

## Análise da variabilidade da massa de pastel em função de duas medidas de dispersão

Damaris Serigatto Vicentin (UNESP) damaris\_sv@hotmail.com  
Manoel Henrique Salgado (UNESP) henri@feb.unesp.br  
Paulo Nocera Alves Junior (UNESP) pjnocera@yahoo.com.br  
Priscila Amorim da Costa (UNESP) primorim@hotmail.com

### Resumo:

A qualidade dos produtos e serviços tem sido um fator fundamental na sobrevivência das empresas, pois além de seguirem as normas dos órgãos reguladores precisam manter sua imagem e preferência em relação aos clientes e participar de forma efetiva no concorrido mercado. O Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma ferramenta muito utilizada pelas indústrias que possibilita o acompanhamento da qualidade interna de um produto, monitorando todo o seu processo de manufatura e buscando reduzir a variabilidade. Em sua operacionalização inicial envolve a utilização de cartas de controle. As mais utilizadas na prática quando a característica de interesse é uma variável contínua são aquelas construídas em função da média e amplitude ou da média e desvio padrão. O objetivo deste trabalho foi apresentar um estudo de caso envolvendo o controle estatístico do peso (g) da massa de pastel em uma empresa da região de Bauru, considerando a variabilidade em função da amplitude e do desvio padrão. Foram coletadas 25 amostras com 4 unidades cada, em intervalos de 15 minutos (para a dispersão com amplitude) e 25 amostras com 8 unidades cada (para a dispersão com desvio padrão), em intervalos de 30 minutos. As cartas finais mostraram um processo estatisticamente instável, resultante de intervenções abruptas nos equipamentos durante o processo. A alta variabilidade dos pesos implica em grande percentual de itens com pesos acima do especificado, gerando custos. Também, os produtos com peso abaixo do especificado podem gerar penalizações legais.

**Palavras chave:** Controle Estatístico de Processo, Variabilidade, Desvio-padrão, Amplitude, Massa de Pastel.

## Variability analysis of the pastry dough in function of two measures of dispersion

### Abstract

The quality of products and services is a key factor for the survival of businesses, because besides following the rules of the regulatory bodies they need to keep their image and preference in relation to the customers and participate effectively in the competitive market. The Statistical Process Control (SPC) is a tool widely used by industries that enables monitoring of the internal product quality, monitoring the entire manufacturing process and seeking to reduce the variability. Its initial operationalization involves the use of control charts. The most used control chart in practice when the characteristic of interest is a continuous variable are those constructed in function of the mean and the amplitude or the mean and standard deviation. The aim of this paper was to present a case study involving the statistical control of weight (g) of the pastry dough into a company in the region of Bauru, considering the variability in function of the amplitude and the standard deviation. It was collected 25 samples with 4 units each, and intervals of 15 minutes (for the dispersion with amplitude) and 25 samples with 8 units each (for the dispersion with standard deviation), and intervals of 30

minutes. The final charts showed a statistically unstable process, resulting from sudden interventions in the equipment during the process. The high variability of the weights implies large percentage of items with the weight above of the specified, incurring in costs. Also, the products under the specified weight may generate legal penalties.

**Key-words:** Statistical Process Control, Variability, Standard deviation, Amplitude, Pastry dough.

## 1. Introdução

No moderno mundo dos negócios a qualidade dos produtos e serviços tem sido um fator fundamental na sobrevivência das empresas, visto que os clientes estão se tornando cada vez mais exigentes nas características de qualidade dos bens que lhes são de interesse.

Em função desses aspectos no processo de controle da qualidade de seus produtos e serviços as empresas têm intensificado a utilização de ferramentas que proporcionem componentes ou procedimentos com padrão de qualidade que tornem seus produtivos e/ou serviços competitivos (TOLEDO *et al.*, 2013). Juran (2002), afirma que a satisfação do cliente está ligada a qualidade do produto, isto resulta um marketing favorável da empresa e conseqüente aumento de suas vendas. Além da qualidade intrínseca do produto, também a indústria não deve se descuidar de falhas como, entregas fora do prazo, má aparência que podem gerar reclamações, trocas, com conseqüente aumento de custo. Porém produtos melhores podem envolver aumento dos custos, os quais podem ser minimizados controlando desperdícios gerados em um ambiente de processo com o controle irregular.

Neste contexto, no processo de controle da qualidade de seus produtos as indústrias têm intensificado a utilização de ferramentas que proporcionem componentes ou procedimentos com padrão de qualidade que tornem seus produtos competitivos.

Por outro lado, em uma linha de produção embora o fabricante deseje fabricar todos os produtos com a especificação exigida, isso não é possível. Apesar dos produtos pertencerem a mesma categoria e a mesma linha de produção não são exatamente iguais por causa da variabilidade. Esta por sua vez, não pode ser eliminada, mas sim controlada e reduzida. Para saber se o produto poderá ser utilizado devem-se analisar as suas variáveis, conhecidas como características de qualidade que podem ser de natureza física como o cumprimento, peso, espessura e sensorial como gosto, cor, aparência e temporal como confiabilidade (VIEIRA, 1999).

Uma ferramenta muito utilizada pelas indústrias é o Controle Estatístico do Processo (CEP), ele possibilita o acompanhamento da qualidade interna de um produto, monitorando todo o seu processo de manufatura e buscando reduzir a variabilidade.

Geralmente os defeitos encontrados em um processo de fabricação são devido à variabilidade nas especificações do produto. Desta forma, o CEP oferece subsídios de coleta dos dados e formaliza o padrão que pode ajustar o processo, visando a redução no número de defeitos e o valor alvo do produto (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005).

A operacionalização inicial do CEP envolve a utilização das cartas de controle. Elas apresentam o estado do processo e auxiliam em seu monitoramento de uma maneira simples. As cartas de controle mais utilizadas na prática quando a característica de interesse é uma variável contínua são aquelas construídas em função da média e amplitude ( $\bar{X} - R$ ) ou da média e desvio padrão ( $\bar{X} - S$ ).

Este artigo tem como objetivo discutir a implantação inicial do controle estatístico de um processo na fabricação da massa do pastel em uma indústria do setor alimentício da cidade de

Bauru, por meio da construção de cartas de controle para média e dispersão considerando o cálculo da variabilidade em função da amplitude e do desvio-padrão. A variável de interesse nesse caso é o peso da massa em gramas.

## 2. Referencial Teórico

### 2.2 Controle Estatístico do processo

O Controle estatístico do processo tem sido amplamente utilizado para detectar anomalias por monitorar mudanças nos valores de parâmetros específicos de interesse na fabricação e as pessoas têm pesquisado em vários gráficos de controle aplicáveis à seu domínio (MONTGOMERY *et al.*, 2004). Com a implementação do CEP têm-se melhores processos de produção com menos variabilidade proporcionando níveis adequados de qualidade nos resultados da produção. E, surpreendentemente quando se fala em melhores processos isso significa não somente qualidade melhor, mas também custos menores (SLACK *et al.*, 1996).

Segundo Shang, Tsung e Zou (2013), o Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma ferramenta essencial para o controle do processo de fabricação ou para monitoramento da qualidade do produto na manufatura de bens ou serviços.

Portanto, o controle e redução da variabilidade torna-se o grande desafio das indústrias para atender as exigências dos consumidores, visando a qualidade dos produtos e a permanência ou sucesso no mercado. O estudo da variabilidade do processo teve seu início com Shewhart que explicou sobre a impossibilidade de produzir itens exatamente iguais por mais bem controlada e projetada que a produção possa ser. (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005). Walter Shewhart foi quem introduziu os conceitos de Controle Estatístico de Processo nas fábricas em 1930 e ainda hoje elas são muito utilizadas como ferramenta para melhoria de processos.

A aplicação mais generalizada das cartas de controle corresponde justamente aos gráficos introduzidos por Shewhart (MONTGOMERY, 2008). Eles têm sido amplamente utilizados na indústria de fabricação devido à simplicidade de sua implementação e a facilidade de sua interpretação, principalmente quanto ao fato do processo estar ou não sob controle. Contudo, o rápido desenvolvimento da tecnologia levou a processos melhorados para tal finalidade, pois muitos gráficos de controle tradicionais podem mostrar problemas de desempenho ou de implementação prática (JOEKER; BARBOSA, 2013).

No caso de um processo de fabricação é muito comum ver grandes alterações de parâmetros específicos em um estágio inicial do processo devido a elementos que ainda não tenham sido estabilizados. Uma vez que os elementos causadores dessas anomalias sejam eliminados, então inicia-se a análise de outras causas (LEE *et al.*, 2012). Porém quando são identificadas no processo variações na característica de qualidade do produto é necessário identificá-las quanto ao tipo: Causas Comuns ou Aleatórias ou Causas Especiais ou Assinaláveis (TOLEDO *et al.*, 2013).

As Causas Comuns ou Aleatórias podem ocorrer com a variabilidade natural do processo, que é inerente ao processo e ocorrerá mesmo que a produção utilize métodos padronizados. Neste caso, a quantidade de variabilidade se mantém em uma faixa estável da característica do processo. Portanto, significa que o processo está sob controle estatístico com um comportamento estável e previsível. Já as Causas Especiais ou Assinaláveis são as variações esporádicas que ocorrem em uma situação específica e que causa anomalia no funcionamento normal do processo e uma redução no nível de qualidade. Desta forma, indica que o processo está fora do controle estatístico. E para solucioná-lo é necessário localizar, eliminar as causas de variação e definir medidas que evitem sua persistência (WERKEMA, 2006).

Pequenas causas levam a variabilidade natural do processo e se tornam importante para uma

variabilidade inevitável que é preciso se conviver. Quando ocorre um problema ou uma operação anormal no processo, maiores perturbações são chamadas de causas especiais. Elas são sempre possíveis de eliminar, originam-se de lotes com defeitos quebras ou desajustes das máquinas, mas demandam correções significativas no processo (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005).

Segundo Ramos (2000) os problemas por causas comuns são previsíveis, sendo que se deve dar observância maior às causas especiais que ocorrendo dentro de um período muito próximo de tempo poderão se transformar em causas comuns, por isso a importância de se combatê-las.

### 2.2.1 Cartas ou Gráficos de Controle

Werkema (2006) afirma que o gráfico de controle tem a função de disponibilizar as informações para se identificar as causas e não descobrir as causas de variação. Relata que as vantagens de se utilizar os gráficos de controle são: aumento da produtividade, pois reduz o retrabalho, as perdas, que diminuem a produtividade da empresa e aumentam os custos; prevenção de defeitos, pois mantém o processo sob controle fazendo certo da primeira vez; evita ajustes desnecessários no processo, pois os gráficos de controle diferem as ocorrências normais de anomalias, evitando ajustes desnecessários que podem resultar em deterioração de desempenho de processo; indica informações de diagnóstico: os gráficos oferecem informações importantes para implementação de mudanças no processo para melhoria de desempenho; oferecem informações referente a capacidade de processo, pois os gráficos apontam parâmetros importantes sobre o processo e sua estabilidade ao longo do tempo.

Na escolha do gráfico adequado é necessário observar as classes principais de gráficos de controle que são: Controle de variáveis, que se baseiam em medidas de características da qualidade que podem ser média ( $\bar{X} - R$ ), mediana ( $\tilde{X} - R$ ) e individuais ( $X - R$ ), combinadas com a amplitude  $R$ , destacando que além da amplitude  $R$ , as cartas podem ser construídas em função do desvio padrão; Controle de atributos que se baseiam na presença ou ausência de um atributo e podem ser de porcentagem de itens não conformes ( $p$ ), número de itens defeituosos ( $pn$ ) ou ( $np$ ), número de defeitos numa unidade ( $c$ ), número de deméritos em uma unidade ( $d$ ) e quantidade média de defeitos por elemento ( $\mu$ ) (TOLEDO *et al.*, 2013). Portanto são vários os tipos de cartas, e a escolha dependerá das condições envolvidas no planejamento experimental, tais como característica a ser medida ou qualificada, disponibilidade e tamanho das amostras.

Um gráfico de controle é composto por três linhas paralelas. A superior indica o limite superior de controle (LSC), a central indica o valor médio da característica de qualidade e a inferior, indicando o limite inferior de controle (LIC). Os pontos assinalados são funções (médias, dispersões, proporções, etc...) de amostras capturadas em uma série temporal. Usam-se segmentos de reta para unir os pontos e assim facilitar a visualização do comportamento da característica na variação do tempo (NEWBOLD, 1995). Esta série temporal costuma ser construída em função de 20 ou 25 amostras (subgrupos), contendo em geral de 4 a 5 elementos cada, no caso de cartas para o conjunto  $\bar{X} - R$  (TOLEDO *et al.*, 2013). Na primeira fase dessa construção os gráficos devem ser alterados, se necessário, até se conseguir um estado de controle adequado ao processo, sendo que os valores (LIC, LM, LSC) devem ser periodicamente revistos (WERKEMA, 2006).

#### 2.2.1.1 Gráfico $\bar{X} - R$

O gráfico  $\bar{X}$  monitora a média do processo, é uma das ferramentas mais importantes do controle estatístico da qualidade e possui excelente sensibilidade na detecção de mudanças na média da distribuição (RAMOS, 2000).

Determina-se primeiramente a Linha Média (LM) ou a Linha Central (LC) que é o valor correspondente a média das médias das amostras que é uma estimativa de  $\mu_{\bar{x}}$ , e os limites de controle ( $LSC_{\bar{x}}$ ,  $LIC_{\bar{x}}$ ) que geralmente são estabelecidos considerando três desvios-padrão dessa média, como nas equações seguintes:

$$LSC_{\bar{x}} = \mu_{\bar{x}} + 3\sigma_{\bar{x}} \quad (1)$$

$$LM_{\bar{x}} = \mu_{\bar{x}} \quad (2)$$

$$LIC_{\bar{x}} = \mu_{\bar{x}} - 3\sigma_{\bar{x}} \quad (3)$$

Onde  $\sigma_{\bar{x}}$  representa o desvio-padrão da média amostral. Para determinar o desvio padrão da média ( $\sigma_{\bar{x}}$ ), calcula-se a variância utilizando  $\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{\sigma_x^2}{n}$ , ou seja,  $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$  (MICHEL, 2001), que é estimada em função de medidas de dispersão. De acordo com Toledo *et al.* (2013), na maioria dos casos os gráficos utilizados são o da amplitude e da média amostral. A partir das equações (1,2 e 3) são feitas adequações em termos de medidas de dispersão. A estimativa dessa medida em função da amplitude é dada por  $3\sigma_{\bar{x}} = A_2 \cdot \bar{R}$ , onde  $A_2$  é um coeficiente tabelado.

No gráfico para dispersão as equações são construídas de forma semelhante. Para a prática as estimativas são apresentadas a seguir.

Segundo Toledo *et al.* (2013) e Werkema (2006), o gráfico de controle conjunto  $\bar{X}$ -R representa o controle da média e da variabilidade em função da amplitude amostral. No caso de  $\bar{X}$  a linha central e os limites são dados pelas equações:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (4)$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \quad (5)$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (6)$$

No gráfico R, por:

$$LSC = D_4 \bar{R} \quad (7)$$

$$LC = \bar{R} \quad (8)$$

$$LIC = D_3 \bar{R} \quad (9)$$

Na coleta das amostras para a construção dos gráficos, o processo estará sujeito a reincidências de causas especiais conhecidas ou ainda não diagnosticadas. No entanto se faz necessário iniciar a construção dos gráficos de controle pelo gráfico da amplitude.

Em um plano XoY, são marcados no eixo X os momentos em que as amostras foram obtidas e, no eixo Y uma graduação para os valores da média global ( $\bar{\bar{X}}$ ) e dos limites de controle. Ainda segundo Werkema, após são traçadas linhas paralelas ao eixo X representando a Linha média, LIC e LSC. O passo seguinte é marcar os pontos (valores médios de cada amostra), destacando os pontos que estiverem fora dos limites. Analisando o comportamento dos pontos verificar-se-á se o processo está ou não sob controle.

Como inicia-se com o gráfico R, caso algum ponto esteja fora dos limites, indicando uma possível causa especial (NAVIDI, 2012), a ação apropriada é verificar possível causa e abandonar o ponto, recalculando os limites. Quando a carta R indicar processo sob controle,

inicia-se a construção do gráfico  $\bar{X}$ , procedendo de forma análoga a análise do gráfico da amplitude.

### 2.2.1.2 Gráfico $\bar{X}$ -S

Segundo Werkema (2006), o conjunto  $\bar{X}$ -S representa o controle da média e da variabilidade usando o desvio padrão. Sua variância amostral é calculada por:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (10)$$

A Linha central e os limites de controle para a média são dados pelas equações:

$$LSC = \bar{x} + \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{X} + (A_3 * \bar{S}) \quad (11)$$

$$LC = c_4\sigma = \bar{X} \quad (12)$$

$$LIC = \bar{x} - \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{X} - (A_3 * \bar{S}) \quad (13)$$

O calculo da média dos desvios padrão das m amostras é dado pela formula:

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i \quad (14)$$

Para a carta S as equações são:

$$LSC = \bar{S} + 3\hat{\sigma}_s = B_4 * \bar{S} \quad (15)$$

$$LC = \bar{S} \quad (16)$$

$$LIC = \bar{S} - 3\hat{\sigma}_s = B_3 * \bar{S} \quad (17)$$

Para os dois casos os coeficientes  $c_4$ ,  $A_3$ ,  $B_4$  e  $B_3$  são encontrados em textos de autores da área (WERKEMA, 2006; RAMOS, 2000).

### 3. Metodo

A pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso, que conforme Yin (2001) caracteriza-se pela simplicidade de passos quando na realização de trabalhos em ambientes organizacionais e administrativos, ressaltando que este método preserva as características holísticas e significados dos eventos estudados. A tendência deste tipo de estudo é buscar esclarecer decisões a serem tomadas, bem como investigar um fenômeno contemporâneo partindo do seu contexto real, utilizando-se de múltiplas fontes de evidências.

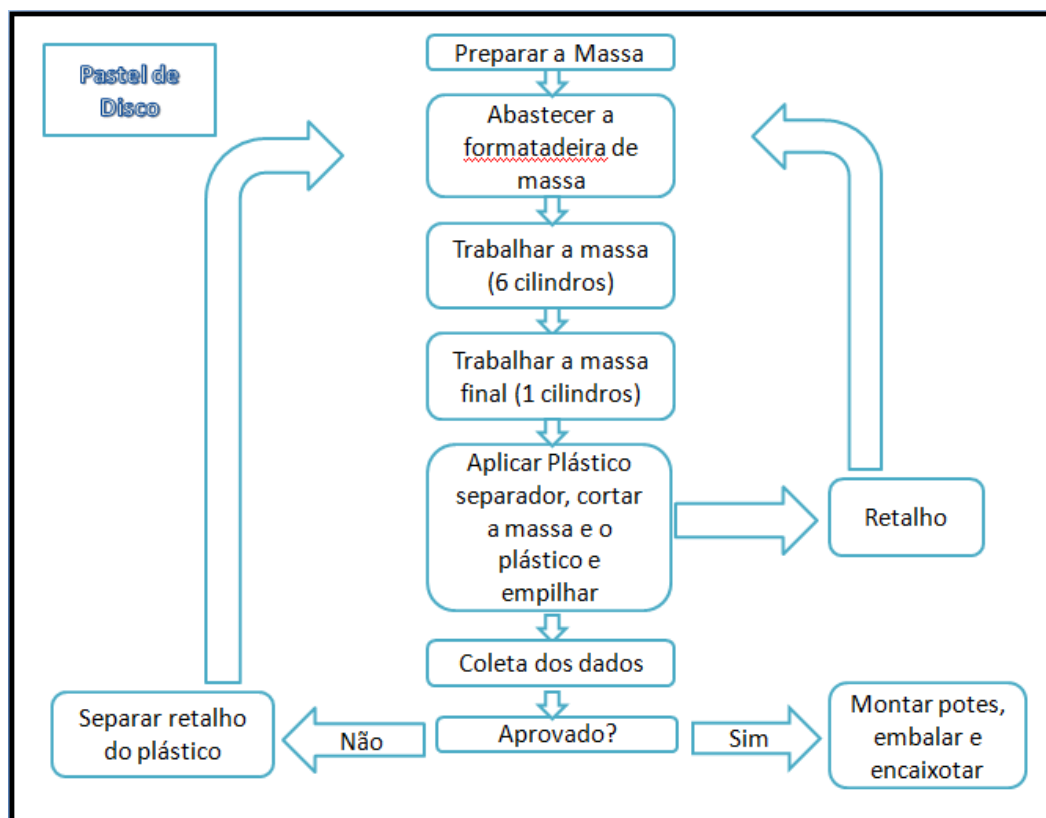
Portanto este estudo é descritivo, quantitativo e tem como método o estudo de caso em uma linha de produção de massa de pastel em uma indústria alimentícia.

Inicialmente foi identificada a linha com mais desperdícios e o produto com mais reclamações de consumidores. Posteriormente foi constituída a variável peso da massa (g) como aquela a ser monitorada por meio das cartas de controle. Definiu-se ainda subgrupos racionais com 4 e 8 elementos, sendo o menor, coletado de 15 em 15 minutos e o de 8, de 30 em 30 minutos. Nos dois casos foram realizadas 25 amostragens (WERKEMA, 2006). Foram então elaboradas cartas para a média e dispersão para cada caso, sendo que nas amostras com 4 elementos a dispersão foi calculada em função da amplitude e, na de 8 em função do desvio padrão. Para a construção dessas cartas utilizou-se sequências indicada por Werkema (2006), Navidi (2012) e Toledo *et al.* (2013), relatadas na revisão bibliográfica. Os softwares utilizados foram o Excel e o MiniTab-16, versão educacional. Após, as cartas foram analisadas e comparadas.

#### 4. Estudo de Caso

Esta pesquisa foi realizada em uma indústria alimentícia na linha de produção da massa do pastel em forma de discos, no período de 01 a 23 de julho de 2013. A escolha por esta linha é decorrente da sua importância, pois está em ascensão, aumentando as vendas da indústria. Porém, os desajustes do maquinário, o tempo de uso e a falta de experiência de operadores novos a conduzem para o cenário de anomalias no produto e reclamações de clientes.

O fluxograma da linha de produção para a massa do pastel é apresentado na seguinte sequência (Figura1):



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 1: Esquema do processo produtivo da linha de massa de pastel

Os ingredientes da receita da massa são colocados na masseira para a homogeneização. Posteriormente, a massa é retirada e depositada em monoblocos na formatadeira e colocada em sistema de cilindros para folhear e afinar e assim formar a massa do pastel. Após isto, ela é dobrada e levada para a máquina onde será cilindrada novamente e cortada em discos grandes (16 cm) conforme o molde. Sobre a última esteira é colocada uma camada de plástico sob a massa que sai do cilindro. Na saída deste os discos são cortados juntamente com o plástico que tem a função de não deixar grudar a massa. Após são agrupados por uma esteira que acomoda uma quantidade de discos de pasteis em pilhas para posteriormente serem embaladas.

Em cada cilindro existe um mecanismo de controle da espessura da massa. Porém, o último cilindro antes do corte dos discos de pastel é o principal controle para obter a espessura desejada. Os dados para o presente estudo são retirados no final do processo, onde os discos

de pastel já foram cortados e empilhados para a embalagem.

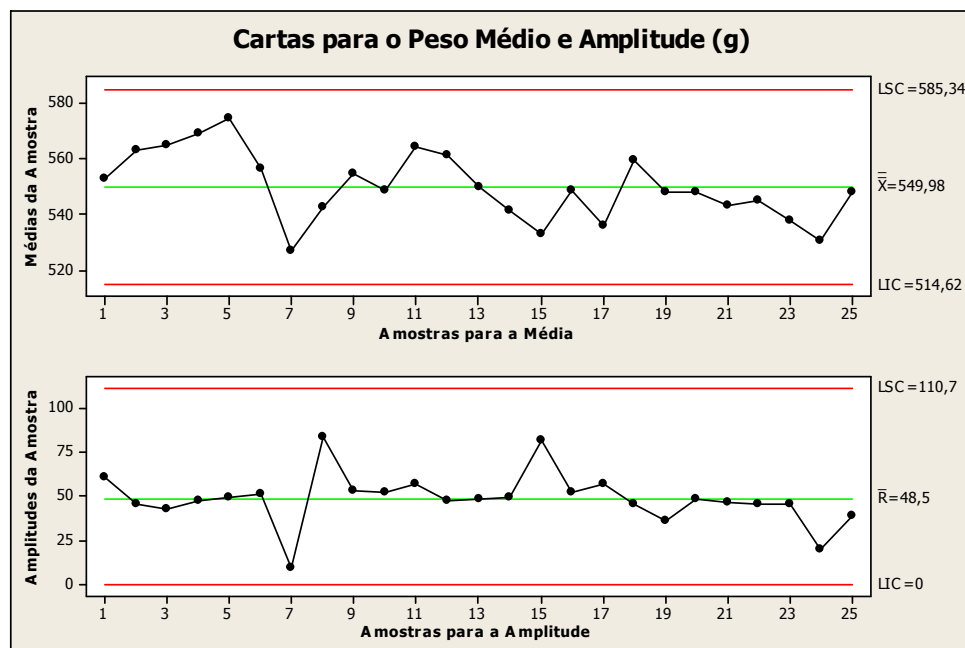
Em relação ao padrão determinado pela indústria, neste caso, o peso da massa do pastel deve ter no mínimo 511 g e no máximo 526 g. Esta especificação é calculada com base no peso líquido da massa de pastel (500 gramas) e nos plásticos que separam seus discos (11 gramas). Os discos de pastel que apresentarem espessura abaixo da especificação são considerados inadequados e devem ser retrabalhados, voltando para formatadeira. O retrabalho é visto como um atraso, gera aumento de custos em função do acréscimo de horas trabalhadas e ainda pode resultar no não cumprimento do prazo de entrega para o consumidor.

## 5 Análise dos Resultados

Colhidos os subgrupos, os dados foram inseridos e organizados em planilhas do Excel onde foram calculados os valores de interesse, tais como média, amplitude e desvio padrão para os dois conjuntos de amostras. Também foram determinados os limites de controle a partir das equações estabelecidas na revisão bibliográfica e referenciadas a seguir.

### 5.1 Cartas de controle para a média e amplitude ( $\bar{X}$ -R)

Para a determinação dos valores de interesse, LSC (Limite Superior de Controle), LM (Linha Média) e LIC (Limite Inferior de Controle), considerando apenas os subgrupos com 4 elementos, foram utilizadas as equações (4, 5, 6, 7, 8 e 9), cujos resultados foram declarados nos gráficos do Minitab, apresentados na Figura 2.



Fonte: Elaborada pelo autor utilizando o Minitab

Figura 2: Conjunto de carta de controle ( $\bar{X}$ -S)

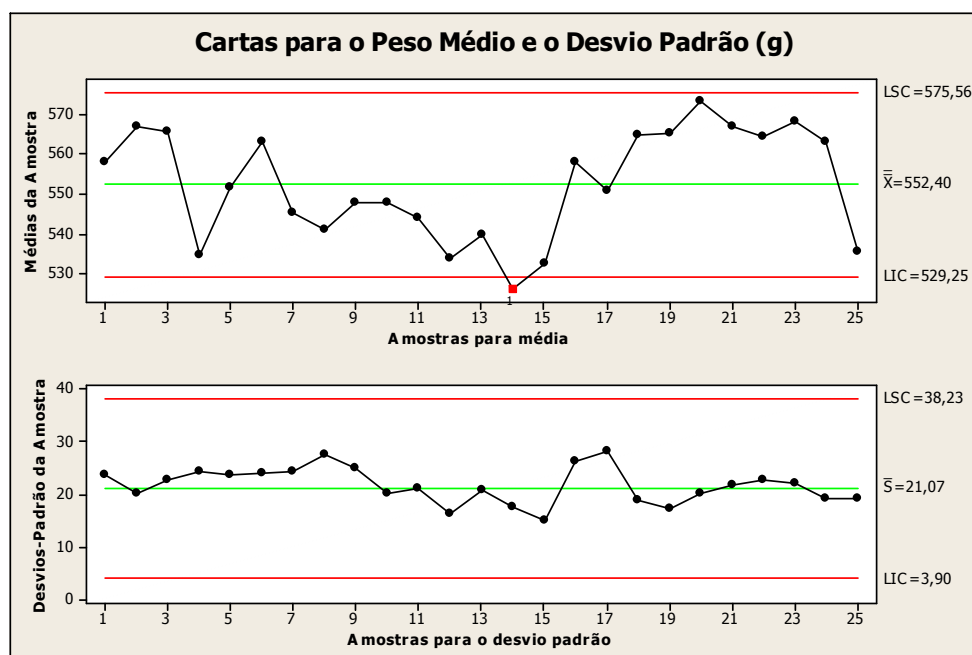
É possível verificar nos gráficos uma instabilidade no processo, pois existe uma sequência com mais de seis pontos consecutivos que estão situados abaixo da linha média. É importante ressaltar que durante a produção são feitas alterações no processo produtivo à medida que os pesos das unidades ultrapassam os limites especificados, isto é, se ocorrem itens com peso bem acima ou abaixo, o encarregado pela manutenção realiza ajustes nas máquinas acarretando perturbações no sistema. Isto é visível nas cartas onde a partir da amostra 19



ocorre a tal sequencia de pontos abaixo da linha média, tanto no gráfico da média quanto no da amplitude. Na realidade tal controle se assemelha mais ao procedimento de “pré controle” utilizado em processo altamente capaz e estável (TOLEDO *et al.*, 2013), que não é o caso desta situação. Conforme o conceito de CEP, o fato foi comunicado ao departamento de engenharia da indústria que identificou a causa e procurou resolve-la. Outro conjunto de amostras foi então analisado considerando a dispersão em termos de desvio padrão.

## 5.2 Cartas de controle para a média e desvio padrão ( $\bar{X}$ -S)

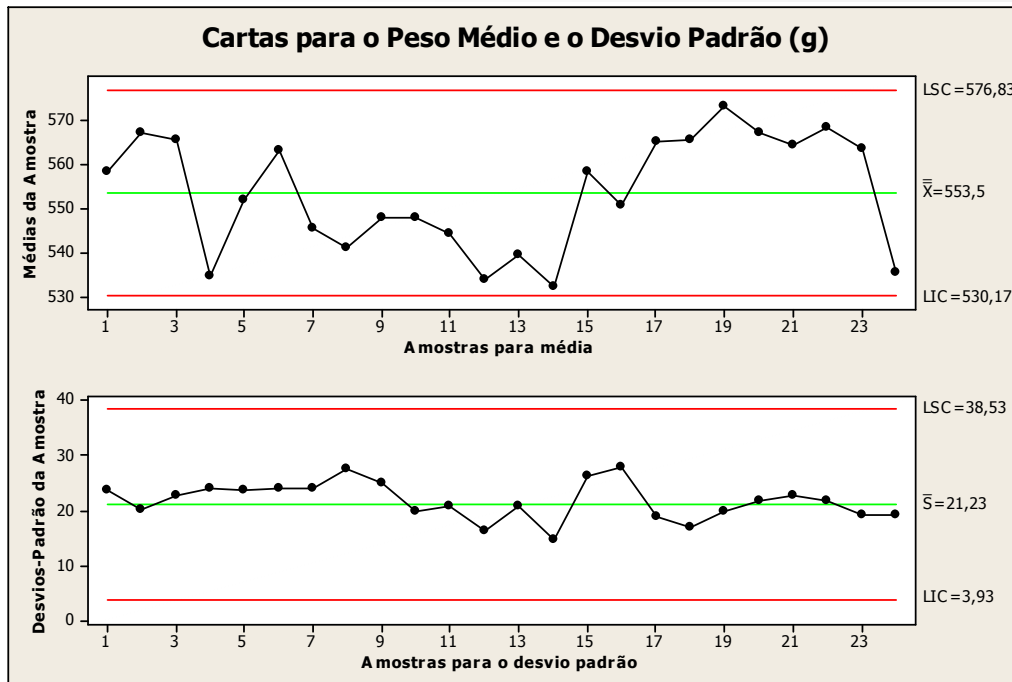
A segunda etapa consistiu em construir as cartas de controle ( $\bar{X}$ -S) com intuito de comparar com o conjunto de cartas de controle ( $\bar{X}$ -R). Para a determinação dos valores de interesse, LSC (Limite Superior de Controle), LM (Linha Média) e LIC (Limite Inferior de Controle) foram utilizadas as equações (11,12,13,14,15,16 e17). As médias e amplitudes representativas das amostras foram plotadas resultando no conjunto de gráficos apresentados na Figura 3.



Fonte: Elaborada pelo autor utilizando o Minitab

Figura 3: Segundo conjunto de cartas de controle ( $\bar{X}$ -S)

Na carta do desvio padrão ( $S$ ) todos os pontos estão na faixa entre os limites de controle, porém observa-se uma sequência de pontos consecutivos (3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9) que se encontram acima da linha média e, também pode-se observar pontos indicando a possível existência de oscilações cíclicas. Tal fato também foi comunicado ao setor responsável pelo controle. Na carta da média ( $\bar{X}$ ) é possível observar um ponto (14) abaixo do limite de controle inferior (LIC). Considerando então que o processo, em termos de desvio-padrão, não estava sob controle estatístico, e que o setor de manutenção fez intervenções nos equipamentos, o ponto fora (14) foi descartado sendo construído outro conjunto de cartas de controle para a média e desvio-padrão ( $\bar{X}$ -S) com as 24 amostras restantes. A figura 4 mostra a dispersão dos pontos médios amostrais (média e desvio padrão) em relação a linha central e aos limites nesta nova configuração.



Fonte: Elaborada pelo autor utilizando o Minitab

Figura 4: Gráfico de controle da média e desvio padrão ( $\bar{X}$ -S)

Neste caso não ocorre ponto fora da região de controle, porém verifica-se a continuidade de possíveis oscilações cíclicas, além dos pontos consecutivos (8 abaixo e 7 acima). Portanto o processo continua fora de controle. Essa situação foi também comunicada ao setor responsável. Na realidade o que se percebe são intervenções abruptas nos equipamentos, para diminuir ou aumentar a espessura da massa. Isto é, se a intervenção acarreta uma série de amostras com pesos maiores, então outra intervenção é feita para eliminar essa tendência que, muitas vezes diminui significativamente o peso. Daí a possível ocorrência das oscilações. Essas intervenções no processo resultam em perda de tempo com diminuição da produtividade e produtos não conformes gerando refugo e retrabalho e, conseqüente aumento de custos. Em relação a variabilidade, a carta para média utilizando amplitude apresentou erro padrão de 35,0g, enquanto que o do desvio padrão foi de 23,3g.

## 6. Considerações Finais

Nas duas análises verifica-se um processo fora de controle estatístico. Observa-se também que a linha central do peso médio, na figura 2, é de 549,98g e, na figura 4 é de 553,5g, o que se deduz que a maioria das unidades amostradas tem peso superior ao limite inferior especificado (511,0g). Na realidade, este limite inferior é aquele peso final de mercado (500g) acrescido de 11g da embalagem. Ainda, tomando por base o limite superior de especificação (526,0g), para o total das 100 unidades (conjunto de 25 amostras com 4 unidades cada), 84 estão acima deste limite (84%). No conjunto com 8 (24 amostras), das 192 unidades, 171 estão acima do limite superior de especificação (89%). No outro extremo, isto é, abaixo do limite inferior as porcentagens são de 2% e 4% respectivamente. Verifica-se então que apesar da grande maioria das unidades apresentarem pesos bem acima do especificado, a empresa ainda corre o risco de colocar no mercado itens com peso inferior ao especificado. Em resumo, o fato de o processo estar fora de controle leva a empresa a produzir grande percentual de itens com peso excedente resultando em aumento de custos, bem como de ser penalizado por colocar itens no mercado com peso abaixo do estabelecido na embalagem.

Portanto o Controle Estatístico deve ser mais rigoroso, não apenas indicando as ocorrências, mas possibilitando intervenções para melhorias de desempenho dos equipamentos.

### Referências

- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R.** *Controle estatístico de qualidade*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- JOEKES, S.; BARBOSA, E. P.** *An improved attribute control chart for monitoring non-conforming proportion in high quality processes*. Control Engineering Practice, v. 21, Issue 4, April 2013, p. 407-412.
- JURAN, J.M.** *A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços*. Trad. Nivaldo Montigelli Jr. São Paulo: Pioneira Thimson Learning, 2002.
- KANO, M.; NAKAGAWA, Y.** *Data-based process monitoring, process control, and quality improvement: Recent developments and applications in steel industry*. Computers & Chemical Engineering, v. 32, Issues 1–2, January 2008, p. 12-24.
- LEE, D.; CHA, S. K.; LEE, A. H.** *A Performance Anomaly Detection and Analysis Framework for DBMS Development*. In: IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING, VOL. 24, NO. 8, p.1345, AUGUST 2012.
- LOPES, L. F. D.** *Controle Estatístico de Processo*. 2007. 68p. Apostila do curso de Engenharia de Produção, Santa Maria, 2007.
- MONTGOMERY, D.C., RUNGER, G.C., HUBELE, N.F.** *Estatística Aplicada à Engenharia*. LTC, Rio de Janeiro, 2004.
- MONTGOMERY, D. C.** *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade*. 4ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008. p.513
- NEWBOLD, P.** *Statistics for business and economics*. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- RAMOS, A. W.** *CEP para processos contínuos e em bateladas*. São Paulo: Ed Edgard Blucher; 2000. 130p.
- SHANG, Y; TSUNG, F; ZOU, C.** *Statistical process control for multistage processes with binary outputs*. IIE Transactions, 2013.
- SLACK, N. et al.** *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 1996.
- VIEIRA, S.** *Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços*. Rio de Janeiro: Campos, 1999.
- WERKEMA, C.** *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processo*. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.
- YIN, Roberto K.** *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.