

Análise da capacidade do processo de produção de perfis de alumínio: um estudo de caso

Alencar Servat (UTFPR) alencar.servat@gmail.com
João Gabriel Furlan Renal (UTFPR) joaofurlanrenal@hotmail.com
Fabiana Costa de Araujo Schutz (UTFPR) fabianaschutz@utfpr.edu.br
Carla Adriana Pizarro Schmidt (UTFPR) carlaschmidt@utfpr.edu.br
José Ailton Azevedo dos Santos (UTFPR) airton@utfpr.edu.br

Resumo:

Atualmente as empresas, em um mercado muito disputado, têm como meta produzir produtos com alta qualidade a um custo competitivo. Para atingir esta meta estão cada vez mais aplicando métodos e ferramentas da qualidade. Dentro deste contexto, este trabalho tem por objetivo aplicar técnicas de Controle Estatístico de Processo na análise do processo de fabricação de perfis de alumínio em uma indústria localizada na região oeste paranaense. Verificou-se, por meio dos gráficos de controle, que o processo de produção não apresenta causas especiais. Observou-se, por meio do cálculo dos índices de capacidade para três lotes, uma disparidade nos resultados ($C_{pk}^* = 1.130$, $C_{pk}^* = 1.559$ e $C_{pk}^* = 0.2740$). Por onde se concluiu que a empresa necessita realizar uma análise mais aprofundada do seu processo de fabricação.

Palavras chave: Qualidade, Capacidade do Processo, Gráfico de Controle, Engenharia de Produção.

Analysis of the capacity of the aluminum profile production process: a case study

Abstract:

Nowadays the companies, in a very disputed market, have as goal to produce products with high quality at a competitive cost. To achieve this goal they are increasingly applying methods and quality tools. In this context, this work aims to apply Statistical Process Control techniques in the analysis of the aluminum profile manufacturing process in an industry located in the western region of Paraná. It was verified, through the control charts, that the production process has no special causes. A disparity in the results was found by calculating the capacity indices for three lots ($C_{pk}^* = 1.130$, $C_{pk}^* = 1.559$ and $C_{pk}^* = 0.2740$). It was concluded that the company needs to carry out a more detailed analysis of its manufacturing process.

Key-words: Quality, Process Capacity, Control Chart, Production Engineering.

1. Introdução

Segundo Abal (2006), apesar de ser o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, o alumínio representa o metal mais jovem utilizado em grande escala industrial. Em comparação a outros metais não ferrosos, a produção do alumínio apresenta um crescimento bastante superior, o que mostra a importância deste metal na sociedade. O Brasil possui a terceira maior reserva de minério do mundo, localizado na floresta amazônica, perdendo apenas para a Austrália e Guiné. Entretanto, os maiores produtores mundiais de alumínio são os Estados Unidos e o Canadá, ainda que nenhum desses dois países possua jazida de bauxita em seu

território, sendo obrigados a recorrer as importações.

Atualmente, a procura por produtos e serviços de qualidade, tornou-se um dos fatores mais importantes na seleção dos consumidores. Assim, as indústrias necessitaram aprimorar e ter controle sobre a qualidade das características de seus produtos, a fim de conquistar e satisfazer as necessidades de seus clientes.

Segundo Juran (1991), qualidade pode ser definida como produtos que não apresentam defeitos. Já Campos (1992), define qualidade como produtos que atendem as necessidades dos clientes, realizando ações que cumpram suas características e especificações.

Para Pires (2000), pode-se relacionar o Controle Estatístico de Processo (CEP) como uma ferramenta de monitoramento da qualidade dentro da empresa. Seu apoio caracteriza-se pela verificação, por amostragem, da quantidade de um produto em estudo e de seu processo. O CEP detecta problemas com causas especiais e irregularidades presentes no processo, que podem ser prejudiciais a qualidade do produto final (MIGUEL, 2006).

Para um produto atender ou exceder as expectativas dos clientes, geralmente ele deve ser produzido por um processo que é estável ou repetível. O processo deve ser capaz de funcionar com pouca variabilidade em torno do alvo ou dimensões nominais de características de qualidade do produto.

A variabilidade indesejada é a grande inimiga da qualidade. Ela está presente em todo o processo produtivo, não podendo ser eliminada totalmente, somente mitigada. Portanto, a diminuição da variabilidade torna-se um indicador efetivo da qualidade do processo produtivo e do produto fabricado (MONTGOMERY, 2004; LOBO, 2013).

Deste modo, a utilização do CEP pode garantir que não haja variabilidade nos produtos finais. Permitindo assim a melhora na performance da linha de produção, já que os problemas identificados no processo geram tomadas de decisão que possibilitam eliminar os problemas que interferem na variabilidade do processo.

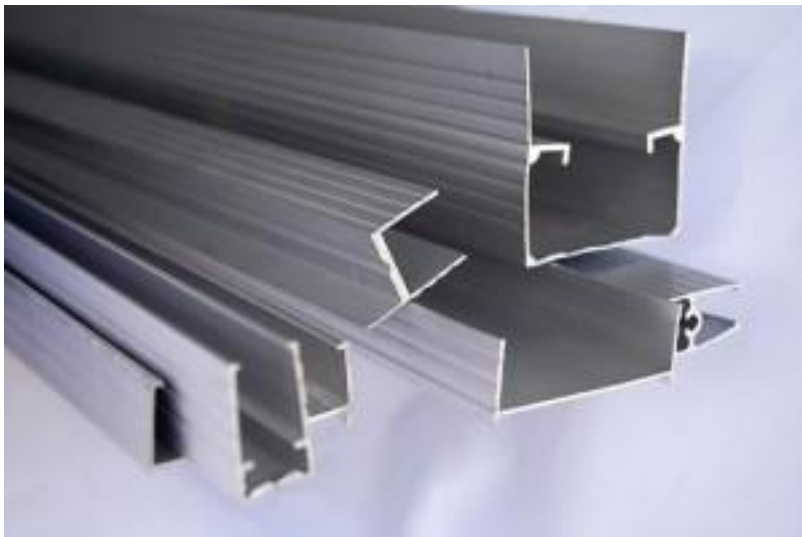
Neste contexto, este trabalho tem por objetivo aplicar técnicas de Controle Estatístico de Processos na análise do processo de fabricação de perfis de alumínio em uma indústria localizada na região oeste paranaense.

2. Metodologia

A empresa, em estudo, está situada na Região Oeste do Paraná, onde tem como foco a extrusão e a pintura de perfis de alumínio. Atende construtoras, distribuidoras e indústrias de todo o Brasil. Seu parque industrial possui uma área de 10.000 m² onde oferece mais de 300 modelos de linha aberta e diversos tipos de linha exclusiva, com produtos destinados à fabricação de esquadrias de alumínio, ferragens, fachadas, entre outras opções em que os perfis podem ser utilizados. Em seu interior abriga uma extrusora de sete polegadas, cabines de pintura eletrostática automatizadas, ferramentas, laboratórios e demais setores e máquinas para a operação.

Processo de fabricação:

O processo de produção de perfis de alumínio (Figura 1) inicia com o recebimento de matéria prima, tarugos com 5 ou 9 peças (Figura 2). Após passar por uma inspeção visual, são empilhados ao lado de uma extrusora. Na sequência, os tarugos passam por processos de escovação, limpeza, aquecimento e cisalhamento.



Fonte: : VITRALLUX, (2016)

Figura 1 – Perfis de alumínio

Com o objetivo de formar um perfil linear ocorre, na etapa de extrusão, a deformação do tarugo de metal. A extrusora opera na temperatura de 450°C e tem capacidade para 8 toneladas de alumínio por dia. Depois do processo de extrusão, para obter padronização no comprimento, os perfis são resfriados, esticados e cortados.

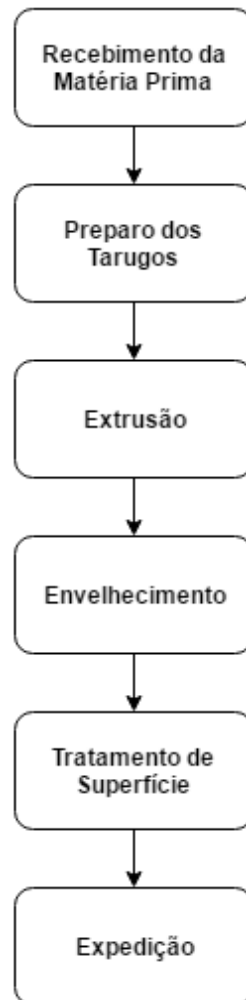
Na próxima etapa do processo, os perfis passam por uma etapa de envelhecimento e tratamento térmico, a temperatura de 180°C , para obter maior resistência. Finalmente, são embalados por um filme plástico, pesados e enviados para o setor de estoque da empresa.



Fonte: LOTUSMETAL, (2016)

Figura 2 – Tarugos de alumínio

A Figura 3 apresenta o fluxograma do processo de produção de perfis de alumínio.



Fonte: O Autor

Figura 3 – Fluxograma do processo

Coleta de dados:

A coleta de dados é um dos pontos mais importantes do estudo de capacidade de um processo, pois se os dados coletados não forem consistentes, o resultado também não será.

A coleta de dados e informações sobre o sistema estudado foi obtida por meio de visitas realizadas na empresa. As medições, de peso de embalagens de perfis de alumínio, foram feitas durante três visitas. Nestas visitas foram pesados 43, 56 e 36 embalagens de perfis de alumínio, coletados aleatoriamente, dos lotes produzidos nos dias 02, 13 e 16 de agosto de 2016.

Gráfico de Observações Individuais e Amplitude Móvel:

De acordo com Costa et al. (2010), os gráficos de X_i e MR (valores individuais e amplitude móvel), são muito utilizados em controle estatístico de processos. Este tipo de carta de controle é utilizado quando os subgrupos possuem apenas uma amostra, não sendo possível calcular a amplitude do subgrupo. As cartas de controle X_i -MR são utilizadas por exemplo: quando o tamanho dos subgrupos de amostras maiores que uma unidade é economicamente inviável ou quando apenas uma amostra por lote está disponível (GONÇALVES, 2011; SOUZA, 2003).

Índice de Capacidade Do Processo:

Basicamente, o estudo da capacidade visa verificar se um processo consegue atender às especificações determinadas pela empresa/legislação, ou não (RAMOS, 2003). Uma maneira de analisar um processo estável, com dados que seguem uma distribuição normal, é através do índice de capacidade (Equação 1):

$$C_{PL} = \frac{(\mu - LTI)}{3\sigma}, C_{PU} = \frac{(LTS - \mu)}{3\sigma}, C_{pk} = MIN(C_{PL}, C_{PU}) \quad (1)$$

Onde: LTS: Limite de tolerância superior; LTI: Limite de tolerância inferior; μ : Média do processo e σ : Desvio padrão estimado.

Quando os dados não seguem uma distribuição normal o índice C_{pk} deve ser modificado. Clements (1998) apresentou um método simples, muito utilizado em softwares de estatística, para obtenção da capacidade do processo. Este método não envolve a transformação dos dados. Observa-se, também, que o índice C_{pk}^* é uma aproximação do índice C_{pk} . O novo índice C_{pk}^* para análise de capacidade de processo, com dados que não seguem uma distribuição normal, é obtido através da Equação (2):

$$C_{PL} = \frac{(Md - LTI)}{Md - P_{0,135}}, C_{PU} = \frac{(LTS - Md)}{P_{99,865} - Md}, C_{pk}^* = MIN(C_{PL}, C_{PU}) \quad (2)$$

Onde: $P_{0,135}$, $P_{99,865}$ e Md (Mediana) são valores tabelados. Observa-se que, neste trabalho, o índice C_{pk}^* foi obtido por meio do *software* Statistica.

Uma regra usual para a análise do índice de capacidade do processo é descrita na Tabela 1:

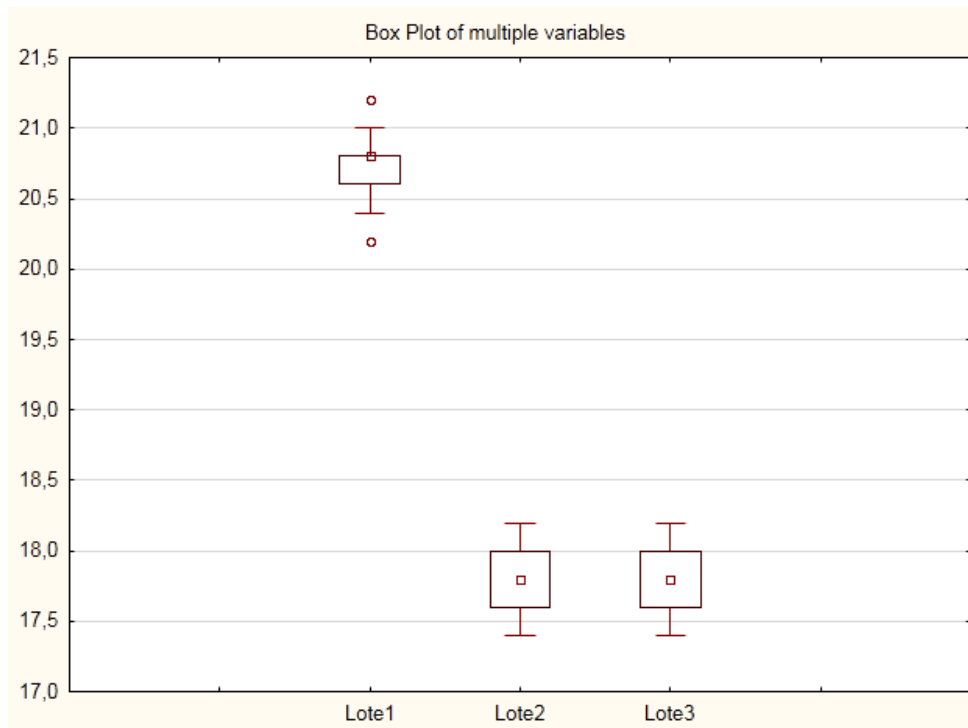
$C_{pk}^* < 1$	Capacidade do processo é inadequada à especificação exigida (processo incapaz).
$1 \leq C_{pk}^* \leq 1,33$	Capacidade do processo está dentro da especificação exigida (razoavelmente capaz).
$C_{pk}^* > 1,33$	Capacidade do processo é adequada à especificação exigida (processo capaz).

Fonte: Adaptado Soares (2011)

Tabela 1 – Índice de capacidade do processo

3. Resultados e discussão

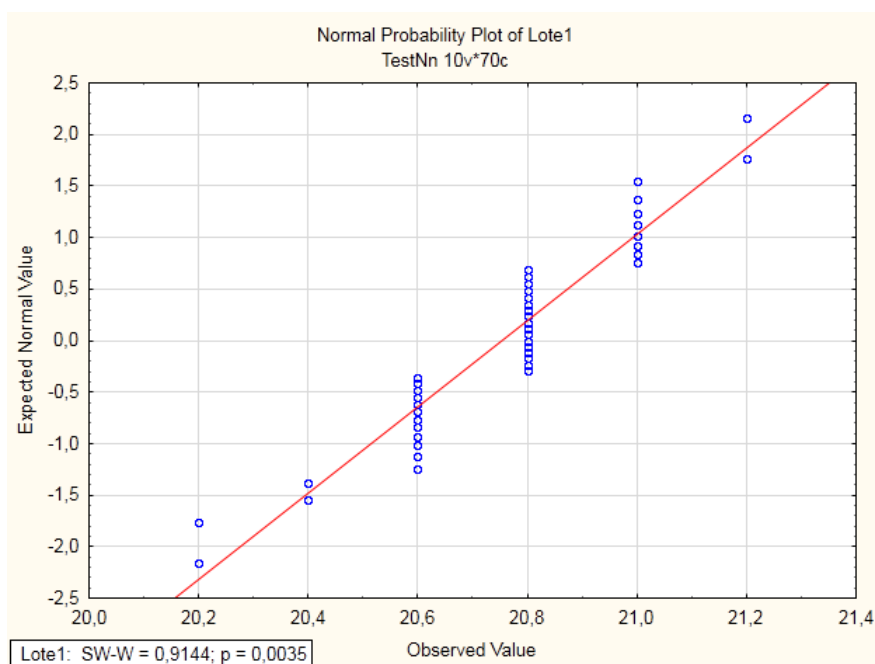
Inicialmente para identificação de *outliers*, valores fora da normalidade, colocaram-se os dados coletados na empresa na forma de *boxplots* (Figura 4). Os dados foram obtidos a partir de três lotes consecutivos de embalagens de perfis de alumínio.



Fonte: O Autor

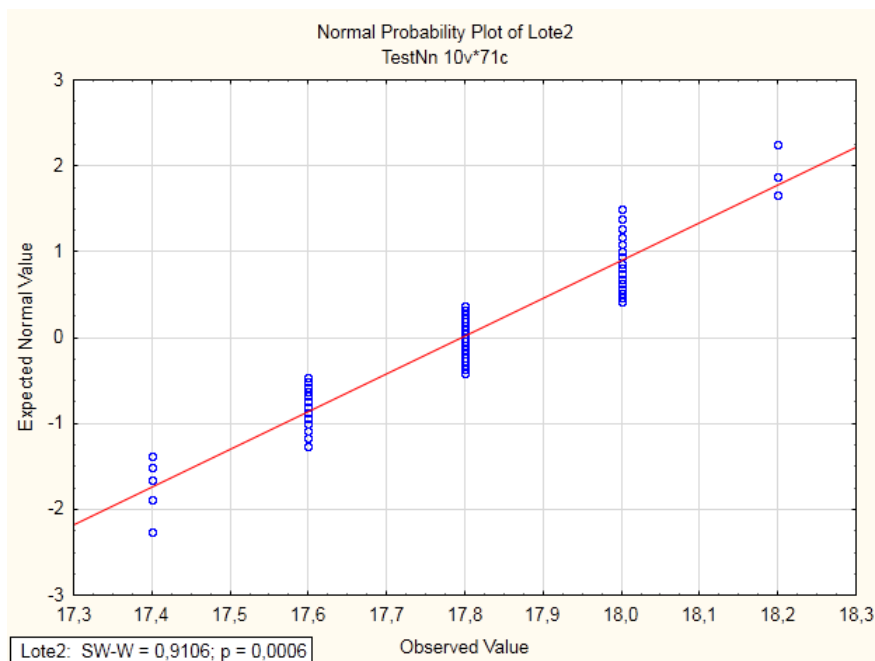
Figura 4 – Boxplots

Por meio do teste de Shapiro-Wilk foi possível identificar que os dados não se ajustaram a uma distribuição normal. Observa-se, por meio dos resultados apresentados nas Figuras 5, 6 e 7, que os p -values obtidos foram menores que 0.05.



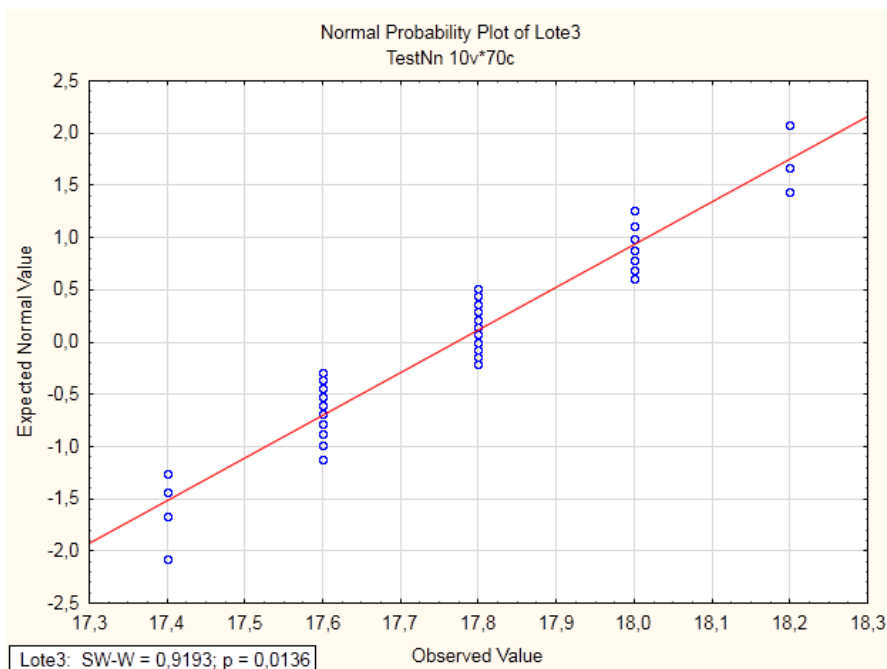
Fonte: O Autor

Figura 5 – Distribuição dos dados em torno da reta que indica normalidade – Lote 1



Fonte: O Autor

Figura 6 – Distribuição dos dados em torno da reta que indica normalidade – Lote 2

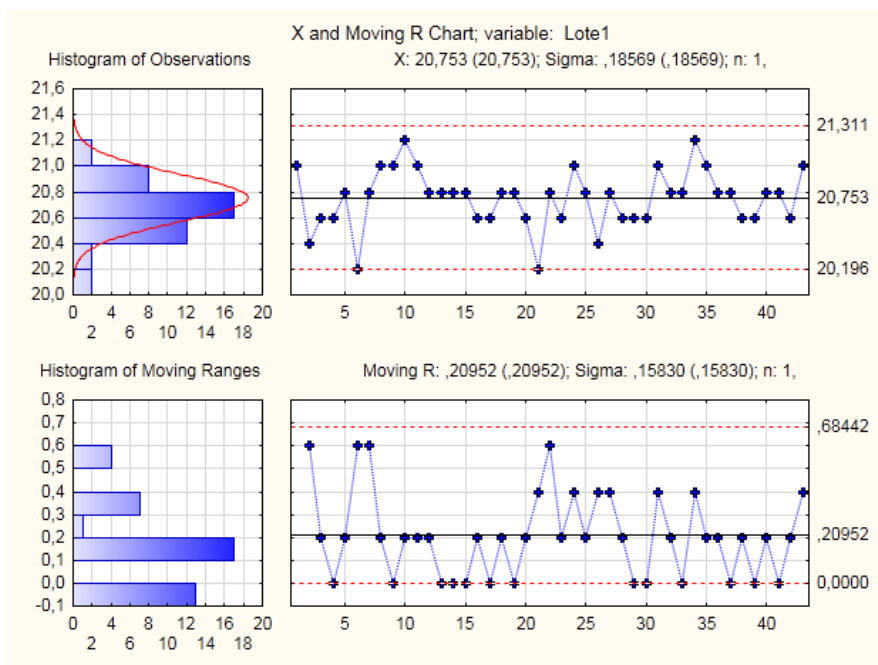


Fonte: O Autor

Figura 7 – Distribuição dos dados em torno da reta que indica normalidade – Lote 3

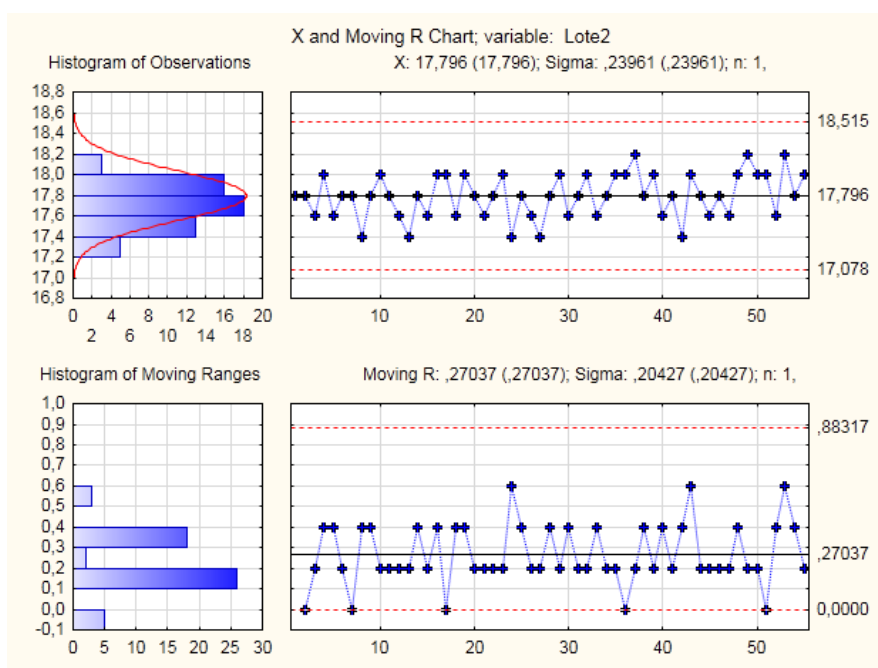
Na sequência, depois de verificar a normalidade dos dados, utilizou-se dos gráficos de controle

individual X_i e da amplitude móvel MR para avaliar se os lotes de embalagens de perfis de alumínio, produzidos na empresa, estavam sob controle estatístico (Figuras 8, 9 e 10). Isto é, não apresentava causas especiais. Observa-se que os gráficos de controle funcionam a contento, mesmo que os dados não sigam uma distribuição normal.



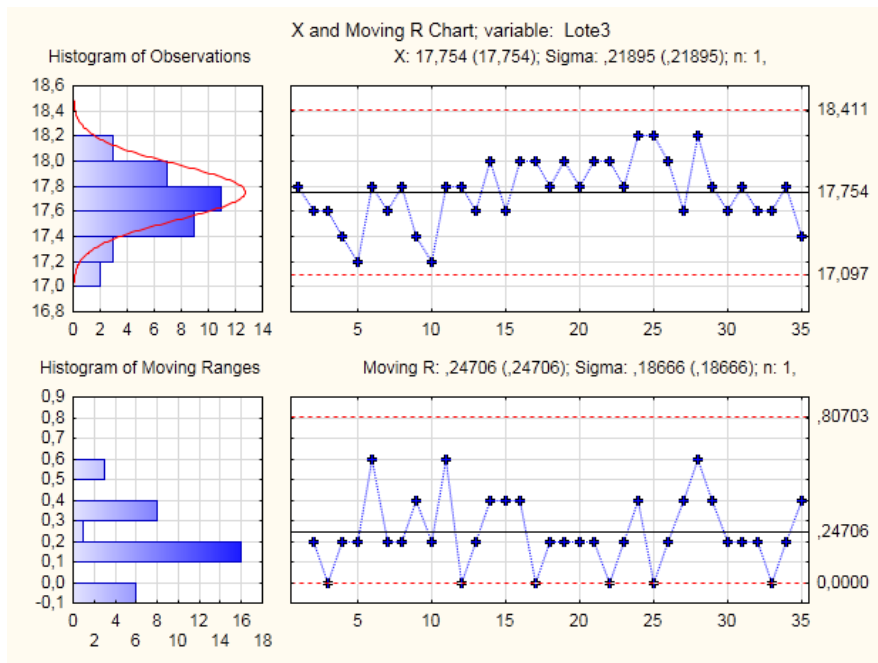
Fonte: O Autor

Figura 8 – Gráfico de controle individual X_i e da amplitude móvel MR – Lote 1



Fonte: O Autor

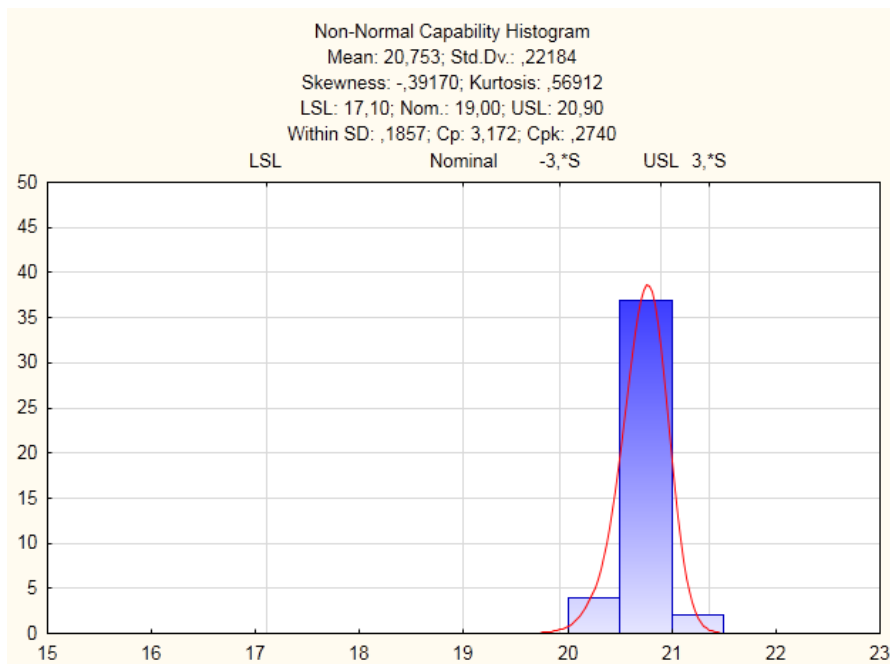
Figura 9 – Gráfico de controle individual X_i e da amplitude móvel MR – Lote 2



Fonte: O Autor

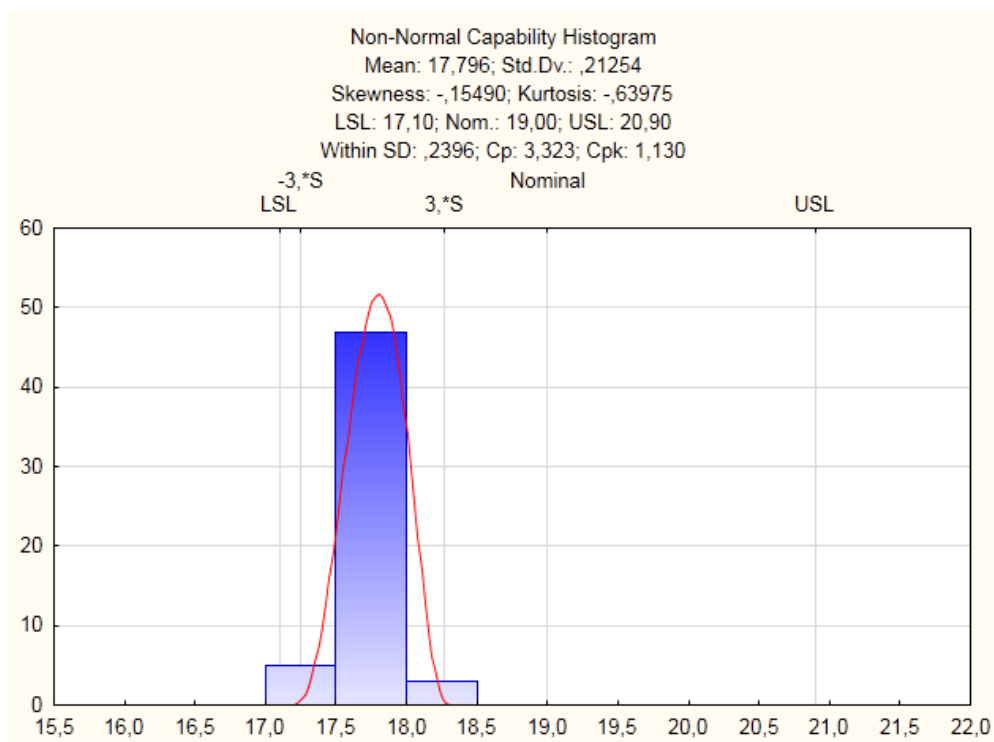
Figura 10 – Gráfico de controle individual Xi e da amplitude móvel MR – Lote 3

Verificada a estabilidade do processo, pode-se quantificar sua capacidade empregando o índice de capacidade C_{pk}^* . A empresa adota, como parâmetro, um peso de 19 kg, para as embalagens com 18 perfis de alumínio, com uma variação de 10%. Sendo assim, as embalagens podem ter uma variação de peso de 17.1 a 20.9 kg. As Figuras 11, 12 e 13 apresentam os índices C_{pk}^* , calculados por meio do software Statistica, para os três lotes.



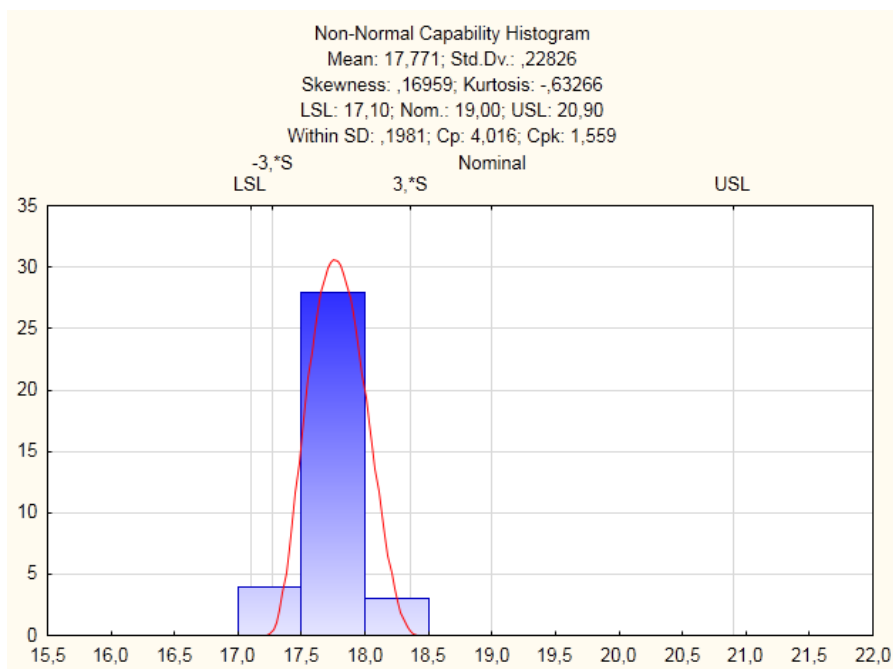
Fonte: O Autor

Figura 11 – Histograma e Índice de Capacidade C_{pk}^* – Lote 1



Fonte: O Autor

Figura 12 – Histograma e Índice de Capacidade C_{pk}^* – Lote 2



Fonte: O Autor

Figura 13 Histograma e Índice de Capacidade C_{pk}^* – Lote 3

Observou-se dos gráficos, apresentados nas Figuras 12 e 13, que para os lotes 2 e 3 o processo foi considerado razoavelmente capaz com os índices $C_{pk}^*=1.130$ e $C_{pk}^*=1.559$, respectivamente. Sendo o lote 1 (Figura 11) considerado incapaz, $C_{pk}^*=0.2740$, por terem sido fabricados neste lote produtos fora das especificações adotadas pela empresa.

4. Considerações finais

Neste trabalho apresentaram-se as metodologias utilizadas para calcular a capacidade do processo de fabricação de perfis de alumínio em uma indústria localizada na Região Oeste Paranaense.

Foram avaliados três lotes de perfis de alumínio, assumindo as especificações de 90 a 110% para a variação do peso das embalagens. Empregaram-se gráficos de controle para valores individuais e amplitudes móveis para analisar a estabilidade do processo. Os pontos mantiveram-se dentro do limite de controle e não apresentaram pontos indicando causas especiais e padrões de não-aleatoriedade. Observou-se, por meio do teste de Shapiro-Wilk, que os dados dos três lotes coletados na empresa não seguiam uma distribuição normal. Portanto, utilizou-se da metodologia sugerida por Clemente (1998) para encontrar o índice de capacidade de processo (C_{pk}^*).

Com os cálculos dos índices de capacidade observou-se, nos três lotes estudados, que os processos de fabricação dos lotes 2 e 3 foram considerados razoavelmente capazes. Enquanto, o lote 1 foi considerado incapaz. Os gráficos, apresentados nas Figuras 11, 12 e 13 demonstram que existem deslocamentos na concentração dos dados coletados em relação aos limites especificados lateralmente à esquerda e à direita da média dos valores. Portanto, a empresa precisa analisar o seu processo de produção porque as médias dos três lotes (20.753 kg, 17.796 kg, 17,754 kg) estão um pouco distantes da média especificada pela empresa (19 kg). Sugere-se, com o objetivo de evitar variações nas dimensões dos perfis, que seja realizado uma manutenção na extrusora e nos moldes utilizados na fabricação dos perfis de alumínio.

Referências

- ABAL.** Associação Brasileira do Alumínio. Disponível em: <www.abal.org.br>, acesso em 30 de março de 2016.
- CAMPOS, V. F.** *TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.
- CLEMENTS, J. A.** *Process capability calculations for non-normal distributions*. *Quality Progress*. Milwaukee, v.22, n.9, p. 95-100, 1989.
- COSTA, A. F. B.; EPPRECHIT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R.** *Controle Estatístico de Qualidade: Métodos Estatísticos*. São Paulo: Editora Atlas, 2012.
- GONÇALVES, T. V. A.** *Controle estatístico do processo de usinagem de peças automotivas: um estudo de caso em uma empresa do centro oeste de Minas Gerais*. Formiga, 2011.
- JURAN, J. M.; GRYNAL, F. M.** *Controle da qualidade – Handbook: conceitos, políticas e filosofia da qualidade*. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.
- LOBO, R. N.** *Gestão da Qualidade*. São Paulo: Editora Érica, 2013.
- LOTUSMETAL.** *Tarugos de Alumínio*. Disponível em <http://www.lotusmetal.com.br/produtos/tarugos-aluminio>, acesso em 30 de setembro de 2016.
- MIGUEL, P. A. C.** *Qualidade: enfoques e ferramentas*. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006.
- MONTGOMERY, D. C.** *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

PIRES, V. T. *Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz.* Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

RAMOS E. M. L. S. *Aperfeiçoamento e desenvolvimento de ferramentas do controle estatístico de qualidade - utilizando quartiz para estimar o desvio padrão.* [Tese] Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2003.

SOARES, G. M. *Aplicação do controle estatístico de processos em indústria de bebidas: um estudo de caso.* 2001. 133f. Dissertação (Pós-Graduação Engenharia de Produção), Uberaba, 2011.

SOUZA, R. A. *Aplicação de ferramentas estatística no processo de envase de azeitonas verdes.* Florianópolis, 2003.

VITRALUX. *Perfis de alumínio.* Disponível em <http://www.vitrallux.com.br/perfis-de-aluminio/>, acesso em 30 de setembro de 2016.