

## **Controle estatístico de processo aplicado na etapa de embutimento de apresuntado de uma agroindústria do oeste catarinense**

SCARATTI, Dirceu\*; SPILLARI, Rodrigo\*\*; SCARATTI, Gidiane\*\*\*

### **Resumo**

O presente estudo teve como objetivo principal avaliar a eficiência do processo de embutimento de apresuntados (peso em gramas) em uma agroindústria processadora de alimentos de grande porte situada no oeste do Estado de Santa Catarina. Foram coletados dados de peso na etapa de embutimento nos três turnos de trabalho da agroindústria no mês de fevereiro de 2011, totalizando 60 amostras, cada qual com cinco observações ( $n = 300$ ). Os dados coletados foram tratados com métodos de Controle Estatístico de Processo (CEP). Os resultados apontam que o processo em estudo é ineficiente, pois existem variabilidades significativas quanto aos padrões desejáveis de peso líquido do produto embalado, se comparado com um processo ideal com  $\delta$  de 5g de variação por embalagem. Se considerados os limites atuais aceitos pela empresa, a capacidade de processo ( $C_p$ ) situa-se em 1,045, classificada como razoavelmente capaz; entretanto, quando ajustados os limites de meta (delta 5g) a  $C_p$  fica em apenas 0,174, considerada incapaz e muito abaixo de uma  $C_p$  mínima de índice 1,0. O processo estudado aponta um desperdício de uma unidade de 3710g de apresuntado para cada 408 unidades produzidas, o que significa um prejuízo aproximado de R\$ 10.000,00/mês.

Palavras-chave: Eficiência. Apresuntado. Variabilidade. Controle Estatístico do Processo.

### ***Statistical process control applied to the step of mounting of ham of an agribusiness of west Santa Catarina***

### ***Abstract***

*Low variability and juxtaposition of minimum net weight contribute effectively to maintain a competitive position, differentiated, legal market service, linearity in the production and low rate of reprocessing. This*

\* Doutor em Engenharia de Produção. Professor e pesquisador na Universidade do Oeste de Santa Catarina, Campus de Videira – SC. dirceu.scaratti@unoesc.edu.br

\*\* Especialista em Engenharia de Produção. spillarirs@yahoo.com.br

\*\*\* Acadêmica de Engenharia Química na Unochapecó, Campus de Chapecó. gidiane@gmail.com

*study aimed to evaluate the efficiency of the process of embedding hams (weight in grams) in a large food processing agroindustry located in west of Santa Catarina state. Weight data were collected at the stage of embedding in three shifts of agroindustry in the month of February 2011, a total of 60 samples, each with five observations ( $n = 300$ ). The collected data were treated with methods of Statistical Process Control (SPC). Results show that the process under study is inefficient, because there is significant variability as to the desired standards of net weight of packaged product, compared to an ideal process with variation of 5g per pack. If the current limits considered acceptable by the company, the process capability ( $C_p$ ) is 1.045, classified as reasonably capable, but when adjusted target limits (delta 5g),  $C_p$  is in just 0.174, deemed incapable, and far below a minimum of  $C_p$  index 1.0. The case study shows a waste of a unit of ham 3710g for each 408 units produced, which means an approximately loss of \$ 10,000.00 / month.*

*Keywords: Efficiency. Ham. Variability. Statistical Process Control.*

## 1 INTRODUÇÃO

A globalização e a concorrência acirrada fazem com que as organizações busquem reduzir custos em todas as áreas e, devido ao impacto que a área de produção tem nos custos e na qualidade do produto final, o controle e gerenciamento dos processos produtivos estão cada vez mais evidentes e necessários. A preocupação das indústrias na fase de embalagem dos seus produtos situa-se, muitas vezes, somente com o peso mínimo estabelecidos legalmente, e muitas vezes acima dele, para evitar conflitos com órgãos fiscalizadores e de proteção ao consumidor. Por isso, muitas delas não se preocupam em medir, analisar e controlar o processo para que o limite superior também seja ajustado evitando excesso desnecessário de peso e, conseqüente, prejuízo. Esta pesquisa aborda a aplicação de uma ferramenta de controle de variáveis de processo denominada de Controle Estatístico do Processo (CEP) para medir a variação de peso do produto embalado na etapa de embutimento de apesuntados e visa determinar os limites superiores e inferiores ideais. Com a aplicação do CEP será possível quantificar os desvios e o desperdício e, a partir destes, tomar ações corretivas sobre as causas-raízes dos problemas, propiciando a partir da solução destes, uma produção com menos variabilidade, maior produtividade e conseqüentemente um melhor resultado de capacidade de processo ( $C_p$ ) e financeiro da organização.

### 1.1 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

A ferramenta de CEP foi colocada em prática em indústrias a partir de aplicações básicas de Estatística e Metodologia Científica por Walter Shewhart na década de 1930, nos Estados Unidos. Ele foi o pioneiro e empreendedor na área de CEP (SHEWHART, 1986).

Atualmente, muitas indústrias pelo mundo afora aplicam pelo menos alguma ferramenta associada ao CEP para controle e melhoria dos seus processos. A percepção extraordinária do Shewhart é que a qualidade e a variabilidade são conceitos antagônicos no sentido de que onde tem muito de um, terá necessariamente pouco do outro. Dessa forma, propôs que para melhorar os níveis de qualidade é preciso medir, analisar e monitorar os processos e produtos (SAMOHYL, 2006).

A aplicação do CEP pode melhorar o processo por meio de indicativos para produtos de melhor qualidade, com menor variabilidade e também com menores custos, pois diminui a quantidade

de unidades defeituosas, refugo e retrabalho. Por isso, a utilização desta ferramenta permite aumentar efetivamente os lucros, a curto ou a longo prazo (IRWIN, 1965; MONTGOMERY, 1996; SCHISSATTI, 1998; PALLADINI, 2006).

## 1.2 CAUSAS DA MÁ QUALIDADE

As causas da má qualidade podem ser verificadas de diversas formas. Montgomery, Runger e Hubale (2004), classificam como de origem especial ou comum, enquanto que Samohyl (2006), de causa especial, estrutural ou comum. Entre elas, as comuns, ocorrem em grande número e rotineiramente, com isso o seu acúmulo no decorrer do tempo produz desperdícios consideráveis. Embora as causas comuns possam ser reduzidas, elas sempre vão existir em processos com interferência humana devido a sua natureza e diversidade. A redução destas causas acontecem apenas com muito trabalho, tempo e recursos financeiros, pois para diminuir as irregularidades das causas comuns é necessário investimento em novos e melhores equipamentos, matéria-prima de qualidade, treinamento intensivo da força de trabalho, um ambiente de trabalho mais confortável, entre outras. Neste caso, qualidade e custo andam juntos. A causa especial é assinalável, imprevisível e ocasional, no entanto suficientemente grande para produzir perturbações fortes no processo. Estas causas têm que ser eliminadas ou, se por alguma razão não são elimináveis, então sua influência pode ser reduzida por ações compensatórias. A outra causa é chamada estrutural, similar a causa especial e é eliminável ou compensável, entretanto, de ocorrência periódica.

## 1.3 VARIABILIDADE

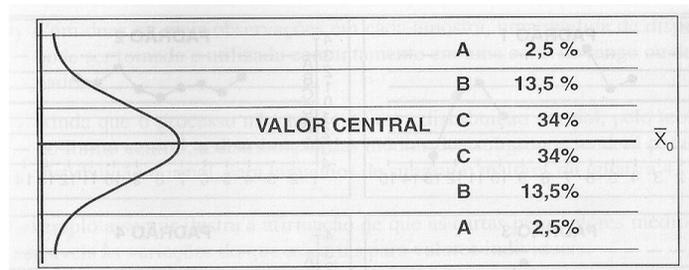
Para Shewhart (1986), devido a variabilidade dos processos foi necessária a criação de técnicas e ferramentas associadas, com o intuito de identificar, minimizar ou extinguir tais variações. O conceito de variação decorre de uma lei da natureza, que afirma não existirem dois seres exatamente iguais. Da mesma forma, como ocorre na natureza, pode-se dizer que não existem dois objetos fabricados exatamente iguais (SIQUEIRA, 1997, p. 129). Para Montgomery (2004), a qualidade é inversamente proporcional à variabilidade, ou seja, baixa variabilidade no processo significa boa qualidade.

## 1.4 CONTROLE DO PROCESSO

Para Siqueira (1997) quando as causas especiais de variação são eliminadas de um processo, e os pontos de controle permanecem dentro dos seus limites, afirma-se que o processo está sob controle ou que se trata de um processo estável.

Existem vários métodos de interpretação dos gráficos de controle, mesmo quando os pontos estão sob controle e baseado em uma distribuição normal. Entre eles destacam-se os métodos de *Western Electric Handbook* (1956), Montgomery (1996; 2004), Samohyl (2006), Ramos (2002) e Costa, Epprecht e Carpinetti (2005). Para Siqueira (1997) uma regra prática para verificar se um processo está sob controle é dividir o intervalo entre o limite superior e o limite inferior de controle, em seis faixas, e verificar a distribuição dos pontos nestas faixas. Segundo o autor, cerca de 34% dos pontos devem estar em cada faixa C, 13,5% dos pontos em cada faixa B e 2,5 % dos pontos em cada faixa A. Figura 1 ilustra a distribuição viável dos pontos de controle sob uma curva padrão normal.

Figura 1 – Distribuição dos pontos num padrão normal de variação



Fonte: Siqueira (1997).

Por conseguinte, um processo pode ser considerado fora de controle, mesmo quando todos os pontos estão inseridos dentro dos limites de controle. Esta situação ocorre quando um padrão de variação anormal está presente no processo.

### 1.5 CAPACIDADE DE PROCESSO

A melhor forma de se verificar a adequação de um processo às necessidades da engenharia de produto é por meio do estudo de capacidade do processo ou da relação entre a capacidade do processo e a diferença entre os limites de especificação (tolerância do produto). Esta relação, também é conhecida como índice de capacidade ou razão de capacidade (SIQUEIRA, 1997).

Para Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), os índices de capacidade de processo são parâmetros adimensionais que indiretamente medem o quanto o processo consegue atender às especificações de projeto. Não há uma relação fixa entre o seu valor e a porcentagem de itens que o processo é capaz de produzir dentro das especificações: essa relação vai depender da distribuição das probabilidades da característica de qualidade considerada. Contudo, para grande parte dos índices de capacidade de processo, quanto maior o seu valor, maior é o atendimento das características de controle, sejam elas por variáveis ou atributos. Um processo é capaz quando os resultados das medições ou verificações das características de controle dos produtos estão dentro do intervalo especificado em projeto, isto é, estatisticamente não estão sendo produzidos produtos defeituosos.

O índice de capacidade de processo é uma medida da relação numérica entre os dois conceitos. Para o índice de capacidade potencial ( $C_p$ ), é a distância entre o limite de especificação superior (LES) e o limite de especificação inferior (LEI) dividido pela variabilidade natural do processo igual a 6 desvio padrão, conforme a Equação 1 (SAMOHYL, 2006).

$$C_p = (LES - LEI) / (LCS - LCI) = (LES - LEI) / 6 \sigma \quad (1)$$

Onde:

- $C_p$  é o índice de capacidade para processo centrado;
- $\sigma$  é o desvio padrão;

Para processos não centrados ( $C_{pk}$ ), é calculado como a distância entre a média aritmética do CEP e um dos limites de especificação, conforme a Equação 2.

$$C_{pk} = ((X - LEI) / 3 \times \sigma); ((LES - X) / 3 \times \sigma) \quad (2)$$

Onde:

- Cpk é o índice de capacidade para processo não centrado;
- $\sigma$  é o desvio padrão;
- X é a média;

Por sua vez, o índice de capacidade relativo à localização e à dispersão (Cpm) considera simultaneamente a localização do processo e a dispersão em relação ao alvo. É definido como o quociente entre a faixa de tolerância especificada para o produto e a faixa de variabilidade do processo, definida pela amplitude de  $(6\delta)$  seis desvios-padrão em relação ao alvo (N), conforme Equação 3 (CHAN; CHENG; SPIRING, 1988).

$$Cpm = ((LSM - LIM) / 6 \times \delta) \quad (3)$$

Onde:

- Cpm é o índice de capacidade relativo à localização e à dispersão do processo;
- $\delta = \sqrt{(\sigma^2 + (\mu - N)^2)}$
- LSM é o limite superior estabelecido como meta;
- LIM é o limite inferior estabelecido como meta.

O índice da capacidade de processo, também conhecido como capacidade, possuem especificações mínimas esperadas para serem considerados capazes. A Tabela 1 ilustra a classificação de acordo com os índices esperados para os processos Cp, Cpm e Cpk.

Tabela 1 – Classificação de processos e respectivos índices de capacidade

Classificação dos Processos	Valor de Cp, Cpm e Cpk	Item fora das especificações (ppm)	
		Especificação de processo centrado: Cp e Cpm	Especificação de processo não centrado: Cpk
Capaz	$\geq 1,33$	menos de 70	menos de 35
Razoavelmente capaz	$\geq 1$ e $< 1,33$	entre 70 e 2700	entre 35 e 1350
Incapaz	$< 1$	mais de 2700	mais de 1350

Fonte: Adaptado de Costa, Epprecht e Carpinetti (2005).

Montgomery (1996) estabelece índices de capacidade mínimos como meta para os diversos tipos de processos. A Tabela 2 ilustra a caracterização e especificações por tipo de análise.

Tabela 2 – Índices mínimos de capacidade de processo por tipo de processo

Caracterização dos Processos	Especificações	Especificações
	Centradas	não centradas
Processos existentes	1,33	1,25
Novos processos	1,50	1,45
Processos existentes que envolvam características de segurança, força, ou parâmetros críticos	1,50	1,45
Processos novos que envolvam características de segurança, força, ou parâmetros críticos	1,67	1,60

Fonte: Montgomery (1996)

## 2 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado em uma agroindústria processadora de alimentos de grande porte situada no oeste do Estado de Santa Catarina. O levantamento de dados no processo produtivo foi realizado na etapa de embutimento de apresuntados em um único equipamento, o qual tem capacidade de produção de 920 unidades/hora, o que corresponde a 65 toneladas/dia e 1560 toneladas/mês, aproximadamente. A amostragem foi distribuída nos três turnos de produção (A, B e C) durante o mês de fevereiro de 2011. As coletas foram realizadas aleatoriamente, quatro vezes ao dia e com cinco observações cada. Considerando-se a alta produção diária e os três turnos de trabalho, optou-se por uma série  $n=5$ , com objetivo de detectar causas especiais de variabilidade no processo. No total foram coletadas 60 (sessenta) amostras que resultaram em 300 unidades de apresuntado, as quais foram pesadas em balança Toledo® com capacidade de 5000 gramas, precisão e erro máximo de 1g.

Para a coleta de dados elaborou-se uma planilha onde foram contempladas datas, horários e a variável peso a ser controlada. Os dados foram tabulados e trabalhados utilizando planilha eletrônica (Excel® e o software Statistica® 7.0) como ferramenta principal de apoio à pesquisa, construídos gráficos e realizados cálculos para aplicação do CEP.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das 300 unidades coletas como amostragem apresentaram uma amplitude de 50g, média 3.719,10g e desvio padrão de 9g, medidas consideradas elevadas quando comparadas ao peso esperado de 3.710g por unidade embalada. Quando analisadas individualmente, do total de 300 unidades coletas para o estudo, apenas 43 estavam com 3710g. Das demais peças, 39 apresentaram peso inferior a 3.710g e as restantes 218 unidades, peso superior a meta.

Os dados de cada uma das amostras, com cinco coletas cada, estão apresentados na tabela 3 e ilustram os respectivos pesos em gramas. Os resultados médios de peso em gramas de cada uma das 60 amostras (A) coletadas durante o estudo e seu desvio padrão estão dispostos na Tabela 3.

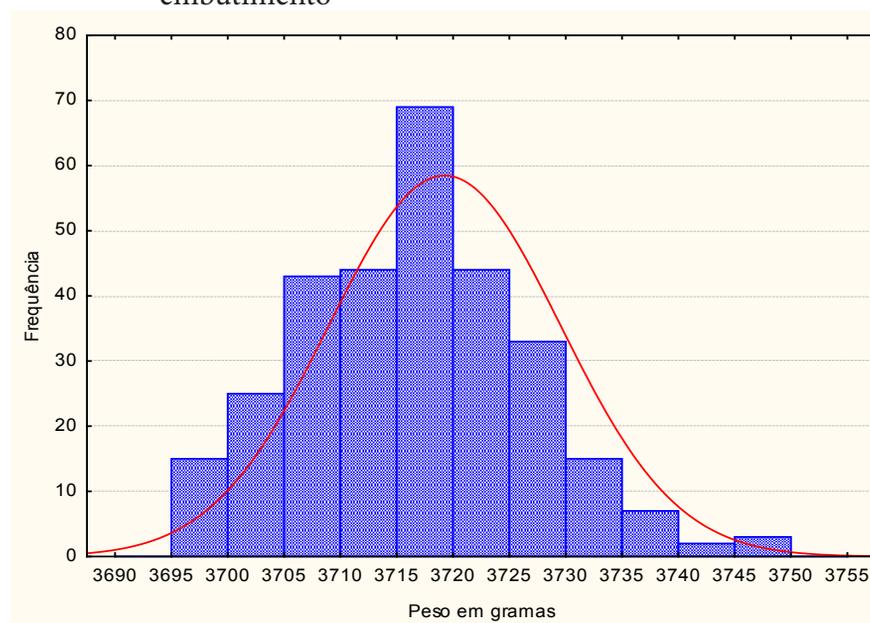
Tabela 3 – Dados médios de peso e desvio padrão por amostra n=5

A	Peso médio (g)	Desvio Padrão	A	Peso médio (g)	Desvio Padrão	A	Peso médio (g)	Desvio Padrão	A	Peso médio (g)	Desvio Padrão
1	3719	2.24	16	3722	5.70	31	3715	14.58	46	3719	10.84
2	3716	4.18	17	3719	15.57	32	3730	18.37	47	3726	6.52
3	3714	4.18	18	3712	11.51	33	3712	10.95	48	3722	10.37
4	3714	4.18	19	3714	12.94	34	3721	6.52	49	3723	10.95
5	3719	11.94	20	3725	5.00	35	3713	6.71	50	3726	9.62
6	3718	10.95	21	3717	9.08	36	3711	5.48	51	3719	6.52
7	3729	11.40	22	3717	5.70	37	3720	10.61	52	3725	7.91
8	3728	7.58	23	3730	15.81	38	3716	13.42	53	3718	9.08
9	3728	9.75	24	3718	5.70	39	3714	13.42	54	3717	8.37
10	3724	6.52	25	3711	6.52	40	3717	12.04	55	3715	7.07
11	3715	3.54	26	3718	9.08	41	3713	5.70	56	3718	14.40
12	3718	9.08	27	3721	12.94	42	3723	8.37	57	3716	10.84
13	3725	9.35	28	3723	8.37	43	3715	10.00	58	3710	7.07
14	3731	9.62	29	3726	4.18	44	3715	11.18	59	3712	5.70
15	3723	4.47	30	3713	13.51	45	3725	5.00	60	3713	12.04

Fonte: os autores.

Para melhor visualizar a distribuição individual das variáveis de peso extraídas do experimento elaborou-se um histograma, ilustrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Histograma do comportamento do peso no processo de embutimento

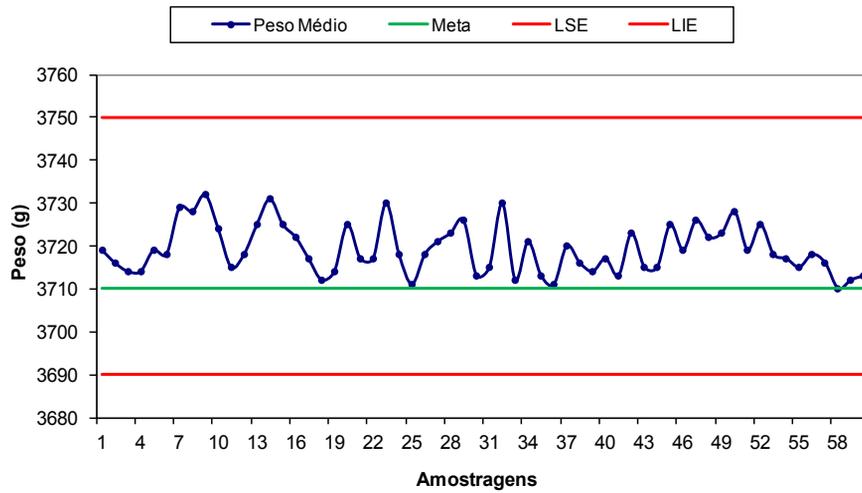


Fonte: os autores.

O padrão adotado pela indústria como alvo para cada unidade embalada é 3.710g, sendo o limite superior especificado (LSE) de 3.750g e limite inferior especificado (LIE) de 3.690g, priorizando uma tolerância maior para o limite superior. O Gráfico 2 ilustra os resultados do CEP aplicado aos valores médios  $[(X_1 + \dots + X_5)/5]$  das 60 amostras do estudo.

Pode-se observar que o processo está operando dentro das faixas de limite estabelecidas, não há pontos fora de controle; entretanto, verifica-se que apenas uma amostra atingiu o alvo de 3.710g. Apesar de outras amostras estarem muito próximas do alvo, quase todas as demais amostras estão com excesso de peso, o que ocasiona desperdício de produto.

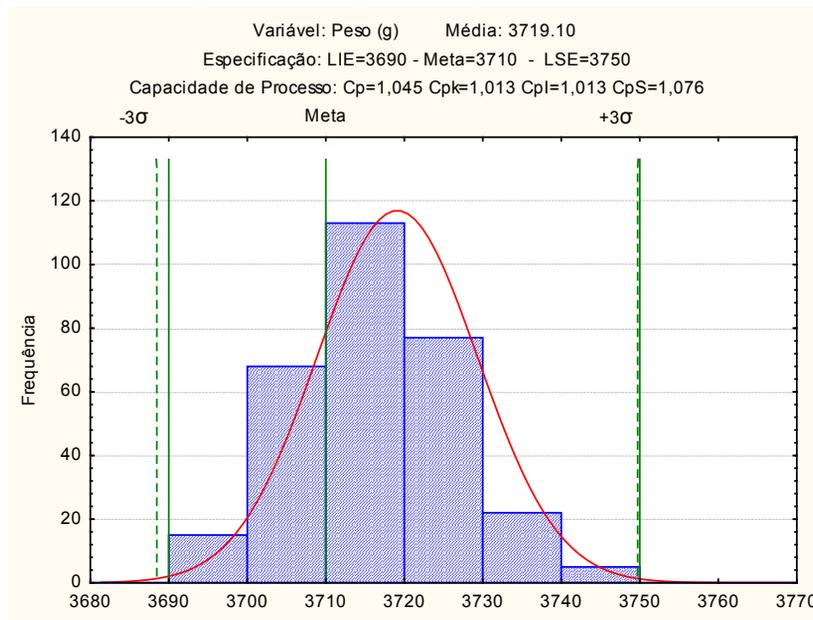
Gráfico 2 – Controle do comportamento de peso com limites (LIE/LSE)



Fonte: os autores.

Complementarmente ao Gráfico de controle, pode-se verificar no Gráfico 3 como se comporta a capacidade de processo para ambos os limites.

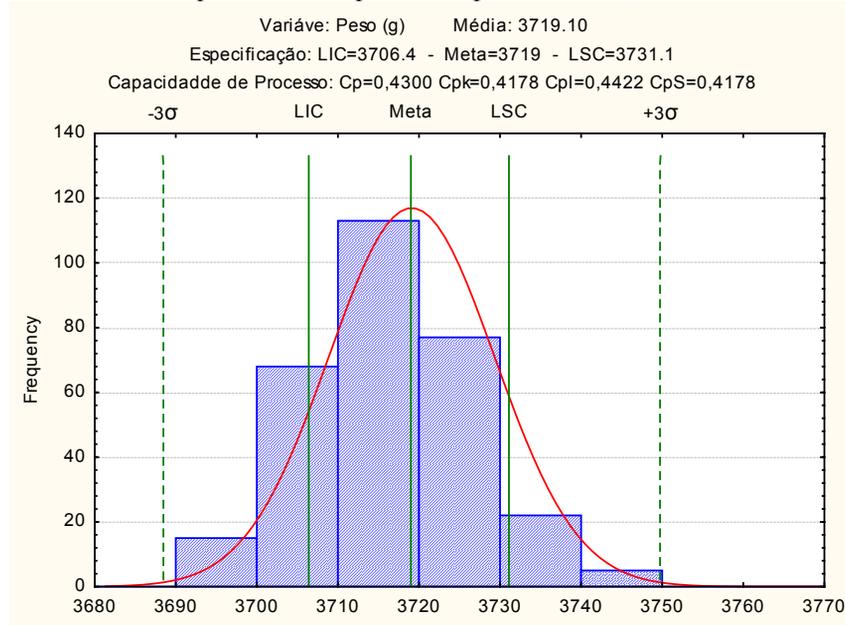
Gráfico 3 – Capacidade de processo para limites (LIE/LSE)



Fonte: os autores.

Analisando-se o Gráfico 3, observa-se que a Cp de 1,045 é razoavelmente capaz, pois está entre  $(1 \leq Cp \leq 1,33)$ , enquanto que o Cpk está limitado na parte superior, resultando em Cpl de 1,013. Quando aplicada a metodologia de definição dos limites de controle ( $-3\sigma$  e  $+3\sigma$ ) para LSC e LIC a partir da aplicação da medida de  $\sigma/\sqrt{n}$  e equações (1) e (2), observa-se que ambos os limites são extrapolados pelas medidas de controle das amostras. O Gráfico 4 ilustra o comportamento do processo.

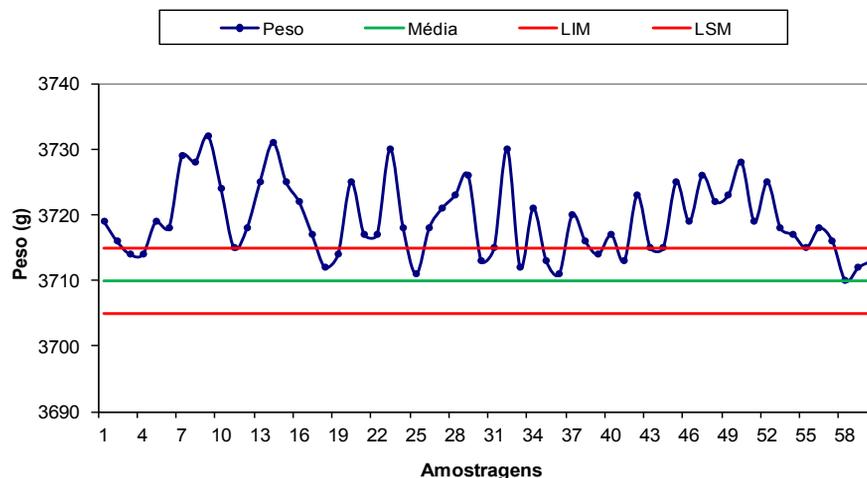
Gráfico 4 – Capacidade de processo para limites (LSC/LIC)



Fonte: os autores.

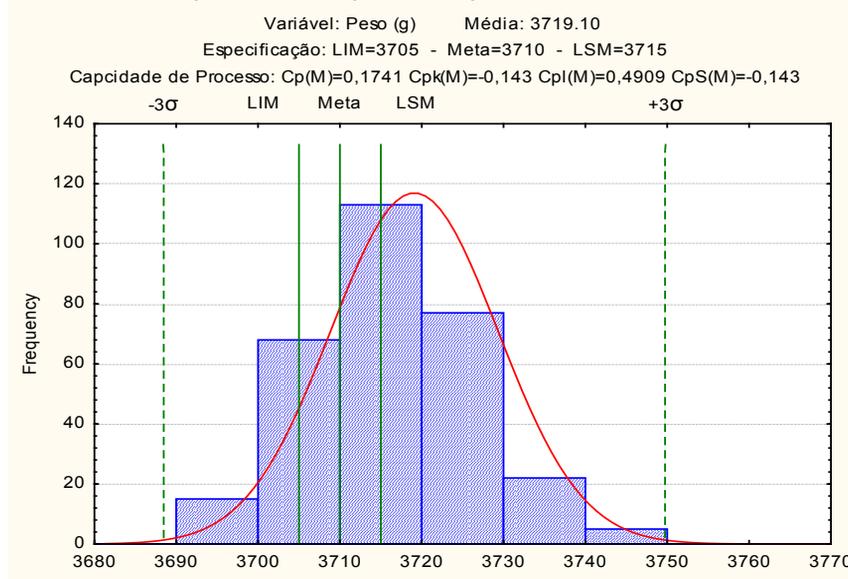
Observando-se a figura, verifica-se que a capacidade de processo ( $C_p = 0,4300$ ), e ( $C_{pk} = 0,4178$  com  $C_{pl} = 0,442$  e  $C_{pS} = 0,4178$ ), são todos incapazes, pois apresentam valores  $< 1$ . Por sua vez, o  $C_{pk}$  está mais afastado do alvo no seu limite superior, resultando em  $C_{pS}$  de 0,4178. Por conseguinte, respeitados os limites de controle determinados estatisticamente para o peso alvo de 3.710g com  $\delta$  de 5g da equação (3), verifica-se que o processo é incapaz e que será necessário melhorar muito, pois além da variabilidade, quase todos os pontos estão fora dos estabelecidos como meta de produção (LIM/LSM). O Gráfico 5 ilustra o comportamento do processo para os limites estabelecidos como (LIM/LSM) e o Gráfico 6 as respectivas capacidades de processo.

Gráfico 5 – Controle do comportamento de peso com limites (LIM/LSM)



Fonte: os autores.

Gráfico 6 – Capacidade de processo para limites (LIM/LSM)



Fonte: os autores.

A capacidade de processo ( $C_{pm}$ ), ilustrada no Gráfico 6, para os limites estabelecidos como meta de produção é de apenas 0,1741, agravado pelo  $C_{pk}(m)$  negativo de 0,143 e limitado pelo LSM, o que indica um elevado desperdício de produto com os sobrepesos das embalagens.

#### 4 CONCLUSÃO

O processo atual precisa ser melhorado em muito se considerada a meta de 3.710g com  $\delta$  5g, pois se está dosando produto além do necessário nas embalagens. O índice de capacidade do processo atual é de 0,430, considerado incapaz. Entretanto, se analisado sob o aspecto ( $C_{pk}$ ) fica em 0,4178 para a parte superior, comprovando um excesso de produto nas embalagens de apresentado.

Quando analisado sob o foco quantitativo, o desperdício do produto embalado no atual processo pressupõe que a cada 408 unidades de apresuntado embaladas, uma unidade no mínimo é desperdiçada. Ao considerar que a agroindústria processa em média 65t/dia, pode-se inferir que ocorre um desperdício de 42 unidades de apresuntado/dia e 1.030 por mês. Se considerado o fator econômico, este desperdício representa um prejuízo direto de aproximadamente R\$ 10.000,00 mensais.

Este estudo mostra que a partir da aplicação do controle estatístico de processo, obtém-se muitas informações e dados importantes e, se aprofundado em detalhes, facilita a percepção de desperdícios atrelados ao processo. Entretanto, Scaratti e Da Silva (2010) incitam que não basta identificar e quantificar os desperdícios, é necessário investigar as causas raízes do problema e estabelecer um plano de ação para mitigá-las e/ou extingui-las, somente assim ter-se-á o desperdício reduzido a patamares mínimos ou eliminado.

#### REFERÊNCIAS

CHAN, L. K., CHENG, S. W. e SPIRING, F. A. A New Measure of Process Capability:  $C_{pm}$ ., **Journal of Quality Technology**, v. 20, p. 162-175, 1988.

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

IRWIN, R. D. **Quality Control and Industrial Statistics**. Homewood: Library of Congress, 1965.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. New York: John Wiley & Sons, 1996.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C.; HUBELE, N. F. **Estatística Aplicada à Engenharia**. Tradução Verônica Calado. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

PALLADINI, E. P.; CARVALHO, M. M de. **Gestão da Qualidade**: Rio de Janeiro: CAMPUS, 2006.

RAMOS, A. W. **Mantendo o Processo sob Controle**. In: ROTONDARO, Roberto Gilioli (coord.). Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços.. São Paulo: Atlas, 2002.

SAMOHYL R. W. Controle Estatístico de Processo e Ferramentas da Qualidade. In: MONTEIRO, Marly (Coord.). **Gestão da Qualidade, Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier; Campus, 2006.

SCARATTI, D.; SILVA, M. B. da. Implantação de ferramentas de controle estatístico de processo no ensaio de farinha de soja integral micronizada. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 39-48, jan./jun. 2010.

SCHISSATTI, M. L. **Uma metodologia de implantação de cartas de Shewarth para o controle de processos**. 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

SHEWHART, W. **Statistical method**: from the viewpoint of quality control. Washington: Dover, 1986.

SIQUEIRA, L. G. P. **Controle estatístico do processo**. São Paulo: Pioneira, 1997.

Recebido em 11 de novembro de 2011

Aceito em 26 de março de 2012

