

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO ATRAVÉS DO EMPREGO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

Jairo Jose de Oliveira Andrade (PUCRS)

jairo.andrade@pucrs.br

Cláudia Diehl (PUCRS)

jairo.andrade@pucrs.br



Em função da crescente exigência por parte dos consumidores e do cenário econômico globalizado, que levou à um crescimento grande da concorrência entre as empresas, a qualidade dos produtos é um dos fatores fundamentais para a sobrevivência das empresas atualmente. Nesse contexto, tem-se que o controle estatístico de processo (CEP) é uma das ferramentas da qualidade disponíveis para medir a variabilidade de um dado processo e saber se o mesmo encontra-se sob controle estatístico, fornecendo informações importantes para a melhoria da qualidade do processo de produção. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo aplicar o CEP em uma fábrica que produz blocos de concreto para a construção civil. Foram utilizados os gráficos de controle por variáveis para monitorar o processo, verificando-se a existência de causas especiais que influenciavam na resistência dos produtos. Em um segundo momento foram realizadas investigações sobre as origens dos desvios encontrados, com a proposição de ações para eliminação das causas especiais. Os resultados mostraram a importância da aplicação das ferramentas em uma indústria da construção civil, a fim de melhorar a qualidade dos seus produtos.

Palavras-chaves: Qualidade, Controle estatístico do processo, Construção Civil

1. Introdução

A velocidade das informações e as novas tecnologias estabeleceram um ambiente globalizado de alta concorrência em que preço, prazo, flexibilidade e, principalmente, qualidade dos produtos precisam ser atendidos de maneira satisfatória. De acordo com Rodrigues (2006), o conceito de qualidade não é novo, mas a partir do início do Século XX as preocupações com essa característica passaram a ser sistematizadas e a fazer parte das normas ou objetivos de uma unidade produtiva. Os estudos de Taylor nos EUA incorporaram ao meio produtivo conceitos e técnicas que viabilizaram a produção em escala, possibilitando a medição e inspeção do produto e do processo final. Com o advento da 2ª Guerra Mundial, as indústrias bélicas norte-americanas começaram a implementar sistematicamente os conceitos de qualidade na fabricação dos seus produtos. Logo após esse período, houve a necessidade de reconstruir a infraestrutura de vários países envolvidos no confronto, como a Alemanha, França, Inglaterra e principalmente o Japão, através do Plano Marshall com a participação ativa de Deming e Juran (MONTGOMERY, 2004; RODRIGUES, 2006).

Sendo assim, há uma busca geral pelas empresas em fornecer produtos de qualidade para os clientes. Segundo Caten (1995), um produto deve ser projetado para ser adequadamente fabricado, com características de qualidade que se encontrem o mais próximo possível dos valores especificados em projeto. Além disso, tais produtos devem apresentar uma robustez suficiente em relação aos seus processos de fabricação e condições de utilização. Nesse cenário, o emprego da Estatística Aplicada é fundamental, pois as técnicas estatísticas ajudam a descrever e interpretar a variabilidade que existe em qualquer processo de produção.

Existem várias ferramentas estatísticas – que podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto – para garantir que as empresas atinjam tal objetivo, podendo-se destacar o emprego do controle estatístico do processo (CEP) como uma delas. O CEP é uma ferramenta *on-line* da qualidade, cuja aplicação se torna mais fácil e proveitosa com o emprego de softwares específicos para a coleta e análise de dados.

Desta forma, o presente trabalho busca apresentar a aplicação das ferramentas do CEP no processo de fabricação de blocos de concreto empregados na construção civil. Primeiramente foi avaliado o processo de produção dos blocos e coletados os dados para a construção dos gráficos de controle. Os principais fatores que influenciavam na variabilidade do processo de produção foram diagnosticados e uma proposição de melhoria no processo foi apresentada, visando melhorar a qualidade do produto final fornecido pela empresa.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Qualidade na indústria da construção

Verifica-se atualmente um crescente aumento da demanda pelos mais variados produtos por parte da sociedade. Com o aquecimento da economia verifica-se o aumento do poder de compra do consumidor, que invariavelmente reflete-se no significativo acréscimo do volume de produção dos bens de consumo. Juntamente com esse aumento do poder de compra por parte dos consumidores há um cenário globalizado, no qual as empresas tem que se preocupar cada vez mais com o fornecimento de produtos com a qualidade esperada pelo mercado. Desta forma, a busca constante pela melhoria da qualidade das empresas contribui para o retorno substancial sobre o investimento.

Dentro desse contexto algumas ferramentas da qualidade normalmente são empregadas para a manutenção e melhoria da qualidade de produtos e/ou serviços, tais como os estudos de

capacidade, a amostragem por inspeção, o planejamento de experimentos e o controle estatístico do processo. A grande maioria dessas ferramentas, em maior ou menor grau, são de conhecimento de alguns tipos de indústrias (mecânica, automotiva, naval, entre outras). Tal fato ocorre principalmente devido às exigências de qualidade preconizadas principalmente pelas normas da série ISO 9000 ou em exigências governamentais.

O mercado da construção civil atualmente também segue essa tendência de aquecimento, em consequência da estabilização da economia brasileira e o aumento da competitividade gerada pela abertura para o mercado internacional. Em busca de um diferencial nesta área, que se encontra cada vez mais concorrido, as construtoras buscam soluções por meio de novas técnicas, objetivando a qualidade para a satisfação de seus clientes. Nas empresas de construção a motivação pela implementação de um sistema de gestão da qualidade está associada à redução de custos, associados principalmente com a redução das perdas no processo de construção e os custos de retrabalho, devido às correções que ocorrem após a entrega dos empreendimentos. Uma iniciativa governamental importante foi a criação do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), que contempla os mesmos requisitos da ISO 9000. Essa iniciativa visa apoiar o esforço brasileiro de modernização da construção através da melhoria da qualidade, do aumento da produtividade e redução dos custos da construção habitacional (SILVEIRA *et al.*, 2002).

Nesse cenário, a adoção das ferramentas da qualidade se faz extremamente importante para garantir que os produtos apresentem características de qualidade adequadas às exigências dos consumidores. Entretanto, em função das particularidades observadas na indústria da Construção Civil, a adoção de muitas dessas ferramentas (que são comuns em outros ambientes industriais) ainda não é amplamente difundida. Como cada produto final da indústria da construção (edificações, pontes, túneis, viadutos, entre outros) são únicos, há uma dificuldade natural em se adotar algumas das ferramentas em todas as partes do processo.

Entretanto, deve-se considerar que dentro do macrocomplexo da indústria da construção fazem parte diversos fornecedores de insumos que são industrializados, como telhas, blocos, tijolos, elementos pré-fabricados de concreto, cimento, entre outros. Nessas indústrias há um grande campo de aplicação para a análise e o controle de processos de produção, como apresentado no trabalho de Dias (2004), que realizou um estudo visando desenvolver um método para estabilização de processos, aplicando o mesmo em uma empresa que fabrica componentes para a construção civil.

2.2 Controle estatístico do processo

O controle estatístico do processo (CEP) é o ramo do controle de qualidade que procura melhorar as condições dos produtos e/ou serviços empregando ferramentas estatísticas, através da coleta, análise e interpretação de dados.

A literatura relata a existência de sete ferramentas que podem ser empregadas no CEP (MONTGOMERY, 2004): o histograma, as folhas de verificação, o gráfico de Pareto, o diagrama de causa e efeito, o diagrama de dispersão a estratificação e os gráficos de controle. Os gráficos (ou cartas) de controle são uma ferramenta de grande importância para o CEP, constituindo-se por um teste de hipótese que verifica se o processo está sob controle estatístico. Essa ferramenta foi desenvolvida pelo Dr. Walter Andrew Shewart, na década de 1930 nos laboratórios da *Bell Telephone*. Em tal gráfico são plotadas as médias das medidas de uma característica de qualidade em amostras do processo *versus* tempo (ou número da amostra). Um gráfico de controle típico apresenta três componentes: uma linha central (LC) e os limites superior e inferior de controle (LSC e LIC). A linha central representa o valor médio da característica de qualidade esperada em um estado de controle. Já os limites superior e inferior de controle sinalizam se o processo está ou não sob controle. No caso de alguma

amostra estar fora dos limites, existe a indicação de instabilidade e necessidade de investigar a existência de eventuais causas responsáveis por esta situação (MONTGOMERY, 2004; TRENTIN, 2010).

Existem basicamente dois tipos de gráficos de controle: por variáveis e por atributos. Empregam-se os gráficos por variáveis quando as características de qualidade podem ser expressas através de meios numéricos (comprimento, peso, resistência, entre outras). Já os gráficos de controle por atributos são utilizados quando as características não podem ser representadas numericamente, classificando cada item inspecionado como conforme ou não conforme. Os gráficos de controle para a média (\bar{x}), amplitude (R) e desvio-padrão (S) são os mais empregados no caso das análises por variáveis (MONTGOMERY, 2004; ROSÁRIO, 2004).

Os valores para os limites de controle para o gráfico de \bar{x} estão apresentados nas equações de 1 a 3, enquanto que os limites para o gráfico de R estão apresentados nas equações de 4 a 6.

$$LSC = \bar{x} + A_2 \bar{R} \quad (1)$$

$$LC = \bar{x} \quad (2)$$

$$LIC = \bar{x} - A_2 \bar{R} \quad (3)$$

$$LSC = D_4 \bar{R} \quad (4)$$

$$LC = \bar{R} \quad (5)$$

$$LIC = D_3 \bar{R} \quad (6)$$

onde \bar{x} é a média geral do processo, \bar{R} a amplitude média das amostras e A_2 , D_3 e D_4 são constantes tabeladas dependentes do tamanho da amostra. As mesmas encontram-se apresentadas na publicação de Montgomery (2004).

Por mais ajustado que um determinado processo possa parecer, sempre vão haver perturbações externas e/ou internas que podem causar uma variabilidade – que é uma componente sempre presente na natureza – nos resultados esperados para uma dada característica de qualidade. A variação natural é representada pelas causas comuns, que invariavelmente não comprometem o desempenho do processo. Quando no processo for encontrada a presença apenas de causas comuns, diz-se que o mesmo encontra-se sob controle estatístico.

Entretanto, existem fatores que podem causar variações significativas no comportamento do processo ao longo do tempo, que normalmente influenciam na instabilidade dos processos. Tais causas são denominadas de causas especiais. Quando as causas especiais estão presentes diz-se que o processo está fora de controle estatístico. No Quadro 1 estão apresentadas as principais diferenças encontradas entre as causas comuns e especiais dentro de um processo.

Tipos de causa	Tipos de variação	Status do processo	Ação requerida
Comum	Inerente, natural, previsível	Em controle estatístico (estável)	Ação sobre o sistema
Especial	Errática, alteração brusca, fuga gradual	Fora de controle (instável)	Ação localizada

Quadro 1 – Diferenças entre causas comuns e causas especiais (RIBEIRO e TEN CATEN, 2001)

Uma das principais evidências de que um processo esteja fora de controle estatístico é quando algum dos pontos do gráfico de controle encontra-se situado além dos limites superior e inferior de controle. Desta forma, através da análise dos gráficos de controle procura-se investigar a origem das causas especiais e eliminá-las, a fim de que o processo volte a apresentar apenas as causas comuns de variação. As fontes de variação externas ao processo

podem ter a sua variabilidade oriunda de três fontes: problemas na matéria-prima, ajustes impróprios dos equipamentos e eventuais erros operacionais. Via de regra tais variações são grandes se comparadas às causas comuns, representando um nível inaceitável de variabilidade (MONTGOMERY, 1997 citado por NETO, 2004).

Muitos estudos já foram realizados mostrando a aplicabilidade do CEP na melhoria da qualidade. Mayer (2004) empregou o CEP para analisar a variabilidade em um processo de corrugação de chapas de aço em uma empresa que fabrica equipamentos para avicultura, armazenagem e movimentação de grãos. Com o emprego da ferramenta o autor verificou uma minimização da variabilidade, aumento da capacidade e redução das perdas. Antes da aplicação do CEP o processo apresentava um desvio-padrão igual a 1,62 mm em relação à média da característica de qualidade avaliada. Após o emprego do CEP, o processo passou a operar com o valor de desvio-padrão igual a 1,14 mm, com uma diminuição de custos devido à má qualidade e do número de peças refugadas mensalmente. Em um outro trabalho o CEP foi empregado para melhorar a qualidade em uma das etapas do processo de fabricação em uma indústria de refrigeradores. Uma recomendação apresentada diz respeito à necessidade de estudos criteriosos em relação à aplicação da ferramenta, em função da necessidade de desenvolver alternativas para tornar o modelo conceitual aplicável no aspecto prático, considerando as especificidades existentes nas empresas e nos produtos fabricados pelas mesmas (ROSÁRIO, 2004).

Zvirtes e Chiavenato (2006) empregaram o CEP em uma indústria de bebidas destiladas e observaram, além do benefício técnico obtido com uma melhor otimização dos seus processos, uma melhoria no nível de motivação dos funcionários envolvidos, devido ao treinamento ofertado pela empresa e a incorporação de novas rotinas de trabalho. Ao avaliar a resistência de blocos para veículos automotores, Souza, Filho e Samohyl (2007) verificaram, através do emprego do CEP, que a empresa trabalha com um processo considerado sob controle estatístico. Contudo, também verificou-se a existência de pontos muito próximos dos limites de controle do processo, indicando a presença de uma variabilidade que não pode ser desconsiderada nesse processo.

Desta forma, verifica-se a grande aplicabilidade prática do emprego do CEP para o diagnóstico e melhoria de processos, principalmente nas indústrias. Na construção civil a utilização de tal ferramenta é praticamente desconhecida por parte dos engenheiros civis, que não estão aproveitando o potencial da ferramenta para a melhoria da qualidade de diversos tipos de produtos industrializados. Nesse sentido, realizou-se uma aplicação do CEP em uma empresa fabricante de blocos de concreto, conforme apresentado detalhadamente nos itens a seguir.

3. Estudo de caso

3.1 Descrição da empresa

A empresa avaliada localiza-se no interior do Rio Grande do Sul, na região do Vale do Taquari. A mesma tem atuação no mercado regional de fabricação e comercialização de blocos de concreto simples, que são empregados na construção de residências de até 2 pavimentos e em obras de contenção de terra.

O processo de fabricação dos blocos não apresenta nenhum tipo de controle, alicerçando-se principalmente na experiência acumulada ao longo do tempo pelos responsáveis pela fabricação. Não havia uma preocupação por parte da direção da empresa com os aspectos de fabricação, visto que a mesma estava consolidada no mercado e os produtos produzidos apresentavam elevada robustez, podendo ser empregado nas mais variadas condições.

3.2 Descrição do processo

Na Figura 1 está apresentado um fluxograma representativo das etapas do processo de produção dos blocos de concreto.

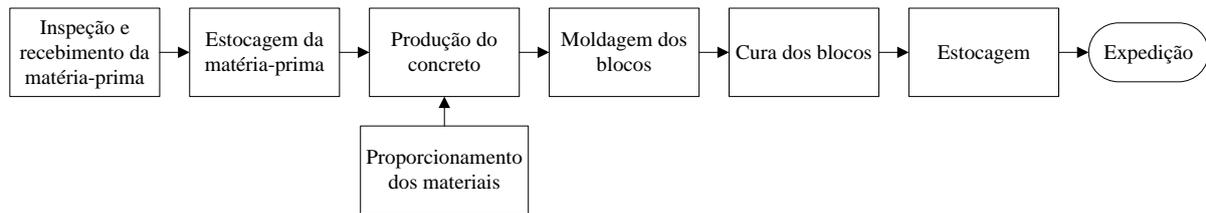


Figura 1 – Fluxograma de produção dos blocos

Os blocos de concreto produzidos pela empresa apresentavam a forma prismática com dimensões 50 cm x 20 cm x 30 cm. Os mesmos pesavam aproximadamente 22 kg, o que inviabilizava a manipulação por apenas um operário na maioria dos casos.

Através da análise *in loco* do processo de fabricação verificou-se a existência de procedimentos inadequados que poderiam afetar as características de qualidade do bloco produzido. A estocagem da matéria-prima (composta essencialmente por cimento, areia e brita) não estava sendo realizada da forma mais adequada. A areia e a brita estavam dispostas diretamente sobre o solo, conforme mostrado na Figura 2. Tal procedimento é inadequado, pois a umidade ascensional pode provocar alterações na resistência do produto final. Isso poderia ser contornado, caso correções do teor de umidade da areia sejam sistematicamente realizados.



Figura 2 – Armazenamento dos agregados

Os blocos de concreto maciços analisados tiveram o proporcionamento dos materiais criado pelo próprio fabricante, sem embasamento em nenhuma norma preconizada pela ABNT. Os materiais eram misturados em uma betoneira basculante de eixo inclinado, apresentando uma consistência bastante seca em função da baixa quantidade de água empregada. Após a mistura procedia-se à moldagem dos blocos com o emprego de uma mesa vibratória. Os blocos eram deixados nas fôrmas por 24 horas, sendo desformados e deixados para curar ao ar livre. Posteriormente os mesmos eram armazenados e ficavam disponíveis para a comercialização (Figura 3).



Figura 3 – Processo de armazenamento dos blocos após a cura

3.3 Aplicação do método

Este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação do controle estatístico de processo no processo de fabricação de blocos de concreto, empregando-se as cartas de controle para verificar a estabilidade do processo. Dentro desse contexto fez-se necessária uma avaliação da resistência à compressão dos blocos, que é o parâmetro diretamente associado com a segurança e a estabilidade das estruturas construídas com tal produto. Para tanto, foram coletados lotes dos blocos a intervalos regulares (semanal) durante o ano de 2010. Cada lote era constituído por 3 exemplares, que foram ensaiados à compressão após 24 horas da moldagem e depois de 7 dias de cura, totalizando 9 lotes para cada idade. A escolha dessas datas estava diretamente relacionada com o fornecimento dos blocos para o mercado, de acordo com a demanda existente. Desta forma, tem-se um total de 27 amostras por idade, número que de acordo com Montgomery (2004) é adequado para gerar os limites históricos em um gráfico de controle.

Como não se conhece o comportamento do processo – nenhuma análise desse tipo foi realizada na empresa antes – procurar-se-á conhecer os fatores que afetam a característica de qualidade avaliada (no caso, a resistência à compressão dos blocos), visando identificar os problemas encontrados e propor melhorias de qualidade no processo de fabricação do material.

4. Resultados e discussão

Foram gerados os gráficos de controle nos quais os valores de LIC e LSC encontram-se a uma distância de três desvios-padrão em relação à média. Considerando as amostras rompidas após 24 horas da moldagem, a Figura 4a apresenta os valores referentes à média (\bar{x}) e na Figura 4b está apresentado o gráfico referente à amplitude (R).

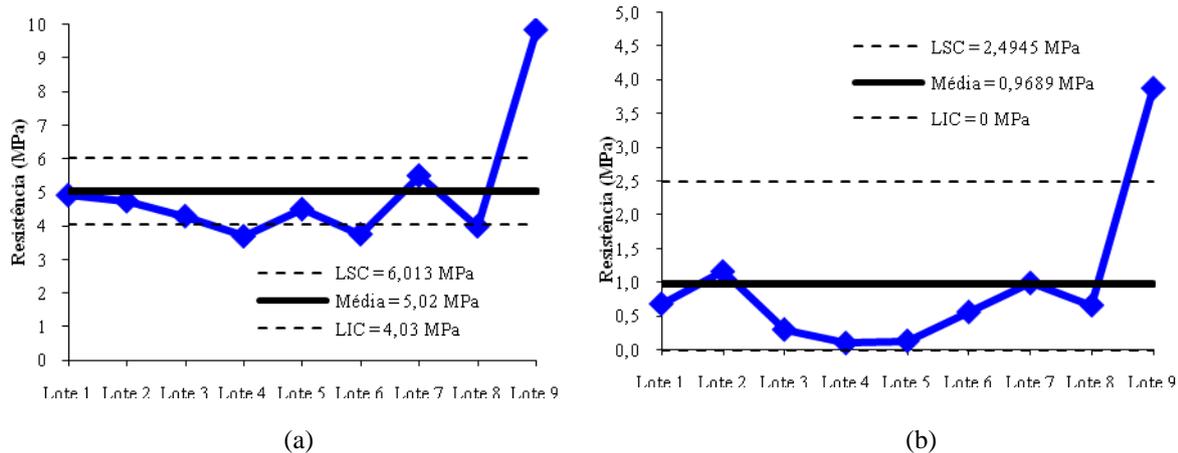


Figura 4 – Gráficos de controle para as resistências para 24 horas: \bar{x} (a) e R (b)

Verifica-se que o processo não encontra-se sob controle, visto que o gráfico para médias apresenta discrepâncias em relação aos seus limites de controle. Além disso, observa-se a existência de um padrão cíclico no gráfico de controle de \bar{x} , oriundos de mudanças sistemáticas das variáveis envolvidas no processo de produção. Deve-se considerar que em uma análise inicial deve-se tentar estabelecer os limites de controle tentativos, a fim de verificar se o processo estava sob controle quando as análises iniciais foram selecionadas. Conforme pode-se observar, o processo de produção dos blocos não estava sob controle antes das análises, pois muitos lotes estão fora dos limites de controle. Nestes casos, Montgomery (2004) sugere que é mais interessante que investigações sejam realizadas procurando verificar a existência de um padrão formado por tais pontos, como será apresentado na sequência.

Observa-se que claramente há a atuação das causas especiais que estão afetando o processo de fabricação dos blocos, como pode ser observado nos lotes 4, 6, 8 e 9 do gráfico de \bar{x} . Essas causas especiais estão relacionadas principalmente devido à ausência de controle do processo de produção nas etapas de dosagem e moldagem do material. Considerando a dosagem dos materiais, verifica-se que não há um processo experimental de dosagem, cujo proporcionamento é feito baseando-se em um traço pré-determinado empiricamente em função da experiência acumulada dos operadores da empresa. Todavia, sabe-se que há uma variação da qualidade dos agregados que são empregados na fabricação dos blocos, principalmente no que diz respeito à sua finura e composição granulométrica (distribuição das partículas que compõem o material). Como não existe um programa de análise sistemática de controle de qualidade de recebimento da matéria-prima, esse fator certamente tem uma influência significativa na resistência dos blocos analisados.

Outro fator de influência que deve ser considerado diz respeito à ausência de um controle adequado do teor de umidade dos agregados, fator este que influencia sobremaneira na resistência do material. Quanto maior o teor de umidade, menor tende a ser a resistência dos produtos produzidos. Quando o funcionário detectava um nível elevado de umidade na matéria-prima eram realizadas correções visuais na quantidade de água, a fim de que todos os blocos apresentassem uma consistência adequada antes da moldagem. Além disso, a dosagem era feita em volume, que é um método que sofre influência direta do teor de umidade dos agregados. Quanto maior o teor de água na areia, maior o volume aparente, ou seja: o operador pode estar adicionando, para um mesmo volume, uma quantidade de areia menor do que o especificado.

Quando os blocos são colocados nas fôrmas a energia de compactação é dada apenas pela

ação do peso próprio do material, aliada à pequena força que o operário exerce no momento do preenchimento do molde. Desta forma, verifica-se a inexistência de uma forma padronizada para controlar a energia de compactação dos blocos, o que resulta em grandes variações das resistências dos produtos finais.

Na figura 5 estão apresentadas as cartas de controle para \bar{x} e para R para os blocos ensaiados após 7 dias.

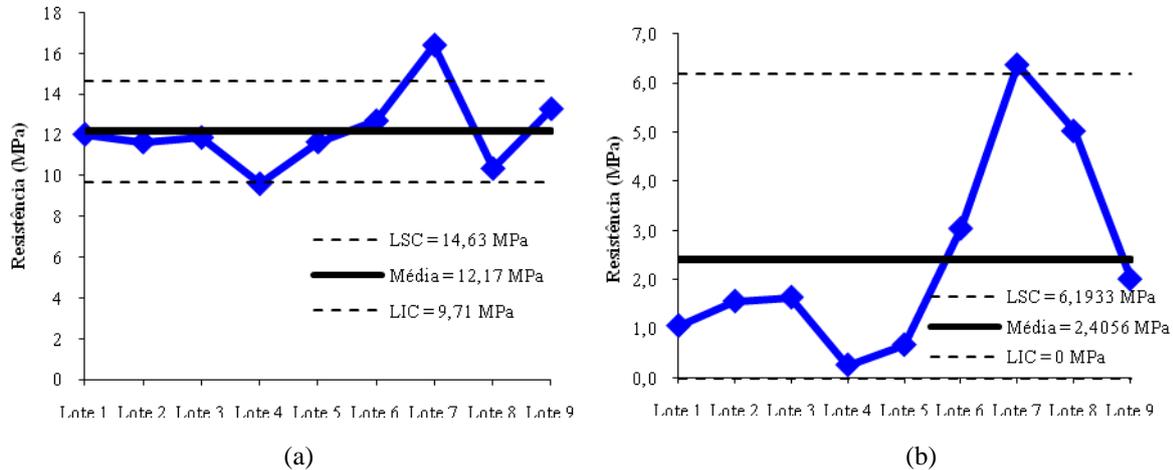


Figura 5 – Gráficos de controle para as resistências para 7 dias: \bar{x} (a) e R (b)

Da mesma forma que observado para as resistências após 24 horas da moldagem, há um padrão cíclico tanto para \bar{x} quanto para R , visto que os fatores que comprometem a estabilidade do processo para os blocos ensaiados são os mesmos para as duas idades. Em relação ao gráfico R observa-se uma variabilidade maior considerando os lotes 6, 7 e 8, além do que no gráfico \bar{x} verifica-se que no lote 7 há um valor consideravelmente fora do limite superior de controle. Tal fato provavelmente ocorreu porque neste lote o operador inseriu uma quantidade maior de cimento na mistura, aumentando a resistência final dos blocos. Vale salientar que acréscimo da quantidade de cimento não é o único fator definidor para que o produto mantenha uma alta resistência ao longo do tempo, pois ao se observar o gráfico de \bar{x} da Figura 5a verifica-se que o lote 9 apresentou uma elevada resistência após 24 horas, mas a mesma não aumentou na mesma proporção, considerando a idade de 7 dias. Isso ocorreu principalmente em função de deficiências no processo de homogeneização do material, que não garantiu a resistência ao longo de toda a extensão do bloco produzido.

Na Figura 6 está apresentado o diagrama de causa e efeito das causas especiais que podem afetar a resistência dos blocos.

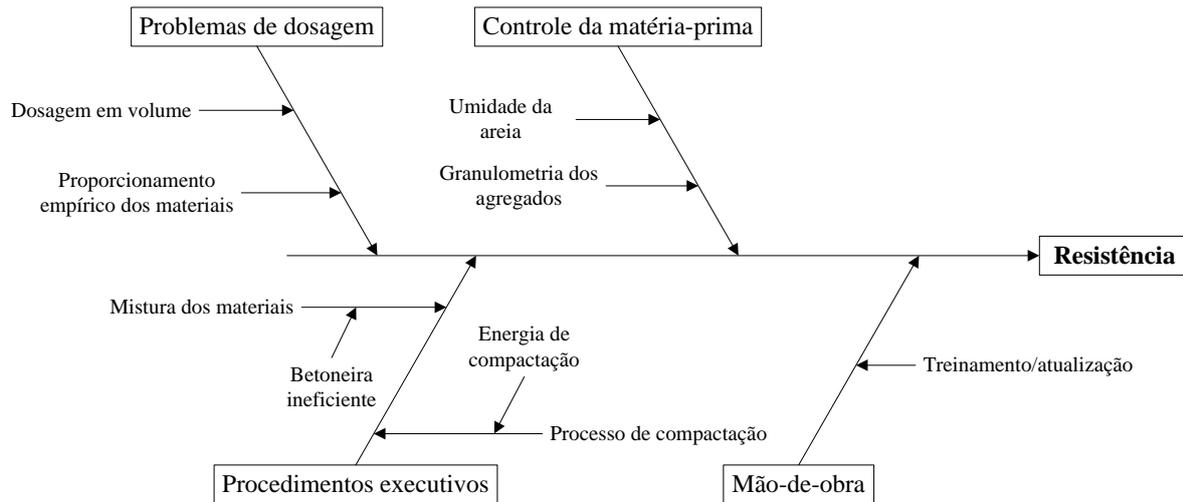


Figura 6 – Diagrama de causa e efeito das causas especiais que influem na resistência dos blocos

De uma forma geral, no Quadro 2 estão apresentadas algumas medidas que podem ser tomadas para a eliminação das causas especiais no processo de fabricação dos blocos de concreto. Com o emprego de uma dessas alternativas (isoladamente ou em conjunto), espera-se que os valores médios de resistência dos blocos possa ficar ajustado e estável.

Causa especial	Medidas a serem adotadas
Problemas de dosagem	Proceder a uma correção sistemática da quantidade de material em função do teor de umidade da areia Estabelecer um processo de dosagem em peso, com o emprego de balanças de precisão
Controle da matéria-prima	Realização de análises periódicas dos agregados (granulometria e controle de umidade da areia)
Processo de compactação	Empregar a mesma força de prensagem para garantir o mesmo grau da compactação dos blocos produzidos
Mistura dos materiais	Adquirir uma betoneira de eixo vertical adequada para mistura de materiais com consistência seca

Quadro 2 – Causas especiais e medidas corretivas/preventivas a serem adotadas

Conforme comentado por Costa, Epprecht e Carpinetti (2005), em determinados casos as causas especiais só podem ser eliminadas através de correções significativas no processo de produção. Aliado a tal fato, a direção da empresa verificou a necessidade de adequar o seu processo a fim de atender a crescente demanda pelo produto devido ao aquecimento da construção civil. Sendo assim, a empresa resolveu adquirir um equipamento automatizado (vibro-prensa) responsável pelas etapas de produção dos blocos, conforme apresentado na Figura 7.

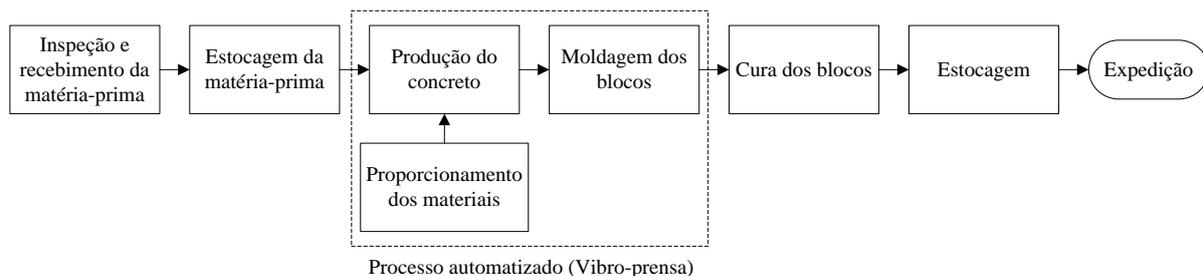


Figura 7 – Alteração do processo de fabricação de blocos de concreto

Na figura 8 está apresentada uma parte do novo sistema de produção adotado pela empresa referente ao processo de moldagem dos blocos de concreto.



Figura 8 – Parte do processo automatizado moldagem dos blocos

Como o processo ainda está em fase inicial de operação, foram coletados apenas 3 lotes, totalizando 9 amostras para análise. Sabe-se que tal número não é o mais adequado para serem gerados gráficos de controle, mas pelo menos procurar-se-ão apresentar algumas considerações sobre a mudança introduzida no processo. Na Figura 9 e na Figura 10 estão apresentados os gráficos de controle para a resistência dos blocos rompidos após 24 horas e 7 dias de moldagem, respectivamente.

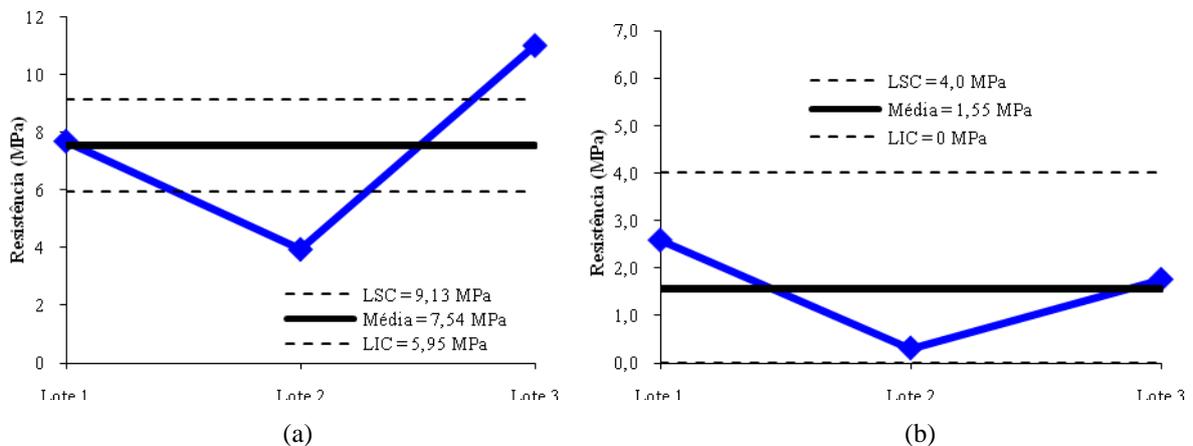


Figura 9 – Gráficos de controle para as resistências para 24 horas: (a) e R (b)

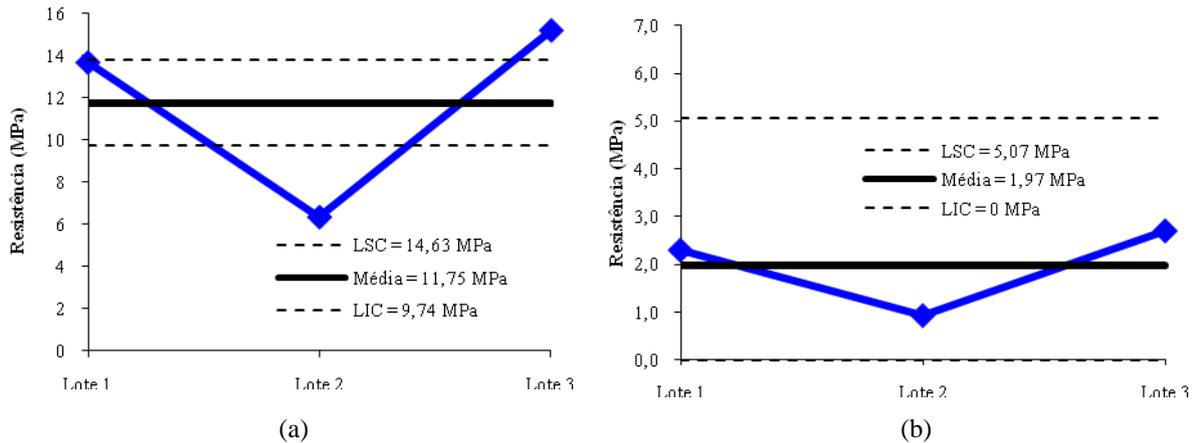


Figura 10 – Gráficos de controle para as resistências para 7 dias: \bar{x} (a) e R (b)

Com a implementação do processo automatizado de fabricação verificou-se inicialmente que houve um aumento de aproximadamente 50% da resistência média para os blocos rompidos após 24 horas. Isso provavelmente está relacionado com o efeito da compactação uniforme conferida pela vibro-prensa para todos os exemplares. Tal situação não foi verificada para os blocos ensaiados aos 7 dias, constatando-se uma redução média de 3,6% com o emprego da vibro-prensa.

Os gráficos de controle apresentados indicam que o processo ainda está sob a influência de causas especiais, muito provavelmente relacionadas com a adaptação da empresa e dos seus funcionários ao novo processo de produção, considerando principalmente que não houve tempo hábil para a realização de ajustes e/ou treinamentos da mão-de-obra em função da crescente demanda pelo produto na região. Sendo assim, há a necessidade de monitorar o processo por mais tempo a fim de verificar o seu comportamento.

4. Considerações finais

Esse trabalho procurou apresentar a aplicação do CEP em um processo de produção de blocos de concreto. Através das análises realizadas verificou-se que o processo ainda está sob a ação das causas especiais, dificultando a determinação do valor adequado da resistência média dos blocos e do seu desvio-padrão correspondente.

Sendo assim, deve-se inicialmente eliminar as causas especiais do processo para iniciar um programa adequado de controle. Foram diagnosticadas as origens das causas especiais que influenciam diretamente na característica de qualidade avaliada, onde ações concretas de melhoria foram propostas para minimizar a variabilidade do processo. Serão realizadas mais medidas de resistência dos blocos fabricados empregando-se a vibro-prensa, a fim de verificar se houve a estabilização do processo. A partir dos dados obtidos novas medidas poderão ser tomadas até que o processo estabilize e fique sob controle.

Referências

- COSTA, A.F.B.; EPPRECHT, E.K. & CARPINETTI, L.C.R.** *Controle estatístico de qualidade*. 2a Edição. São Paulo: Atlas, 2005. 334 p.
- DIAS, L.C.** *Sistemática para apoiar a redução de perdas e estabilização de processos*. 2004. 215p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre.

MAYER, P.C. *Redução da variabilidade em uma linha de produção de chapas de corpo de silos de grãos de corrugação 4" através da implantação do controle estatístico do processo.* 2004. 96p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre.

MONTGOMERY, D.C. *Introdução ao controle estatístico da qualidade.* 4ª Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004. 513 p.

NETO, M.V.J. *Método para redução das perdas de produtividade através da análise dos defeitos durante o processo de montagem em uma empresa fabricante de máquinas têxteis.* 2004. 142p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre.

RIBEIRO, J.L.D. & TEN CATEN, C.S. *Controle estatístico de processos.* Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2001.

RODRIGUES, M.V. *Ações para a qualidade GEIQ: gestão integrada para a qualidade - padrão seis sigma classe mundial.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006. 352p.

ROSÁRIO, M.B. *Controle estatístico de processo: um estudo de caso em uma empresa da área de eletrodomésticos.* 2004. 112p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre.

SILVEIRA, D.R.D. et al. *Qualidade na construção civil: um estudo de caso em uma empresa da construção civil no Rio Grande do Norte.* In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002. Curitiba. Anais. Curitiba, 2002. 8p.

SOUZA, G.P.; FILHO, M.D. & SAMOHYL, R.W. *Aplicação dos conceitos de Controle Estatístico de Processo (CEP) em uma indústria de fundição do Norte Catarinense.* Revista Produção On-line, v. 7, n. 2, p. 64-84, 2007.

TEN CATEN, C.S. *Método de otimização de produtos e processos medidos por múltiplas características de qualidade* 1995. 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre.

TRENTIN, M.G. *Monitoramento e controle estatístico integrado ao controle de engenharia de processo.* 2010. 218p. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre.

ZVIRTES, L. & CHIAVENATO, P. *Implantação do controle estatístico do processo em uma indústria de bebidas destiladas.* In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006. Fortaleza. Anais. Fortaleza, 2006. 8p.