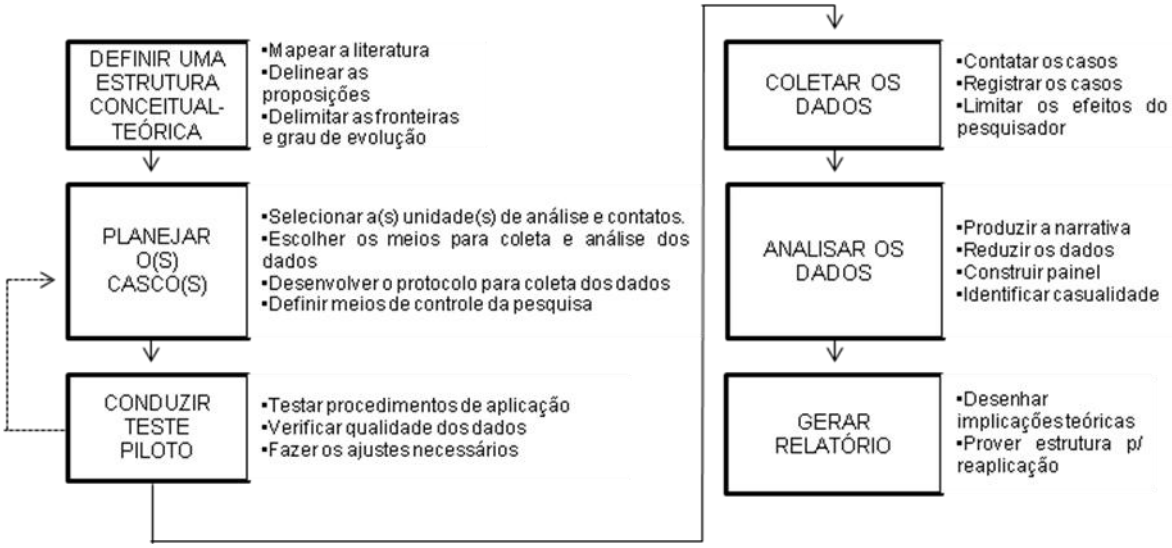

Figura 2 - Esquema para condução de estudo de casos
Fonte: Adaptado de Miguel (2010)

Na definição da estrutura conceitual teórica é feito um mapeamento do que já existe de teoria a respeito do tema, identificando trabalhos de caráter teórico e empírico. De acordo com Miguel (2010), este referencial teórico é importante para que se tenha idéia clara do escopo do trabalho, delimitando as fronteiras da investigação, além de fornecer suporte teórico e permitir a observação da evolução do tema em estudo.

Visando atender a esta etapa, a pesquisa realizada no presente objeto contemplou a investigação de artigos e trabalhos, nacionais e internacionais, relacionados ao tema de controle estatístico do processo, no intuito de ser observar aspectos modernos, que evoluíram de forma significativa. Além disso, foram utilizados livros que forneceram a base teórica, onde se fundamenta o controle estatístico do processo. Tal revisão bibliográfica possibilitou verificar o tipo de utilização de CEP, sobretudo no setor de alimentos, e levantar lacunas existentes nestes estudos.

Em seguida, Miguel (2010) propõe o planejamento do caso, onde se deve escolher a unidade de análise, o setor industrial a ser estudado e o período de tempo em questão. O estudo de caso pode ser retrospectivo, com natureza histórica, ou longitudinal, com natureza presente. Quanto à quantidade de casos, o autor ressalta que a escolha pode determinar o grau de generalização dos resultados obtidos; quanto mais casos, maior é o grau de generalização.

O estudo de caso proposto neste trabalho é único e realiza as avaliações necessárias em uma indústria do setor leite e derivados. A escolha da empresa foi feita em função de

contatos pessoais e da facilidade do local para coleta de informações, já que a organização atendeu à solicitação do estudo e se prontificou a disponibilizar os dados necessários.

Selecionados os casos, Miguel (2010) sugere que sejam determinadas técnicas e métodos para coletar dados e analisá-los, sendo possível a utilização de entrevistas, análise documental, observações, visitas ao chão de fábrica. Um protocolo deve ser desenvolvido, contendo regras gerais para condução da pesquisa, indicação da origem das fontes de informação, roteiro de entrevistas, visando assegurar a confiabilidade e a validade do estudo.

Para Miguel (2010), a condução de um teste piloto é importante para verificar se os procedimentos propostos pelo protocolo estão adequados, se fornecem as informações necessárias e se precisam ser melhorados.

A coleta de dados é o próximo passo a ser seguido, de acordo com o esquema proposto por Miguel (2010). Esta deve ser realizada de acordo com o que foi definido no planejamento. É extremamente importante o registro dos dados de maneira correta, utilizando-se, para tal, ferramentas diversificadas. As anotações nos trabalhos de campo são fundamentais, sobretudo quando possuem caráter crítico em relação a alguma situação observada, averiguando a convergência e divergência de dados e esclarecendo-os, quando necessário.

No presente estudo, a coleta de dados é feita por meio de contatos realizados com a empresa, de forma a se obter informações a respeito do peso de leite existente nas embalagens UHT que são comercializadas pela organização. Os dados são oriundos de registros e relatórios já existentes na organização, coletados pelo setor de produção periodicamente durante o processo. Além disso, são feitas observações acerca do processamento do leite UHT, visando identificar possíveis problemas. Tal observação possuirá caráter participativo e estruturado, pois levará em consideração aspectos capazes de influenciar na variabilidade do processo. As principais observações estão relacionadas a:

- Características dos equipamentos empregados no processo produtivo e manutenções realizadas.
- Qualidade dos dados coletados, averiguando se os recursos de medição (pessoas e equipamentos) envolvidos são adequados.
- Informações entre setores, verificando se os dados são passados de um setor para o outro com conteúdo correto e em tempo hábil.
- Características do ambiente, no que diz respeito à temperatura, circulação de pessoal.

- Perfil do processamento do leite UHT na empresa estudada, avaliando informações relativas a setups, temperaturas de processamento, qualidade da matéria-prima.

A análise dos dados, segundo Miguel (2010) deve compreender uma narrativa geral do caso, abordando acerca daquilo que for essencial para o estudo. A fim de facilitar o entendimento e a avaliação dos dados obtidos, pode ser interessante criar códigos que façam referência a uma categoria pré-determinada de propriedades teóricas, a fim de resgatar dados das narrativas.

Por fim, o autor revela a importância da criação de um relatório de pesquisa, contendo todos os dados anteriormente obtidos das atividades realizadas, garantindo sempre a confiabilidade e validade do estudo, no intuito de conferir qualidade à pesquisa. Tal relatório possibilita a geração da monografia, tese ou artigos.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é estruturado em capítulos que fornecem análise de conteúdo teórico fundamental ao tratamento e interpretação dos dados deste estudo de caso, bem como os resultados obtidos e considerações finais.

O primeiro capítulo contempla introdução da pesquisa, a justificativa e objetivos que envolvem o estudo, bem como as delimitações de escopo e o levantamento de hipóteses que estão relacionadas a questões que podem ser pré-supostas antes do desenvolvimento do trabalho de maneira completa. Além disso, este capítulo mostra a metodologia que é empregada, com o principal intuito de classificar em qual categoria o trabalho se enquadra.

O segundo capítulo é composto pela revisão bibliográfica, expondo os principais conceitos selecionados, que possuem relação direta com o estudo de caso. Abordagens teóricas acerca do controle estatístico do processo (CEP), ferramentas auxiliares para a qualidade, gráficos de controle, inspeção e amostragem foram analisadas. Além disso, aplicações práticas de CEP foram estudadas, verificando os principais enfoques já existentes para o assunto.

O capítulo três apresenta considerações a respeito da conjuntura e história setor de leite e derivados, com ênfase para o mercado de leite UHT, retratando a origem deste produto e o comportamento deste no mercado consumidor. O capítulo aborda também a legislação

pertinente ao leite UHT no que tange ao peso do produto, bem como o processo de produção do leite longa vida.

O capítulo quatro apresenta a descrição da empresa onde o estudo de caso está sendo realizado, amostragem e análises realizadas com base nos gráficos de controle e capacidade, revelando o resultados da pesquisa.

Por fim, o trabalho apresenta as conclusões do estudo, indicando a importância das ações na indústria visando reduzir a variabilidade do processo, além de apresentar algumas abordagens sugeridas para trabalhos futuros.

2. CONTROLE DA QUALIDADE DO PROCESSO

Neste capítulo, conceitos importantes relacionados à qualidade, estatística, controle estatístico do processo são abordados, bem como questões relacionadas ao problema específico do trabalho, referentes ao setor de laticínios.

No intuito de verificar os estudos já realizados de aplicação do controle estatístico do processo (CEP), esta seção também apresenta uma revisão de literatura com relação aos diferentes enfoques de aplicabilidade das ferramentas do CEP. A análise leva em consideração estudos de casos e trabalhos que tiveram por finalidade avaliar, em algum momento, a utilização dos conceitos e metodologia do CEP, de maneira que é possível detectar os principais pontos a serem analisados e as lacunas a serem preenchidas, contribuindo para a formação do objeto de estudo do presente trabalho.

2.1 O CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP) SOB A ÓTICA DA QUALIDADE

De acordo com WESTERN ELECTRIC COMPANY (1956), o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) está relacionado às formas de estudo das características de um processo, por meio de dados que são trabalhados para que se comportem da maneira desejada. O CEQ permite que a variabilidade seja estudada de forma sistemática, através de dados estatísticos.

Woodall e Montgomery (1999) *apud* Reis (2001) definem o CEQ como um ramo da Estatística Industrial, compondo-se basicamente de quatro áreas: Aceitação por Amostragem, Planejamento de Experimentos, Estudo de Capacidade de Processos e Controle Estatístico de Processo – CEP, que é o foco de estudo deste trabalho.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) caracteriza-se como uma metodologia que atua de maneira preventiva sobre o processo produtivo, fazendo uso de técnicas e análises estatísticas para analisar o comportamento do processo de fabricação e as alterações ocorridas, permitindo implementar ações corretivas de melhoria, a fim de mantê-lo dentro de condições preestabelecidas. Tem como objetivo “auxiliar na obtenção dos padrões especificados de qualidade e reduzir a variabilidade em torno dos padrões especificados” (REIS, 2001). Com isso, há maior facilidade no direcionamento da organização no que tange à obtenção dos objetivos de melhoria da qualidade.

De maneira geral, para que um produto atenda às exigências do consumidor, é necessário que o processo ocorra em condições conhecidas e controladas, livre de grandes variações, de maneira que seja possível garantir padronização e atendimento a limites de especificações.

Os conceitos estatísticos envolvidos no CEP já são largamente conhecidos há bastante tempo. Desde 1980, tem havido grande crescimento no uso de métodos estatísticos para a melhoria da qualidade nos Estados Unidos. A grande perda de negócios e mercados que ocorreu na década de 70 fez com que métodos estatísticos e estruturas gerenciais surgissem no intuito de promover a melhoria da qualidade e resgatar a indústria americana.

A teoria original do CEP tem surgimento no Japão, com a contribuição efetiva de Deming – fortemente influenciado por Shewhart - e Juran, através dos conceitos por eles introduzidos. Os procedimentos do CEP foram expandidos para aumentar a eficiência do processo, por meio do trabalho de Ishikawa e Tagushi.

Segundo Costa et al. (2005), o início formal do controle estatístico de processos ocorreu por volta de 1924, por meio do desenvolvimento e aplicação de gráficos de controle nos Bell Telephone Laboratories por Walter A. Shewhart. A ferramenta foi criada no intuito de oferecer algo simples de ser empregado e entendido, já que se tratava um dispositivo de "chão de fábrica", utilizado por operários de baixo nível de instrução.

2.2 A EVOLUÇÃO DO CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL

No Japão, a partir de 1950, destacou-se o desenvolvimento da gestão da qualidade, dando início a um modelo japonês sob a ótica da qualidade com foco no cliente, denominada controle da qualidade total (TQC).

As mudanças nos cenários sócio-econômicos e as novas exigências dos consumidores, decorrentes da Segunda Guerra Mundial, fizeram com que as organizações buscassem alternativas para adaptação às condições diferenciadas. O modelo utilizado hoje apresenta contribuições de diversas fontes, sobretudo de Deming, que sistematizou os métodos estatísticos. Além disso, Ishikawa propôs a participação de uma massa crítica de colaboradores das empresas na resolução de problemas de qualidade, por meio dos círculos de controle de qualidade. Juran atribuiu o problema da qualidade à administração, explicitando que o esforço da mão de obra não era suficiente para controlar a qualidade.

De acordo com Campos (2004), o TQC no modelo japonês pode ser definido como um sistema gerencial que, por meio do envolvimento de todas as pessoas em todos os setores

da empresa, visa satisfazer suas necessidades através da prática do controle de qualidade, permitindo produção e serviços a níveis mais econômicos. O TQC busca a satisfação do cliente para garantir a sobrevivência da organização no mercado concorrencial. Por isso, todos os envolvidos na existência da organização devem ser analisados, de forma que as necessidades sejam devidamente atingidas. Segundo o autor, de formas e em momentos distintos, a organização interage com consumidores, colaboradores, fornecedores, acionistas e com a comunidade na qual está inserida. Todas essas partes interessadas podem ser denominadas *stakeholders* e possuem estrita relação com a qualidade final obtida, dependendo das necessidades e do interesse de cada um.

O TQC, ao contrário de outros modelos gerencias empregados pelas organizações, institui condições que permitem que todos os indivíduos envolvidos sejam capazes de adquirir competências para planejar e gerenciar suas atividades. De acordo com o TQC, a satisfação do cliente final está relacionada ao esforço que se faz para atender as necessidades daquelas pessoas ligadas interna ou externamente à organização, de forma que hábitos e idéias sejam trabalhados de maneira correta.

Segundo Carvalho e Paladini (2005), outro ponto fundamental do TQC japonês é o gerenciamento pelas diretrizes, baseado no cliclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), que direciona o foco da organização às metas que a mesma possui, fazendo uso do desdobramento dessas metas e do envolvimento dos funcionários na gestão das atividades diárias da organização.

Com a evolução dos conceitos e o surgimento de novas necessidades a serem atendias, tanto por parte das organizações quanto por parte dos clientes, o conceito de TQC também evoluiu, resultando no TQM (Gestão da qualidade total). Para Carvalho e Paladini (2005), a idéia central do TQM é que a qualidade encontra-se presente na função de gerenciamento organizacional a fim de ampliar seu foco e não se limitar às atividades inerentes ao controle. Trata-se de uma estratégia administrativa presente em todos os processos da organização, maximizando a competitividade por meio da melhoria contínua de seus processos, produtos, pessoas, meio ambiente, fazendo uso da informação de qual é a principal necessidade do cliente, ferramentas específicas e participação de todos.

A necessidade de manter a qualidade na organização e proporcionar melhorias aos sistemas produtivos deu lugar ao surgimento de metodologias que sejam capazes de gerar benefícios constantes. Neste âmbito, tem-se a gestão por processos que, assim como o TQM defende a participação ampla de todos os colaboradores da organização.

Segundo Rotondaro (2005) a gestão do processo pode ser definida como “uma metodologia para avaliação contínua, análise e melhoria do desempenho dos processos que

exercem mais impacto na satisfação dos clientes e dos acionistas (processos-chave)”. De acordo com o autor, a gestão por processos tem como objetivos principais, reduzir a complexidade dos processos, delinear as necessidades de clientes internos e externos e criar indicadores, garantir o fornecimento de serviços e produtos de qualidade para abastecimento do processo, bem como estabelecer as prioridades do processo.

Algumas questões importantes devem ser observadas na implementação da gestão por processos, como a estrutura de direção da metodologia, a definição de uma equipe núcleo capaz de planejar o trabalho, levantamento das necessidades dos clientes e a identificação de processos críticos, que são alvo de maior atenção. O mapeamento de processos, por exemplo , é uma tarefa fundamental na gestão por processos, que permite o conhecer detalhadamente os fatores que influenciam no processo e todos os aspectos existentes, considerando todos os tipos de recursos envolvidos.

2.3 CONCEITOS BÁSICOS DO CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL

Segundo Werkema (1995), os conceitos básicos acerca do Controle da Qualidade Total são os seguintes:

- Qualidade

O termo qualidade pode ser compreendido sob diferentes perspectivas e é fundamental para que se defina o controle da qualidade total a ser praticado. Segundo Campos (2004), define-se que tem-se um bem ou serviço de qualidade quando há atendimento total, confiável, seguro e no tempo correto às necessidades do consumidor.

- Processo

Um processo pode ser entendido como um conjunto de entradas em um sistema (recurso financeiro, pessoal, intelectual, informativo) que sofrem transformações influenciadas por fatores internos e externos, resultando em uma saída, que é o bem ou serviço obtido. Cada processo é composto de vários subprocessos, caracterizando o fluxo de produção.

- Item de Controle e Item de Verificação

De acordo com as características de qualidade de um produto necessárias ao cliente, estas devem ser transformadas em grandezas mensuráveis, de forma que seja possível medir a qualidade intrínseca, o custo, a entrega e a segurança do produto fornecido. Tais características são denominadas itens de controle, os quais permitem gerenciar o processo através do acompanhamento periódico, evitando resultados indesejáveis. Os itens de controle

podem ser afetados por diversas causas, as quais são denominadas itens de verificação. Os itens de verificação são passíveis de medidas e controles. Segundo Campos (2004), para mensurar a qualidade total de um processo, podem ser usados os itens de controle, que são índices numéricos definidos de acordo com o efeito estudado. Já os itens de verificação, ainda de acordo com Campos (2004), são os índices numéricos relacionados às causas que possam estar influenciando em certo item de controle.

2.4 CONTROLE ESTATISTICO DO PROCESSO (CEP)

Ao longo do processo produtivo existem pontos específicos que podem ser caracterizados como críticos, sendo determinantes para o sucesso do fluxo produtivo. Tais pontos críticos precisam ser controlados a fim de garantir a qualidade obtida ao final do processo.

O alcance do estado de controle de processo de um sistema foi proposto inicialmente por Shewhart em parceria com Deming, através do desenvolvimento do CEP, que propõe métodos estatísticos para tal. A idéia era incorporar o uso de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas. O princípio geral é determinar quando um processo está em estado de controle e, de acordo com uma distribuição particular, avaliar se o processo se afasta deste estado e as ações corretivas que devem ser tomadas. Assim, a principal contribuição de Shewhart foram os gráficos de controle.

A percepção de Shewhart é de que qualidade e variabilidade são conceitos que são antagônicos, no sentido de que se há muito de um, há pouco de outro. O estudioso verificou que medindo, analisando e monitorando as variáveis do processo, seria possível alcançar melhores níveis de qualidade.

Segundo Montgomery (2004), o produto deve ser feito corretamente da primeira vez, não sendo possível testar a qualidade de um produto, uma vez que o autor considera que o processo de fabricação tem que ser estável e os indivíduos envolvidos no sistema devem sempre buscar a melhoria do desempenho do processo e reduzir a variabilidade que possa existir. Para atingir este objetivo, o controle estatístico do processo (CEP) é uma ferramenta fundamental.

2.5 CONCEITOS BÁSICOS DO CEP

O embasamento da teoria básica do CEP está relacionado ao fato de que inevitavelmente existirão variações das características de um produto para outro, em função da variabilidade do processo. De acordo com Costa et al. (2005), a expressão variabilidade do processo refere-se às diferenças existentes entre as unidades produzidas. A diferença será tão maior, quanto maior for a variabilidade do processo.

Segundo Costa et al. (2005), as explicações de Shewhart para a variabilidade dos processos são aceitas até hoje, pois mostram que por mais bem projetado e controlado que seja o processo, este possui em sua variabilidade um componente impossível de ser eliminado. Ou seja, sempre existirão diferenças entre dois produtos em função do que se chama de variabilidade natural do processo, resultante de diversas perturbações (causas aleatórias) que são muito pouco passíveis de interferências e mudanças.

A variabilidade natural é resultante de um efeito cumulativo de diversas pequenas causas, inerentes ao processo em questão, cuja distribuição produzida é estável e repetitiva ao longo do tempo.

Quando um processo apresenta somente variabilidade natural, tendo, portanto, causas aleatórias interferindo na produção, diz-se que o processo encontra-se no estado de controle estatístico.

Todavia, outros tipos de variabilidade podem interferir no processo, oriundos de máquinas desajustadas ou descontroladas, matéria-prima fora das especificações ou erro de operação.

Para Costa et. al (2005), todo processo sofre perturbações maiores, denominadas causas especiais, as quais são capazes de deslocar a distribuição da variável aleatória X e/ou aumentar a dispersão da mesma.

Segundo Montgomery (2004), as fontes de variabilidade que não são aleatórias podem ser classificadas como “causas atribuíveis”, e apresentam-se muito maiores do que as causas aleatórias, caracterizando um nível inaceitável do desempenho do processo.

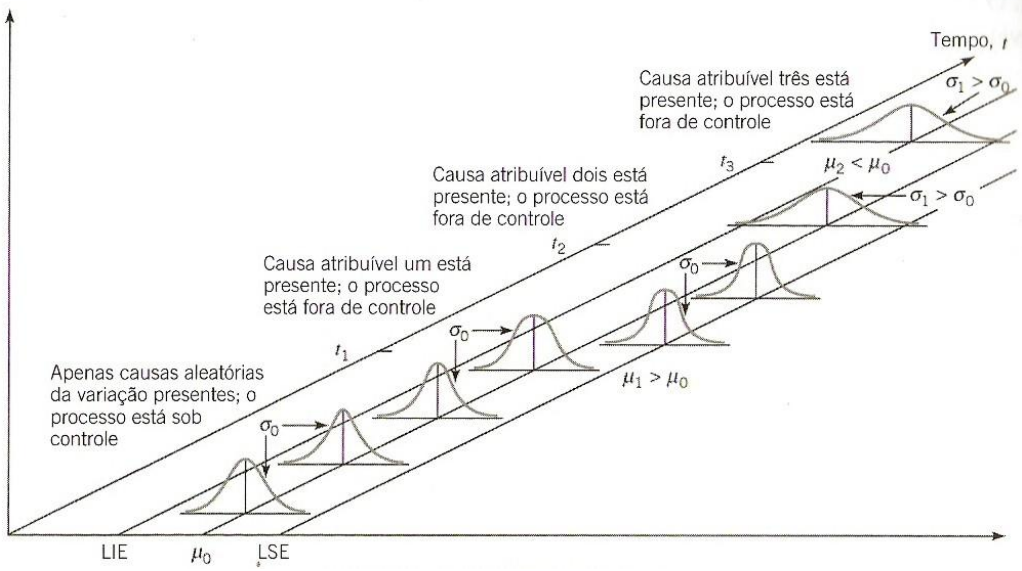

Figura 3 - Causas atribuíveis e aleatórias de variabilidade
Fonte: Montgomery (2004, p. 96)

A detecção rápida de mudanças no processo decorrentes de causas especiais pode ser proporcionada com o emprego do controle estatístico do processo, de maneira que seja possível verificar alterações antes que seja produzida uma grande quantidade de unidades fora dos padrões especificados, o que reduz custos, evita retrabalho, diminui as perdas e garante maior qualidade ao consumidor.

Os gráficos de controle permitem visualizar o comportamento do processo de forma fácil e objetiva, retratando a variabilidade e permitindo ações que evitem maiores problemas e possibilitando a melhoria do processo.

2.6 GRÁFICOS DE CONTROLE

A fim de visualizar a variabilidade a que o processo está sujeito o comportamento que o mesmo apresenta, os gráficos de controle são largamente utilizados. São também conhecidos como gráficos de controle de Shewhart, já que foram inicialmente propostos pelo Dr. Walter S. Shewhart. De acordo com Montgomery (2004), trata-se de uma representação gráfica da qualidade que foi mensurada a partir de uma amostra, relacionada com o tempo ou com o número da amostra. Segundo o autor, o valor médio da característica analisada é representado por uma linha central, na qual o processo está sob controle, onde somente causas aleatórias estão agindo. O gráfico também apresenta uma linha correspondente ao limite superior e uma linha referente ao limite inferior, as quais irão delimitar uma área que

compreende valores de um processo ainda sob controle. Qualquer ponto que extrapole tal região indica que o processo está fora de controle, demandando estudos para verificar as causas presentes e ações corretivas.

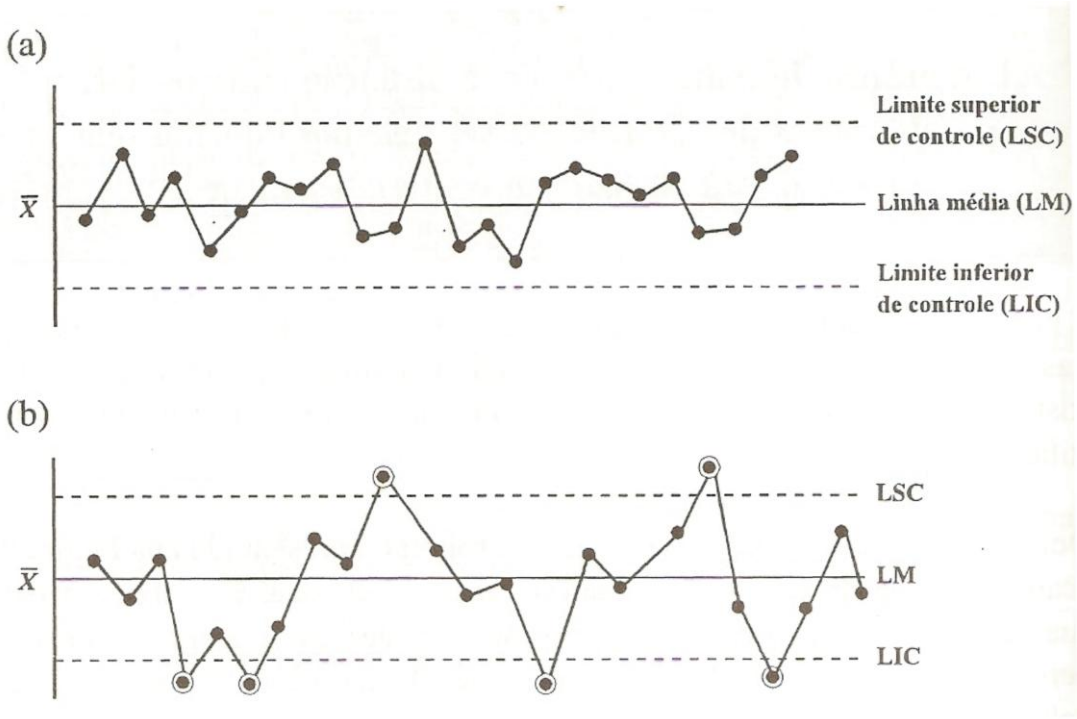

Figura 4 - Exemplos de Gráfico de Controle. (a) Processo sob controle. (b) Processo fora do Controle
Fonte: Werkema (1995)

Segundo Montgomery (2004), ainda que todos os pontos fiquem na região de controle, ou seja, entre o limite superior e o limite inferior de controle, caso se observe uma situação sistemática, onde os pontos apresentem alguma configuração especial que exclua a aleatoriedade dos dados, o processo pode estar fora de controle, uma vez que processos sob controle são caracterizados pela aleatoriedade.

Ainda citando Montgomery (2004), os testes de hipótese estão intimamente relacionados ao gráfico de controle, já que o gráfico testa, de certa maneira, a hipótese de que o processo está sob controle.

> Esse esquema de teste de hipótese é útil de muitas maneiras, mas há algumas diferenças entre gráficos de controle e testes de hipóteses. Por exemplo, quando estamos testando hipóteses estatísticas, usualmente verificamos a validade das suposições, enquanto gráficos de controle são usados para detectar afastamentos de um estado assumido de controle estatístico. Além

> disso, muitas causas atribuíveis podem resultar em muitos tipos diferentes mudanças nos parâmetros do processo. (MONTGOMERY, 2004, p. 98).

Os gráficos de controle são, portanto, ferramentas que auxiliam na detecção do atual estado do processo e mostram o comportamento existente na produção. A representação gráfica do sistema produtivo deve ser utilizada da forma correta, embasando ações da alta gerência e facilitando a tomada de decisões. Sob esse aspecto, Montgomery (2004) revela cinco razões que justificam a larga utilização dos gráficos de controle nas indústrias. São elas:

- Comprovadamente esta ferramenta pode promover a melhoria da produtividade, uma vez que são reduzidas perdas e retrabalhos.
- Por contribuir com o processo para mantê-lo sob controle, diminui a obtenção de itens defeituosos, de maneira que permite o controle efetivo do processo em questão.
- Por distinguir a origem das causas de variações, os gráficos evitam ajustes que sejam desnecessários.
- Os gráficos de controle fornecem diagnóstico das situação do processo produtivo, permitindo implementação de mudanças no sistema que gerem resultados melhores.

A obtenção de gráficos de controle leva em consideração o número de amostras analisadas. De acordo com Siqueira (1997), a definição do tamanho e do número de subgrupos necessários à construção de gráficos de controle não segue regras estabelecidas, devendo-se analisar o custo de inspeção, o volume produzido e o quão importante á a informação em questão.

2.7 TIPOS DE GRÁFICOS DE CONTROLE

Os gráficos de controle podem ser classificados de acordo com as características de qualidade analisadas no processo, ou seja, gráficos de controle para variáveis e gráficos de controle para atributos.

Os gráficos de controle para variáveis são usados quando se trata de características da qualidade que podem ser expressas em termos numéricos, em uma escala contínua de medida. Desta categoria de gráficos de controle, os mais utilizados são (MONTGOMERY, 2004; WERKEMA, 1995).

- Gráfico da Média ($\bar{X}$): neste gráfico são plotadas as médias das amostras, no intuito de controlar os valores médios das características estudadas, monitorando, portanto, o nível médio do processo a partir da variabilidade das amostras. As amostras devem ser selecionadas de modo a aumentar as chances de deslocamento na média entre as amostras em relação à média do processo, de forma que estes pontos sejam caracterizados fora de controle.
- Gráfico da Amplitude (*R*): o gráfico de amplitude revela justamente a variabilidade dentro de uma mesma amostra, de modo que as amostras devem ser selecionadas permitindo que a variabilidade dentro da amostra meça apenas causas aleatórias ou casuais. Segundo Werkema (1995), os gráficos $\bar{X}$ e R devem ser utilizados em conjunto, a fim de garantir acompanhamento mais eficiente do processo.
- Gráficos do Desvio Padrão(s): neste tipo de gráfico são plotados os valores de desvio padrão, que indicam a variabilidade das medidas amostrais. São preferidos quando se trata de n>10 ou 12, uma vez que para valores superiores a estes a amplitude (R) perde a eficiência para estimar σ. Este gráfico também deve ser usado em conjunto com o gráfico da média.
- Gráfico de Medidas Individuais: em casos onde a amostra consiste de uma unidade individual, este gráfico é empregado. Isso pode ocorrer onde há inspeção e medição automatizada, sendo que toda unidade produzida é inspecionada. Pode ocorrer também quando a taxa de produção é muito lenta e torna-se inviável aguardar acúmulo de amostras para realizar a análise, ou quando o desvio padrão obtido é extremamente pequeno. Além disso, o gráfico de medidas individuais pode ser utilizado quando várias medidas são tomadas em uma mesma unidade do produto.

Já os gráficos de controle para atributos são empregados para características da qualidade que não podem ser medidas em uma escala quantitativa, de acordo com Montgomery (2004), sendo possível utilizar classificações para os produtos, como conformes ou não-conformes, por exemplo. Desta categoria de gráficos de controle, os mais utilizados são (MONTGOMERY, 2004; WERKEMA, 1995).

- Gráfico da Proporção de Itens Defeituosos (Gráfico p): é utilizado quando a característica da qualidade em questão é representada pela proporção de itens defeituosos que são liberados pelo processo analisado. Ou seja, trata-se da fração

entre a quantidade de itens não conformes em relação ao total produzido. Para ser classificado como defeituoso ou não - conforme, basta que o item não atenda o padrão em pelo menos uma das características pré-estabelecidas.

- Gráfico do Numero Total de Defeitos (Gráfico c): este tipo de gráfico é utilizado quando se torna necessário realizar o controle do número total de defeitos em uma unidade do produto. De maneira geral, estes gráficos assumem que a ocorrência de não-conformidades em amostras de tamanho constante é bem modelado pela distribuição de Poisson.

2.8 INSPEÇÃO E AMOSTRAGEM

Todo processo possui como característica inerente, certa variabilidade, sendo impossível obter produtos totalmente idênticos. Tal variabilidade pode vir a acarretar falha no processo, que por sua vez proporcionará a obtenção de itens defeituosos ou fora de especificação.

Inspecionar todos os produtos resultantes de um processo de fabricação nem sempre é viável, seja pelos custos elevados, seja pela destruição do material, inviabilizando a comercialização do produto que foi fabricado. Como alternativa, tem-se a inspeção por amostragem.

A amostra deve ser coletada de maneira correta, livre de qualquer viés para que seja representativa do todo, de forma que se garanta confiabilidade e representatividade. A amostragem precisa ser incluída no processo sistematicamente, com características padronizadas, normas, métodos e sistemas de medição calibrados e adequados, para que seja possível tratar os dados desta amostra e obter resultados bastante próximos da realidade de todo o lote analisado.

Segundo Costa et. al (2005), a amostra é composta por itens selecionados de forma aleatória e, de acordo com a incidência de defeitos nesta amostra, o lote pode ser aceito ou ser rejeitado. Para verificação da aceitação do lote, o seguinte teste de hipóteses está associado à inspeção para aceitação, quando a variável tem distribuição de probabilidade binomial:

$$H0: p = p0$$

$$H1: p > p0,$$

onde p é a proporção de defeituosos que o processo produz. Ainda citando Costa et al. (2005), se o processo estiver operando sob de forma controlada, a proporção gira em torno de p0,

tornando a hipótese H0 verdadeira. Com o aumento na proporção de itens defeituosos, por problemas na produção, a hipótese H1 torna-se verdadeira.

De acordo com Montgomery (2004), os seguintes aspectos de amostragem são importantes:

- A qualidade do lote não é estimada por meio da amostragem de aceitação. O lote é analisado apenas quanto à sua aceitação.
- A amostragem de aceitação apenas aceita ou rejeita lotes, sendo que lotes de qualidade equivalente podem ser aceitos ou rejeitados, de acordo com a amostra coletada. Logo, verifica-se que lotes aceitos não necessariamente são melhores que os lotes rejeitados.
- A amostragem de aceitação tem como objetivo principal verificar se os produtos gerados pelo processo em questão encontram-se dentro das especificações, não servindo para inspecionar a qualidade do produto.

2.9 CAPACIDADE DE PROCESSOS

A capacidade de um processo ou capacidade de um processo é obtida por meio da análise da relação existente entre os níveis de variabilidade do processo e as exigências de especificação, revelando a uniformidade do processo. A capacidade diz respeito ao que o processo é capaz de realizar.

De acordo com Costa et al. (2005) os índices de capacidade do processo (ICPs) medem de maneira indireta o quanto o processo em questão é capaz de atender às especificações estabelecidas. Quanto maior for o valor do índice, mais o processo é capaz de satisfazer as especificações.

Os índices de capacidade são valores adimensionais, que possibilitam qualificar o desempenho do processo. A utilização dos mesmos está vinculada à existência do controle estatísticos do processo e à normalidade da distribuição da variável analisada.

Segundo Montgomery (2004), as principais utilizações da análise de capacidade, estão relacionadas ao auxílio para o projeto do produto na modificação de um processo, ao planejamento de uma seqüência de tarefas produtivas quando existe interação de processo sobre as tolerâncias, definição exigências de desempenho para um novo equipamento e à redução da variabilidade de um processo.

Ainda de acordo com Montgomery (2004), é importante garantir que os dados utilizados sigam a distribuição normal para que a análise de capacidade seja confiável.

Os índices de capacidade mais usados são *Cp, Cpk* e *Cpm* e são dados pelas seguintes expressões:

$$Cp = \frac{LSE - LSI}{6\sigma}$$

Equação 1 - Índice Cp

$$Cpk = Min\left\{\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma}\right\}$$

Equação 2 - Índice Cpk

$$Cpm = \frac{LSE - LSI}{6\sqrt{\sigma^2 + (d - \mu)^2}}$$

Equação 3 - Índice Cpk

O índice *Cp* relaciona a variabilidade que se permite ao processo com a variabilidade a que o processo está naturalmente submetido. O cálculo de *Cp* não considera a média, medindo apenas a dispersão seis-sigma do processo analisado. Por este motivo, *Cp* deve ser usado quando se trata de um processo centrado no alvo. Segundo Costa et al. (2005), este índice não é sensível a alterações que ocorram na média do processo e, justamente por esse motivo, aconselha-se o seu uso quando a média está centrada no valor alvo. Caso o valor correspondente à média do processo não esteja incluído no intervalo de especificações, *Cpk* irá fornecer valores negativos.

O índice *Cpk*, ao contrário de *Cp* leva em conta a centralização do processo. Quando *Cp* = *Cpk*, significa que o processo está centrado no ponto médio dos valores de especificações, pois a média coincide com o valor nominal da especificação. O índice *Cpk* permite avaliar se o processo está sendo capaz de distinguir o valor nominal da especificação, medindo a capacidade real existente no processo.

Segundo Montgomery (2004), *Cp* mede a capacidade potencial do processo, ao passo que o índice *Cpk* mensura a capacidade efetiva.

Para Costa et al. (2005), o índice *Cpm* mostra-se inadequado quando o processo produz unidades não-conformes em iguais proporções, situação esta que irá gerar valores muito diferentes para o referido índice, caracterizando desvantagem. Além disso, processos que geram itens não-conformes em proporções muito distintas, apresentam valores para *Cpm* muito próximos. Este índice indica o quão próximo se está do alvo em questão.

2.10 A APLICAÇÃO PRÁTICA DO CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE

Silva (1999) realizou um estudo de caso para aplicação do controle estatístico do processo em uma indústria de laticínios. O trabalho mostra a dificuldade de se obter matéria-prima que possua qualidade estável, em função das variações envolvidas na obtenção do leite bem como no processamento do mesmo, por se tratar de um setor alimentício. Explicita também, que o processamento de leite na indústria é passível de muitas falhas seja pela falta de controle ou pela qualidade inicial da matéria-prima. Por se tratar de um estudo que aborda características de qualidade de acordo com parâmetros microbiológicos, o trabalho faz uso da metodologia de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), com o objetivo de nortear os principais pontos de ação. Trata-se de um método que busca identificar os pontos críticos ao longo do processo, a fim de garantir a qualidade do produto final.

Fato interessante citado pelo estudo é que ferramentas de controle estatístico no processamento de alimentos são pouco empregadas na Europa, em função do elevado custo, falta de informação e de pessoal qualificado, o que justifica o tipo de análise proposta pelo presente trabalho. Para melhoria da qualidade, Silva (1999) utiliza em seu estudo, além do método APPCC, o controle estatístico da qualidade, a fim de priorizar ações corretivas e propor posteriores ações preventivas de falhas. Silva (1999) ressalta ainda que em algumas situações, as falhas podem estar relacionadas às restrições dos sistemas, denominadas gargalos. A ferramenta utilizada neste trabalho são as cartas de controle, que fornecem resultados rápidos, de forma que seja possível intervir no processo em tempo real.

Por fim, o trabalho mostrou as causas de variabilidade quanto ao peso de cada saco de leite e ao teor de gordura do produto, fazendo uso de cartas de controle de soma acumulada, *Xbar*-S e a carta R.

Um estudo aplicado foi realizado por Alves et al. (2003), tratando a respeito da utilização do controle estatístico do processo em uma empresa forjadora de aço a fim de promover a melhoria da qualidade. Após o estudo das diferentes abordagens do controle

estatístico do processo, o trabalho opta pela abordagem semelhante à que é proposta por Owen, embasada nas seguintes etapas:

1. Obter compromisso
2. Formular uma política
3. Indicar um facilitador
4. Definir estratégia de treinamento
5. Treinar gerentes e supervisores
6. Informar sindicatos e obter compromissos com os mesmos
7. Informar os operadores
8. Envolver fornecedores
9. Coletar dados
10. Definir plano de ação para sinais de falta de controle
11. Rever processos para avaliar qualidade
12. Estruturar administração de CEP
13. Treinar operadores
14. Implementar cartas de controle
15. Melhorar os processos

O problema apresentado pelo referido trabalho se tratava de tolerâncias muito estreitas para os limites especificados do produto manufaturado, o que gerava retrabalho e descarte elevados. Diferentemente do trabalho realizado por Silva (1999), Alves et al. (2003) seguem uma metodologia específica para aplicação do controle estatístico do processo, seguindo etapas bem definidas, o que revela maior critério nas seleções de pontos críticos e identificação de causas comuns e especiais. Além disso, Alves et al. (2003) analisam a capacidade dos processos, por meio do índice de capacidade potencial e índice de capacidade efetiva, classificando-os como totalmente incapaz, incapaz, capaz, muito capaz e extremamente capaz. Este tipo de análise é extremamente importante para avaliar se mesmo após a identificação e eliminação de causas especiais o processo é capaz de responder da maneira desejada. O estudo em questão também avaliou os sistemas de medição, utilizando análise de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R).

Outra abordagem interessante do controle estatístico de processos aplicado especificamente na indústria de alimentos é analisada por Grigg (1998). Em seu artigo, o autor cita a ferramenta de APPCC como sendo importante no acompanhamento e controle do processo, mas ressalta que a mesma é incapaz de avaliar e controlar a variabilidade existente

nos processamentos de alimentos, o que demonstra a necessidade de associação ao uso do controle estatístico do processo.

Ainda citando Grigg (1998), a utilização do controle estatístico do processo em indústrias alimentícias tem como principal justificativa assegurar que as legislações específicas sejam devidamente atendidas, de maneira a proteger o consumidor e a própria empresa, frente ao órgão de fiscalização e as leis vigentes. Segundo Grigg (1998), os principais parâmetros preconizados pela legislação, que demandam a aplicação do CEP seriam questões microbiológicas, físicas e químicas, as quais respondem pela segurança alimentar, além das questões de pesos e medidas nominais, que são aquelas declaradas pelo fabricante. No tocante a pesos e medidas, o artigo traz a informação que, de acordo com a legislação da União Européia, um limite de erro é aceitável em relação ao que é declarado pelo fabricante no rótulo. Se o conteúdo real estiver abaixo do nominal, essa diferença é denominada erro negativo. Para qualquer peso ou volume declarado, há um erro tolerável associado negativo, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Máximo admissível de erros

Nominal quantity (Qn) g or ml	Tolerable negative error (TNE) As percentage of Qn	g or ml
5-50	9	–
50-100	–	4.5
100-200	4.5	–
200-300	–	9
300-500	3	–
500-1,000	–	15
1,000-10,000	1.5	–
10,000-15,000	–	150
Above 15,000	1	–

Fonte: Grigg (1998)

A legislação é aplicada da seguinte maneira: coletam-se amostras dos produtos e verifica-se se:

- O conteúdo realmente existente no interior da embalagem está, em média, de acordo com o nominal;
- No máximo 2,5% das amostras podem estar fora dos padrões e possuir erro negativo maior do que o preconizado pela legislação;
- Pode haver um erro negativo superior em relação ao determinado pela lei.

Dessa forma, Grigg (1998) ressalta que as indústrias de alimentos, a fim de garantir o cumprimento da legislação, agem de duas formas. A primeira delas é empacotando um volume maior do que o declarado na embalagem, garantindo que o consumidor não seja lesado. Entretanto, esta é uma situação que eleva os custos para a organização. A segunda forma seria a aplicação do controle estatístico do processo, para monitorar continuamente a variabilidade dos volumes envasados, possibilitando maior padronização.

Grigg (1998) realizou, então, um estudo com cerca de 200 empresas do ramo de alimentos no Reino Unido, a fim de verificar o emprego das técnicas de controle estatístico do processo. A análise revelou que menos da metade das indústrias aplica o controle estatístico do processo, seja por falta de recursos financeiros, de pessoal qualificado, ou pela falta de informação. Além disso, como já era de se esperar, empresas de maior porte são as que mais utilizam o CEP.

Diferentemente dos trabalhos anteriormente aqui analisados, o artigo de Grigg (1998) não aplica o CEP diretamente, mas faz uma interessante observação do panorama de aplicação desta ferramenta em empresas do ramo de alimentos. De maneira geral, produtos alimentícios possuem um ciclo de vida mais delicado por serem perecíveis e por se caracterizarem como veículos de transmissão sob o ponto de vista microbiológico, físico e químico. Logo, os pontos críticos neste tipo de processamento precisam ser rigorosamente controlados, a fim de garantir a inocuidade do produto e o atendimento à legislação vigente. O setor de alimentos, atualmente, possui forte embasamento da legislação, existindo leis que preconizam o máximo de segurança no processo e no produto final. Por isso, o CEP revela-se como método de grande contribuição para alcance de tais objetivos.

3. A INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Após a segunda guerra mundial e o consequente desenvolvimento industrial no Brasil, o crescimento dos centros urbanos possibilitou o desenvolvimento das indústrias de laticínios, gerando a busca por alternativas que melhorassem a produção, impulsionada pelo aumento da demanda.

Por se tratar de uma atividade relacionada ao setor agrícola, as primeiras organizações do setor de laticínios consistiam em pequenas atividades de caráter essencialmente familiar e cooperativas. Essas últimas ocorreram no intuito de proporcionar benefícios aos pequenos produtores, já que o baixo volume de leite que cada um possuía não tornava viável o investimento em equipamentos e mão-de-obra para criação de uma indústria de laticínios. Com o cooperativismo, a implantação da indústria de laticínios foi propiciada.

Com a expansão dos pontos de comercialização, a indústria de laticínios também foi impulsionada, já que houve paralelo aumento da demanda, proporcionando surgimento de novos produtos e novas tecnologias que atendam às constantes mudanças de necessidades dos consumidores.

O leite apresenta-se como uma matéria-prima de elevada qualidade nutricional, além de ser extremamente versátil sob aspectos tecnológicos, possibilitando a obtenção de derivados com diferentes características de acordo com o objetivo em questão. Os derivados lácteos têm sido cada vez mais desenvolvidos, de forma que o setor tem buscado oferecer um mix mais diversificado de produtos e de maior valor agregado, sempre acompanhando as tendências de mercado.

A busca por novas tecnologias no setor de lácteos justifica-se pelo clima tropical predominante no Brasil, pela qualidade da matéria-prima obtida e pelo baixo consumo de leite e derivados no país. Estes fatores propulsionam o avanço tecnológico que empregam o leite como base, de forma que as características sensoriais, o aspecto nutricional e a possibilidade de maior período de armazenagem são objetivos constantes.

O leite longa vida pode ser caracterizado como um dos mais recentes avanços tecnológicos da indústria de laticínios. Também denominado leite UHT (Ultra Hight Temperature), este produto revolucionou a distribuição do leite. Apresenta vantagens tecnológicas em relação aos demais processos de tratamento térmico do leite, pois amplia a vida de prateleira do produto, sem necessitar refrigeração e sem gerar alterações significativas das características sensoriais. Trata-se de uma tecnologia que faz uso de tratamento térmico no leite, à temperatura de 130°C a 150°C por 2 a 4 segundos, envasando o leite em

embalagem cartonada asséptica, permitindo armazená-lo por um período de, aproximadamente, quatro meses.

3.1 ORIGEM DO LEITE UHT E SUAS PERSPECTIVAS NO MERCADO

Visando facilitar o abastecimento de leite após a Segunda Guerra Mundial, Ruben Rausing, sueco, fundador da companhia TetraPak, desenvolveu uma embalagem especial cartonada, de formato tetraédrico, cujo processo de envase utilizava a selagem da embalagem abaixo do nível do leite (TETRAPAK, 2010).

A invenção sofreu modificações e em 1952, já começava a ser comercializada a máquina de embalagens cartonadas. O primeiro produto a ser embalado com a tecnologia foi o creme de leite, seguido pelo leite pasteurizado. (TETRAPAK, 2010). Até então, o processo não contemplava conceitos relacionados à assepsia da embalagem e ultra-pasteurização, fatores estes que vieram, mais tarde, a permitir a obtenção de leite que não necessitava de refrigeração e nem de conservantes para seu armazenamento. Essas idéias foram inseridas no processo por volta de 1961, quando surge, de fato, o leite UHT.

3.2 CONJUNTURA ECONÔMICA DO SETOR DE LÁCTEOS, COM ÊNFASE NA PRODUÇÃO DE LEITE UHT

Segundo Rotta (2008), a produção de leite no Brasil cresceu 150% nos últimos 25 anos, sendo que Minas Gerais é o maior produtor, seguido por Rio Grande do sul, Goiás, Paraná e Santa Catarina. Para o autor, a produção de leite ainda ocorre em grande parte de forma informal (24% da produção nacional), e a produtividade ainda é baixa, sendo a média nacional da ordem de 5,6 litros/vaca/dia.

Em função da grande disponibilidade de matéria prima no Brasil, as indústrias de laticínios são cenário de constante evolução e desenvolvimento. De acordo com Rotta (2008), a indústria de laticínios é a segunda maior indústria de alimentos do Brasil, faturando cerca de R$14,47 bilhões. O país apresenta grande potencial para exportação de leite e derivados, haja vista que as exportações aumentaram quase doze vezes e, nos últimos três anos, este mercado mostrou-se ainda mais promissor.

De acordo com estudos realizados pela Associação Brasileira da Indústria de Leite UHT, o mercado deste derivado lácteo vem crescendo a cada ano. A indústria brasileira é quase que totalmente responsável pela produção do leite UHT, sendo que existe pequeno

volume de importação e a exportação é nula. Tal situação pode ser verificada na Figura 5, que mostra o balanço de produção interna, exportação e importação no Brasil.

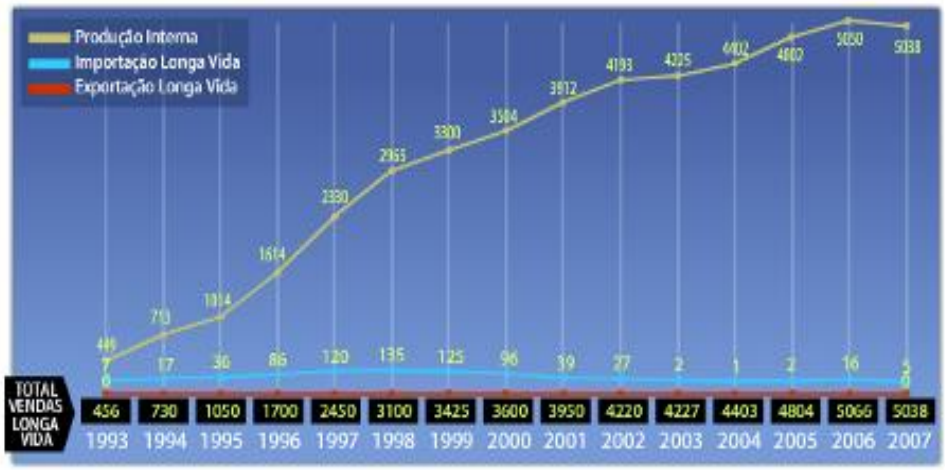

Figura 5 – Mercado de Leite Longa Vida no Brasil - 1992/2006 (em 1.000.000 de litros)
Fonte: ABLV, MDIC (2010)

OBS. Leite Longa Vida: Inclui desnatados, enriquecidos, especiais, bebidas lácteas, composto alimentar e esterilizados (não inclui aromatizados)

Lafis, (1996 *apud* CARVALHO E OLIVEIRA, 2006) citam uma pesquisa realizada pela Latin Panel em 2004, cujo resultado mostra que o leite UHT tem penetração em 80% dos domicílios, enquanto o pasteurizado em 49%, o leite em pó em 29% e o leite cru em 24%.

Um estudo global realizado pela TetraPak em 2009 estima que o consumo de leite deverá crescer a uma taxa anual 5,2% até 2012, estimulado pelos mercados emergentes, atingindo mais de 70 bilhões de litros até 2012 (TETRAPAK, 2009). De acordo com Dennis Jönsson, presidente e CEO do Grupo Tetra Pak, em entrevista à Meta Análise, “nossa expectativa é de que duas tendências continuem a impulsionar o consumo mundial de leite nos próximos três anos: o crescimento contínuo dos mercados emergentes e a mudança em direção a um maior consumo de leite envasado. O leite envasado continua em crescimento, devido principalmente às questões de saúde e segurança, além do desejo por maior praticidade para atender aos estilos de vida de consumidores cada vez mais ocupados e em constante deslocamento”.

3.3 LEGISLAÇÃO PERTINENTE

O leite UHT é um produto comercializado em grandeza de volume, com quantidade medida no momento do envase, sem a presença do consumidor. Por isso, trata-se de um produto pré-medido, passível de fiscalização até mesmo na linha de produção, no depósito, bem como pontos de venda.

De maneira geral, no Brasil, o produto é disponibilizado ao mercado em embalagens cartonadas no formato tetraédrico, com volume de 1 litro.

A verificação e o controle metrológico da quantidade de produto contida nas embalagens de alimentos que são comercializados pré-medidos competem ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO.

No tocante a este assunto, a Portaria INMETRO nº 74, de 25 de maio de 1995, estabelece critérios para a verificação do conteúdo líquido de produtos pré-medidos com conteúdo nominal igual, e comercializados nas grandezas de massa e volume. Este regulamento trata acerca da diferença que é tolerada entre o conteúdo efetivo existente de fato no interior da embalagem e o conteúdo nominal, ou seja, aquele declarado na embalagem.

O regulamento técnico orienta a respeito da tolerância individual (T) de acordo com o conteúdo nominal, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Tolerâncias individuais admissíveis para massa e volume

	Tolerância Individual T	
Conteúdo Nominal Q_n g ou ml	Percentual de Q_n	g ou ml
5 a 50	9	-
50 a 100	-	4,5
100 a 200	4,5	-
200 a 300	-	9
300 a 500	3	-
500 a 1000	-	15
1000 a 10000	1,5	-
10000 a 15000	-	150
15000 a 25000	1	-

Fonte: INMETRO (1995)

Onde, Qn é o conteúdo nominal do produto, ou seja, aquele que foi declarado no rótulo. As seguintes considerações são feitas por este regulamento:

1. Valores de T para Qn menor ou igual a 1000g ou ml devem ser arredondados em 0,1g ou ml para mais.
2. Valores de T para Qn maior do que 1000g ou ml devem ser arredondados para o inteiro superior em g ou ml.

Para que o lote analisado seja aprovado sob os critérios do INMETRO, é preciso que ele atenda às condições indicadas nas tabelas 3 e 4, simultaneamente.

Tabela 3 – Critério para a média

Tamanho do lote	Tamanho da amostra	Critério de aceitação para a média
50 a 149	20	$\bar{x} \geq Q_n - 0{,}640\ s$
150 a 4000	32	$\bar{x} \geq Q_n - 0{,}485\ s$
4001 a 10000	80	$\bar{x} \geq Q_n - 0{,}295\ s$

$\bar{x}$: é a média da amostra;

Q_n: é o conteúdo nominal do produto;

s: é o desvio padrão da amostra

Fonte: INMETRO (1995)

Tabela 4 – Critério individual

Tamanho do lote	Tamanho da amostra	Critério de aceitação individual (c)
50 a 149	20	1
150 a 4000	32	2
4001 a 10000	80	5

Fonte: INMETRO (1995)

Para o critério individual, é admitido um máximo de c unidades abaixo de Qn-T.

Analisando-se, então, os regulamentos propostos pelos órgãos competentes, verifica-se que existe apenas a determinação do limite mínimo de volume ou massa que é aceito pela

legislação. Isto significa que as quantidades entregues ao consumidor final não podem ser inferiores ao limite estabelecido pela lei. Não concerne aos órgãos governamentais fixar quantidade efetiva máxima de produto embalado, uma vez que sob este aspecto o consumidor não estará sendo lesado. Por outro lado, ultrapassar a quantidade nominal declarada no rótulo caracteriza-se como desvantagem ao fabricante, gerando custos maiores, desperdícios, refletindo falta de controle no processo.

4. O CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP) NO PROCESSO DE ENVASE DE LEITE UHT

4.1 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE

O estudo é realizado em uma organização que optou por manter sigilo sobre a divulgação de seu nome e de detalhes peculiares. Desta maneira, a identidade da empresa não é propagada.

A análise para os termos propostos no presente trabalho é realizada em uma Cooperativa dos produtores de leite, a qual atua no mercado de lácteos, prezando sempre pela qualidade, tradição e credibilidade dos produtos que comercializa. A empresa trabalha com matéria-prima selecionada, profissionais capacitados e tecnologia de ponta.

A Cooperativa oferece um diversificado mix de produtos derivados do leite de vaca, como, por exemplo, bebidas fermentadas, manteiga, leite em pó, leite pasteurizado e leite UHT. A empresa produz cerca de 8 milhões de litros de leite UHT por mês entre integral, desnatado e semi-desnatado.

A empresa trabalha em três turnos. Neste estudo, para simplificar as análises e a estratificação, os turnos são caracterizados da seguinte forma:

- ✓ Turno A - 06:35h às 14:55h
- ✓ Turno B - 14:35h às 22:40h
- ✓ Turno C – 22:35h às 06:50h

4.2 PROCESSAMENTO DO LEITE UHT

De acordo com a PORTARIA Nº 370, DE 04 DE SETEMBRO DE 1997 do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), “Entende-se por leite UHT (Ultra-Alta Temperatura, UAT) o leite homogeneizado que foi submetido, durante 2 a 4 segundos, a uma temperatura entre 130°C e 150°C, mediante um processo térmico de fluxo contínuo, imediatamente resfriado a uma temperatura inferior a 32°C e envasado sob condições assépticas em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas.”

A obtenção de leite UHT envolve elevados custos de produção e, por este motivo, justificam-se os grandes volumes de matéria-prima trabalhados neste tipo de processo. As etapas de fabricação visam, sobretudo, garantir a qualidade microbiológica do produto e possibilitar um maior período de estocagem do mesmo, sem a necessidade de refrigeração.

A seguir, será apresentado o fluxograma do processo de fabricação do leite UHT e a descrição do mesmo.

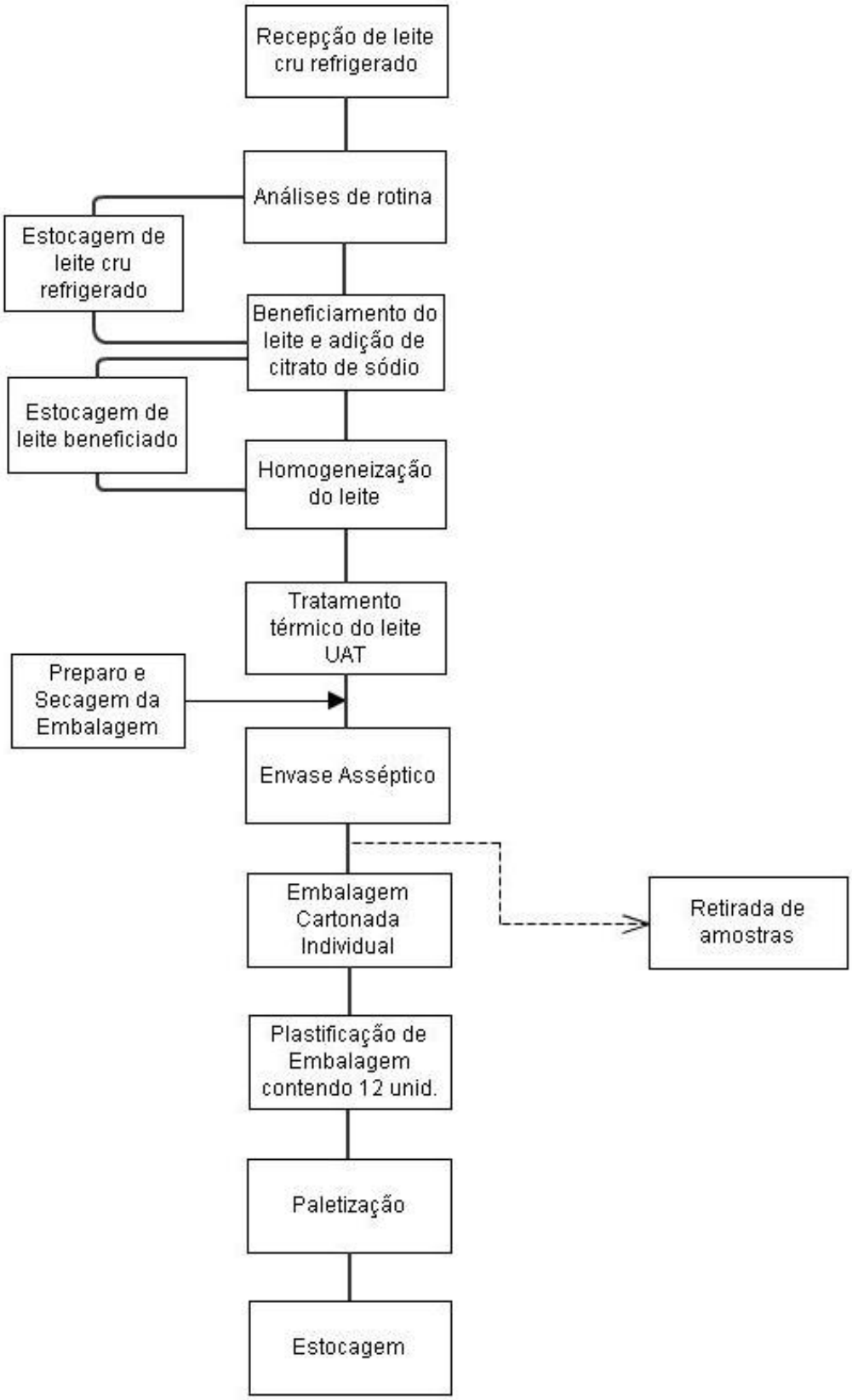

Figura 6 - Fluxograma de fabricação de leite UHT
Fonte: Autor

O leite produzido nas fazendas é refrigerado e transportado em caminhões tanques isotérmicos para a indústria de laticínios, onde a matéria-prima é pesada e são coletadas amostras para análises qualitativas de rotina. Tais análises buscam averiguar a qualidade do leite recebido, baseando-se em parâmetros legais e especificações de qualidade internas permitindo, ou não, a recepção pela usina e possibilitando a seleção adequada para os derivados. As análises de rotina realizadas são: medição de temperatura do leite cru refrigerado, teste do álcool /alizarol na concentração mínima de 72% (v/v), determinação do índice crioscópico, determinação do teor de sólidos totais e não-gordurosos, densidade relativa, acidez titulável, teor de gordura e pesquisa de neutralizantes da acidez e de reconstituintes de densidade.

Após a aceitação da matéria-prima, a mesma pode ser acondicionada temporariamente em tanques isotérmicos para posterior processamento, ou pode seguir diretamente para a etapa de beneficiamento. O processo de beneficiamento tem como principal objetivo eliminar impurezas por meio da clarificação e padronizar o teor de gordura de acordo com o produto em questão. Neste trabalho, o objeto de estudo é o leite integral, que possui um teor mínimo de matéria gorda de 3%.

É nesta fase também, que o leite recebe a adição de citrato de sódio. Trata-se de um sal orgânico estabilizante que ajuda a manter a estabilidade das proteínas do leite durante o tratamento térmico UHT. O estabilizante reduz a precipitação dos sais de cálcio e evita a desnaturação das proteínas do leite durante o tratamento térmico, diminuindo deposição nas paredes do trocador de calor, possibilitando maiores períodos de processamento e menor *setup*.

A matéria-prima previamente tratada pode ser armazenada por um pequeno período de tempo em tanques de estocagem específicos ou pode seguir para a fase de homogeneização. A passagem do leite pelo homogeneizador visa promover a quebra dos glóbulos de gordura em uma emulsão, evitando a separação da mesma e proporcionando um produto de melhor viscosidade e textura.

O leite já homogeneizado recebe então o tratamento térmico Ultra Hight Temperature, que consiste no aquecimento contínuo e indireto onde o leite troca calor com uma superfície de permutação de calor que separa o produto do meio de aquecimento (vapor ou água quente). Os trocadores de calor são tubulares. O aquecimento ocorre até a temperatura de 130ºC – 150ºC durante 2 - 4 segundos e, em seguida, o leite é resfriado de forma indireta, até temperatura 32ºC.

O leite que foi resfriado a 32ºC segue, então, para o sistema de envase asséptico. Os equipamentos de envase consistem em sistemas completos, que oferecem todo ambiente

asséptico necessário à obtenção de um produto estéril. Hoje, o mercado oferece vários modelos de equipamentos, variando a capacidade e as funcionalidades de cada um deles. De forma geral, as máquinas podem ser analisadas da seguinte forma:

- A máquina possui compartimento para o material de embalagem em bobinas. Para o sistema de envase da TetraPak, a embalagem utilizada para o tratamento UHT é uma chapa com diversas camadas que são capazes de proporcionar proteção contra luz e oxigênio, conforme ilustra a figura abaixo.

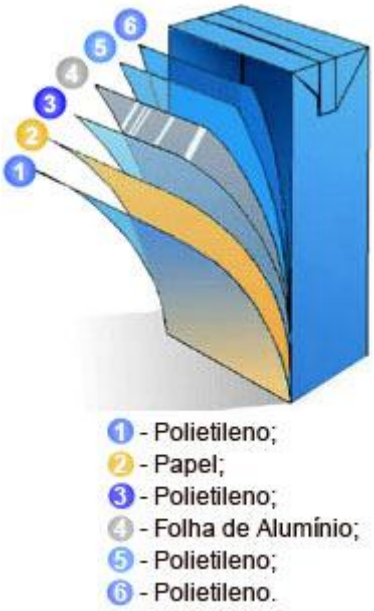

Figura 7 – Camadas da embalagem de leite longa vida
Fonte: TetraPak (2010)

O acondicionamento das embalagens em bobinas facilita o transporte e as operações dentro da indústria, além de otimizar o local de estocagem.

De acordo com a TetraPak (2010), no sistema de envase estéril da TetraPak a chapa de embalagem é esterilizada passando por solução de peróxido de hidrogênio com concentração aproximada de 30% que sofre aquecimento a 70ºC por seis segundos, sendo que o material reto de embalagem sofre compressão por roletes ou é submetido ao ar quente para retirada do excesso de peróxido. Tal aquecimento ocorre na face interna da embalagem, de forma que o peróxido de hidrogênio se transforma em vapor e cria o ambiente asséptico. Vale ressaltar que a embalagem entra na máquina em forma de chapa e vai recebendo a conformação desejada de acordo com as etapas dentro do equipamento de envase e a atuação das mandíbulas e facas que promovem a selagem e corte das caixinhas. Nesta fase de

evaporação do peróxido, a chapa é transformada em um tubo com a fixação de uma solda vertical, o qual já está apto a receber o leite. Como o interior do tubo oferece um ambiente estéril para envase, ocorre o enchimento contínuo e a solda horizontal, formando as embalagens de um litro. Para garantir a assepsia, ar estéril é injetado no ambiente de enchimento, dentro do tubo formado pela embalagem.

Complementado o equipamento de envase, existem sistemas que finalizam o processo. As embalagens já preenchidas pelo produto e com formato definido são conduzidas por meio de esteiras transportadoras para as empacotadoras, que acondicionam grupos de embalagens individuais em bandejas, o que oferece maior proteção e facilita comercialização e transporte. A estocagem é feita à temperatura ambiente até o momento da distribuição.

4.3 AMOSTRAGEM

A cada tomada de amostra pelo operador, o mesmo coleta três caixas de leite que saem seguidamente da máquina e realiza a pesagem de cada uma delas. Esse procedimento é realizado, aproximadamente, a cada meia hora e para cada uma das três máquinas. As máquinas 1 e 2 possuem capacidade para envase de 8 mil litros por hora e a máquina 3, capacidade para 12 mil litros por hora.

Inicialmente, a amostragem foi feita para uma semana de pesagens, resultando em 757 amostras e 2271 pesagens, já que cada amostra é um subgrupo de 3 observações. A princípio, pode parecer um valor elevado de amostras. Todavia, o processo UHT trabalha sempre com elevada produção, sendo que, teoricamente, quanto maior o tamanho da amostra, maior representatividade se tem. Exemplos apresentados por Morettin e Bussab (2003) mostram que quando o tamanho da amostra aumenta independentemente da forma da distribuição da população, a distribuição amostral de $\bar{X}$ se aproxima cada vez mais de uma distribuição normal. Com base no Teorema do limite Central, $\bar{X}$ aproxima-se de uma normal quando n tende para o infinito.

As amostras para este trabalho baseiam-se em subgrupos racionais e, segundo Oliveira (2009), o conceito de Subgrupos racionais tem como preceito a obtenção de amostras menores do processo em intervalos de tempo preestabelecidos. Cada amostra ou subgrupo racional é formado por unidades produzidas quase simultaneamente. Em caso de ocorrer perturbação no processo em decorrência de causas especiais, dificilmente ela ocorrerá durante a formação do subgrupo.

4.4 ANÁLISE DO PESO DA CAIXA DE LEITE UHT

A análise da variável foi feita por meio da tabulação dos dados obtidos de fichas de fabricação preenchidas pelos operários durante o processo. No anexo A, está exposto um modelo da ficha onde os dados de pesagem da fabricação são coletados. No anexo B, encontra-se o modelo de planilha que foi utilizado para registrar e tabular as informações, buscando facilitar o tratamento dos dados por meio da utilização de filtros no Excel.

4.5 TESTE DA NORMALIDADE DA VARIÁVEL

Segundo Montgomery (2004), é fundamental garantir que a construção de gráficos de controle $\bar{X}$ e R seja feita para dados que apresentem distribuição normal. Isso ocorre, pois, em geral, os limites de controle obtidos a partir de dados não-normais não são confiáveis, tornando-se inapropriados para o controle estatístico do processo.

Baseando-se nesta situação, os dados do presente trabalho tiveram a sua normalidade testada. Usando-se o software MINITAB 14.0, foi feito o teste da normalidade para a amostra de observações de uma semana toda, aplicando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. A função de distribuição acumulada deste modelo fornece as probabilidades acumuladas em cada ponto. O teste verifica o valor e o compara com um valor crítico tabelado em função de α e n. O teste de Kolmogorov-Smirnov é usado para determinar se duas distribuições de probabilidade subjacentes diferem uma da outra ou se uma das distribuições de probabilidade subjacentes difere da distribuição em hipótese, sempre com base em amostras finitas. Definiu-se como hipótese nula, a aderência dos dados à distribuição normal e como hipótese alternativa, que os dados não seguem distribuição normal. Se o valor da probabilidade (P) for inferior ao nível de significância, no caso 0,05, a normalidade é rejeitada.

Do teste de normalidade KOLMOGOROV-SMIRNOV obteve-se o gráfico 1.

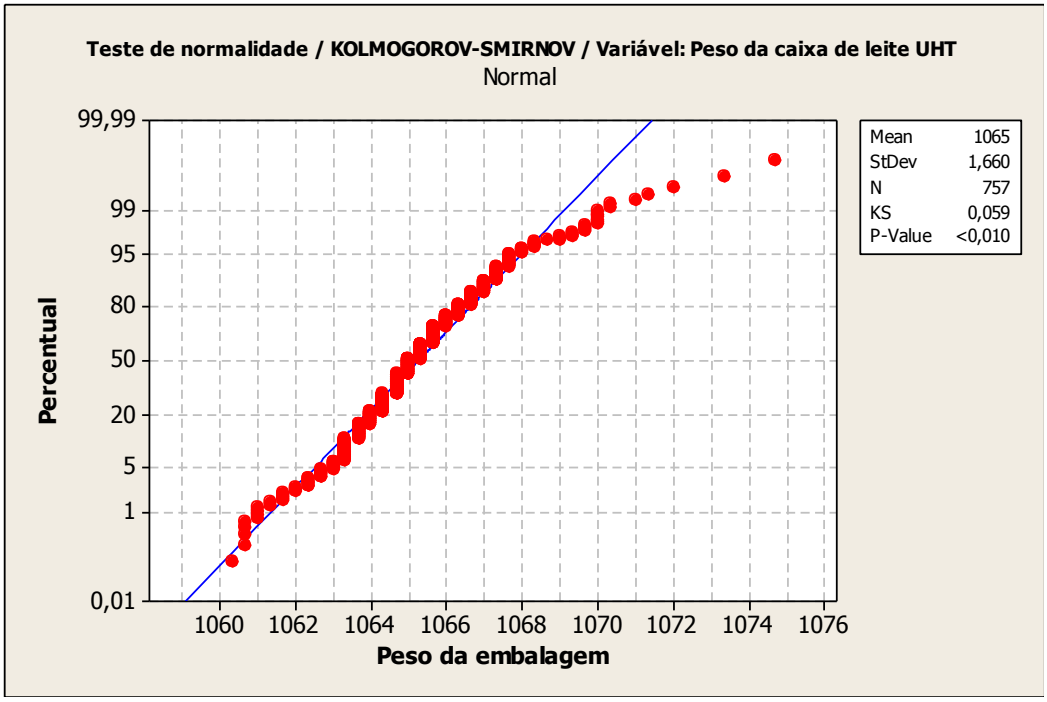

Gráfico 1 – Teste da normalidade Kolmogorov-Smirnov
Fonte: Autor

O gráfico gerado indica que a distribuição dos dados não respeita a normalidade. Para representar uma situação de distribuição normal, o teste de hipótese de KOLMOGOROV-SMIRNOV sugere que a normal é admitida com p-Value igual ou superior a 0,05 e, no caso, apresentou valor inferior a 0,010.

Diante desta distribuição não-normal, algumas transformações estatísticas foram testadas, no intuito de normalizar os dados e, então, ser possível trabalhar sobre os preceitos dos gráficos de controle de Shewart. Foram testadas desde transformações utilizando funções simples como raiz quadrada e logaritmo até a transformação de Johnson, que é um método mais geral e abrange um número maior de distribuições. De acordo com Johnson (1949) a transformação é definida por uma das três famílias de transformação S_B (Equação 4), S_L (Equação 5) e S_U (Equação 6) a partir da determinação dos parâmetros γ , η , ε e λ :

Equação 4: Família S_B (o índice B provém de *bounded* ou limitado):

$$S_B = \gamma + \eta . \ln\left[\frac{x - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - x}\right]$$

Para $\eta, \lambda > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \varepsilon < \infty, \varepsilon < X$

Equação 5: Família S_L (o índice L significa Lognormal):

$$S_{L=} \gamma + \eta . \ln(x - \varepsilon)$$

Para $\eta > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \varepsilon <$

Equação 6: Família S_U (o índice U provém de *unbounded* ouilimitado):

$$S_{U=} \gamma + \eta . \sinh^{-1}\left[\frac{x - \varepsilon}{\lambda}\right]$$

Para $\eta, \lambda > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \varepsilon < \infty, \varepsilon < X$

Todavia, nenhuma das transformações foi capaz de transformar a variável em uma distribuição normal padronizada.

Para Oliveira (2009), o ideal para aplicação de gráficos de controle é que a distribuição de probabilidades da amostra siga a distribuição normal, mas este não é um fato restritivo para a aplicação do conceito. É possível fazer uso das cartas de controle propostas por Shewhart ainda que a variável aleatória não siga a normalidade.

Entretanto, levantando-se hipóteses para a não normalidade da distribuição dos dados, foram consideradas as seguintes situações:

- A primeira estaria relacionada ao grande número de dados trabalhados na amostra. Para Montgomery (2004), em muitas situações se pode desconfiar da não normalidade da distribuição porque foi realizada uma coleta extensiva de dados que indicaram que a suposição de normalidade era inapropriada.
- Outra questão poderia ter ligação com a existência de alguns *outliers* na amostra, configurando situações discrepantes das demais.
- A mistura de dados de processos distintos também pode configurar a não normalidade. Como esta análise de normalidade foi feita para as médias de todas as amostras das três máquinas, isso pode gerar uma conclusão equivocada.

Na tentativa de atingir a distribuição normal, as seguintes medidas foram tomadas:

- Foram retirados os *outliers*, eliminando causas especiais. Segundo Oliveira (2009), a implementação do controle estatístico depende da eliminação de causas especiais mais evidentes, deixando o processo sob controle. Caso isso não ocorra, todas as estimativas não são coerentes. A relação destas causas especiais pode ser inserida em um Diagrama de Causa e Efeito para que, após a realização do diagnóstico das causas especiais, estas possam ser ajustadas por meio de ações corretivas e preventivas, com o auxílio de uma Lista de Verificação. Os *outliers* foram substituídos pela média das duas pesagens anteriores.
- Os valores existentes na amostra foram estratificados de acordo com a máquina a que pertencem, tornando os processos de cada uma delas independente. Com isso, os dados puderam ser individualizados em função do equipamento que os originou, tornando a análise mais confiável.
- Redução da amostragem de uma semana para um dia. De acordo com o tratamento estatístico para os dados, observou-se, que o estudo apresentou características viesadas, tornando difícil a análise. A determinação do tamanho da amostra foi refeita, então, baseando-se no Teorema do Limite Central (TLC). Para Morettin e Bussab (2003), amostras em torno de 30 a 50 elementos fornecem boas aproximações para amostras de populações próximas ou não da normalidade. Logo, foram utilizando dados de pesagem de um dia de produção, que representaram cerca de 40 amostras para cada máquina com subgrupos de 3 observações cada uma. O objetivo é simular uma situação rotineira de controle do processo, fazendo uma análise cotidiana do que acontece durante o processamento.

Após o tratamento estatístico proposto, todos os testes de KOLMOGOROV-SMIRNOV apresentaram valor de P superior a 0,05, indicando que os dados aderem à curva normal. A seguir, é apresentado um quadro com o resumo das características de cada máquina.

Teste de Normalidade - Kolmogorov-Smirnov				
Máquina	**Média**	**Desvio Padrão**	**p-Value**	**KS**
1	1066	1,123	> 0,150	0,115
2	1065	0,8846	> 0,150	0,058
3	1064	1,435	0,083	0,125

Quadro 1 – Teste de normalidade para as médias dos processos por máquinas
Fonte: Autor

4.6 ANÁLISE DOS DADOS

A empresa estudada estabelece limites de especificação do valor médio de peso da embalagem contendo leite UHT. Basicamente, os limites foram determinados da seguinte forma:

- ✓ O leite recebido pela indústria possui densidade que varia entre 1028gramas/litro e 1032gramas/litro. Estes valores, por sua vez, atendem os limites preconizados pelo serviço de inspeção federal de produtos de origem animal.
- ✓ Cada embalagem de leite UHT vazia pesa, em média, 34,8gramas.
- ✓ Somando o peso do leite ao peso da embalagem vazia, o peso final de cada caixinha de leite envasado deveria possuir um mínimo de 1062,8gramas e um máximo de 1066,8gramas.
- ✓ Como limite inferior de especificação, a empresa estabelece o valor de 1062gramas.
- ✓ Como limite superior de especificação, a indústria determina o valor de 1067gramas.
- ✓ Como valor adequado, a fábrica emprega o valor de 1065gramas. Ou seja, este é o valor alvo do processamento.

Por ser empregado equipamento de pesagem com pouca precisão para monitorar o processo, o operador somente avalia o valor inteiro, sem casas decimais.

A seguir, são apresentados os gráficos, testes e estudos estatísticos empregados na análise dos dados de pesagem durante envase do leite UHT.

O gráfico de valores individuais mostra mais detalhes acerca dos valores médios de pesagens fornecidos pelas máquinas e o posicionamento relativo de cada um deles.

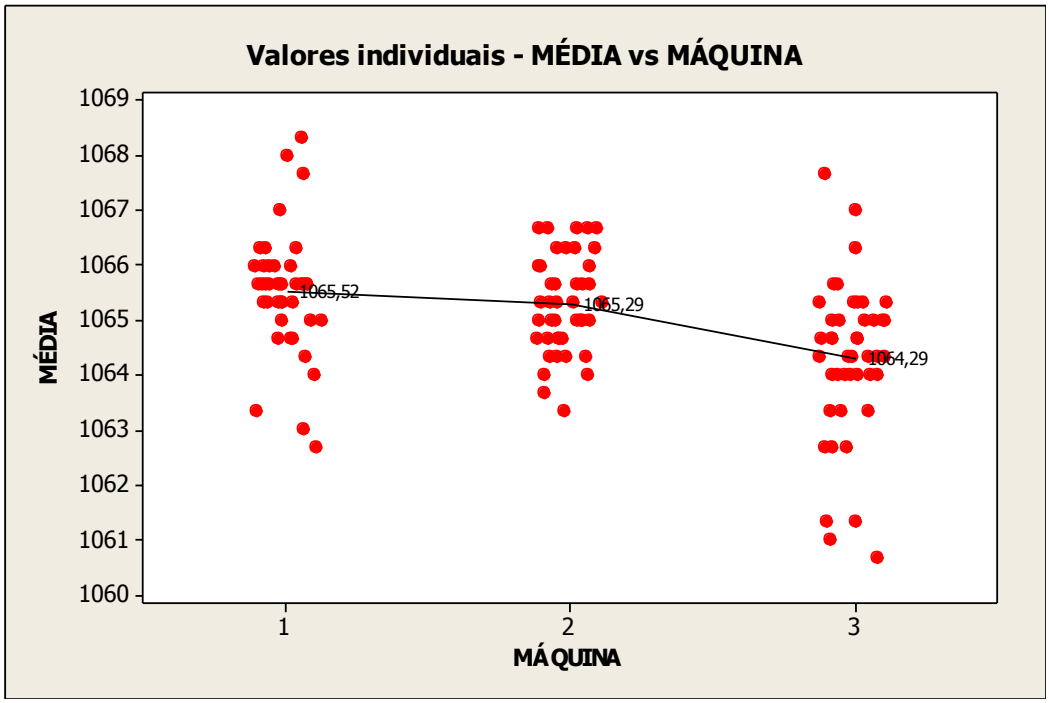

Gráfico 2 – Valores individuais para as médias por máquinas
Fonte: Autor

O gráfico de valores individuais mostra que os valores médios de pesagens fornecidos pelas máquinas são:

- Máquina 1: 1065,52g
- Máquina 2: 1065,29g
- Máquina 3: 1064,29g

Logo, as médias fornecidas pelas máquinas 1 e 2 estão extremamente próximas, ao passo que a média da máquina 3 é um pouco inferior.

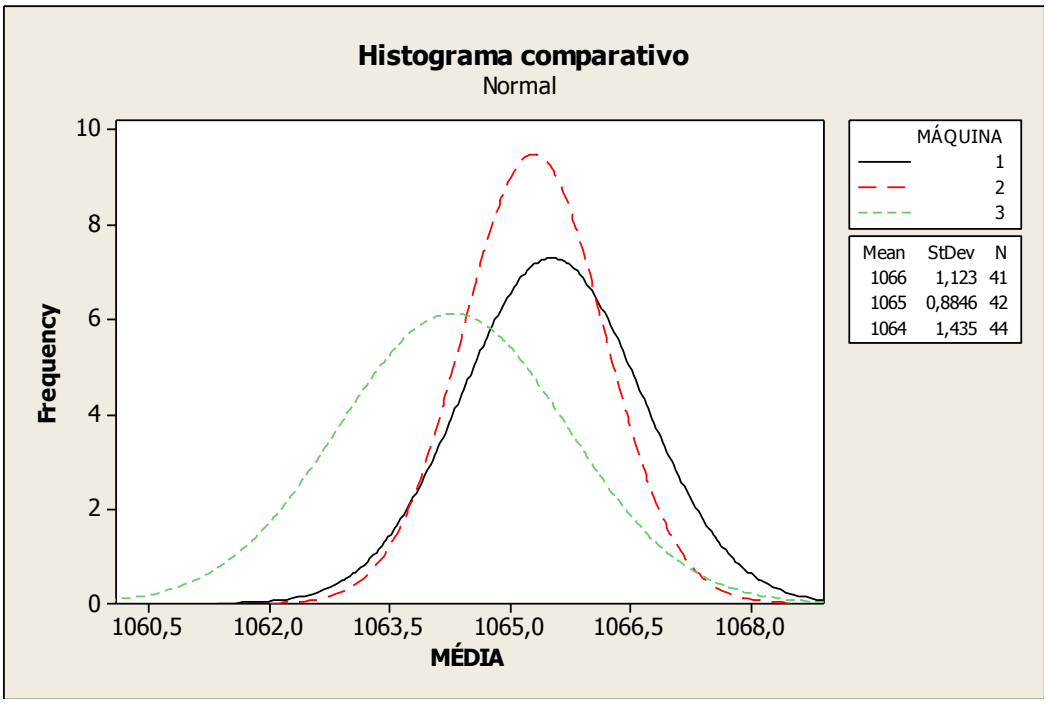

Gráfico 3 – Histograma agrupado
Fonte: Autor

O histograma agrupado evidencia que as médias dos processos das máquinas 1, 2 e 3 são diferentes, e ratificam a proximidade das médias para as máquinas 1 e 2. Tal situação pode ser explicada pelo fato de que as máquinas 1 e 2 são do mesmo modelo e possuem características semelhantes. São equipamentos que foram adquiridos na mesma época, com capacidade para envase de oito mil litros de leite por hora. Já a máquina 3 é um equipamento mais novo, adquirido no ano de 2009 e produz doze mil litros de leite por hora. Apesar de se tratar de um equipamento novo, com maior capacidade e mais funções opcionais de controle automático de processo, a máquina 3 foi a que apresentou maior dispersão das médias de pesagem.

Para analisar o comportamento de cada máquina, inicialmente foi feito um *run chart*. Trata-se de um gráfico seqüencial com dados de pesagens ao longo do tempo. Este tipo de gráfico pode ser empregado em pesquisas onde de deseja verificar tendências dos dados no decorrer do processo produtivo, o que poderia ser indício de causas especiais de variação.

Além disso, foram desenvolvidos gráficos de controle para a análise do processo. Os gráficos de controle aqui trabalhados são do tipo $\bar{X}$ - R (média – amplitude), já que o tamanho da amostra é pequeno. Utilizou-se um desvio padrão total de seis sigma, sendo que os limites de controle são fornecidos a três desvios padrão abaixo da linha central (limite inferior de

controle) e três desvios padrão acima da linha central (limite superior de controle). A linha central está localizada na média da estatística. A análise inicial é feita por máquina.

A verificação do controle estatístico do processo pode ser feita de acordo com vários testes que detectam pontos fora de controle, sendo eles:

- Teste 1: verifica se o ponto está localizado acima do LSC ou abaixo do LIC
- Teste 2: analisa a presença de nove pontos consecutivos localizados acima ou abaixo da LC;
- Teste 3: testa se existem seis ou mais pontos consecutivos crescentes ou decrescentes;
- Teste 4: verifica a existência de quatorze pontos alternados em uma linha;
- Teste 5: Dois de três pontos localizados no mesmo lado a dois desvios-padrão acima ou abaixo da linha central;
- Teste 6: testa se existem quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo da linha central;
- Teste 7: quinze pontos consecutivos localizados, em qualquer lateral, a menos de um desvio-padrão da linha central;
- Teste 8: verifica se existem oito pontos consecutivos acima ou abaixo, em qualquer lateral, a mais de um desvio-padrão da linha central.

Ao gerar o gráfico, o Minitab identifica com números de 1 a 8 os pontos que estão fora de controle de acordo com o teste realizado. Neste estudo, todos os testes foram realizados.

O *run chart* da máquina 1 mostra variação brusca aumentando a amplitude, podendo ser indício de causa especial, possivelmente em função de operadores inexperientes ou insuficientemente treinados, pois eles não ajustam a máquina da maneira correta. Da mesma forma, amplitudes menores podem indicar operadores mais disciplinados e bem treinados.

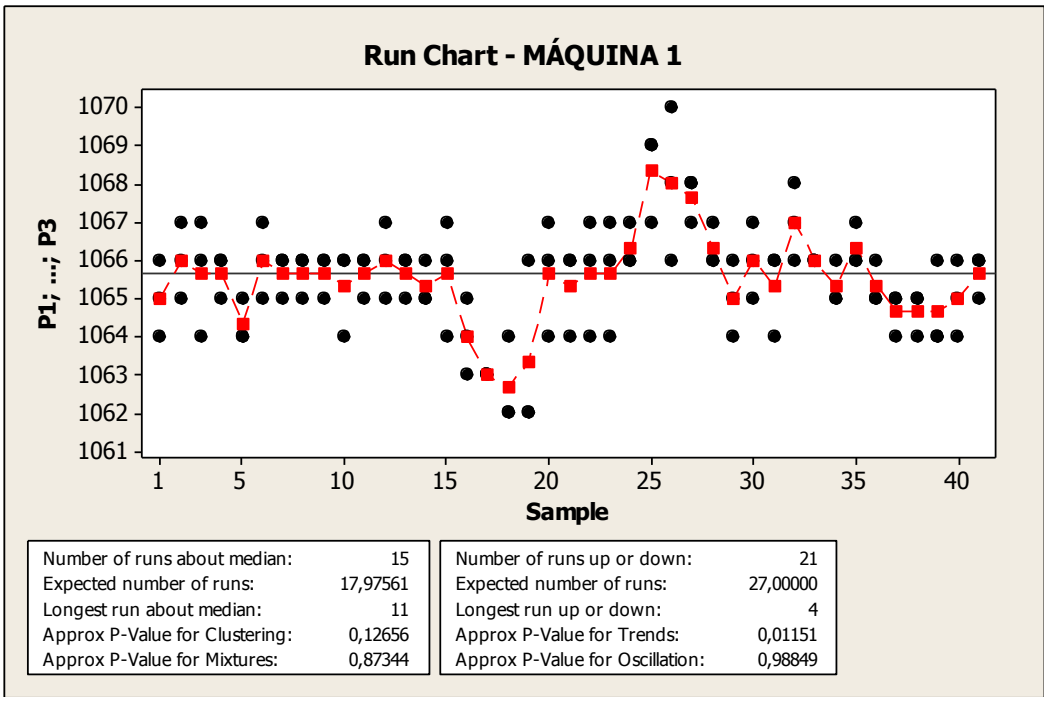

Gráfico 4 – Run Chart - Máquina 1
Fonte: Autor

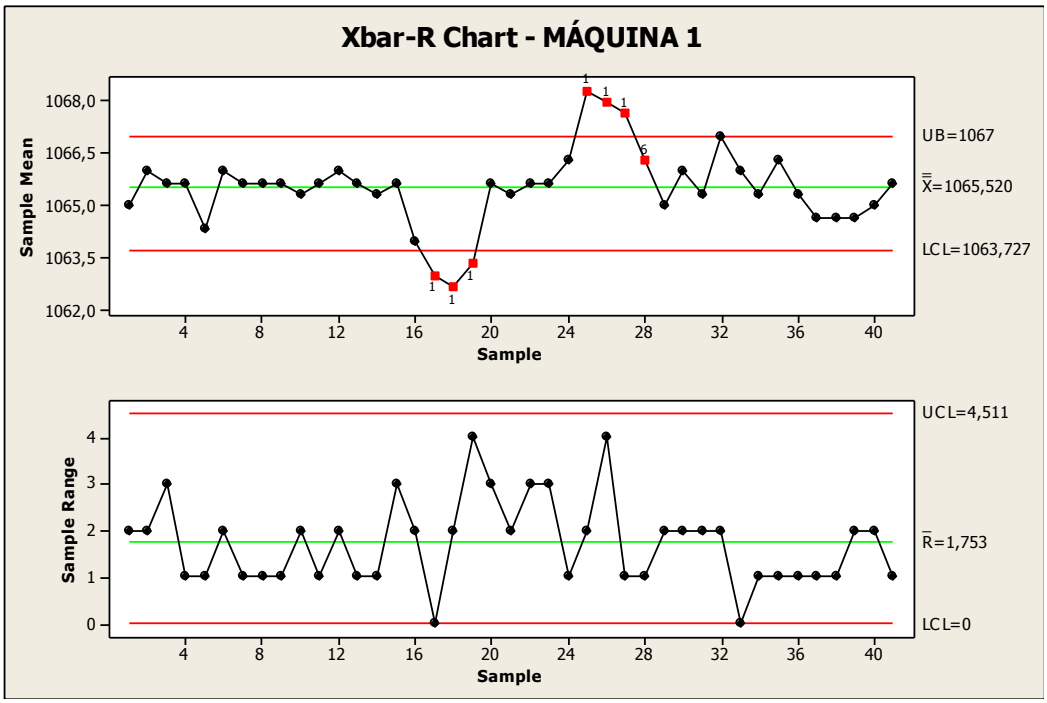

Gráfico 5 – Carta de controle ($\overline{X}$ -R) – Máquina 1
Fonte: Autor

Para a máquina 1, o gráfico de controle mostra que todos os pontos estão dentro do limite da amplitude e que, praticamente, metade dos dados estão acima da média de amplitude

e a outra metade, abaixo da linha da média da amplitude. Houve variação brusca de amplitude entre as amostras de número 16 e 28, pontos estes que também sinalizam existência de amostras fora dos limites de controle.

Outra situação interessante a ser observada é o fato de que no início da coleta de dados, até a amostra 16 as pesagens estão bastante próximas da linha central. A partir de então, os dados começam a apresentar uma maior variabilidade em torno da linha central.

O gráfico de controle para a máquina 1 revela que o processo está fora dos limites de controle, já que existem três pontos abaixo do limite inferior de controle e três pontos acima do limite superior de controle. Foi identificado também um ponto fora de controle em função do teste 6, indicando que existem quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo da linha central.

Analisando os limites de especificação, verifica-se que o processo não atende ao limite superior de especificação, uma vez que dois dos pontos em vermelho no gráfico de controle apresentam valor igual ou superior a 1068, caracterizando um processo que extrapola o limite de especificação superior. Portanto, o processo da máquina 1 está fora de controle e fora dos limites de especificação.

Os pontos inicias que estão abaixo do limite inferior de especificação são as observações de número 17, 18 e 19. Todas essas observações pertencem ao turno A. Já as observações de número 25, 26 e 27 estão acima do limite superior de especificação e correspondem às três primeiras pesagens realizadas pelo turno B no dia analisado.

No caso da máquina 2, o *run chart* é representado pelo gráfico 6. É possível observar, que existe bastante variação de amplitude, sobretudo entre as amostras de número 10 e 20, intervalo este que apresenta ponto fora dos limites de amplitude no gráfico de controle.

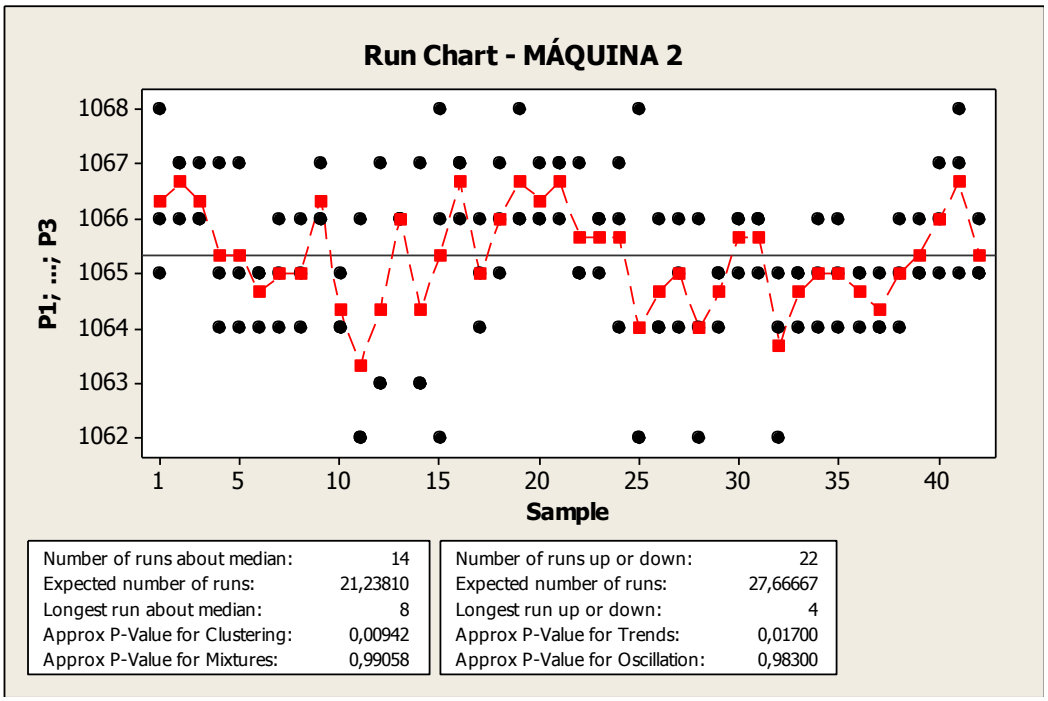

Gráfico 6 – Run Chart – Máquina 2

Fonte: Autor

O gráfico 7, ilustra o comportamento do processo no gráfico de controle média-amplitude para a máquina 2.

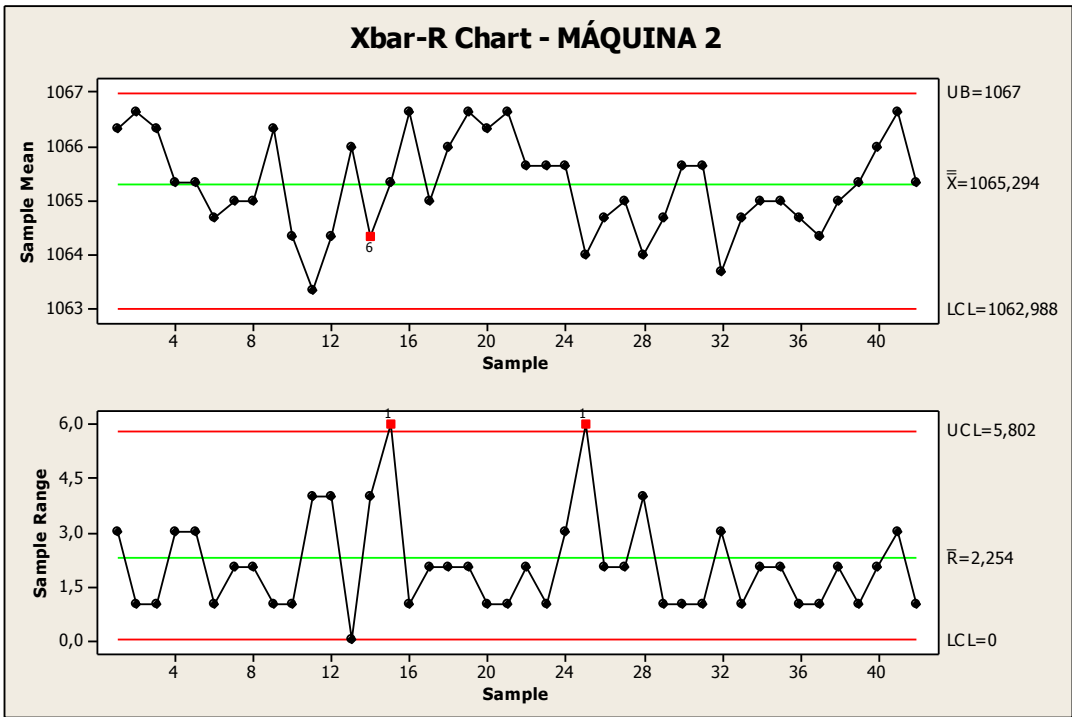

Gráfico 7 – Carta de Controle ($\bar{X}$ -R) – Máquina 2

Fonte: Autor

No caso da máquina 2, existem dois pontos que estão na linha do limite superior da amplitude. Para esta máquina, a variabilidade mostra-se ainda maior. A existência de pontos que extrapolam os limites de amplitude já é suficiente para garantir que o processo está fora de controle. O ponto identificado em destaque no gráfico de controle foi indicado de acordo com o teste 6, o que significa que há quatro de cinco pontos localizados no mesmo lado a um desvio-padrão acima ou abaixo da linha central.

Apesar de não estar sob controle, o processo se encontra dentro dos limites de especificação, já que não existem valores inferiores a 1062 e nem valores superiores a 1067. O valor alvo, que é 1065, praticamente coincide com o valor da linha central, a qual corresponde à média do processo.

Para as médias fornecidas para o processo da máquina 3, o *run chart* obtido está no gráfico abaixo.

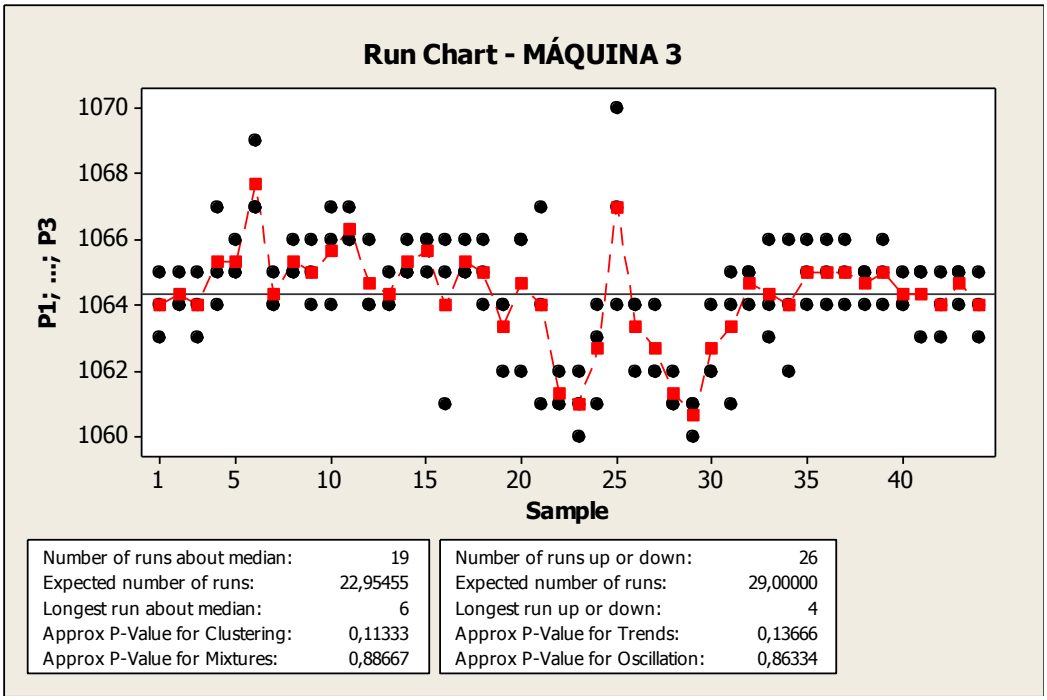

Gráfico 8 – Run Chart – Máquina 3
Fonte: Autor

O *run chart* da máquina 3 mostra variação mais expressiva da amplitude entre as amostras de número 20 e 30, podendo ser indicativo de atuação de alguma causa especial.

Analisando a amplitude para processo produtivo da máquina 3, no gráfico 9 é possível observar que a maioria das amostras apresentam valor abaixo da amplitude média.

O gráfico de controle indica que o processo está fora de controle, pois existem pontos acima e abaixo dos limites de controle. O primeiro ponto acima do limite superior de controle corresponde à observação de número 6, sendo uma amostragem do turno C. Os próximos dois valores abaixo do limite inferior correspondem a observações do turno A e possuem valores também inferiores ao limite de especificação. A observação de número 25, acima do limite superior de controle pertence ao turno A e os outros dois pontos abaixo do limite inferior do gráfico de controle pertencem ao turno B. Dessa forma, trata-se de um processo fora de controle e fora dos limites de especificação.

Além disso, existem pontos fora de controle de acordo com outros testes realizados pelo Minitab, como os testes 2, 5 e 6, enfatizando que o processe não está sob controle.

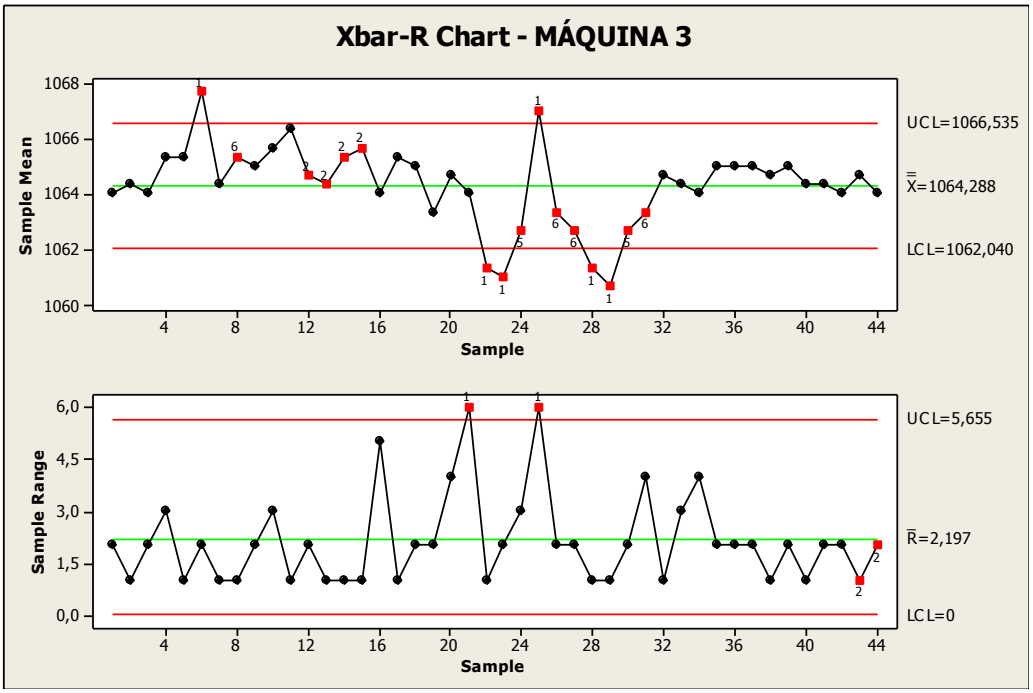

Gráfico 9 – Carta de Controle ($\overline{X}$ -R) – Máquina 3
Fonte: Autor

Para os gráficos seqüenciais de todas as máquinas, é possível observar, ainda, que existem pontos distantes e isolados dos demais. Tal situação pode ter sido provocada pela ocorrência de erros nos cálculos, nas medições ou no registro dos dados; instrumentos de medição descalibrados; descontrole temporário dos parâmetros do processo ou defeito repentino nos equipamentos com imediata correção.

Como existem intervalos nos gráficos de controle que se comportam de maneira distinta, há evidências de que o turno pode estar influenciando no processo. Para verificar tal

situação foi feito o gráfico agrupado de *boxplot* para cada uma das máquinas, por turno, visando facilitar a comparação entre turnos e entre máquinas.

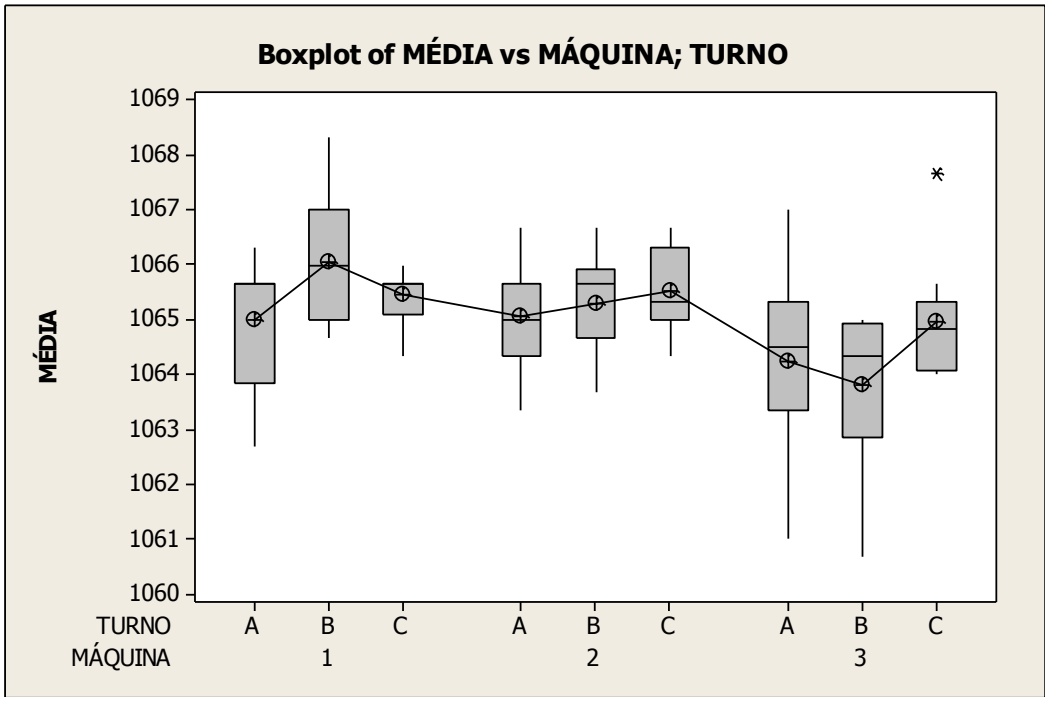

Gráfico 10 – *Boxplot* para Máquinas 1, 2 e 3 – Estratificação por turnos
Fonte: Autor

Para comparar se os valores das médias entre os turnos possuem diferença significativa ou não, fez-se um teste de hipóteses disponível no MINITAB 14.0. Trata-se da ANOVA. Na tabela da ANOVA, o valor p é resultado do teste de hipótese para um nível de significância α de 5%. As hipóteses estatísticas testadas são:

- ✓ H0: $\mu_A = \mu_B = \mu_C$, afirmando que as médias podem ser consideradas todas iguais, ou ainda, que não há diferença significativa entre as médias das populações;
- ✓ H1: $\mu_i \neq \mu_j$, onde i, j ϵ {A, B,C} afirmando que, pelo menos duas médias podem ser consideradas significativamente diferentes entre si.

Se o valor p for inferior ao nível de significância de 0,05, a hipótese nula é rejeitada, considerando, portanto que os pesos médios não são iguais para os turnos. Para auxiliar na análise do processo, foi feito o teste de Tukey, o qual é brevemente explicado na interpretação dos resultados.

Segundo Bower (2000), a ferramenta estatística ANOVA foi originalmente utilizada na agricultura, mas seu uso se expandiu para diversos outros campos. Porém, alguns usuários falham ao não reconhecer a necessidade de se verificar a validade de vários pressupostos necessários antes de aplicar a ferramenta. Como discutido por Hogg e Ledolter (1987), os pressupostos que devem ser seguidos ao se aplicar ANOVA são: (1) os valores de cada nível seguem a distribuição normal; e (2) as variâncias são as mesmas para todos os níveis. Estes dois fatores são cruciais para se obter interpretação satisfatória dos resultados, e *softwares* estatísticos, como o Minitab, auxiliam ao gerar saídas rápidas, confiáveis e com facilidade operacional (Bower, 2000).

- ANOVA – MÁQUINA 1

Na máquina 1, o valor p obtido neste teste é igual a 0,039, indicando que há diferença significativa do peso médio para pelo menos um dos turnos em relação aos outros.

Para complementar a análise, o teste de Tukey foi utilizado. Este teste apresenta dois conjuntos de intervalos de comparação múltipla:

- ✓ Média do turno A subtraída das médias dos centros B e C
- ✓ Média do turno B subtraída da média do turno C

One-way ANOVA: MÉDIA versus TURNO

```
Source  DF     SS    MS     F      P
TURNO    2   7,92  3,96  3,54  0,039
Error   38  42,52  1,12
Total   40  50,44

S = 1,058   R-Sq = 15,70%   R-Sq(adj) = 11,26%


                           Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Level   N     Mean  StDev       +---------+---------+---------+---------
A      14  1065,00   1,21       (---------*---------)
B      15  1066,04   1,23                         (--------*---------)
C      12  1065,47   0,48                 (---------*---------)
                                +---------+---------+---------+---------
                           1064,40   1065,00   1065,60   1066,20

Pooled StDev = 1,06


Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of TURNO

Individual confidence level = 98,05%


TURNO = A subtracted from:

TURNO   Lower  Center  Upper  ------+---------+---------+---------+---
B       0,084   1,043  2,002                    (--------*---------)
```

```
C      -0,543   0,473  1,488             (---------*---------)
                                  ------+---------+---------+---------+---
                                     -1,0       0,0       1,0       2,0


TURNO = B subtracted from:

TURNO   Lower  Center  Upper  ------+---------+---------+---------+---
C      -1,570  -0,571  0,429  (---------*---------)
                                  ------+---------+---------+---------+---
                                     -1,0       0,0       1,0       2,0
```

Quadro 2 – ANOVA – Máquina 1
Fonte: Autor

Para este teste, o primeiro intervalo no primeiro conjunto da saída é 0,084 a 2,002. Ou seja, o peso médio das embalagens de leite do turno B menos o do turno A encontra-se entre 0,084 e 2,002 gramas. Como o intervalo não inclui zero, a diferença no peso da embalagem com leite entre os dois turnos é estatisticamente significativa. O peso das embalagens de leite UHT do turno B é maior do que as do turno A.

O outro intervalo compara o turno a com o turno c, e compreende -0,543 e 1,488. Isto significa que o peso médio das embalagens do turno c menos o peso médio das embalagens do turno a encontra-se entre -0,543 e 1,488, situação esta em que o zero é incluído no intervalo de confiança, indicando que as médias de pesos entre os turnos a e c não possuem diferença significativa.

Os turnos B e C são comparados de acordo com o intervalo que varia de -1,570 até 0,429. Logo, o peso médio das embalagens de leite do turno C menos o do turno B está entre -1,570 e 0,429 gramas. Como o intervalo inclui o zero, as médias dos turnos B e C não possuem diferença significativa.

- ANOVA – MÁQUINA 2

Na máquina 2, o valor p obtido neste teste é igual a 0,382, evidenciando que não há diferença significativa do peso médio de um turno em relação a outro.

Para o teste de Tukey, o intervalo que compara os turnos A e B, apresenta valores de -0,5623 a 1,0498. Significa que o peso médio do turno A subtraído do peso médio do turno B apresenta valor entre -0,5623 e 1,0498 gramas. A análise similar para a comparação das relações entre os demais turnos pode ser verificada no quadro X, que mostra as saídas geradas no Minitab para este teste.

One-way ANOVA: MÉDIA versus TURNO

```
Source  DF      SS     MS     F      P
TURNO    2   1,546  0,773  0,99  0,382
Error   39  30,535  0,783
Total   41  32,081

S = 0,8848   R-Sq = 4,82%   R-Sq(adj) = 0,00%


                           Individual 95% CIs For Mean Based on
                           Pooled StDev
Level   N     Mean  StDev  ------+---------+---------+---------+---
A      13  1065,05   0,91  (-----------*------------)
B      16  1065,29   0,94         (----------*-----------)
C      13  1065,54   0,78              (-----------*------------)
                           ------+---------+---------+---------+---
                            1064,80   1065,20   1065,60   1066,00

Pooled StDev = 0,88


Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of TURNO

Individual confidence level = 98,06%


TURNO = A subtracted from:

TURNO    Lower  Center   Upper  -------+---------+---------+---------+--
B      -0,5623  0,2437  1,0498          (------------*------------)
C      -0,3590  0,4877  1,3344             (-------------*-------------)
                                -------+---------+---------+---------+--
                                    -0,60      0,00      0,60      1,20


TURNO = B subtracted from:

TURNO    Lower  Center   Upper  -------+---------+---------+---------+--
C      -0,5621  0,2439  1,0500          (------------*------------)
                                -------+---------+---------+---------+--
                                    -0,60      0,00      0,60      1,20
```

Quadro 3 – ANOVA – Máquina 2
Fonte: Autor

É interessante observar que todos os intervalos de confiança gerados para comparação entre os turnos incluem o zero, reafirmando a hipótese de que realmente não existe diferença significativa das médias de pesagem do leite UHT entre os turnos no processo da máquina 2.

Para a máquina 2, todos os turnos possuem média extremamente próximas ao valor alvo.

- ANOVA – MÁQUINA 3

Na máquina 3, o valor p obtido neste teste é igual a 0,104 , evidenciando que não há diferença significativa entre as médias dos turnos A, B e C neste equipamento. A seguir, o quadro apresenta os detalhes da ANOVA executada para os dados da máquina 3 juntamente com o teste de Tukey.

One-way ANOVA: MÉDIA versus TURNO

```
Source  DF     SS    MS     F      P
TURNO    2   9,25  4,63  2,39  0,104
Error   41  79,33  1,93
Total   43  88,58

S = 1,391   R-Sq = 10,44%   R-Sq(adj) = 6,07%


                           Individual 95% CIs For Mean Based on
                           Pooled StDev
Level   N     Mean  StDev    ---+---------+---------+---------+------
A      16  1064,25   1,64           (---------*---------)
B      16  1063,81   1,34    (---------*---------)
C      12  1064,97   1,04                  (-----------*----------)
                             ---+---------+---------+---------+------
                           1063,30   1064,00   1064,70   1065,40

Pooled StDev = 1,39


Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of TURNO

Individual confidence level = 98,06%


TURNO = A subtracted from:

TURNO   Lower  Center  Upper  ------+---------+---------+---------+---
B      -1,633  -0,437  0,759       (-------*-------)
C      -0,570   0,722  2,014              (--------*-------)
                              ------+---------+---------+---------+---
                                 -1,5       0,0       1,5       3,0


TURNO = B subtracted from:

TURNO   Lower  Center  Upper  ------+---------+---------+---------+---
C      -0,133   1,159  2,451                 (--------*-------)
                              ------+---------+---------+---------+---
                                 -1,5       0,0       1,5       3,0
```

Quadro 4 – ANOVA – Máquina 3
Fonte: Autor

Como análise geral, observa-se que o turno C apresenta variabilidade muito menor do que os turnos A e B na máquina 3. Além disso, é importante verificar que a máquina 3 apresenta, para todos os turnos, valores inferiores ao valor alvo, que corresponde a 1065 gramas.

Estratificando a análise por turnos, tem-se que:

- Turno A
  - apresenta médias próximas nas máquinas 1 e 2;
  - na máquina 3, este turno apresenta queda na média;
  - de acordo com o desvio padrão, a variabilidade é similar em todas as máquinas à variabilidade do turno B.
- Turno B
  - Possui melhor desempenho na máquina 2;
  - Na máquina 1, este turno apresenta valores acima dos limites de especificação superior (1067).
- Turno C
  - De maneira geral, é o turno que apresenta menor variabilidade e menor amplitude;

Além dos gráficos acima elaborados, trabalhou-se ainda com o estudo da capacidade do processo. Como base para interpretação dos resultados, tomou-se como base o quadro abaixo, que mostra a classificação do processo quanto à capacidade que ele possui.

<table>
<tr><th>Cpk</th><th>Interpretação</th><th>Ações Pertinentes</th><th>Relação do valor nominal e a linha central do processo</th></tr>
<tr><td>Cpk ≥ 2,0</td><td>PROCESSO EXCELENTE
Altamente confiável</td><td>Os operadores têm perfeito controle do processo</td><td rowspan="2">Se Cp = Cpk → Processo centrado

Se Cpk ≠ Cp → Processo está fora de alvo</td></tr>
<tr><td>1,33 ≤ Cpk ≤ 2,0</td><td>PROCESSO CAPAZ
Relativamente confiável</td><td>Os operadores têm que monitorar para evitar deterioração</td></tr>
<tr><td>1,00 ≤ Cpk ≤ 1,3</td><td>PROCESSO RELATIVAMENTE INCAPAZ
Pouco confiável</td><td>Exige dos operadores controle contínuo</td><td>Cpk < Cp
Processo está fora do alvo, mas está dentro dos limites de especificação</td></tr>
<tr><td>0 < Cpk < 1</td><td>PROCESSO INCAPAZ
Podemos ter produção defeituosa</td><td rowspan="2">Exige dos operadores controle 100% da produção</td><td>Cpk<Cp
A linha central do processo está dentro ou coincidindo com um dos limites de especificação (podemos ter 50% de produção acima ou abaixo dos limites de especificação)</td></tr>
<tr><td>Cpk < 0</td><td>PROCESSO TOTALMENTE INCAPAZ
Não tem condições de manter as especificações</td><td>Cpk < Cp
A linha central do processo está fora dos Limites da Especificação
Se Cpk <-1 → toda a produção está fora dos Limites de Especificação</td></tr>
</table>

Quadro 5 – Interpretação do Índice Cpk
Fonte: Adaptado de Vieira (1999)

Kotz e Lovelace (1998, p.78) ressaltam que é importante salientar que o valor alvo deve coincidir com o valor médio entre os limites superior e inferior de especificação; caso contrário, há desvantagens no emprego do *Cpm*.

Além disso, o cálculo do índice *Cp* não leva em conta a média do processo e, por isso, considera que o processo está centrado no valor nominal da especificação. Segundo Werner e Gonçalez (2009), por não considerar a localização do processo e por considerar apenas a amplitude entre os limites de especificação e a variabilidade natural do processo em seu cálculo, para determinado valor de *Cp*, é possível ter qualquer percentual de itens fora das especificações, sendo que tal percentual dependerá de onde está localizada a média do processo. Se o processo não está centrado no valor alvo, o uso do índice *Cp* pode levar a conclusões erradas.

Pelos motivos acima citados, julga-se que apenas a análise do índice *Cpk* é válida, já que, de acordo com os dados trabalhados, as médias dos processos não estão centradas no alvo e o valor alvo não corresponde à média dos limites de especificação. Os limites de especificação são 1062 e 1067gramas e o valor alvo é 1065, ao passo que a média é 1064,5. Certamente, a empresa não adota o valor de 1064,5gramas como valor alvo, em função das balanças disponibilizadas para controle de processo, as quais não possuem a precisão necessária.

O gráfico 11 mostra o gráfico de capacidade do processo referente à máquina 1 e os índices de capacidade para este equipamento.

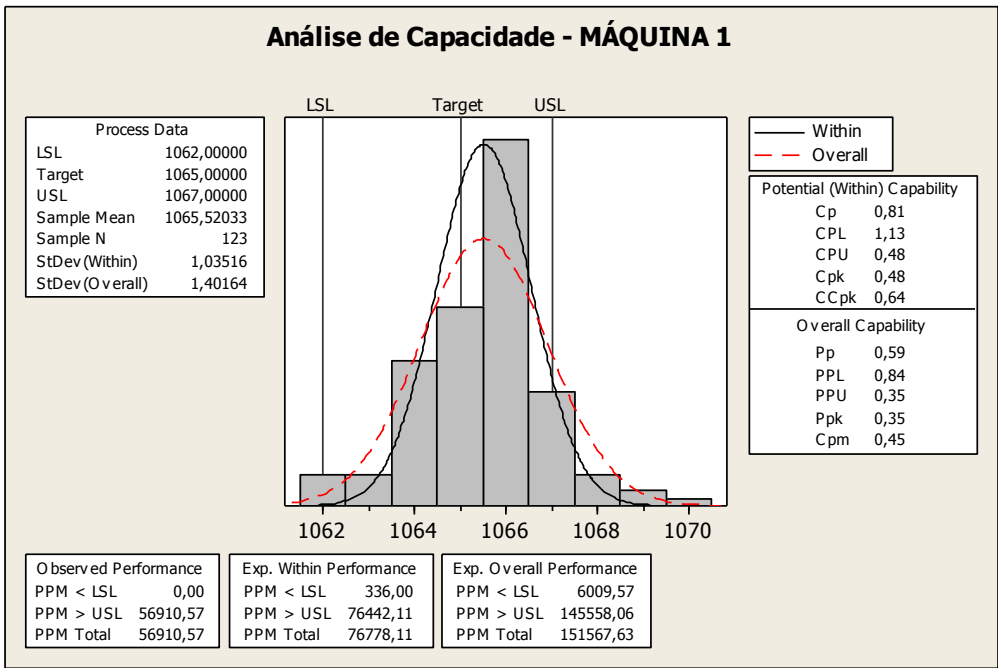

Gráfico 11 – Análise de capacidade de processo – Máquina 1

Fonte: Autor

A saída do MINITAB para a análise de capacidade apresenta um histograma dos dados, com duas curvas normais plotadas. A curva pontilhada é gerada com base no desvio padrão global e com base na média do processo. Já a curva contínua é gerada baseando-se na média do processo e no desvio dentro dos subgrupos. LSL e USL correspondem aos limites de especificação inferior e superior, respectivamente. É calculado também o valor de *ppm*, ou seja, partes por milhão, sob três aspectos distintos: de acordo com os valores das amostras (*Observed Performance*), com base na curva contínua (*Within Performance*) e com base na curva pontilhada (*Overall performance*). O valor de ppm refere-se à parcela de produtos fabricados fora dos limites de especificação a cada milhão de partes produzidas.

Analisando os índices gerados, verifica-se que o processo não é estatisticamente capaz de atender às especificações, possuindo deslocamento para a esquerda. Além disso, o alvo está deslocado da média. Este processo tem um PPM observado na amostra de 56.910, isto é, aproximadamente 5,69% de não conformidades.

Para a máquina de envase número 2, o gráfico a seguir mostra a saída do MINITAB:

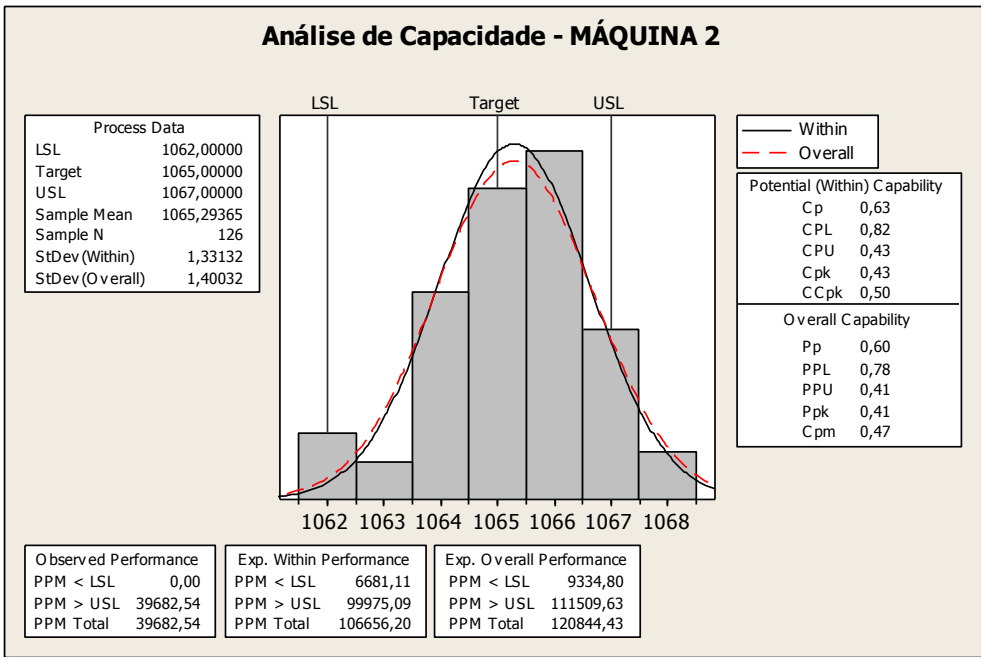

Gráfico 12 - Análise de capacidade de processo – Máquina 2
Fonte: Autor

Os índices gerados revelam que o processo não é estatisticamente capaz de atender às especificações, possuindo deslocamento para a esquerda. Além disso, o alvo está deslocado da média, mas um pouco mais próximo do que o processo da máquina 1. Este processo tem um *ppm* estimado de 39.682 isto é, aproximadamente 3,97% de não conformidades.

A máquina 3 apresenta comportamento para a capacidade de seu processo de acordo com o gráfico 13:

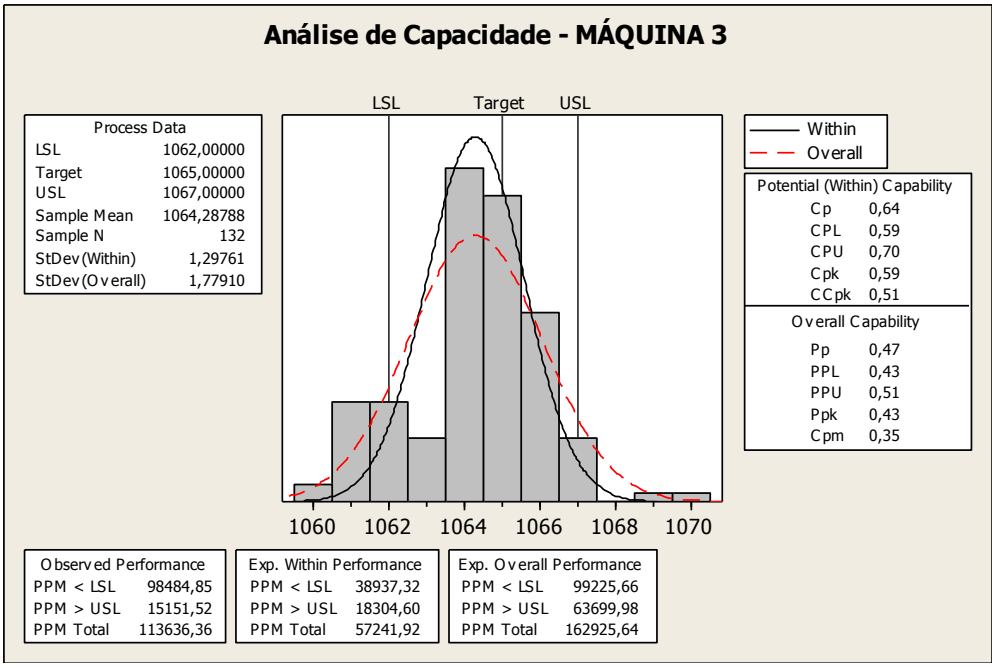

Gráfico 13 - Análise de capacidade de processo – Máquina 3
Fonte: Autor

A variabilidade global e a variabilidade dentro do subgrupo apresentam diferença significativa, sendo que a variabilidade global possui melhor valor. O valor alvo está distante da média do processo, mas a máquina 3 possui um *ppm* estimado de 113.636, ou seja, aproximadamente 11,36% de não conformidades. Como *Cpk* tem valor inferior a 1, o processo é considerado incapaz.

4.7 ANÁLISE DOS DADOS SOB O PONTO DE VISTA DA LEGISLAÇÃO

Para avaliar o comportamento do processo de acordo com aquilo que é preconizado pela legislação, levou-se em conta a portaria do Inmetro, de número 74 do ano de 1995, anteriormente explanada.

Nesta situação, os dados foram trabalhados de forma um pouco diferente, no intuito de simular uma situação bem próxima da real diante de uma fiscalização.

As pesagens de todas as máquinas foram reunidas em uma única amostragem, uma vez que os lotes no galpão de estoque são formados pelas embalagens de leite de maneira independente do equipamento em que foi realizado o envase. A legislação orienta que para um lote de 4.001 até 10.000 unidades sejam utilizadas 80 unidades para compor a amostra. A indústria envasa cerca de 250 mil litros por dia. A portaria supracitada indica que, para lotes superiores a 10.000 unidades, novos lotes podem ser formados.

Utilizou-se então, uma amostragem aleatória por meio de sorteio dos dados de pesagem do leite UHT referentes ao mesmo dia que está sendo estudado, de forma que a quantidade final de observações foi igual a 80.

Os valores para essa amostragem de 80 unidades encontram-se no quadro 5.

Parâmetros	
Valor nominal (Qn)	1000 ml
Tolerância individual	15 ml
Desvio Padrão (s)	1,29
Peso médio bruto	1064,877 g
Peso embalagem	34,8 g
Peso médio efetivo	1030,077 g
Densidade média	1,03 g/ml
Volume médio ($\bar{X}$)	1000,075 ml
Qn-T =	985 ml
Qn - 0,295 * s =	999,620 ml

Quadro 6 – Análise de dados sob aspecto da legislação
Fonte: Autor

De acordo com a portaria 75/1995 do Inmetro, para que o lote submetido à verificação seja aprovado, as condições das tabelas 3 e 4 ao mesmo tempo. Para esta situação, é necessário atender a duas condições, simultaneamente:

1) $\bar{X} \geq$ Qn – 0,295*s
2) Máximo de 5 unidades podem possuir valor inferior a Qn – T (critério de aceitação individual)

O primeiro critério, que é o da média, é atendido, uma vez que 1000,75 > 999,620.

Quanto ao critério individual, este também é perfeitamente atendido, haja vista que nenhum valor individual das amostras apresentou valor inferior a 0,985.

Portanto, verifica-se que as exigências legais estão sendo atendidas pela empresa, sem gerar prejuízos para o consumidor.

Por outro lado, analisando os dados de maneira simplista, a diferença entre o mínimo de produto que a empresa deve entregar ao consumidor de acordo com a legislação e a quantidade que ela realmente entrega, é de, em média, 15 ml por embalagem, indicando que a indústria está com desperdício de produto.

4.8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A fim de facilitar a análise dos resultados obtidos, o quadro 6 fornece um resumo das informações geradas a respeito do processo.

Máquina	Turno	Média	Teste Tukey	Desvio Padrão	Sob Controle	Dentro da Especificação	Capacidade (Cpk)	PPM estimado
M1	A	1065,00	Há diferença significativa	1,21	Não	Não	Incapaz	56.910
	B	1066,04		1,23				
	C	1065,47		0,48				
M2	A	1065,05	Não há diferença significativa	0,91	Não	Sim	Incapaz	39.682
	B	1065,29		0,94				
	C	1065,54		0,78				
M3	A	1064,25	Não há diferença significativa	1,64	Não	Não	Incapaz	113.636
	B	1063,81		1,34				
	C	1064,97		1,04				

Quadro 7 – Resumo de resultados
Fonte: Autor

Com base nos resultados, verifica-se que por meio da análise do *Cpk*, que retrata o desempenho do processo, para todos os equipamentos os processos são classificados como incapazes. A incapacidade dos processos pode estar relacionada à atuação dos operadores durante o envase do leite UHT e o modelo seguido do sistema de manutenção aplicado nas linhas produtivas.

As análises realizadas apontam que o desempenho de todos os equipamentos e, consequentemente, do processo no qual estão inseridos não é satisfatório para o processo em questão. Há então, que se questionar acerca da manutenção das máquinas empregadas, sobretudo na etapa de envase do leite UHT. Neste âmbito, surge a discussão sobre a filosofia da manutenção produtiva total (*TPM*) que, além de considerar manutenção corretiva, leva em conta atividades que incluem toda a organização, sempre fundamentada em resultados ligados

à produtividade, qualidade e custos e calcada em pilares que organizam a implementação deste sistema.

De acordo com os resultados de incapacidade dos processos e com a análise estratificada por turnos, avalia-se que é fundamental a existência de um programa de manutenção efetivo. Para o processo estudado, a falta de manutenção dos equipamentos da maneira adequada caracteriza-se como causa comum que atua no sistema, já que se trata de um problema que se mostra rotineiro, que se repete ao longo do tempo.

Marcorin e Lima (2003) ressaltam que quando se trata de um processo produtivo que envolve o emprego de máquinas e equipamentos para a obtenção de um produto, independente do nível de automação, o produto final tem sua qualidade determinada, entre outros fatores, pelo desempenho do equipamento. Badía et al. (2002) relacionam uma manutenção ineficaz com a necessidade de inspeções mais freqüentes, aumentando o custo do controle da qualidade, uma vez que a deterioração das condições ótimas do equipamento gera desvios no processo e redução da qualidade.

Para Souris (1992), a manutenção bem planejada e executada pode evitar que funções operacionais dos equipamentos se tornem reduzidas, especialmente aquelas que geram falhas ocultas e que acabam por refletir incapacidade no processo. Somente uma manutenção adequada garante que o processo não perderá sua capacidade devido a desvios provocados por problemas no equipamento.

Com relação às cartas de controle, é possível perceber que apenas a máquina 2 apresenta atende aos limites de especificações. O valor observado para partes por milhão (*ppm*) fora das especificações é o menor de todos os equipamentos. Apesar de relativamente gerar o melhor processo, o desempenho deste equipamento ainda é considerado ruim, pois o processo continua sendo incapaz.

O fato da máquina 1 e da máquina 2 serem do mesmo modelo e do mesmo ano, além de serem operadas pelos mesmos funcionários, gerou uma expectativa inicial de que o comportamento do processo de cada uma delas fosse bastante semelhante, o que foi comprovado com o estudo. Se observarmos o *boxplot* no gráfico 10, é possível perceber que a máquina 1 apresenta maior variabilidade nos dados de pesagem do que a máquina 2.

A máquina 3, que é um equipamento bem mais novo e com capacidade de envase superior às outras duas máquinas, apresentou o pior desempenho dentre todas pois, além de se tratar de um processo incapaz, está fora dos limites de controle e de especificação e possui o maior *ppm* observado (113.636). É provável que a própria estrutura de funcionamento da máquina 3 possa estar gerando um processo estatisticamente com pior qualidade. Este

equipamento trabalha com dez mandíbulas para fechamento das embalagens e que determinam a dosagem do produto. Se há necessidade de realizar regulagens na máquina em função de uma, duas, ou três mandíbulas que não estão funcionando perfeitamente, os operadores optam por manter o processo sob as mesmas condições, alegando que uma interrupção para ajuste de tais mandíbulas pode gerar mais alterações em outras mandíbulas que já estão reguladas. Tal situação não é válida para as máquinas 1 e 2, pois elas possuem apenas duas mandíbulas, sendo que em situações de peso fora dos limites o operador inevitavelmente corrige o problema.

Quanto à análise estratificada por turnos, apenas levando em consideração a média obtida em cada turno não é possível extrair informações úteis. A princípio, observando o *boxplot* do turno C em todas as máquinas e o desvio padrão deste mesmo turno, verifica-se que este é o que apresenta os menores desvios e a menor variabilidade em relação aos turnos A e B. Por outro lado, este é um comportamento que passa a ser vítima de dúvida, uma vez que o desempenho dos turnos A e B é semelhante em todos os equipamentos. Por se tratar de um turno que trabalha no horário da madrugada, a atuação de chefias e encarregados não existe em sua totalidade, de maneira que há indícios de que o turno C pode estar registrando dados incompatíveis com aquilo que realmente é verificado.

Os pontos fora de controle atribuídos à máquina 1 provocados pelos turnos A e B não correspondem a nenhuma interrupção no processo, não estão relacionados a troca de bobinas e nem a início de processo. Possivelmente, o não atendimento do peso aos limites ocorre em função de ajustes no equipamento que não foram devidamente realizados ou falta de atenção do operador na pesagem.

Os pontos fora de controle no processo da máquina 3 foram gerados pelos turnos A, B e C. Para o turno C, atribui-se a ocorrência do ponto fora de controle como alguma causa especial que pode ser atribuída à alguma regulagem do equipamento de envase ou falta de atenção no momento da pesagem do produto. Os valores de pesagem fora dos limites fornecidos pelos turnos A e B ocorreram nos horários de transição entre os turnos, podendo ser esta uma causa para a existência de pesagens com valores que extrapolam os limites, sendo atribuída ao maior desleixo dos operadores tanto com os ajustes do equipamento quanto com a utilização da balança. Esta situação pode estar relacionada, portanto, à uma causa especial ocasionada pelo cansaço do operador.

As causas especiais, que não ocorrem com freqüência e que, geralmente, são responsáveis pelos pontos fora de controle, podem ser eliminadas por meio de ações localizadas, realizadas pelos próprios operadores. As causas especiais mudam a distribuição

global do processo, afetando os resultados de uma maneira imprevisível e torna-o instável ao longo do tempo. Dessa forma, essas causas assinaláveis devem ser corrigidas o mais rápido possível para evitar não-conformidades.

As causas denominadas comuns são aquelas que possuem muitas fontes de variação em um processo, proporcionando uma distribuição estável e previsível, caracterizando um processo sob controle estatístico. Na etapa de envase do leite UHT, foco de estudo do presente trabalho, o estado de conservação e manutenção dos equipamentos, como já citado anteriormente, podem ser classificados como causas comuns, pois são fontes de variação de rotina, fixas de certa forma. Outra questão levantada como causa comum neste processo, são as balanças utilizadas. Este equipamento de medição que é usado para controlar a qualidade no que diz respeito ao peso da embalagem durante o envase é fundamental no controle. A balança utilizada deve ser colocada em local plano, adequado, instalada longe de correntes de ar e, se possível, estar protegida fisicamente do ambiente em que se encontra. A aferição constante da balança é também de suma importância para a confiabilidade dos dados obtidos nas pesagens, de forma que se evite, ao máximo, interferências nos valores de pesagens resultantes do processo.

Tais análises fornecem subsídios para definir prioridades de ações a serem tomadas. Prioritariamente, a máquina 3 merece maior atenção, por apresentar o pior comportamento. Por se tratar de um equipamento mais novo, é possível que a equipe ainda não esteja perfeitamente treinada para lidar com os problemas do equipamento. Além de pontos indicados pelo teste 1 nos gráficos de controle, existem pontos identificados por outros testes que indicam que o processo não está sob controle. Em seguida, as máquinas 1 e 2 deverão ser alvo de melhorias, pois geram processos incapazes e fora de controle.

No que diz respeito aos turnos, verifica-se a necessidade de maior supervisão no turno C, a fim de permitir que o sistema de controle funcione da forma mais correta possível, contando sempre com a colaboração dos envolvidos para que eles contribuam com informações precisas e verídicas, de maneira que o processo possa ser monitorado eficientemente.

O aspecto legal, apresentado anteriormente, está sendo perfeitamente atendido. Todavia, a empresa perde, em média, 15 ml de produto em cada embalagem de leite. Em uma produção mensal de 8 milhões de embalagens de 1 litro de leite isso representa cerca de 120 mil litros de leite perdidos por mês. Ou seja, a empresa poderia continuar atendendo à legislação, reduzindo cerca de 15 ml a cada litro de leite envasado no processo em questão.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho de conclusão de curso apresentou ferramentas de controle estatístico da qualidade que podem ser empregadas de forma rotineira nas indústrias de laticínios. Neste ramo produtivo, ainda existem muitas restrições quanto à aplicação de técnicas para controlar a qualidade, sendo que algumas organizações acreditam que a relação custo X benefício não é vantajosa. A própria dificuldade encontrada para obter os dados de pesagem do processo de envase do leite UHT, revela a percepção errônea que algumas gerências possuem quanto ao controle de qualidade e também quanto a processamento UHT. Das dez empresas contactadas, somente três fazem registro de pesagem durante o envase, sendo que apenas uma utiliza os dados obtidos para algum tipo efetivo de controle. As demais indústrias alegam não coletar os dados de pesagem por acreditarem se tratar de um processo extremamente confiável e automatizado. É importante que exista uma conscientização e um entendimento que a automação de um processo não está relacionada à sua variabilidade ou eficiência.

Julga-se de extrema importância a aplicação de ferramentas para controle da qualidade que permitam embasar as tomadas de decisões pela gerência. O maior estreitamento da relação entre o setor de controle e garantia da qualidade com o setor produtivo é fundamental para que as causas de variações envolvidas no processo possam ser evidenciadas e solucionadas o mais rápido possível. Os indivíduos envolvidos no processo produtivo devem estar alinhados quanto aos objetivos comuns, de maneira que todos sejam capazes de entender a organização sob uma visão sistemática e, assim, possam contribuir.

A verificação do atual estado de comportamento do processo de envase de leite UHT foi feita por meio do uso de gráficos de controle, gráficos seqüenciais e testes de hipóteses, de maneira que tais ferramentas mostraram-se aplicáveis às práticas de trabalho da indústria de laticínios. Os dados analisados referem-se à produção do dia 28 de agosto de 2010. Para determinação dos limites de especificação, foram empregados aqueles que são utilizados atualmente pela indústria. Para os limites de controle, optou-se por um desvio total de 6 sigma, que é o padrão normalmente utilizado para cartas de controle.

É importante salientar a conscientização dos funcionários a respeito da inspeção de qualidade do produto durante o envase, de forma que pesagens fora dos limites especificados gerem atuação sobre o sistema, implicando em regulagens do equipamento evitando a obtenção de produtos que não estejam atendendo ao valor alvo. Para melhorar o controle da qualidade durante esta etapa da fabricação, seria interessante coletar amostras com maior freqüência, visando monitorar o processo de maneira mais confiável evitando grandes

variações. Ao invés de fixar intervalos de meia hora para coleta, poderiam ser utilizados intervalos de quinze minutos entre amostragens. É claro que a análise de custos de amostragem deve ser resguardada. Porém, neste tipo de processo, a retirada de amostras do processo com a finalidade de verificação do peso da embalagem não gera custos adicionais relevantes, uma vez que a amostra não é destruída.

Além disso, sugere-se alteração da ficha para coleta de dados de pesagem, apresentada no anexo A. Tal ficha não possui espaço para que a pesagem seja identificada de acordo com o operador que faz o controle, o que dificulta a rastreabilidade das informações e a atuação da gerência com relação aos colaboradores. No anexo C, encontra-se uma sugestão de folha de verificação para o processo em questão.

Conclui-se que todas as máquinas estudadas estão inseridas em um processo de qualidade ruim, gerando resultados estatísticos insatisfatórios para os valores de pesagem do leite UHT. Dentre as máquinas disponíveis, a mais crítica é a de número 3, seguida pelas máquinas 2 e 1, respectivamente. Quanto ao comportamento dos turnos, os resultados mostram o turno C como sendo o mais suspeito, já que ele foge da “regra” estabelecida pelos turnos A e B, o que demanda maior atuação das chefias e gerências para supervisionar os fatos que ocorrem no turno da madrugada.

O atendimento à legislação no que se refere ao peso da embalagem com leite UHT mostrou-se como um aspecto positivo, pois ainda que existam variações no sistema e atuação de causas especiais, a empresa é capaz de fornecer produtos que se encontram dentro dos limites preconizados pela legislação. A necessidade de respeitar os direitos do consumidor é indiscutível, tanto pelo lado legal quanto pelas questões éticas frente aos clientes. Por outro lado, o excesso de leite que é envasado nas caixinhas poderia ser mais controlado, evitando perdas desnecessárias e aumentando o lucro da empresa.

Para a realização de trabalhos futuros nessa linha, sugere-se o seguinte:

- ✓ Implementação do controle estatístico do processo não só no envase do leite UHT, mas também nas outras etapas de obtenção deste produto, como análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite, eliminando as causas assinaláveis e atuando sobre as causas comuns, de maneira que seja possível verificar como o processo se comporta frente às alterações das hipóteses inicialmente definidas.
- ✓ Análise de custos mais aprofundada, levando em consideração os modelos de manutenção adotados e a quantidade de leite que é possível reduzir nas embalagens.

- ✓ Análise da independência dos dados, uma vez que esta é uma condição importante para a aplicação dos gráficos de controle. Em caso de dados dependentes, é possível fazer uso de gráficos de amplitude móvel.
- ✓ Aplicação de cartas de controle mais elaboradas, como do tipo CUSUM e amplitude móvel, por exemplo, realizando uma análise mais minuciosa do processo.
- ✓ Definição de uma metodologia para solução de problemas, possibilitando à empresa eliminar ao máximo os problemas observados.

REFERÊNCIAS

ABLV – Associação Brasileira de Leite Longa Vida – Disponível em: http://wwablv.org.br/Estatisticas.aspx. Acesso em: 29/05/2010.

ALVES, P. H. B. F.; NEUMANN, C. S. R.; RIBEIRO, J. L. D. Etapas para implantação de controle estatístico do processo: um estudo aplicado. In: ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção), 2003. Ouro Preto (MG). *Anais do XXIII ENEGEP*. 1CD.

BADIA, F.G., BERRADE, M.D., CAMPOS, C.A. *Optimal inspection and preventive maintenance of units with revealed and unrevealed failures*. Reliability Engineering & System Safety 2002; 78, 157-163.

BESTERFIELD, D. H.. *Quality Control*. 3rd edition. Prentice-Hall International Editions, 1990.

BOWER, K. M. *Minitab Inc.* Disponível em *http://www.minitab.com/uploadedFiles/Shared_Resources/Documents/Articles/analysis_of_variance.pdf* Acesso em 11/11/2010.

CAMPOS, V. F. *TQC*: Controle da qualidade total (no estilo japonês). 8 ed. Nova Lima : INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004. 256p.

CARVALHO, G. R.; OLIVEIRA, A. F. *Conjuntura agropecuária*: leite de derivados, setembro de 2006. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. 23p. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/CNPGL/15715. Acesso em: 04/06/2010.

CARVALHO, M. M.; Paladini, E. P. *Gestão da qualidade*: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT E. K.; CARPINETTI, L. C. R. *Controle estatístico de qualidade*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2005. 334p.

GRIGG, Nigel P. Statistical process control. In UK food production: *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 15, n. 2, p. 223-238, 1998.

HOGG, R.V., LEDOLTER, J. *Applied Statistics for Engineers and Physical Scientists*. Macmillan Publishing Company, NY. 1987

INMETRO – *Portaria nº 74***.** Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, maio/1995.

JOHNSON, N. L. *Systems of Frequency Curves Generated by Methods of Translation.* Biometrika, v. 36, p. 149 – 176. 1949

KOTZ, S.; LOVELACE, C. R. *Process Capability Indices in Theory and Practice.* London: Arnold, 1998.

MAPA – *Portaria nº 370.* Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, setembro/1997.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C.; *Análise dos Custos de Manutenção e de Não-Manutenção de Equipamentos Não-Produtivos*. Revista de Ciência & Tecnologia, V.11, n° 22, páginas 35-42.

MIGUEL, P. A. C. (organizador). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Revista Produção*, v.17, n.1, jan/abr, 2007.

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

MORETTIN, P.L.; BUSSAB, W.O. *Estatística básica.* SÃO PAULO: SARAIVA, 2003. 526P.

OLIVEIRA, F. L. C. *Controle estatístico de qualidade - fundamentos teóricos e aplicações dos gráficos de controle.* Monografia de Especialização. Departamento de Estatística, ICE, UFJF, Brasil, 2009.

REIS, M. M. *Um modelo para o ensino do controle estatístico da qualidade*. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC).

ROTONDARO, R. G. Gerenciamento por processos. In: CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P (Org). *Gestão da qualidade*: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005, p.210-235.

ROTTA, U. A. S. *Rede de negócios*: um panorama da cadeia de leite no Brasil. 2008. Disponível em: http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/desenvolvimento_em_acao/desenvolvimento_territorial/docs/rede_de_negocios%E2%80%93bovinocultura_de_leite-uriel.pdf. Acesso em 30/04/2010.

SILVA, L. S. C. *Aplicação do controle estatístico de processos na indústria de laticínios Lactoplasa*: um estudo de caso. 1999. Monografia (Pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC).

SIQUEIRA, L. G. P. *Controle Estatístico de Processos***.** Equipe Grifo. São Paulo, Editora Pioneira, 1997.

SOURIS, J-P. *Manutenção Industrial – custo ou benefício*. Trad. Elizabete Batista. Lisboa: Lidel, 1992.

TETRAPAK. Disponível em *http://www.tetrapak.com.br* Acesso em 06/05/2010.

VIEIRA, S. *Estatística para a qualidade.* Editora Campus, 1999.

WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, v. 2, 1995.

WESTERN ELECTRIC COMPANY, Inc. *Statistical Quality Control Handbook*. New York: Mack Printing Company, 1956.

WERNER, L.; GONÇALEZ, P. U. *Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais.* Revista Gest. Prod., São Carlos, v.16. n. 1, p. 121-132, jan-mar. 2009.

ANEXO A: FICHA DE COLETA DE DADOS DE PESAGEM

	CONTROLE DE PESO DE EMBALAGENS UHT	F.SCQ.012	
		ELAB: FMC	REV: 02

DATA: 22/08/10

Máquina - - 01 (P)					
Série	Hora	Peso das Amostras			Média
1	14:30	10.65	10.67	10.64	10.66
2	15:10	10.64	10.64	10.65	10.64
3	15:40	10.65	10.65	10.64	10.65
4	16:15	10.66	10.64	10.65	10.65
5	16:45	10.64	10.65	10.65	10.65
6	17:15	10.66	10.65	10.66	10.66
7	17:45	10.65	10.66	10.66	10.66
8	18:15	10.68	10.68	10.67	10.68
9	18:45	10.67	10.67	10.66	10.67
10	19:10	10.66	10.67	10.67	10.67
11	19:45	10.67	10.66	10.67	10.67
12	20:10	10.67	10.67	10.66	10.67
13	20:45	10.66	10.66	10.67	10.66
14	21:10	10.66	10.65	10.67	10.66
15	21:45	10.67	10.66	10.66	10.66
16	22:10	10.66	10.65	10.67	10.67
17	22:35	10.66	10.67	10.67	10.67
18	23:15	10.66	10.66	10.67	10.66
19	23:45	10.67	10.68	10.67	10.68
20	00:17	10.67	10.67	10.66	10.67
21	00:45	10.66	10.67	10.68	10.68
22	01:18	10.67	10.68	10.67	10.67
23	01:45	10.66	10.66	10.66	10.66
24	02:14	10.65	10.64	10.65	10.65
25	02:45	10.64	10.63	10.65	10.65
26	03:15	10.66	10.64	10.65	10.65
27	03:45	10.66	10.65	10.65	10.65
28	04:15	10.68	10.66	10.68	10.66
29	04:45	10.66	10.67	10.66	10.66
30	05:35	10.66	10.68	10.69	10.69
31	06:15	10.66	10.67	10.66	10.67
32	06:40	10.67	10.67	10.65	10.68
33	:	10.....	10.....	10.....	10.....
34	:	10.....	10.....	10.....	10.....
35	:	10.....	10.....	10.....	10.....
36	:	10.....	10.....	10.....	10.....
37	:	10.....	10.....	10.....	10.....
38	:	10.....	10.....	10.....	10.....
39	:	10.....	10.....	10.....	10.....
40	:	10.....	10.....	10.....	10.....
41	:	10.....	10.....	10.....	10.....
42	:	10.....	10.....	10.....	10.....
43	:	10.....	10.....	10.....	10.....

Máquina - - 02 (J)					
Série	Hora	Peso das Amostras			Média
1	14:30	10.66	10.67	10.64	10.65
2	15:10	10.63	10.66	10.67	10.66
3	15:40	10.66	10.65	10.66	10.66
4	16:15	10.66	10.64	10.65	10.65
5	16:45	10.64	10.66	10.66	10.65
6	17:15	10.66	10.65	10.65	10.66
7	17:45	10.67	10.66	10.65	10.66
8	18:15	10.67	10.68	10.66	10.67
9	18:45	10.66	10.66	10.67	10.66
10	19:10	10.65	10.67	10.66	10.66
11	19:45	10.66	10.66	10.67	10.66
12	20:10	10.67	10.66	10.67	10.67
13	20:45	10.66	10.67	10.67	10.67
14	21:10	10.68	10.67	10.66	10.67
15	21:45	10.66	10.67	10.66	10.66
16	22:10	10.66	10.65	10.65	10.65
17	22:35	10.67	10.66	10.67	10.67
18	23:15	10.67	10.65	10.65	10.65
19	23:45	10.66	10.65	10.66	10.66
20	00:17	10.64	10.64	10.64	10.64
21	00:45	10.67	10.67	10.66	10.66
22	01:18	10.68	10.68	10.65	10.67
23	01:45	10.67	10.68	10.67	10.68
24	02:14	10.66	10.67	10.68	10.66
25	02:45	10.63	10.63	10.66	10.66
26	03:15	10.—	10.—	10.—	10.—
27	:	10.....	10.....	10.....	10.....
28	04:15	10.66	10.69	10.65	10.66
29	0445	10.67	10.69	10.67	10.67
30	05:35	10.67	10.68	10.68	10.68
31	06:15	10.67	10.66	10.67	10.67
32	06:40	10.67	10.67	10.66	10.66
33	:	10.....	10.....	10.....	10.....
34	:	10.....	10.....	10.....	10.....
35	:	10.....	10.....	10.....	10.....
36	:	10.....	10.....	10.....	10.....
37	:	10.....	10.....	10.....	10.....
38	:	10.....	10.....	10.....	10.....
39	:	10.....	10.....	10.....	10.....
40	:	10.....	10.....	10.....	10.....
41	:	10.....	10.....	10.....	10.....
42	:	10.....	10.....	10.....	10.....
43	:	10.....	10.....	10.....	10.....

Visto C.Q.

ANEXO B: MODELO DE PLANILHA PARA TABULAÇÃO DOS DADOS

Máq	Dia	Dia da semana	Hora	Turno	P1 (g)	P2 (g)	P3 (g)	Média (g)
1	28/ago	sábado	00:45	C	1066	1065	1064	1065,00
1	28/ago	sábado	01:15	C	1065	1066	1067	1066,00
1	28/ago	sábado	01:45	C	1066	1064	1067	1065,67
1	28/ago	sábado	02:15	C	1066	1065	1066	1065,67
1	28/ago	sábado	02:45	C	1064	1064	1065	1064,33
1	28/ago	sábado	03:15	C	1066	1067	1065	1066,00
1	28/ago	sábado	03:45	C	1066	1065	1066	1065,67
1	28/ago	sábado	04:15	C	1066	1066	1065	1065,67
1	28/ago	sábado	04:45	C	1066	1065	1066	1065,67
1	28/ago	sábado	05:15	C	1066	1066	1064	1065,33
1	28/ago	sábado	07:15	A	1066	1066	1065	1065,67
1	28/ago	sábado	07:45	A	1066	1065	1067	1066,00
1	28/ago	sábado	08:15	A	1066	1066	1065	1065,67
1	28/ago	sábado	08:45	A	1066	1065	1065	1065,33
1	28/ago	sábado	09:15	A	1064	1066	1067	1065,67
1	28/ago	sábado	09:45	A	1064	1063	1065	1064,00
1	28/ago	sábado	10:15	A	1063	1063	1063	1063,00
1	28/ago	sábado	10:45	A	1064	1062	1062	1062,67
1	28/ago	sábado	11:15	A	1066	1062	1062	1063,33
1	28/ago	sábado	11:45	A	1067	1066	1064	1065,67
1	28/ago	sábado	12:00	A	1066	1064	1066	1065,33
1	28/ago	sábado	12:30	A	1067	1064	1066	1065,67
1	28/ago	sábado	14:00	A	1067	1066	1064	1065,67
1	28/ago	sábado	14:30	A	1066	1067	1066	1066,33
1	28/ago	sábado	15:10	B	1069	1067	1069	1068,33
1	28/ago	sábado	15:45	B	1070	1066	1068	1068,00
1	28/ago	sábado	16:15	B	1068	1067	1068	1067,67
1	28/ago	sábado	16:45	B	1067	1066	1066	1066,33
1	28/ago	sábado	17:10	B	1066	1064	1065	1065,00
1	28/ago	sábado	17:45	B	1067	1065	1066	1066,00
1	28/ago	sábado	18:15	B	1066	1064	1066	1065,33

ANEXO C: MODELO DE FOLHA DE VERIFICAÇÃO PROPOSTA PARA CONTROLE

Controle de Pesagem - Envase de Leite UHT		
Data:		( ) 2ª ( ) 3ª ( ) 4ª ( ) 5ª ( ) 6ª ( ) Sáb ( ) Dom

Máquina	( ) TBA 8 / 1	( ) TBA 8 / 2	( ) Speedy
Produto	( ) Leite X integral ( ) Leite X desnat. ( ) Leite Y integral ( ) Leite Y desnat		

Hora	P1	P2	P3	Média	Operador	Turno	Observação

ATENÇÃO:	REGISTRAR NO CAMPO DE OBSERVAÇÃO TODAS AS OCORRÊNCIAS ESPECIAIS
	DURANTE O PROCESSO DE ENVASE, DE ACORDO COM OS CÓDIGOS:
	1) Início de processo após parada para limpeza
	2) Início de processo após parada para abastecimento ou troca de material
	3) Início de processo após parada por problema na linha
	LIMITES DE CONTROLE:
	Leite integral - Mínimo: 1062g Máximo: 1067g Ideal: 1065g

ANEXO D: TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 22 de Novembro de 2010.

JULIANA HASTENREITER MUCIDAS MATRÍCULA: 200649008

_____ CPF: 072.624.386-89

ASSINATURA

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.