

ANÁLISE DA VARIABILIDADE NO ENCHIMENTO DE LATAS DE CERVEJA

Liliane de Almeida

Graduada em Engenharia da Produção pelas Faculdades Integradas de Taquara, RS/Brasil
Faculdades Integradas de Taquara, RS/Brasil
lily_alm@ig.com.br

Joacir Luciano Eltz

Graduando em Engenharia da Produção pelas Faculdades Integradas de Taquara, RS/Brasil
Faculdades Integradas de Taquara, RS/Brasil
joacirluciano@hotmail.com

Carlos Eduardo Appollo Unterleider

Mestre em Engenharia da Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS/Brasil
Faculdades Integradas de Taquara, RS/Brasil
unterleider@faccat.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise da variabilidade existente em uma máquina envasadora de latas de cerveja de 473 ml, através da aplicação do Controle Estatístico de Processo. A investigação do comportamento da máquina envasadora se limitou ao estudo da variabilidade de 1 dos 46 bicos de enchimento da linha de envase. Foi possível verificar que o processo é estável e não possui ocorrência de causas especiais, apenas causas comuns. Os dados mostraram que o processo segue uma distribuição normal e através da avaliação da capacidade foi possível constatar que o bico de enchimento é perfeitamente capaz de atender às especificações do INMETRO, produzindo praticamente todos os produtos com qualidade.

Palavras-chaves: Controle Estatístico de Processo – CEP; qualidade; variabilidade.

INTRODUÇÃO

Atualmente os consumidores estão cada vez mais exigentes e seletos na escolha dos produtos, o que faz com que as empresas se tornem mais competitivas e busquem na melhoria da qualidade de seus produtos uma vantagem competitiva. De acordo com Juran e Gryna (1993), a melhoria dos processos produtivos é fundamental para a obtenção destas vantagens competitivas.

Conforme Bortolotti, Souza e Sousa Junior (2009), na maioria dos casos o atendimento às exigências e padrões determinados pelos órgãos competentes e pelo mercado consumidor traduz-se no sucesso que o fabricante busca para seu produto. Ainda conforme os autores, para o alcance deste sucesso é necessário que existam investimentos direcionados às melhorias dos processos produtivos, visando reduzir a variação entre os valores informados na embalagem e as quantidades efetivamente presentes no produto. Com isso, além de atender às exigências dos órgãos fiscalizadores, as empresas poderão diminuir os custos de fabricação aumentando seus lucros e sua competitividade.

De acordo com Werkema (2006) um processo pode ser definido como um conjunto de causas com o objetivo de produzir um efeito, o qual é denominado produto do processo. A autora define que todo o processo apresenta variabilidade, que é decorrente das condições ambientais e do sistema de medição empregado. Essa variabilidade é inerente ao processo, não sendo viável eliminá-la do ponto de vista econômico e físico (Silva, Ribeiro & Mélo, 2008), e é considerada aleatória, o que determina que o processo esteja sob controle estatístico. Diante disso, é necessário definir uma faixa de variação considerada aceitável para cada processo.

A variabilidade somente pode ser descrita em termos estatísticos, sendo necessários métodos estatísticos para auxiliar na melhoria da qualidade (Lima & Dornelles, 2008). Segundo Souza, Pedrini e Caten (2009) uma alternativa eficiente para detectar e facilitar a identificação de problemas, mitigando a variabilidade no processo é através da aplicação do Controle Estatístico de Processo (CEP). Para os autores, o CEP tem vários aspectos positivos, um dos mais importantes é possibilitar a ação imediata quando existem condições anormais atuando sobre o processo, permitindo identificar e corrigir o problema antes de serem produzidas peças não conformes.

Este estudo busca investigar qual a variabilidade existente em uma máquina envasadora de latas de cerveja com capacidade para 473 ml, através da aplicação do CEP. O restante do artigo está organizado conforme segue: após a introdução temos o referencial, em seguida a descrição do estudo aplicado e por fim conclusões do estudo.

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

Todo processo apresenta alguma variabilidade, que é definida pela sua causa: comum ou especial. As causas comuns são variações que afetam a todos os valores individuais de um processo e são resultantes de diversas origens. Já as causas especiais são fatores que geram variações que afetam o comportamento do processo de maneira imprevisível, não sendo, portanto possível de obter-se um padrão (Ramos, 2000).

Diniz (2001) esclarece que a importância de se distinguir entre causas comuns e especiais de variação reside, principalmente, na forma como se deve atuar para suprimir a causa. A eliminação de causas especiais exige uma ação local que pode ser tomada por pessoas próximas ao processo. Já as causas comuns exigem ações sobre o sistema de trabalho, que somente podem ser tomadas pela administração (Diniz, 2001).

Segundo Diniz (2001), atualmente o Controle Estatístico de Processo é a forma mais racional e garantida de se controlar a fabricação em série de peças boas, pois desta forma se deixa de inspecionar as peças fabricadas e controla-se o processo através da coleta de dados, gerando estatísticas sobre o processo em si.

O CEP possibilita monitorar as características de interesse de um processo, assegurando sua manutenção dentro de limites preestabelecidos e indicando quando adotar ações de correção e melhoria (Silva, Ribeiro & Mélo, 2008). Conforme Campos, Filho, Barbosa, Santos e Rocha (2009) com o uso desta ferramenta é possível que sejam realizadas ações corretivas antes de ocorrerem as não-conformidades, sabe-se se o processo está funcionando como deveria ou se está fora das especificações de qualidade e ainda o CEP executa ações apropriadas para obter e manter um estado de controle estatístico.

Os gráficos de controle são ferramentas estatísticas capazes de identificar a presença de causas especiais na linha de produção. Através destes gráficos é possível avaliar o comportamento do processo permitindo uma atuação de forma preventiva, efetuando ações corretivas no momento em que ocorrerem desvios e mantendo o desempenho do processo dentro de condições pré-estabelecidas. (Futuro & Silva, 2007).

Segundo Ramos (2000) os gráficos de controle possuem três objetivos básicos, que são: (i) verificar se o processo estudado é estatisticamente estável, ou seja, se não há presença de causas especiais de variação; (ii) verificar se o processo estudado permanece estável, indicando quando é necessário atuar sobre o mesmo, e (iii) permitir o aprimoramento do processo, mediante a redução de sua variabilidade.

Conforme Ribeiro e Caten (2003), os gráficos de controle podem ser classificados como: Gráficos de Controle de Variáveis, que consistem naquelas características cujo valor é o resultado de algum tipo de medição (peso, altura, comprimento, etc.); e Gráficos de Controle de Atributos, que consistem naquelas características cujo resultado é

decorrente de uma classificação ou contagem (número de defeituosos, número de defeitos, número de erros, etc.).

Gráficos de controle por variáveis

Quando se utilizam os gráficos de controle para monitorar uma característica de qualidade que pode ser expressa como uma medida, é comum monitorar tanto o valor médio da característica de qualidade como sua variabilidade. Para tanto, colhe-se dados do processo em tempos regulares, cujas medições são feitas sobre a variável de interesse, devendo apresentar uma precisão adequada para garantir a qualidade e veracidade dessas medições (Ramos, 2000). O controle sobre a qualidade média é exercido pelo gráfico de controle para médias, e a variabilidade do processo pode ser controlada pelo gráfico da amplitude (Montgomery, 2004).

Furlanetto, Santos, Neto, Lacerda e Luna (2009) explicam que para ambos os gráficos os pontos se distribuem de forma aleatória em torno da Linha Média, acima desta, se situa a linha do Limite Superior de Controle (LSC) e abaixo da linha média está a linha de Limite Inferior de Controle (LIC). Tais linhas servem para monitorar se o processo está ou não fora de controle, mediante um ou mais pontos localizados fora destes limites, ou seja, acima ou abaixo dos limites de controle (Furlanetto *et al.*, 2009).

De acordo com Werkema (2006), os passos para construção e utilização dos gráficos de controle das médias e das amplitudes são: (i) escolher a característica de qualidade a ser controlada; (ii) coletar os dados; (iii) calcular a média de cada amostra e a média das médias; (iii) calcular a amplitude de cada amostra e a amplitude média; (iv) calcular e traçar os limites de controle para média e amplitude; (v) marcar os pontos no gráfico; (vi) interpretar os gráficos verificando se o estado de controle alcançado é adequado ao processo, tendo em vista considerações técnicas e econômicas; e (vii) rever periodicamente os valores de limites de controle.

Análise da capacidade do processo

Outro fator importante na aplicação do CEP é a avaliação da capacidade do processo, isto é, a capacidade que a indústria tem de produzir itens conforme, ou seja, de acordo com as especificações. Costa, Epprecht e Carpinetti (2008) afirmam que esta capacidade depende das próprias especificações e da variabilidade do processo, concluindo que ela não está vinculada apenas à presença ou ausência de causas especiais e avaliando-se parâmetros funcionais do produto em si.

Souza (2002) afirma que estes parâmetros possuem uma distribuição de probabilidade caracterizada por sua centralização e dispersão e com estas informações obtêm-se os limites naturais do parâmetro. Estes limites naturais são comparados com a especificação desejada, determinando-se, assim, a fração de não conformidade em

relação a esta especificação. Desta forma, o estudo da capacidade pode ser utilizado no sistema de melhoria da qualidade pela aderência do processo às especificações e à redução de variabilidades, auxiliando, na fase de desenvolvimento de produtos e processos, a seleção entre diferentes processos, ou modificações destes (Souza, 2002).

De acordo com Ramos (2000), um processo só poderá ter sua capacidade avaliada se tiver um comportamento estável e seguir uma distribuição normal. Um dos métodos gráficos utilizados para verificação do comportamento do processo, quanto a sua normalidade, é o gráfico histograma. A construção de histogramas tem caráter preliminar em qualquer estudo e é um importante indicador da distribuição de dados, o valor central e a dispersão dos dados podem indicar se uma distribuição aproxima-se de uma função normal, como pode indicar mistura de populações quando se apresentam bimodais (Werkema, 2006).

Índices *Cp* e *Cpk*

Quando o processo estiver ausente de causas especiais, torna-se possível a realização do estudo de capacidade do processo. Este estudo pode ser feito através de análise gráfica ou através de índices de capacidade. Em ambos os casos, avaliam-se o processo, procurando identificar se ele é capaz de produzir respeitando os limites de especificação de determinada característica de qualidade em análise.

Tais índices são parâmetros adimensionais que indiretamente medem o quanto o processo consegue atender às especificações (Costa, Epprecht & Carpinetti, 2008). Existem inúmeros índices, porém os mais analisados são o *Cp* e o *Cpk*. O ideal para o processo é que o valor de *Cp* seja o maior possível, pois é menos provável que o processo esteja fora das especificações. Esse índice está relacionado com o tamanho da dispersão, ou seja, valores altos significam processos com pouca variação. Já o *Cpk* é o índice que leva em conta a centralização do processo, e seu valor atribuído faz um paralelo com a capacidade do processo, como pode ser visto na Tabela 1. Para casos onde os valores de *Cp* são iguais a *Cpk* o processo está com a média centrada no valor alvo.

Tabela 1

Classificação do processo de acordo com os valores de *Cpk*

Classificação	Valor de <i>cpk</i>	Descrição
Capaz	$\geq 1,33$	Está dentro dos limites de especificados, produzindo praticamente todos os produtos com qualidade.
Razoavelmente capaz	$1 \leq Cpk \leq 1,33$	Está sujeito a frequentes ocorrências de causas especiais, necessitando ser rigidamente controlado.
Incapaz	≤ 1	Está produzindo uma porcentagem considerável de itens fora das especificações, o processo está fora de controle ocasionando muitos itens defeituosos e baixa qualidade nos produtos.

Fonte: Adaptado de Costa, Epprecht e Carpinetti (2008). Controle estatístico da qualidade. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008. p. 161.

Estudo de caso: descrição do processo

O início do processo de produção de envasamento de latas ocorre com a despaletização de latas vazias em equipamento próprio para esta função chamado de despaletizador. As latas vazias chegam do fornecedor em paletes, sobrepostas em camadas de 250 latas. Um palete é composto de 8500 latas.

Após a despaletização as latas seguem em um transporte automatizado, chamado de transporte de cordas, aonde recebem um enxágue para assepsia, em um equipamento chamado *Rinser*. Após esta assepsia segue para entrada de uma enchedora de latas de 473 ml com capacidade nominal de 33 mil latas por hora.

O sistema de enchimento é realizado através do envio da cerveja dos tanques da cervejaria, a uma temperatura de 5°C, diretamente para a envasadora, através de uma tubulação. Esta temperatura evita que a cerveja espume ao sair dos bicos de enchimento para dentro das latas. A envasadora possui 46 bicos de enchimento e seu sistema de funcionamento é rotativo, com dispositivos de acionamento para enchimento mecânicos. Depois de envasadas, as latas são imediatamente tampadas sem ter contato com o ambiente.

Para garantir a qualidade do processo, na saída da enchedora existe um equipamento chamado *Checkmat* que verifica o nível de enchimento do produto, o sistema de verificação é através de uma célula radioativa de baixa potência. Em seu sistema eletrônico de avaliação são inseridos valores especificados pelo setor de controle de qualidade, caso esteja abaixo do indicado o equipamento expulsa a lata não conforme, ou seja, abaixo do nível especificado. É importante salientar que este equipamento não verifica o peso da lata, apenas o nível de enchimento.

Após o envase, as latas passam pelo sistema de pasteurização, onde a temperatura é elevada a 65°C, essa etapa busca eliminar micro organismos do produto e garantir um tempo maior de validade. Neste processo existe outro equipamento *Checkmat* que também retira as latas não conformes.

Com estes equipamentos *Checkmat* a indústria tenta manter a qualidade do processo, verificando se em algum momento diminuiu o nível de líquido das latas, garantindo assim uma melhor qualidade no volume do produto.

Após a última análise de nível de enchimento as latas passam por um equipamento que coloca um “lacre higiênico” sobre a tampa. Por fim, as latas de 473 ml são embaladas em pacotes de 12 ou 18 unidades e paletizadas para armazenagem ou transporte até os centros de distribuição.

Este trabalho se limitou a analisar um bico que compõe o conjunto de enchimento da envasadora.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram coletados subgrupos de 5 amostras a cada 30 minutos, totalizando 25 coletas. O período de coleta foi de 8h às 20h de um mesmo dia, sem troca de materiais ou *setups*. As amostras foram pesadas em balança eletrônica com precisão de um grama. A Tabela 2 apresenta os dados coletados. É importante esclarecer que todos os dados e análises foram realizados apenas para um dos bicos de enchimento, no entanto pretende-se repetir a mesma investigação nos outros 45 bicos que compõem o conjunto envasador.

Tabela 2
Dados coletados

Horário	Peso das amostras em gramas				
	Lata 1	Lata 2	Lata 3	Lata 4	Lata 5
08:00	492	489	493	492	492
08:30	490	492	493	493	494
09:00	492	493	490	493	490
09:30	492	493	494	493	493
10:00	492	493	490	491	495
10:30	493	492	491	492	490
11:00	491	494	492	490	493
11:30	492	492	492	491	490
12:00	492	494	493	494	491
12:30	491	492	493	492	491
13:00	494	494	491	493	493
13:30	493	491	492	490	493
14:00	492	494	493	493	490
14:30	492	493	492	492	491
15:00	491	492	493	490	490
15:30	490	492	491	493	494
16:00	492	493	491	492	490
16:30	494	492	491	491	492
17:00	493	493	492	492	493
17:30	491	494	490	491	492
18:00	493	491	493	492	491
18:30	491	493	493	492	490
19:00	492	493	494	492	493
19:30	490	492	494	491	492
20:00	492	492	492	491	493

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos dados coletados foram construídos os gráficos de controle do processo, para a média e amplitude média, geradas através do software Minitab versão 13.20, conforme são apresentados na Figura 1.

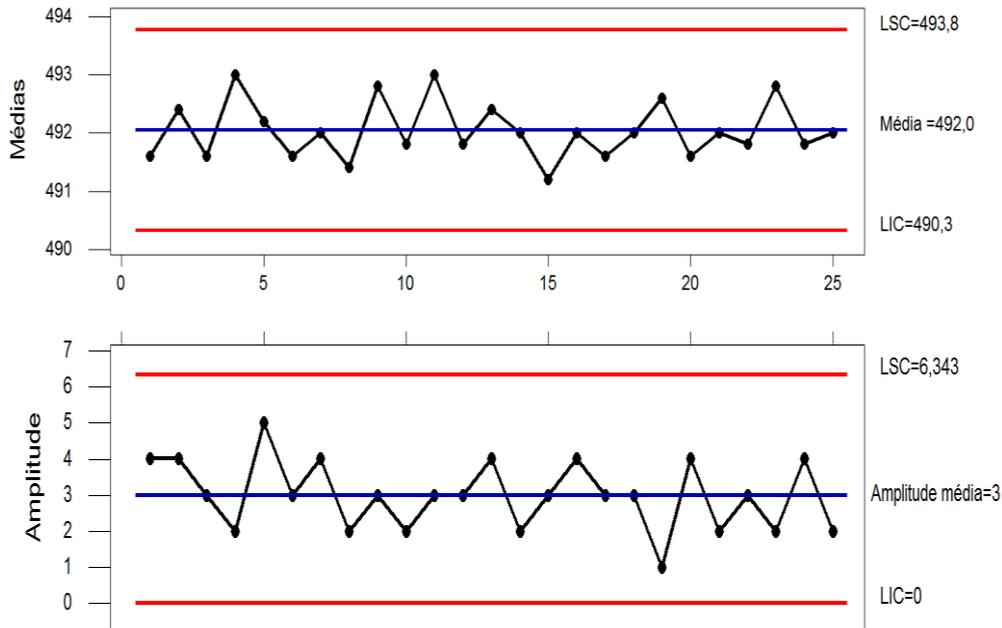


Figura 1. Cartas de controle das médias e das amplitudes
Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com os gráficos da Figura 1 é possível observar que o processo segue um comportamento estável, estando sob um controle estatístico, uma vez que: não foram observados pontos fora dos limites de controle, periodicidade, sequência de pontos em um dos lados da média, tendência ascendente ou descendente, pontos próximos dos limites de controle e também não existem pontos muito próximos da média, indicando variabilidade menor do que a esperada.

Um dos requisitos para avaliação da capacidade do processo em atender as especificações é que este tenha um comportamento estável, ou seja, esteja sob controle estatístico, sendo previsível. Este requisito é atendido pelo processo em estudo, conforme foi apresentado na seção anterior.

Outra característica necessária para a análise da capacidade é que o processo tenha uma distribuição de dados do tipo normal. Esta condição foi confirmada através da construção do gráfico histograma, conforme apresentado na Figura 2.

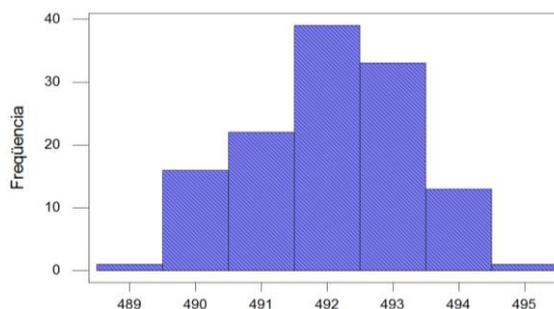


Figura 2. Histograma
Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir destes dois requisitos satisfeitos, foram calculados os índices C_p e C_{pk} , conforme as Equações 1 e 2, respectivamente. Para estes cálculos foram utilizadas as especificações definidas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, que são: limite superior de especificação 500 gramas e limite inferior de especificação 485 gramas. O desvio-padrão calculado para os dados apresentados na Tabela 1 foi de 1,265.

$$C_p = \frac{\text{Tolerância}}{6\sigma} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{500 - 485}{6 \cdot 1,265} = 1,98 \quad (1)$$

$$C_{pk} = \min\left[\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma}\right] = \min\left[\frac{500 - 492}{3 \cdot 1,265}, \frac{492 - 485}{3 \cdot 1,265}\right] = 1,8 \quad (2)$$

De acordo com os resultados obtidos para C_p (1,98) e C_{pk} (1,8) é possível afirmar que o processo é perfeitamente capaz de atender as especificações do INMETRO, produzindo praticamente todos os produtos com qualidade.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um estudo da variabilidade existente em uma máquina envasadora de latas de cerveja com capacidade para 473 ml, através da aplicação do CEP. A investigação do comportamento da máquina envasadora se limitou a avaliação da variabilidade de 1 dos 46 bicos de enchimento da linha de envase.

Foi possível verificar que o processo avaliado é estável e não possui ocorrência de causas especiais, apenas causas comuns. Os dados mostraram que o processo de enchimento do bico analisado segue uma distribuição normal e através da avaliação da capacidade do processo é possível afirmar que o mesmo é perfeitamente capaz de atender as especificações do INEMTRO, produzindo praticamente todos os produtos com qualidade, ou seja, dentro dos limites estipulador pelas normas em vigor.

Este trabalho se limitou a analisar um bico de enchimento da envasadora. As análises foram realizados apenas para um dos bicos de enchimento, que compõem o conjunto envasador, composto de 45 bicos de enchimento.

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se que os demais bicos de enchimento também tenham seu comportamento investigado, assim como as demais máquinas de enchimento da indústria, a fim de averiguar se todo o processo de enchimento está de acordo com o regulamento do INMETRO.

REFERÊNCIAS

- Bortolotti, S. L. V., Souza, R. A., & Sousa Junior, A. F. (2009). Análise da qualidade do produto final no processo de envase de azeitonas verdes. *Anais do Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, São Paulo, SP, Brasil, 5.
- Campos, R. V. M., Filho, O. D. S., Barbosa, K. D., Santos, D. A. & Rocha, R. P. (2009). Monitoramento da qualidade da lâmina no processo do óleo de soja na empresa CAC através do controle estatístico de processos (CEP). *Anais do Simpósio de Engenharia de Produção*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 16.
- Costa, A. F. B., Eppecht, E. K. & Carpinetti, L. C. R. (2008). *Controle estatístico da qualidade*. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas.
- Diniz, Marcelo Gabriel (2001). *Desmistificando o controle estatístico de processo*. 1. ed. São Paulo: Editora Artliber.
- Furlanetto, E. L., Santos, A. G., Neto, H. C. A., Lacerda, E. F. & Luna, W. A. (2009). A importância dos gráficos de controle para monitorar a qualidade dos processos industriais: estudo de caso numa indústria metalúrgica. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, BA, Brasil, 29.
- Futuro, D. O. & Silva, R. F. (2007). Uso de ferramentas de controle estatístico para o entendimento do processo de produção de cápsulas em farmácias magistrais. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 28.
- Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1993). *Controle da qualidade: métodos estatísticos clássicos aplicados à qualidade* (4ª ed.). São Paulo: Makron.
- Lima, A. M., & Dornelles, F. (2008). Análise dos fatores que podem contribuir para a variabilidade no processo de envase de erva-mate do tipo moída grossa. *Revista Liberato*. 9(12), 45-53, jul./dez.
- Montgomery, D. C. (2004). *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade* (4ª Ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- Ramos, A. W. (2000). *CEP para processos contínuos e em bateladas*. São Paulo: Edgard Blucher Ltda.
- Ribeiro, J. L. D., & Caten, C. T. (2003). *Controle Estatístico do Processo: série monográfica qualidade*. Porto Alegre: FEENG/UFRGS.
- Silva, G. C. S., Ribeiro, F. C., Mélo, M. A. N. (2008). Aplicação do controle estatístico de processo para análise de sobrepeso de uma linha de desodorantes em uma indústria de higiene pessoal. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 28.
- Souza, F. S., Pedrini, D. C., & Caten, C. S. (2009). Índices de capacidade do processo: comparação entre índices tradicionais e índices para gráficos de controle de regressão. *Anais do Simpósio de Engenharia de Produção*, Bauru, SP, Brasil, 16.
- Souza, G. R. (2002) *Implantação do controle estatístico de processo em uma empresa de bebidas*. Dissertação de Mestrado Profissional Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RGS, Brasil.
- Werkema, C. (2006). *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos* (1ª ed.). Belo Horizonte, Editora Werkem.

ANALISYS OF VARIABILITY IN THE FILLING BEER

ABSTRACT

This paper presents an analysis of variability in a bottling machine of beer cans with capacity of 473 ml, through the application of the statistical process control. The variability in only 1 out of 46 filling nozzles of the bottling machine was analyzed. It was verified that the process is stable and has no occurrence of special causes, common causes only. The data showed that the process follows a normal distribution and, through the capacity assessment, it was verified that the filling nozzle is capable to meet the specification of INMETRO, practically producing all products with quality.

Keyword: Statistical Process Control- SPC; quality; variability.

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD EN EL LLENADO DE LATAS DE CERVEZA

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis de la variabilidad en una máquina de llenado de latas de cerveza con capacidad de 473 ml, a través de la aplicación del control estadístico de procesos. La investigación del comportamiento de la máquina de llenado se limitó al estudio de la variabilidad de una de las 46 boquillas de llenado. Se pudo comprobar que el proceso es estable y no tiene ninguna ocurrencia de causas especiales, apenas causas comunes. Los datos mostraron que el proceso sigue una distribución normal y, mediante la evaluación de la capacidad, se verificó que la boquilla de llenado es perfectamente capaz de cumplir con las especificaciones del INMETRO, produciendo prácticamente todos los productos con calidad.

Palabras clave: Control Estadístico de Procesos – CEP; calidad; variabilidad.