

Aplicação do CEP para a avaliação de um processo laboratorial de prensagem de revestimento cerâmico do tipo grês porcelanato

Bruno Carlos Alves Pinheiro¹

Ricardo da Rocha Vitor²

Gustavo Matias Estevão³

1 Introdução

O Controle Estatístico de Processo (CEP) pode ser definido como um conjunto de ferramentas de monitoramento “*on-line*” da qualidade. Com o CEP, consegue-se uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando seu controle ao longo do tempo, através da coleta continuada de dados e da análise e bloqueio de possíveis causas especiais de variação, as quais são responsáveis pela instabilidade do processo em investigação (ALENCAR, *et al.*, 2004, p. 115). O Controle Estatístico de Processo (CEP) abrange a coleta, a análise e a interpretação de dados com a finalidade de resolver um problema (LIMA, *et al.*, 2006, p. 178). Entre as ferramentas constituintes do CEP, pode-se citar os Gráficos de Controle e o Diagrama de Causa e Efeito.

Os Gráficos de Controle são representações gráficas de uma característica de qualidade de um produto ou serviço. Podem ser consideradas ferramentas poderosas no auxílio da identificação de causas comuns e causas especiais, identificando, desta maneira, o grau de estabilidade de um processo (SOUZA, *et al.*, 2002, p. 02). O Diagrama de Causa e Efeito foi desenvolvido para representar a relação entre o efeito e todas as possibilidades de causa que podem contribuir para esse efeito. O diagrama é desenhado para ilustrar claramente as várias causas que afetam um processo, por classificação e relação das causas. Para cada efeito existem seguramente, inúmeras causas dentro de categorias como as M's, a saber: método, mão de obra, matéria prima, máquinas, mensuração e meio ambiente. A construção do diagrama pode ser feito por uma pessoa apenas ou por um grupo podendo ser usado um *brainstorming* para identificação das causas (OLIVEIRA, *et al.*, 2009, p. 01)

O objetivo do presente trabalho é verificar através de gráficos de controle a estabilidade de um processo laboratorial de prensagem de revestimento cerâmico do tipo grês porcelanato. A estabilidade desse processo é investigada a partir da massa específica aparente a verde, a qual é um importante parâmetro da qualidade desse produto. Se for constatada a presença de causas especiais ou assinaláveis de variação, o processo será investigado através da aplicação do estudo de causa e efeito.

2 Materiais e métodos

O presente estudo consiste em analisar a estabilidade do processo laboratorial de prensagem de revestimentos cerâmicos do tipo grês porcelanato. A característica da qualidade importante neste processo é a massa específica após prensagem (massa específica a verde). Para a fabricação industrial de produtos cerâmicos do tipo grês porcelanato, a massa específica a verde

¹ DDP - UEMG/Ubá. e-mail: bruno.pinheiro@uemguba.edu.br

² DDP - UEMG/Ubá.

³ DDP - UEMG/Ubá.

mínima é da ordem de 1,89 g/cm³. (SAMPAIO, PINHEIRO e HOLANDA, 2007, p. 298). Inicialmente foi realizada a coleta dos dados de massa específica a verde dos produtos cerâmicos. Os dados coletados foram organizados em 23 grupos com tamanho n=5. Em seguida realizou-se o teste de hipótese, pois em reunião com os técnicos do laboratório surgiu desconfiança de que o produto saía do processo de prensagem com massa específica a verde inferior a 1,89 g/cm³. Assim, foi utilizado o teste t para uma amostra. Esse teste foi escolhido pelo fato de não se conhecer a variância histórica do processo investigado. Além disso, o teste de hipóteses foi realizado com o auxílio do software MINITAB 14. A formulação de hipótese para o teste proposto foi:

$$0: \mu = 1,89 \text{ g/cm}^3$$

$$1: \mu < 1,89 \text{ g/cm}^3$$

Após a realização do teste de hipóteses, foi realizado o estudo da estabilidade do processo através da obtenção de gráficos de controle estatístico do processo – gráficos X barra (média) e R (amplitude). Os gráficos de controle foram obtidos usando-se o software MINITAB 14. Para o estudo da estabilidade dos gráficos de controle X barra e R, adotou-se os oito testes de estabilidade disponíveis no MINITAB 14.

3 Resultados e discussões

O resultado do teste de hipóteses para os dados de massa específica a verde realizado pelo MINITAB 14, é mostrado na tabela 1. O teste de hipóteses foi realizado com o intuito de verificar e comprovar que os produtos resultantes do processo de prensagem não atingiam o valor mínimo de 1,89 g/cm³ de massa específica verde para o revestimento cerâmico do tipo grês porcelanato.

Tabela 1: Dados de saída do MINITAB 14 do teste de hipóteses realizado para os dados de massa específica a verde

Teste de Hipóteses para uma Amostra - Variável: Massa específica a verde						
Teste para a média: $\mu = 1,89 \text{ g/cm}^3$ versus $< 1,89 \text{ g/cm}^3$						
Número de Amostras	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	95 % de confiança	T	Valor p
115	1,88504	0,02249	0,00210	1,88852	- 2,36	0,010

Pode ser observado a partir da tabela 1 que o valor p calculado é de 0,010, menor que o nível de significância do teste (5 %). Portanto, rejeita-se a hipótese de que a média da massa específica a verde das peças cerâmicas é igual a 1,89 g/cm³ e aceita-se a hipótese alternativa H₁ de que a média é menor do que 1,89 g/cm³.

A Figura 1 mostra os gráficos da amplitude R (Figura 1a) e tendência X barra (Figura 1b). Nesses gráficos os limites de controle são descritos como UCL (limite superior de controle) e LCL (limite inferior de controle). Os gráficos foram analisados separadamente. O gráfico da amplitude (gráfico R) foi analisado primeiro, pois os limites de controle do gráfico de tendência dependem da variabilidade do processo. Pode ser observado a partir da Figura 1a

que a variabilidade do processo está sob controle. Assim, o gráfico de tendência (gráfico X, barra) se torna representativo, (Figura 1b) apresentando causas especiais de condições de não-controle, o que significa que o processo está fora de controle. É possível ver que o processo de prensagem estudado não está sob controle estatístico, pois ocorreram pontos fora de controle. Os testes detectaram os seguintes pontos como estando fora de controle:

- Teste 1 (pontos afastados a mais de 3 desvios-padrões da linha central (média)): amostras 1 e 23;
- Teste 2 (9 pontos consecutivos do mesmo lado da linha central (média)): amostras 17, 18, 19 e 20;
- Teste 6 (4 pontos em 5 localizados a mais de 1 desvio-padrão da linha central (média)): amostras 16, 17, 18 e 19.

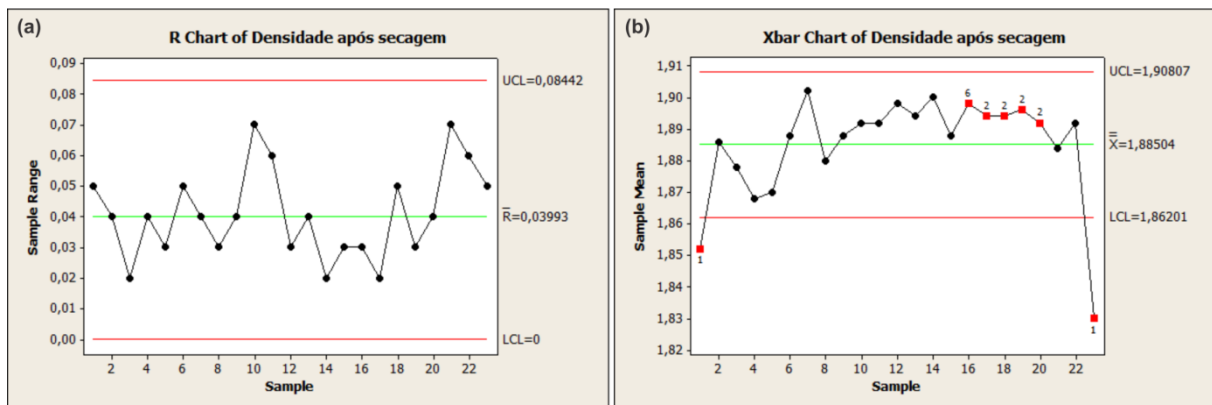


Figura 1.(a) – Gráfico de controle para a amplitude (R). 1.(b) – Gráfico de controle para a média (X barra).

Como foi verificado que o processo não está sob controle, esforços devem ser feitos para investigar e, principalmente, identificar e minimizar os problemas. Para isso, a ação a ser tomada é iniciar ações de caráter investigativo e corretivo para encontrar e se possível eliminar as possíveis causas especiais que provocaram tal situação, ou seja, as causas especiais que afetaram tais amostras. O procedimento investigativo proposto neste trabalho trata da utilização do diagrama de Causa-e-Efeito, para identificar algumas fontes de erros.

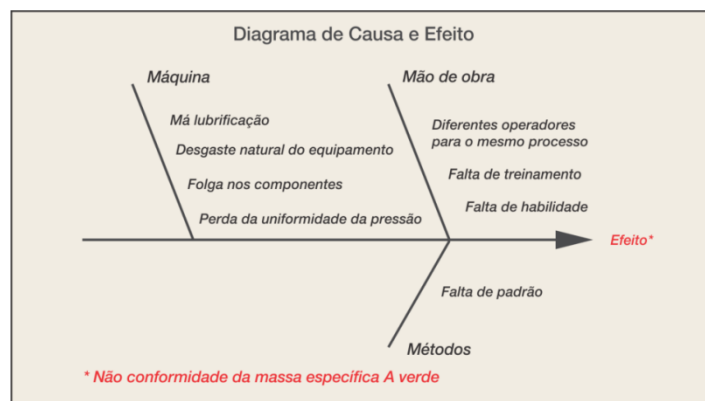


Figura 2 – Diagrama de causa e efeito.

O diagrama de Causa e efeito é uma ferramenta formal que é frequentemente útil na eliminação de causas potenciais. A investigação foi realizada com o auxílio de um brainstorming onde participaram os técnicos do laboratório cerâmico. A Figura 2 apresenta o diagrama de causa e efeito obtido. Como as causas especiais foram encontradas, as mesmas

foram removidas. Além disso, os limites de controle dos gráficos foram recalculados desconsiderando as amostras que se apresentavam fora de controle. A Figura 3 (a) e (b) apresentam os gráficos de controle da amplitude (gráfico R) e de tendência (gráfico X barra) após a remoção das causas especiais e com os limites de controle recalculados. Pode ser verificado que o processo se encontra sob controle estatístico. Não há ocorrência de pontos fora de controle.

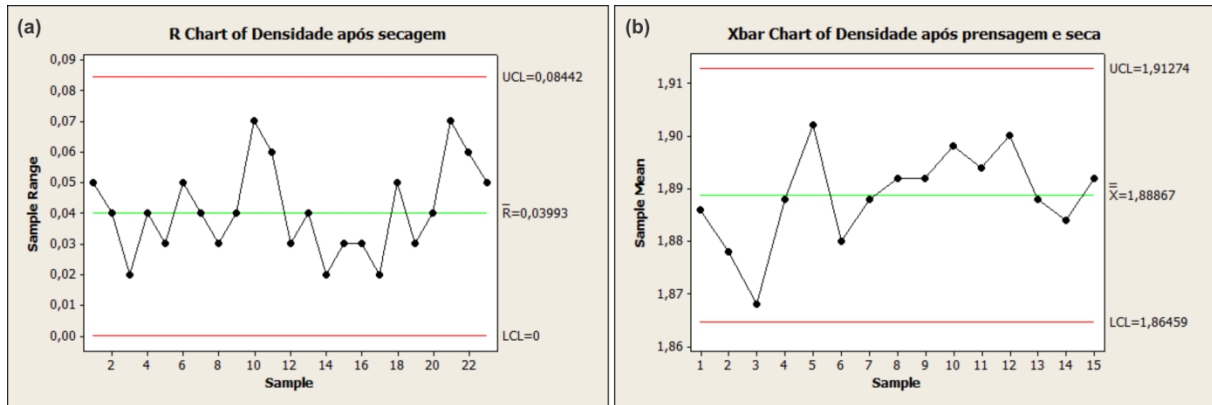


Figura 3.(a) – Gráfico de controle para a amplitude (Gráfico R) com limites recalculados.

3.(b) – Gráfico de controle para a média (Gráfico X barra) com os limites recalculados.

Diante de tudo apresentado até aqui, o presente estudo mostra claramente que a verificação periódica da estabilidade de um processo ao longo do tempo com a utilização de alguma ferramentas do CEP é muito importante para mantê-lo sob controle, para identificar e corrigir as causas especiais de variação e minimizar as variações por causas comuns.

4 Conclusões

O presente trabalho apresenta os resultados de um estudo de estabilidade de um processo laboratorial de prensagem para a produção de produtos cerâmicos classificados como revestimento do tipo grês porcelanato. A característica da qualidade utilizada para estudo da estabilidade do processo laboratorial de prensagem para a produção de produtos cerâmicos foi a massa específica a verde das amostras. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que:

- O teste de hipótese mostrou que as amostras conformadas a partir do processo investigado saíam com o valor de massa específica a verde inferior a 1,89 g/cm³.
- A primeira análise a partir dos gráficos de controle da média (X barra) e da amplitude (R) mostrou que o processo investigado estava fora de controle apresentando causas especiais de variação.
- O diagrama de causa e efeito mostrou que fatores relacionados à mão de obra, ao equipamento e a metodologia de trabalho podem estar contribuindo fortemente para a falta de estabilidade do processo de prensagem.
- Com a remoção das causas especiais de variação os novos gráficos de controle obtidos mostraram que o processo se encontra sob controle estatístico de processo.

No entanto, após identificar as causas especiais, não podemos apenas retirar os pontos fora de controle e construir novos gráficos. Como melhor prática é recomendado eliminar as causas especiais na linha de produção e obter novas amostras para verificar se o processo encontra-se sob controle.

Bibliografia

- [1] ALENCAR, J.R.B.; SOUZA JÚNIOR, M.B.; ROLIM NETO, P.J.; LOPES, C.E. **Uso de controle estatístico de processo (CEP) para validação de processo de glibenclamida comprimidos.** Revista Brasileira de Farmacologia, 2004, 85(3), p. 115-119.
- [2] LIMA, A.A.N.; LIMA, J.R.; SILVA, J.L.; ALENCAR, J.R.B.; SOBRINHO, J.L.S.; LIMA, L.G.; NETO, P.J.R. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo na Indústria Farmacêutica.** RECIFE – PE: Revista de ciências farmacêuticas básica e aplicada, 2006, v. 27, n 3, p. 177 – 187.
- [3] OLIVEIRA, R.A.; BUENO, A.F.; SILVA, R.B.; ALVES, A.P. **O CEP para a busca da qualidade do processo em uma unidade frigorífica de médio porte:** Estudo de caso. V ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, EMEPRO – Viçosa, MG, Brasil, 30 de Abril a 02 de Maio de 2009, p 01 - 11.
- [4] REBELATO, M.G.; SOUZA, G.A.; RODRIGUES, A.M.; RODRIGUES, I.C. **Estudo sobre a aplicação de gráficos de controle em processos de saturação de papel.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13. 2006, Bauru – SP. Anais do XIII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru: SIMPEP, 2006, p. 01 – 10.
- [5] RUSSO, S.; KREIBICH, T.E.; CAMARGO, M.E., **Aplicação do Controle Estatístico de Qualidade nas Variáveis do Processo de Produção de Óleo de Soja.** IV ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, EMEPRO – Ouro Preto, MG, Brasil, 01 a 03 de maio de 2008, p 01-09.
- [6] SAMPAIO, V.G.; PINHEIRO, B.C.A.; HOLANDA, J.N.F. **Granulação a seco de uma massa cerâmica para grês porcelanato.** São Paulo – SP. CERÂMICA, 2007, 53, p. 295 – 298.
- [7] SOUZA, A.M.; GODOY, L.P.; RIGÃO, M.H.; ZANINI, R.R. **Identificação de variáveis de controle usando o gráfico X barra com limites de Bonferroni.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2002, Curitiba - PR. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba: ENEGEP, 2002, p. 01 - 08.