

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.

Aline Silva Flor asflor4@hotmail.com
MBA Gestão da Qualidade e Engenharia de Produção
Instituto de Pós-graduação - IPOG

Resumo

Este artigo apresenta a aplicação das técnicas de Controle Estatístico do Processo (CEP) como ferramenta de monitoramento da espessura de garrafas pet por meio de cartas de controle em uma indústria de água mineral localizada em Anápolis-GO. A espessura é um parâmetro de fundamental importância no processo de sopro de garrafas pet, visto que o mesmo é a garantia de que o material (PET) foi distribuído uniformemente, obtendo-se assim uma garrafa dentro do especificado. Esse estudo servirá como base para o controle de qualidade da indústria, referente à pré-forma de 15,8g, que é o produto com maior vendagem da empresa. Além de fornecer dados para a aplicação do CEP nas demais gramaturas já utilizadas na empresa. Verificou-se que a maioria das medidas adotada para análise de espessura, apresenta-se com médias aparentemente controladas e estáveis. Porém a amplitude em geral encontra-se alta demonstrando que o processo ainda não se encontra controlado. A ferramenta CEP irá contribuir no controle deste processo, ajudando na identificação e priorização das possíveis causas de variação da qualidade e objetivando controle ou eliminação das causas fundamentais dos defeitos. Mantendo assim, o processo sob controle e estável, produzindo produtos com características previsíveis e com oscilações controladas.

Palavras-chave: Controle Estatístico do Processo; Garrafa pet; Gráfico x-barra;

1. Introdução

Nas últimas décadas, pode-se observar que os consumidores apresentam um perfil bem mais seletivo e exigente, gerando assim uma maior competitividade entre as empresas de diferentes setores, levando-as a procurarem suas vantagens competitivas principalmente em qualidade. Segundo Juran (1993), algo fundamental para a obtenção dessas vantagens competitivas é a melhoria dos processos produtivos.

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

Na verdade, o CEP é bem mais que uma ferramenta, é uma filosofia que encara o processo de melhoria de forma mais sistêmica e matemática. Nesse âmbito o CEP constitui um processo de identificação da(s) área(s) a serem estudadas, das variáveis a serem controladas e dos focos a serem tomados, baseando-se nas prioridades da companhia. A partir daí é preciso que se definam quais são os dados relevantes e se determine as relações de causa e efeito, melhorando a análise estatística das variações ocorridas no processo produtivo.

Em geral, o CEP se faz de grande importância quando se permite avaliar as causas das variações nos índices produtivos, proporcionando a aplicação de soluções para as mesmas. O CEP

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

serve de embasamento tanto para decisões sobre todo o sistema, anulando causas aleatórias ou comuns como decisões sobre o local específico para se tentar anular as causas sistemáticas.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) vem sendo implantado em um número cada vez maior de indústrias no Brasil, visando à obtenção de ganhos de produtividade e qualidade de seus produtos, num cenário de mercado aberto à concorrência externa, em virtude da crescente globalização. O CEP mais que um controle total de qualidade, estimula mudanças culturais na empresa, que passa a ter enfoque principal na qualidade, atenção à variabilidade e trabalho em equipe. Assim, segundo Bartmann (1986) o CEP surge como uma ferramenta indispensável para consolidação da indústria no cenário mundial. A indústria passa a desejar não somente a produção de produtos dentro da exigência dos clientes, mas também a partir de ações corretivas, atingir um ponto no qual o seu processo produtivo forneça produtos com especificações controladas em torno de um valor total ou médio (LOPES, 1999).

Na visão de Montgomery (2004) o objetivo primário do Controle Estatístico do Processo é a redução sistemática da variabilidade nas características-chave do produto, fornecendo as ferramentas necessárias para avaliação e melhoria de processos, produtos e serviços de forma abrangente. Ainda segundo Montgomery (2004), uma definição para qualidade é que esta é inversamente proporcional à variabilidade.

A obtenção da qualidade desejada ou até mesmo a superação desta meta é um fator diferencial para a empresa e/ou indústria, levando a uma melhor competitividade e tendo como consequência a manutenção desta empresa no mercado e um crescimento na rentabilidade do negócio (ALVES, 2003).

Cada característica de qualidade do produto deve ser definida de forma que possa ser medida e então controlada. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Para que a qualidade do produto seja verificada utiliza-se o processo de amostragem, onde através de métodos estatísticos busca-se checar a qualidade do produto de modo a fazer interferências sobre a operação. O método mais utilizado é o procedimento chamado *controle estatístico de processo - CEP (statistical process control – SPC)*. Esse método preocupa-se com a amostragem do processo durante a produção dos bens ou a entrega de serviços. Com base nessa amostragem, as decisões são tomadas sobre se o processo está “sob controle”, isto é, se está operando como devia. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Em processos produtivos, e o caso de produção de bebidas não é diferente, várias são os efeitos, ou defeitos, que podem surgir como problemas no sistema. Estatisticamente as variações são classificadas em aleatórias ou sistemáticas. Qualquer variável ou variação aleatória não pode ser prevista e está intrínseca ao sistema, possuindo uma função de probabilidade que determina a probabilidade da ocorrência ou não de determinados eventos. Esta função de probabilidade, será dada devido aos fatores formadores do sistema como um todo. Em geral, imagine uma máquina, a função que determina o tempo médio entre falhas deste equipamento é obtida através da confiabilidade de cada um dos seus componentes, e é uma função em uma variável aleatória contínua, a saber, o tempo de falha.

Já variações sistemáticas são aquelas que podem ser previstas ou observadas. Isto se dá devido ao fato de haver uma relação forte de causa e consequência em que, quando da presença de determinado fator, sabe-se que o efeito (diverso ou não) aparecerá. Variações deste tipo podem ser eliminadas, eliminando-se a causa que as gerou, uma vez que a mesma é observável e na maioria dos casos controlável (TOLEDO, 2002).

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

As variações podem em geral, mas não é regra, causar defeitos nos produtos finais, nas suas especificações, ou mesmo “defeitos” nos orçamentos iniciais que se tornam inválidos perante estas variações. Estes defeitos seguem a mesma linha de raciocínio das variações, ou seja, quando se originam de fatores internos e intrínsecos aos sistemas, são chamados de defeitos crônicos, pois somente podem ser sanados com a mudança do sistema. Já defeitos esporádicos, podem aparecer ou não, em geral aparecem quando a existência ou não de uma causa específica, e justamente devido a esta relação causal é que estes defeitos são mais fáceis de serem sanados (MARTINS, 2002).

Porém, para sanar estes defeitos é preciso conhecer as causas que os geram. De posse dos dados e da análise propiciada pelos gráficos de controle, entra em ação o já conhecido PDCA. Em primeira instância o CEP serve de entrada para o planejamento e para as primeiras ações a serem tomadas. Novo CEP, por assim dizer, é feito e o sistema é realimentado, ou seja, é realizado um feedback, de forma a propiciar o “Check” do PDCA. O processo é revisto e os resultados avaliados para finalizar o PDCA, com foco na chamada melhoria contínua, ou KAIZEN.

O controle do processo é exercido a partir de medidas parciais de um ou mais peças ou unidades de produto retiradas do processo durante sua execução. Esse procedimento irá permitir avaliar a características de qualidade de interesse antes do término do lote de produção. Isso é mais eficiente do que somente avaliar o resultado final do processo, classificando-o em conforme ou não-conforme.

Os gráficos de controle são o meio pelo qual a variação de um processo é controlada. Com base num estudo da variação do processo é possível a partir do gráfico de controle verificar se a variação do processo é somente fruto da influência de causas comuns ou não.

Através do uso de gráficos de controle, é possível detectar os defeitos, prevenir ajustes desnecessários no processo, estabelecer um diagnóstico, além de um monitoramento do estado do mesmo, distinguindo assim as causas comuns e causas especiais de variabilidade. (SILVA JÚNIOR; OLIVEIRA, 2005).

O gráfico deve apresentar uma zona de controle delimitada pelos limites naturais do processo, denominados de limite superior de controle (LSC) e um limite inferior de controle (LIC). Eles são separados por uma linha central (LC).

Quando o processo está sob controle estatístico, ou seja, somente sobre efeito de causas comuns, as estatísticas se distribuem aleatoriamente dentro dos limites inferiores e superiores.

Já quando uma causa especial ocorre, ela poderá ser prontamente identificada pela análise de uma ocorrência ou de um conjunto de pontos que tendem a sair para além da zona de controle. Logo, pela análise pontual ou da sequência de pontos de um gráfico de controle é possível avaliar se um processo está sob controle estatístico ou não.

O objetivo principal deste estudo é utilizar o CEP para monitorar o processo de sopro, através da espessura da garrafa PET por meio dos gráficos de controle em uma indústria de água mineral, localizada em Anápolis-GO. A adoção da ferramenta fornecerá a fábrica mais uma forma eficaz de monitorar e controlar a qualidade de suas garrafas sopradas, além de indiretamente contribuir para a redução dos custos devido mais especificamente à correta utilização da matéria-prima de maior custo para empresa, que são as pré-formas que dão origem à garrafa PET, por meio da monitoração de várias etapas do processo de sopro, como: temperatura do forno da sopradora, temperatura da pré-forma e pressão do sopro de água gelada, na formação da garrafa PET, que resultam principalmente na qualidade das garrafas sopradas evidenciada pelas análises de espessura que demonstram a homogeneidade de distribuição de material no corpo da garrafa.

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

2. Metodologia e Análise de Resultados

O estudo utilizará embalagens PET 500 ml para envase de água mineral. As embalagens são recebidas pelo técnico do laboratório em caixas como pré-forma. No recebimento é realizado um check list que contém informações como: condições da carga, laudo de qualidade emitido pelo fornecedor, informações do laudo e etiqueta, nível da caixa (visual) etc. Somente após a liberação do técnico a matéria prima é liberada para consumo produtivo. Em seguida as pré-formas são encaminhadas ao processo de sopro, para então serem utilizadas no envase.

No processo de sopro, os fatores que mais influenciam o processo são os controles de temperatura e pressão que a pré-forma sofre na sopradora. As pré-formas são submetidas a uma temperatura variada de 98 a 115° C , onde os potenciômetros existentes em cada zona do forno interferem diretamente na espessura final da parede da garrafa. Deve-se então aumentar a temperatura nas zonas onde a espessura estiver mais grossa e reduzir a temperatura nas zonas onde a espessura estiver mais fina. Posteriormente a pré-forma passa pelas etapas de pré- sopro e sopro sofrendo ação de pressão contribuindo para o estirando da pré-forma; a pré-forma segue para o molde, onde é esfriada com água numa temperatura de aproximadamente 7° C para a formação da garrafa.

Quando ocorrem variações nesses controles as garrafas podem apresentar deformações no seu formato padrão, existindo porções achatadas em paredes oposta. Quando a temperatura da pré-forma estiver mais elevada ou mais baixa do que a especificada, as garrafas podem ficar “perolizadas”. Pode ocorrer ainda o estouro do gargalo, se a temperatura estiver muito alta; ou rachaduras nas curvaturas do pé, devido a problemas na distribuição uniforme de material quando destinadas ao envase; rugosidades; marcas de condensação, deformações no finish, estrangulamento etc.

Abaixo segue figura da garrafa demonstrando cada parte que é analisada na garrafa pet para espessura.

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

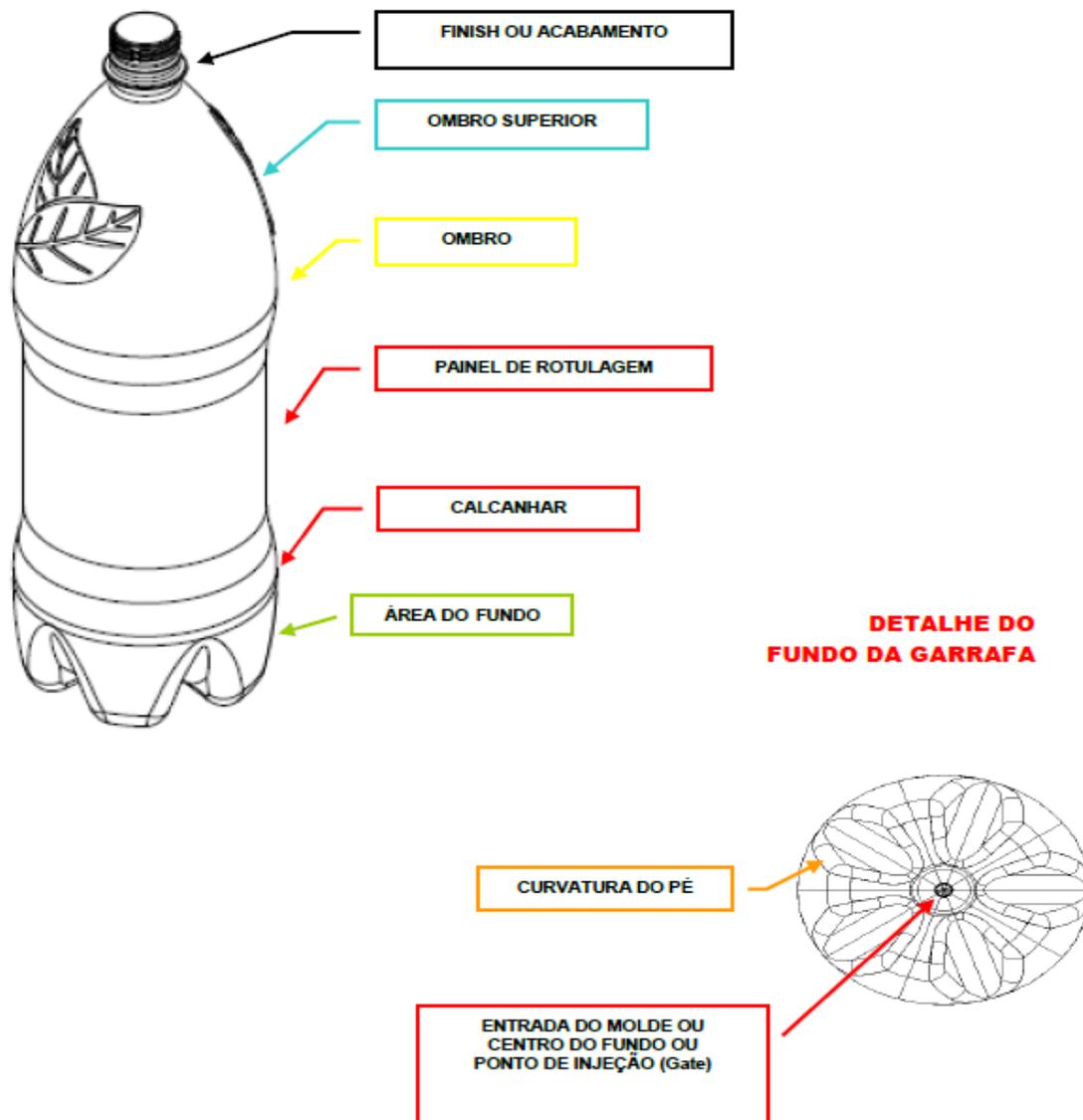


Figura 1 – Partes da garrafa
Fonte: Documento interno da empresa

É utilizado um equipamento chamado de Magna-Mike, o funcionamento deste aparelho se dá baseado em princípios do magnetismo. O aparelho é digital, e nos fornece os valores de espessura de cada parte desejada da garrafa. Existe uma esfera que é colocada dentro de cada uma das garrafas a serem analisadas, através de uma espécie de caneta magnética do equipamento cada uma das regiões acima descritas e analisadas através da passagem da caneta pelo lado exterior da garrafa contra a esfera no lado interior. A máquina em questão é calibrada por uma empresa terceira, e antes de realizar qualquer tipo de análise o aparelho é calibrado novamente pelo técnico responsável.

Os resultados encontrados em cada parte da garrafa analisada são lançados pelo técnico em uma planilha do Excel. Estes serão identificados e quantificados, e serão analisados em gráficos de controle, onde será possível detectar os defeitos, prevenir ajustes necessários no processo, estabelecer um diagnóstico, além de um monitoramento do estado do mesmo.

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

A amostra que será usada para esta análise será de 10 garrafas de 500ml, analisadas 3 vezes por dia num período de 5 dias consecutivos, do mesmo lote de produção; Demonstrando a tendência de variação do processo conforme o tempo. De todas as amostras obtidas serão calculadas as médias de cada um dos parâmetros desejados para análise do processo. Abaixo segue o resultado encontrado nos 5 dias:

1º DIA	Ombro Superior	Ombro	Painel de Rotulagem	Calcanhar	Área do Fundo	Curvatura do Pé	Entrada do Molde
Número do molde	Mín.: 0,18mm	Mín.: 0,16mm	Mín.: 0,18mm	Mín.: 0,16mm	Mín.: 0,18mm	Mín.: 0,16mm	Mín.: 1,55mm
	Máx.: 0,40mm	Máx.: 0,38mm	Máx.: 0,35mm	Máx.: 0,40mm	Máx.: 0,40mm	Máx.: 0,30mm	Máx.: 3,00mm
1	0,40	0,34	0,31	0,3	0,28	0,27	2,7
2	0,38	0,33	0,3	0,27	0,28	0,29	2,68
3	0,35	0,27	0,3	0,27	0,28	0,29	2,68
4	0,36	0,3	0,31	0,31	0,28	0,27	2,99
5	0,37	0,3	0,27	0,26	0,24	0,25	1,92
6	0,36	0,31	0,29	0,33	0,31	0,26	2,69
7	0,36	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28	2,13
8	0,38	0,25	0,34	0,22	0,26	0,3	2,23
9	0,32	0,29	0,28	0,3	0,33	0,3	2,65
10	0,35	0,28	0,29	0,26	0,35	0,28	2,29

Tabela 1 – Resultado de análise de espessura do 1º dia
Fonte: Documento interno da empresa

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

2° DIA	Ombro Superior	Ombro	Painel de Rotulagem	Calcanhar	Área do Fundo	Curvatura do Pé	Entrada do Molde
	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,38mm	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,35mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,30mm	Mín.: 1,55mm Máx.: 3,00mm
1	0,28	0,16	0,2	0,17	0,3	0,28	1,71
2	0,32	0,19	0,18	0,19	0,22	0,21	2,06
3	0,27	0,17	0,21	0,22	0,2	0,27	1,93
4	0,3	0,18	0,22	0,19	0,2	0,26	2,14
5	0,27	0,18	0,19	0,2	0,18	0,2	1,55
6	0,32	0,17	0,21	0,23	0,18	0,19	1,63
7	0,4	0,18	0,19	0,18	0,2	0,2	2,01
8	0,32	0,24	0,18	0,23	0,25	0,24	1,99
9	0,35	0,23	0,18	0,21	0,19	0,29	1,93
10	0,3	0,21	0,22	0,21	0,19	0,26	2,14

Tabela 2 – Resultado de análise de espessura do 2° dia
Fonte: Documento interno da empresa

3° DIA	Ombro Superior	Ombro	Painel de Rotulagem	Calcanhar	Área do Fundo	Curvatura do Pé	Entrada do Molde
	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,38mm	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,35mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,30mm	Mín.: 1,55mm Máx.: 3,00mm
1	0,30	0,24	0,22	0,23	0,22	0,24	1,9
2	0,28	0,20	0,23	0,21	0,27	0,20	2,25
3	0,24	0,22	0,24	0,25	0,20	0,20	1,79
4	0,27	0,24	0,22	0,22	0,26	0,22	1,96
5	0,26	0,23	0,29	0,24	0,25	0,24	1,99
6	0,25	0,28	0,24	0,23	0,21	0,23	1,76
7	0,31	0,25	0,23	0,24	0,28	0,26	2,48
8	0,26	0,23	0,24	0,27	0,30	0,22	2,19
9	0,29	0,19	0,20	0,24	0,29	0,21	2,26
10	0,30	0,20	0,26	0,25	0,34	0,25	2,02

Tabela 3 – Resultado de análise de espessura do 3° dia
Fonte: Documento interno da empresa

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

4° DIA	Ombro Superior	Ombro	Painel de Rotulagem	Calcanhar	Área do Fundo	Curvatura do Pé	Entrada do Molde
	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,38mm	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,35mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,30mm	Mín.: 1,55mm Máx.: 3,00mm
1	0,25	0,17	0,21	0,2	0,23	0,24	1,89
2	0,33	0,22	0,24	0,23	0,2	0,19	2,16
3	0,26	0,17	0,18	0,24	0,19	0,2	1,9
4	0,27	0,23	0,22	0,23	0,19	0,16	2,03
5	0,3	0,21	0,25	0,24	0,2	0,2	1,92
6	0,24	0,19	0,23	0,25	0,2	0,16	1,96
7	0,38	0,2	0,23	0,22	0,2	0,19	2,27
8	0,31	0,19	0,22	0,24	0,23	0,22	2,28
9	0,26	0,2	0,25	0,24	0,2	0,2	2,21
10	0,35	0,2	0,2	0,24	0,2	0,2	2,14

Tabela 4 – Resultado de análise de espessura do 4° dia
Fonte: Documento interno da empresa

5° DIA	Ombro Superior	Ombro	Painel de Rotulagem	Calcanhar	Área do Fundo	Curvatura do Pé	Entrada do Molde
	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,38mm	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,35mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,18mm Máx.: 0,40mm	Mín.: 0,16mm Máx.: 0,30mm	Mín.: 1,55mm Máx.: 3,00mm
1	0,19	0,18	0,22	0,25	0,21	0,19	1,81
2	0,2	0,19	0,21	0,3	0,18	0,19	1,9
3	0,22	0,2	0,2	0,26	0,19	0,2	1,85
4	0,23	0,28	0,18	0,21	0,18	0,21	1,9
5	0,22	0,25	0,23	0,21	0,24	0,25	1,95
6	0,25	0,29	0,23	0,24	0,21	0,2	2,2
7	0,27	0,28	0,22	0,25	0,22	0,21	1,79
8	0,26	0,3	0,24	0,21	0,21	0,25	1,81
9	0,25	0,17	0,18	0,23	0,19	0,29	2,15
10	0,23	0,18	0,19	0,21	0,2	0,22	2,19

Tabela 5 – Resultado de análise de espessura do 5° dia
Fonte: Documento interno da empresa

Para análise dos dados se utilizou o Software R, um programa gratuito e de código aberto que é um conjunto de ferramentas para análise estatística de dados. Foi utilizado também o pacote “qcc” do mesmo software para construção das cartas de controle para média e para amplitude. Esse software segue o método expresso abaixo para o cálculo dos dados.

O método a ser empregado no controle de variáveis será o gráfico de controle tipo $\bar{X} - R$. Um gráfico \bar{X} é uma plotagem das médias amostrais, e é usado para o monitoramento do centro de um processo. Um gráfico R (ou gráfico de amplitudes) é uma plotagem das amplitudes amostrais em lugar de valores amostrais individuais, e é usado para monitorar a *variação* em um processo.

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Para o gráfico de controle das amplitudes os pontos plotados são as amplitudes amostrais, tomadas pela diferença entre o maior e o menor valor das amostras.

Na interpretação de gráficos de controle, o seguinte ponto é muito importante: Os limites superior e inferior de controle se baseiam no comportamento real do processo, não no comportamento desejado. Os limites de controle não são relacionados com quaisquer especificações ou parâmetros que possam ter sido decretadas pelo fabricante.

3. Cálculo dos limites de controle

– **Para as médias:**

Limite Superior de Controle:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R}$$

Linha Central:

$$LC = \bar{\bar{X}}$$

Limite Inferior de Controle:

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R}$$

Para as amplitudes:

Limite Superior de controle:

$$LSC = D_4 * \bar{R}$$

Linha Central:

$$LC = \bar{R}$$

Limite Inferior de Controle:

$$LIC = D_3 * \bar{R}$$

No gráfico $\bar{\bar{x}}$, a linha central é a média das médias amostrais, que é igual à média de todos os valores amostrais combinados.

A linha central é a média das amplitudes amostrais, isto é, a soma das amplitudes amostrais dividida pelo número de amostras.

Os valores A_2 , D_4 e D_3 foram calculados pelos peritos em controle de qualidade e se destinam a simplificar os cálculos. Os limites superior e inferior de controle são valores aproximadamente equivalentes aos limites do intervalo de confiança de 99,7%, é portanto, altamente improvável que valores de um processo estatisticamente estável se localizem além desses limites. Se um valor realmente se encontra além desses limites de controle, é muito provável que o processo não esteja estatisticamente estável.

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Tabela de constantes para os gráficos de controle

Fonte da tabela: Adaptado de ASTM Manual on the Presentation of Data and Control Chart Analysis, © 1976 ASTM,

Tamanho da amostra = n	A ₂	A ₃	d ₂	D ₃	D ₄	B ₃	B ₄
2	1.880	2.659	1.128	--	3.267	--	3.267
3	1.023	1.954	1.693	--	2.574	--	2.568
4	0.729	1.628	2.059	--	2.282	--	2.266
5	0.577	1.427	2.326	--	2.114	--	2.089
6	0.483	1.287	2.534	--	2.004	0.030	1.970
7	0.419	1.182	2.704	0.076	1.924	0.118	1.882
8	0.373	1.099	2.847	0.136	1.864	0.185	1.815
9	0.337	1.032	2.970	0.184	1.816	0.239	1.761
10	0.308	0.975	3.078	0.223	1.777	0.284	1.716
11	0.285	0.927	3.173	0.256	1.744	0.321	1.679
12	0.266	0.886	3.258	0.283	1.717	0.354	1.646
13	0.249	0.850	3.336	0.307	1.693	0.382	1.618
14	0.235	0.817	3.407	0.328	1.672	0.406	1.594
15	0.223	0.789	3.472	0.347	1.653	0.428	1.572
16	0.212	0.763	3.532	0.363	1.637	0.448	1.552
17	0.203	0.739	3.588	0.378	1.622	0.466	1.534
18	0.194	0.718	3.640	0.391	1.608	0.482	1.518
19	0.187	0.698	3.689	0.403	1.597	0.497	1.503
20	0.180	0.680	3.735	0.415	1.585	0.510	1.490
21	0.173	0.663	3.778	0.425	1.575	0.523	1.477
22	0.167	0.647	3.819	0.434	1.566	0.534	1.466
23	0.162	0.633	3.858	0.443	1.557	0.545	1.455
24	0.157	0.619	3.895	0.451	1.548	0.555	1.445
25	0.153	0.606	3.931	0.459	1.541	0.565	1.435

p. 134-136.

Os dados a seguir são os resultados da pré-forma, 15,8 gramas, utilizada no sopro de garrafas 500 ml. As linhas em vermelho são referentes aos parâmetros estipulados pela empresa para cada uma das medidas verificadas na análise de espessura. As linhas pontilhadas referem-se aos limites de controle.

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Ombro superior

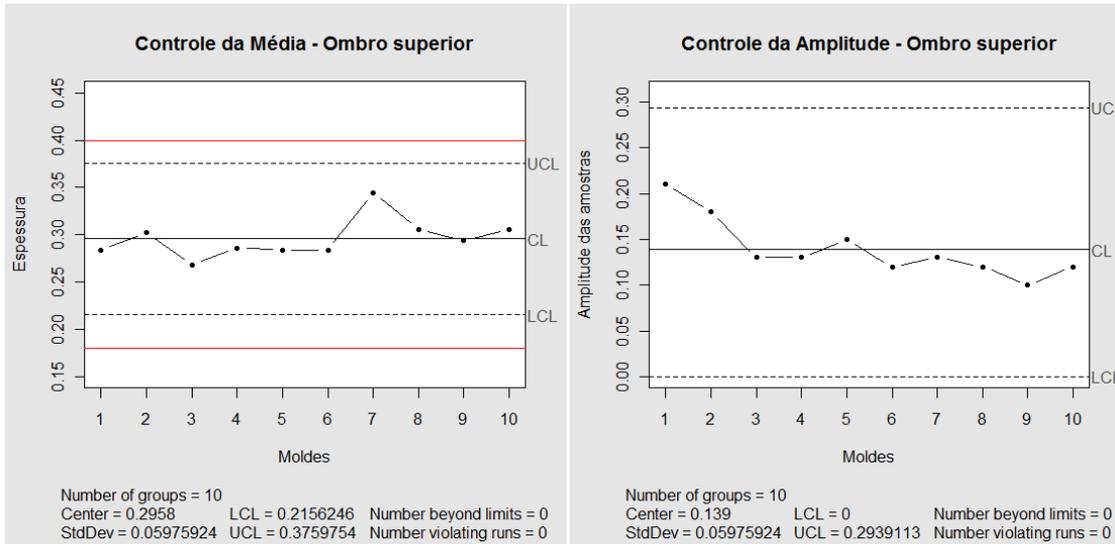


Figura 2 – Gráfico x-R do ombro superior
Fonte: Dados da empresa/ Programa R

O gráfico de \bar{x} , demonstra que as médias amostradas encontram-se dentro dos limites especificados. Os limites de controle são mais restritos do que os parâmetros definidos pela empresa para essa análise, demonstrando ser improvável a ocorrência de alguma não conformidade nessa medida. A amplitude do gráfico apresenta-se alta como podemos observar nas amostras do molde 1, temos uma diferença de 0,21 entre o valor mínimo e máximo encontrados. Isso demonstra que o processo pode tender a apresentar-se instável em algum momento. O resultado encontrado demonstra que houve intervenção no processo entre a coleta das amostras. Como ajuste de máquina, troca de operador, variação de pressão e/ ou temperatura etc.

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Ombro

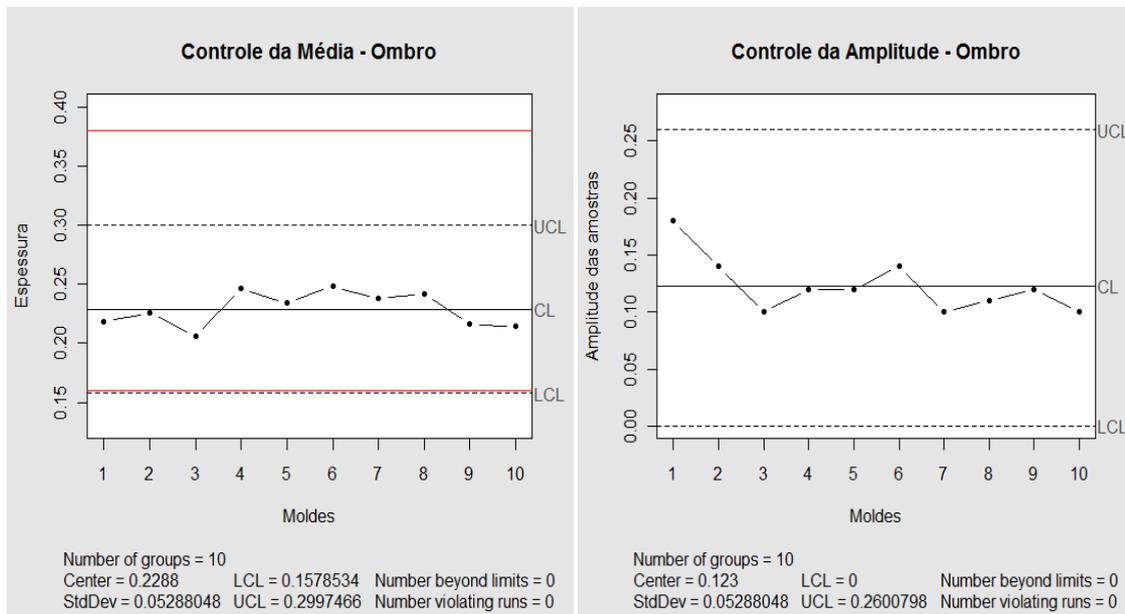


Figura 3 – Gráfico x-R do ombro
Fonte: Dados da empresa/ Programa R

O gráfico de \bar{x} , demonstra que as médias amostradas encontram-se dentro dos limites especificados. Os limites de controle são mais restritos do que os parâmetros definidos pela empresa para essa análise, sendo que o limite inferior coincide com o parâmetro mínimo dessa medida. Sendo assim, pode ser interesse que ocorra a intervenção no processo para que esses limites de controle se tornem mais altos, evitando a ocorrência de não conformidades no futuro. A amplitude do gráfico apresenta-se alta como podemos observar nas amostras do molde 1, temos uma diferença de 0,18 entre o valor mínimo e máximo encontrados. Isso demonstra que o processo pode tender a apresentar-se instável em algum momento.

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Painel de rotulagem

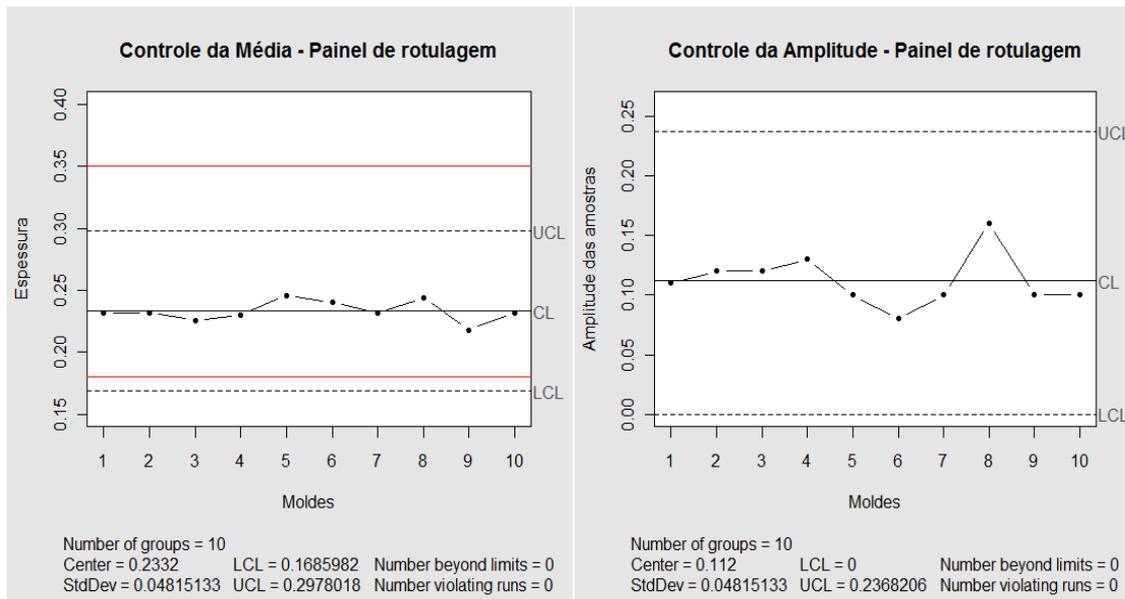


Figura 4 – Gráfico x-R do painel de rotulagem
Fonte: Dados da empresa/ Programa R

O gráfico de \bar{x} , demonstra que as médias amostradas encontram-se dentro dos limites especificados. Os limites de controle são mais restritos do que os parâmetros definidos pela empresa para essa análise, sendo que o limite inferior está abaixo do parâmetro estabelecido pela empresa, dessa medida. Sendo assim, esse gráfico já demonstra maior probabilidade de ocorrência de não conformidade no processo. Sendo interesse que ocorra a intervenção no processo para que esses limites de controle se tornem mais altos. A amplitude do gráfico apresenta-se com uma média de 0,112, demonstra-se alta em relação aos parâmetros estabelecidos (0,18-0,35) que estão em intervalo de 0,17mm. Sendo assim, é necessário que se realize um controle maior nessa amplitude, aumentando a uniformidade do processo.

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Calcanhar

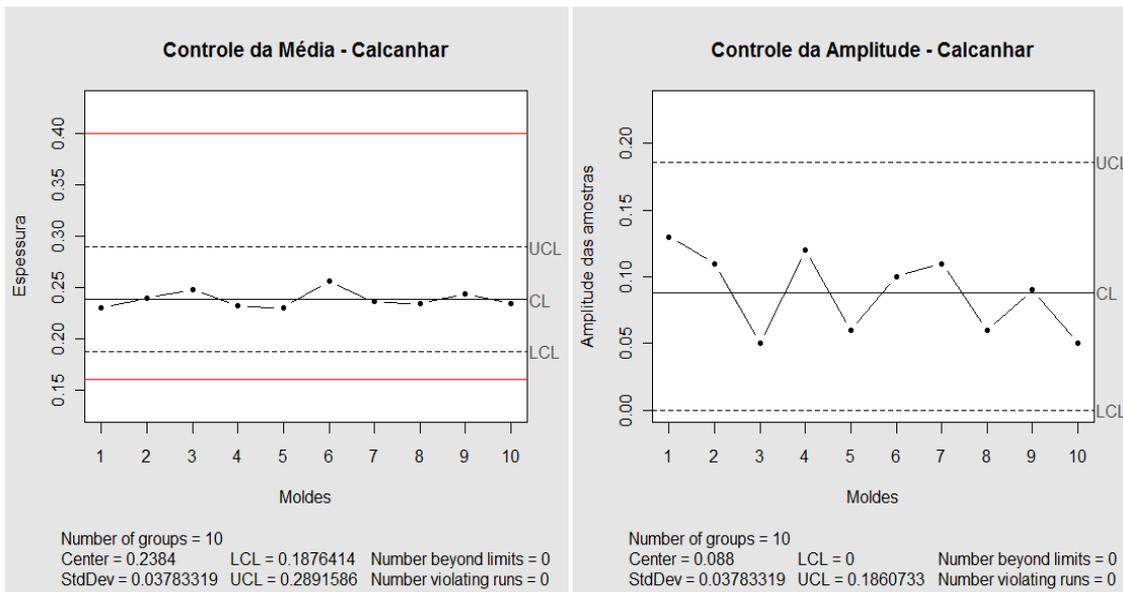


Figura 5 – Gráfico x-R do calcanhar
Fonte: Dados da empresa/ Programa R

O gráfico de \bar{x} , demonstra que as médias amostrais do processo estão controladas. O intervalo dos limites de controle se apresentam muito mais restritos do que os parâmetros estabelecidos pela empresa. Pela análise dos pontos amostrados, vemos que não há ocorrência de picos demonstrando a uniformidade dos moldes para essa medida, o que significa uma maior confiabilidade no processo. A amplitude do gráfico apresenta-se controlada, com média de 0,088, sendo esse valor muito abaixo da flexibilidade do parâmetro estipulado (0,24). Para essa medida, caso o processo se mantenha nessas condições, a probabilidade de ocorrência de não conformidades é mínima.

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Área do fundo

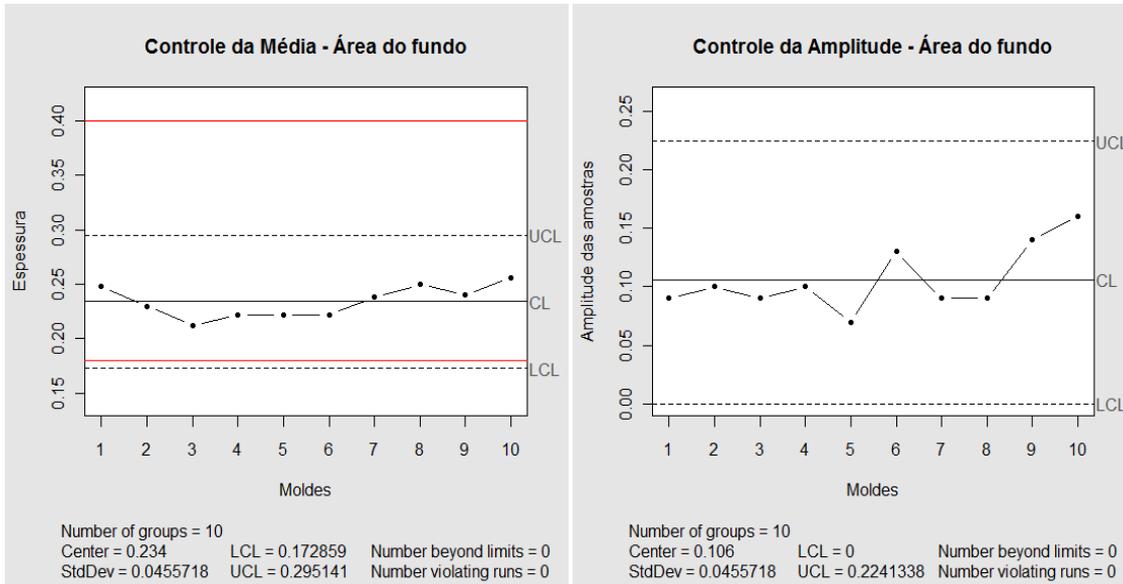


Figura 6 – Gráfico x-R da área do fundo

Fonte: Dados da empresa/ Programa R

O gráfico de \bar{x} , demonstra que as médias amostradas encontram-se dentro dos limites especificados. Os limites de controle são mais restritos do que os parâmetros definidos pela empresa para essa análise, sendo que o limite inferior está um pouco abaixo do parâmetro mínimo dessa medida. Sendo assim, pode ser interessante que ocorra a intervenção no processo para que esses limites de controle se tornem mais altos, evitando a ocorrência de não conformidades no futuro. A amplitude do gráfico apresenta-se controlada com média baixa em relação aos parâmetros, com alguns picos nos moldes 6, 9 e 10. Mas, estes não afetam a estabilidade do processo, caso se consiga manter os limites de controle da média dentro dos parâmetros estabelecidos.

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Curvatura do pé

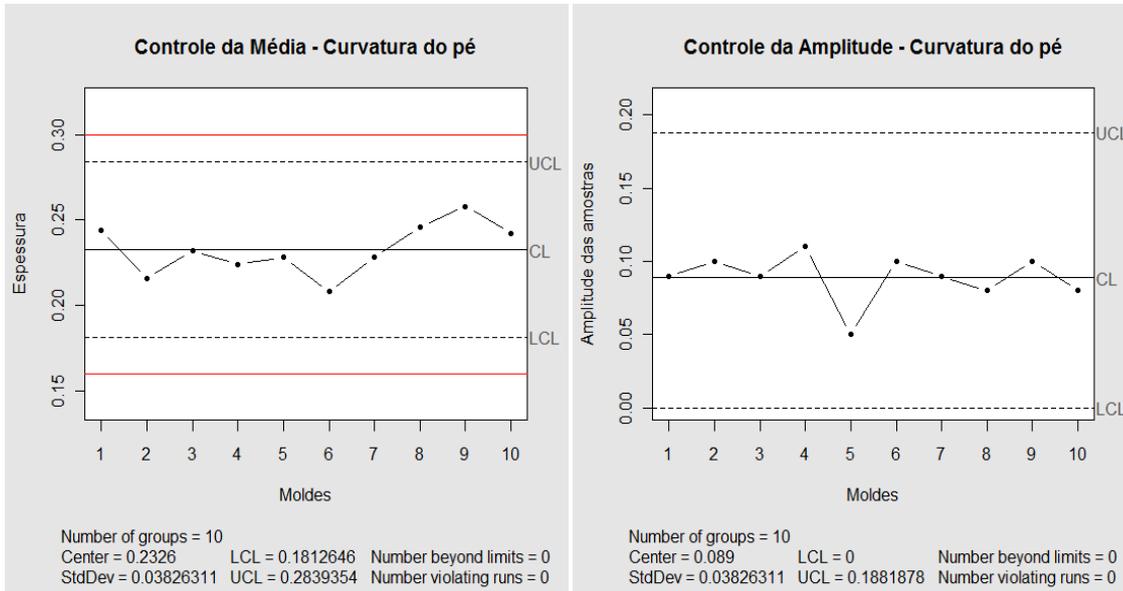
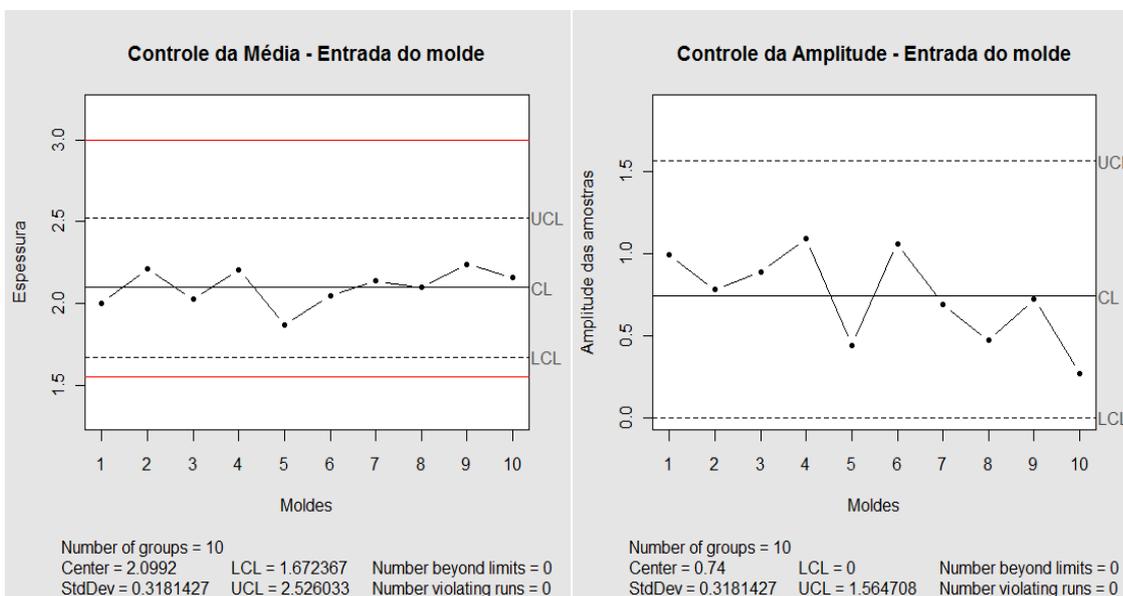


Figura 7 – Gráfico x-R da curvatura do pé
Fonte: Dados da empresa/ Programa R

O gráfico de \bar{x} , demonstra que as médias amostradas encontram-se dentro dos limites especificados. Os limites de controle são mais restritos do que os parâmetros definidos pela empresa para essa análise, demonstrando ser improvável a ocorrência de alguma não conformidade nessa medida. A amplitude do gráfico apresenta-se baixa e uniforme entre os moldes. Demonstrando assim que o processo para essa medida está controlado e não está sofrendo variações consideráveis.

Entrada do molde



ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

Figura 8 – Gráfico x-R da entrada do molde
Fonte: Dados da empresa/ Programa R

O gráfico de \bar{x} , demonstra que as médias amostradas encontram-se dentro dos limites especificados. Os limites de controle são mais restritos do que os parâmetros definidos pela empresa para essa análise, demonstrando ser improvável a ocorrência de alguma não conformidade nessa medida. A amplitude do gráfico não se apresenta uniforme. Os moldes 1, 4 e 6 apresentam valores altos em relação ao intervalo dos parâmetros o que indica necessidade de ajustes no processo.

4. Conclusão

O estudo de caso demonstra que a maioria das medidas adotadas (ombro, ombro superior, painel de rotulagem, entrada do molde, curvatura do pé, área do fundo e calcanhar) na análise de espessura, apresenta-se com médias controladas e estáveis. Porém a amplitude em geral encontra-se alta demonstrando que o processo ainda não se encontra controlado. Por isso, a ferramenta CEP irá contribuir de forma significativa para ter um melhor controle deste processo e estabilidade, contribuindo na identificação das possíveis causas das variações encontradas, melhorando assim a qualidade de conformação dos produtos produzidos atendendo às necessidades dos clientes de forma previsível e com oscilações controladas, e aumentando assim a produtividade, minimizando o tempo, devido à diminuição de intervenções corretivas no processo.

Mas, o CEP dependerá de muitos fatores como apoio da gerência, treinamento dos colaboradores, comprometimento das pessoas envolvidas no processo e principalmente da tomada de ações corretivas quando detectadas as causas das variações, para ser uma ferramenta eficaz de melhoria contínua para o processo de sopro de garrafas pet.

5. Bibliografia

- BARTMANN, F. C **Ideias Básicas sobre Controle Estatístico da Qualidade**. VII Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, Campinas, SP, 1986.
- LOPES, M. F. S. **Controle estatístico de processo**. Tese apresentada no concurso público para o provimento do cargo de professor titular da UFBA, na área de Processos Químicos, 1999.
- MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade**, 4ª edição. Rio de Janeiro, RJ, LTC, 2004.
- RAMOS, A.W. **Controle Estatístico da Qualidade**. Fundação Carlos Alberto Vanzolini. 1992. 186 p.
- KUME, H. Métodos estatísticos para a melhoria da qualidade. 5.ed. São Paulo, Editora Gente, 1993.
- CASARIN, V. A.; LÍRIO, G. W.; SOUZA, A. M. **Avaliação do processo de transformação da garrafa PET por meio do gráfico X-Barra**. 2002. Disponível em: <Erro! A referência de hiperlink não é válida.>. Acesso em: 29 nov.2010.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- TOLEDO, José Carlos. **Introdução ao CEP: controle estatístico de processo**. São Carlos – Material de treinamento interno da companhia: DEP/UFSCAR. 2002.
- MARTINS, Roberto Antônio. **Controle estatístico de processo**. São Carlos. DEP/UFSCAR. 2002.

ESPECIALIZE

Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento de Espessura em garrafa pet: Um estudo de caso.
julho de 2013

SILVA JÚNIOR, I. F. S.; OLIVEIRA, V. C. O. A aplicação do controle estatístico de processo numa indústria de beneficiamento de camarão marinho no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Gestão Industrial**. São Paulo, n. 03, jul. 2005.

WERKEMA, M.C. Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos. 1 ed. Belo Horizonte: FCO, **1995**.

TRIOLA, MARIO F. Introdução à estatística. 10.ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2008. p. 588-595

JURAN, Paulo César. **Controle químico de processo**. São José dos Campos. UFSP. 2005

ALVES, Antonio José. Competitividade e crescimento do negócio na indústria. II ed. Rio de Janeiro. 2002.