

Controle Estatístico da Qualidade: estudo de caso em uma empresa do ramo de pisos intertravados de concreto

Aguimar Rosa (FACECA) aguimarrosa@hotmail.com

Amanda Fernandes de Paula (FACECA) amandafernandes.paula@hotmail.com

Neusmara Aparecida Carvalho Moraes (FACECA) neusmaracarvalho@yahoo.com.br

Acácio Ponciano Rodrigues (FACECA) 1916.acaciorodrigues@cneec.br

Resumo

Este artigo tem como finalidade apresentar um estudo sobre métodos de controle estatístico da qualidade que aplicado à produção de pavers e blocos de uma empresa do ramo de pavimentação, verificou-se com a aplicação do controle da qualidade a possibilidade de redução de custos gerados pela não conformidade de peso e tamanho do produto. Para atingir os objetivos propostos, realizou-se uma pesquisa-ação na empresa. Os resultados obtidos foram: melhor aproveitamento de mão de obra, matéria-prima e maior qualidade dos produtos.

Palavras chave: Controle Estatístico da Qualidade, Pavimentação, Blocos de cimento, Construção civil.

Statistical Quality Control: a case study in a company of concrete interlocking floors

Abstract

The purpose of this article is to present a study on methods of statistical quality control applied to the production of pavers and blocks of a company in the field of paving, it was verified with the application of quality control the possibility of reducing costs generated by non-conformity of weight and size of the product. To achieve the proposed objectives, an action research was carried out in the company. The results obtained were: better use of labor, raw material and higher quality of products.

Key-words: Statistical Quality Control, Paving, Cement Blocks, Civil Construction.

1. Introdução

O setor como um todo, busca reduzir desperdícios no processo produtivo sem perder a qualidade. A situação não é diferente nos fabricantes de artefatos que servirão de insumos para as obras de construção civil, incluindo fábrica de blocos para a fabricação de imóveis e pavimentação. Neste contexto, as ferramentas da qualidade como o Controle Estatístico da Qualidade podem auxiliar no diagnóstico de eventuais inconsistências no processo produtivo e no direcionamento de melhorias.

Um dos produtos relevantes em fábrica de blocos são os pavers. Pavers são blocos intertravados de concreto, pré-fabricados, maciços e que permitem pavimentar completamente uma superfície. O intertravamento é a capacidade que o material tem de resistir aos movimentos de

deslocamento individual, seja vertical, horizontal, de rotação ou giração em relação às peças adjacentes (FIORITI, 2007).

Assim, a questão de pesquisa que se coloca neste artigo é: “como aplicar o CEQ na fabricação de pavers?”

Os objetivos específicos foram:

- a) Mapear os processos de produção de pavers e blocos de concreto;
- b) Levantar e medir as não-conformidades atuais da produção;
- c) Elaborar um diagnóstico da situação;
- d) Implementar o CEQ;
- e) Realizar novas medições de não-conformidades;
- f) Intervir no processo buscando melhorias;
- g) Realizar novas medições para avaliar as melhorias.

Para realizar a pesquisa foi utilizado o método de pesquisa-ação em uma fábrica de pavers e blocos de concreto no período de fevereiro a agosto de 2018.

A pesquisa se justifica em função do alto índice de não-conformidades nos processos de construção civil, o que eleva os custos de produção do setor. Além disso, como a qualidade do produto é primordial não só para a imagem da empresa, como também para a satisfação pessoal de cada cliente, é de suma importância desenvolver projetos neste âmbito que aprimorem e procurem a fundo a causa raiz dos problemas na produção, a fim de solucioná-los.

2. Metodologia

Para responder à questão de pesquisa e atingir os objetivos propostos, utilizou-se o método de pesquisa-ação. Este é por sua vez, um método bastante utilizado na Engenharia de Produção principalmente por proporcionar uma interação entre o pesquisador e o objeto pesquisado. (TURRIONI e MELLO, 2012)

2.1 Pesquisa-ação

Thiollent (1988) define pesquisa-ação como um tipo de pesquisa baseada de sentido empírico, relacionando uma ação com a resolução de um problema coletivo, onde os pesquisadores são envolvidos de forma eficaz com os participantes diretos da pesquisa.

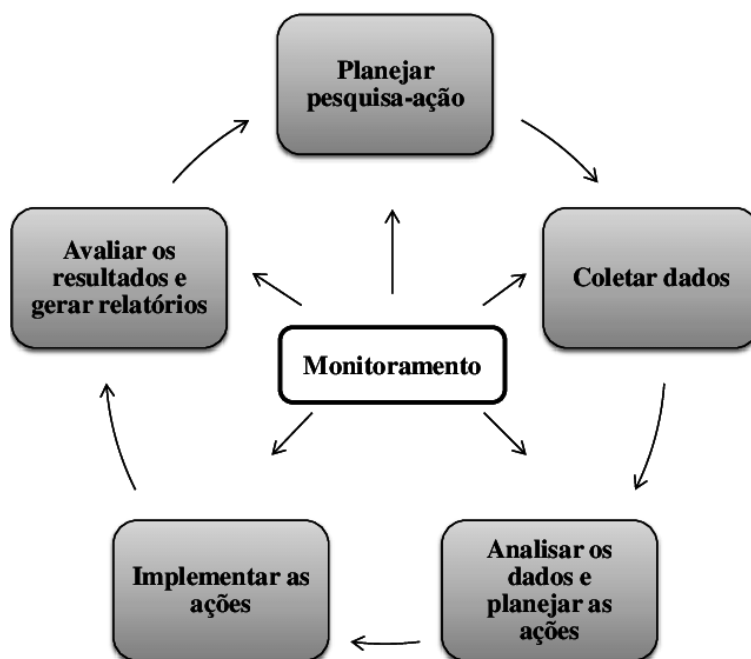
A pesquisa-ação é então percebida como uma estrutura de interação clientes/pesquisadores ou consultores com procedimento em cinco fases, bastante clássicos nas áreas de tecnologia e organização (THIOLLENT, 1997):

- Diagnóstico para identificar um problema na organização
- Planejamento da ação, considerando as ações alternativas para resolver o problema
- Execução das ações, com seleção de um roteiro de ação
- Avaliação das consequências da ação
- Aprendizagem específica e identificação dos ensinamentos da experiência com retorno ao ponto de partida para evidenciar o generalizável adquirido sobre o problema.

A sequência da condução para a pesquisa-ação, baseada nos trabalhos de West Brook (1995), Coughlan e Coughlan (2002) e Thiollent (2007), pode ser vista na Figura 1. Cada ciclo do

processo da pesquisa-ação acontece em cinco fases: planejar; coletar dados; analisar dados e planejar ações; implementar ações; avaliar resultados e gerar relatório. O monitoramento é considerado uma metafase.

Para a realização deste estudo, foram seguidos todos os passos apresentados na Figura 1 apresentada a seguir.



Fonte: Adaptada de Coughlan e Coughlan (2002).

Figura 1: Estruturação para condução da pesquisa-ação.

Para o desenvolvimento dos métodos de controle estatístico da qualidade na produção de pavers intertravados, foi tomado como base o princípio acima citado para desenvolver a melhor forma de resolver o problema de não conformidade relacionada à resistência dos produtos finais, implementando métodos de controle criados estritamente para o problema em questão.

As fases de planejamento, coleta de dados, análise de dados e planejamento da ação, implementação da ação e avaliação de resultados para gerar relatório se resumem em:

- **Planejamento:** medir criar planilhas e gráficos de controle estatístico da qualidade para determinar o nível de inconformidade do produto durante o processo de produção.

- **Coleta de dados:**

- Fazer análise visual na matéria-prima (especificamente na areia natural fina e média, areia artificial grossa e brita 0)
- Levar tais matérias para análise granulométrica em laboratório;
- Plotar os valores obtidos nos testes de granulometria na planilha que alimentará um gráfico que se resume em confrontar os limites superior, inferior e o do valor obtido em teste de cada matéria-prima em porcentagem (%) para obter uma mistura adequada que traga resistência ao produto e baixo custo de produção;

- **Análise de dados:** a análise dos dados foi realizada com base na teoria e na experiência empírica dos membros da organização com os participantes da pesquisa.

- Planejamento da ação:

- Analisar o processo da produção visualmente para ver se há alguma inconformidade (trincas, buracos, falta de matéria prima por falha de abastecimento) no produto no decorrer de sua prensagem;
- Fazer pesagem dos pavers na sequência de 5 tábuas prensadas e colocar os dados na tabela de controle estatístico elaborada pelos autores para notar o desvio de peso dos produtos afim identificar eventuais falhas mecânicas no decorrer do processo.

- Implementar ações:

- As ações planejadas foram implementadas.

- Avaliar dados e gerar relatórios:

- Os dados e os resultados da implementação das ações planejadas foram avaliados pelos pesquisadores e membros da organização participantes da pesquisa.

3. Referencial Teórico

Segundo Caten (1995), um produto deve ser planejado com características de qualidade acentuada para que seja fiel aos valores especificados em projeto. Portanto, estes devem ser robustos o bastante em seu processo produtivo e em suas condições de uso. Neste âmbito, a utilização de processos de Controle Estatístico de Qualidade é fundamental, já que suas técnicas auxiliam na interpretação da variabilidade existente em todos os processos produtivos.

Para isso foram utilizados os gráficos de controle por variáveis para monitorar o processo, onde há alimentação de dados através de testes de granulometria feitos para definir a quantidade de cada composto a ser utilizado na mistura, além também de uma tabela de controle de pesos dos produtos acabados para verificar se estes se enquadram no valor estipulado pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), onde através dos seus resultados, podemos visualizar onde está o problema de abastecimento da máquina e posteriormente solucioná-lo. A tabela de testes de granulometria e a planilha de pesagem dos pavers irão auxiliar na prova de qualidade final do produto que seria seu rompimento. Sendo assim, confirmando se sua resistência se enquadra no valor especificado. Procurando sempre reduzir custo com produto refugado e desperdício de matéria-prima por descontrole de operações. (ABCP, 1999).

3.1 Características dos Blocos Intertravados de Concreto ou pavers

De acordo com Fioriti (2007), se alguns requisitos forem seguidos, como uma base bem executada, blocos com qualidade notável e apresentar um assentamento correto, um pavimento de pavers de concreto pode atingir até 25 anos de vida útil.

Propriedades do paver, segundo (A. Junior, 2007):

- Apresenta menor absorção da luz solar, evitando, o desconforto da elevação exagerada da temperatura ambiental;
- Podem ter, simultaneamente, capacidade estrutural e valor paisagístico;
- Permite fácil reparação quando ocorre recalque no subleito que comprometa a capacidade estrutural do pavimento;
- Possibilita fácil acesso a serviços subterrâneos, e o reparo não deixa marcas visíveis;
- Os pavers podem ser reutilizados;
- Não necessita de mão de obra especializada;

- Os materiais chegam até a obra prontos para a aplicação;
- Liberação rápida do tráfego, logo após a conclusão.

3.3 SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade) na construção civil

Nas empresas de construção a motivação pela implementação de um sistema de gestão da qualidade está associada à redução de custos, relacionados 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).

3.4 Controle Estatístico da Qualidade (CEQ)

O termo Qualidade, segundo a definição dada pela Norma ISO 8402 (International Organization for Standardization) é: *"a totalidade das características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer necessidades explícitas e implícitas dos clientes"*

Exemplo:

- **Entidade:** uma empresa de prestação de serviços.
- **Necessidades explícitas:** as especificadas em contrato.
- **Necessidades implícitas:** as que a empresa tem que satisfazer, embora não especificadas em contrato, para obter um diferencial competitivo.

O controle estatístico da qualidade na indústria visando eficiência, produtividade, vendas, etc, popularizou-se, segundo Westgard & Barry (1986), a partir do trabalho de W. E. Deming, estatístico que atuou na área de controle de qualidade das forças armadas norte-americanas durante a Segunda Guerra Mundial e que, no pós-guerra, foi levado para o Japão pelo General Douglas MacArthur com a função de ajudar na reconstrução da indústria japonesa. Assim, ironicamente, muitas técnicas que ajudaram os Estados Unidos da América em tempos de guerra, também ajudaram o Japão em tempos de paz. Deming tinha trabalhado com Walter Shewhart, o pai do controle estatístico da qualidade e criador dos gráficos de controle, uma das ferramentas mais poderosas do controle estatístico de processos, e do Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), ferramenta fundamental para o gerenciamento da qualidade.

A estratégia básica na gestão da qualidade de Deming foi a utilização da estatística para a tomada de decisão, dando ênfase ao uso de dados numéricos (Deming, 1990).

3.4.1 Gráficos de controle

O gráfico de controle é bastante utilizado como ferramenta do Controle Estatístico de Processo (CEP) para analisar a variabilidade em dados expressos no tempo. O CEP é constituído por um conjunto de ferramentas de resolução de problemas que tem como objetivo medir, monitorar, controlar e melhorar a qualidade do processo (MONTGOMERY e RUNGER, 2009).

A melhoria da qualidade é “um fator chave que conduz ao sucesso, crescimento e a uma melhor posição de competitividade de um negócio” (MONTGOMERY, 2004, p. 1)

O gráfico de controle consiste em “uma disposição gráfica de uma característica da qualidade [...] usada para monitorar um processo” (MONTGOMERY e RUNGER, 2009, p. 397 e p. 484) e, baseia-se em estatísticas como a média amostral, o desvio padrão amostral, dentre outras.

O gráfico de controle é basicamente composto por uma linha central horizontal (LC – que corresponde à determinada estatística da característica de qualidade que está sendo monitorada), limite inferior de controle (LIC) e limite superior de controle (LSC), conforme Figura 1. E, caracteriza-se por utilizar somente o resultado amostral atual e, por isso, segundo Moreira e Souza (2010, p. 2), é conhecido “como gráfico de controle sem memória”.

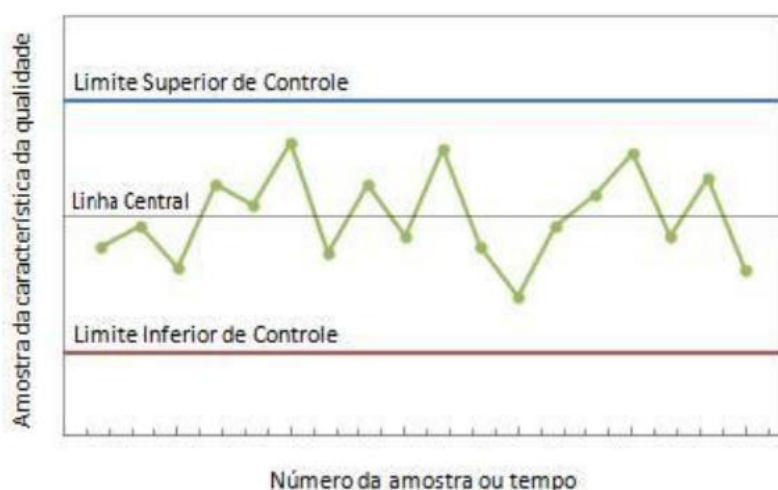


Figura 1 – Gráfico de controle típico

Fonte: Montgomery (2004)

3.4.1.1 Gráfico de Controle por Variáveis

São gráficos utilizados no controle de características como peso, comprimento, densidade e concentração. Faz-se necessárias medições em uma escala contínua, pois dados variáveis contêm mais informações que atributos e em detrimento disso, os gráficos por variáveis são mais utilizados, pois facilitam o diagnóstico das causas que afetam a estabilidade do processo.

Quanto à sua interpretação, se os pontos traçados no gráfico estiverem dentro dos limites de controle e dispostos de forma aleatória, pode-se dizer que o processo está sob controle estatístico. Caso contrário, se um ou mais pontos estiverem fora dos limites de controle ou estiverem dispostos de forma não aleatória, pode-se dizer que o processo está fora de controle estatístico, indicando a existência de uma ou mais causas determináveis (assinaláveis) de variação, sendo necessária a identificação e a correção desses fatores que causam tais variações para que a variabilidade do processo seja reduzida (SIQUEIRA, 1997).

Segundo Costa (2010), dentre os principais gráficos de controle por variáveis estão:

- a) gráfico da média;
- b) gráfico da amplitude;
- c) gráfico da variância;
- d) gráfico do desvio padrão.

Ainda de acordo com Costa (2010), se a variável for contínua, a norma é utilizar gráficos de média e amplitude. O da média para monitorar a centralidade do processo, e o da amplitude para monitorar a dispersão.

- A Linha Média (LM) para o gráfico da média, é localizada na própria média, que é o valor esperado da variável de controle;
- Os limites de controle para estes gráficos são usualmente estabelecidos a três desvios-padrão dessa média: “limites de 3 sigma”.
- Estes limites foram propostos por Shewhart, que se baseou no seguinte lema:
“Se o processo estiver em controle, evite ajustes desnecessários, que só tendem a aumentar a sua variabilidade”.

3.4.1.2 Gráficos de controle por atributos

São gráficos para controle de números e proporções, que contêm o número de defeitos ou números de defeituosos. Exigem somente uma classificação de medições descontínuas como boa ou má. (GALUCH, 2002)

Toledo (2013), afirma que alguns produtos são classificados como “defeituosos” e “não defeituosos”; nestes casos se utiliza “gráficos np” e o gráfico de controle da fração defeituosa “gráfico da proporção não conforme ou gráfico de p”. Os “gráficos np” e “gráfico de p” servem para monitorar processos que produzem regularmente certa porcentagem de itens defeituosos mesmo na ausência de causas especiais, tais como pregos, parafusos ou lâmpadas. Para itens complexos como geladeiras, automóveis ou televisores deixarem a linha de produção com pequenos defeitos, possíveis de serem sanados pela assistência técnica; da mesma forma, tecidos e rolos de metal com pequenos defeitos não inutilizam o rolo inteiro. Neste caso, utiliza-se no monitoramento do processo, o “gráfico de C”, do nº de não-conformidades na amostra.

4. A condução da pesquisa-ação

4.1 A empresa pesquisada

A empresa estudada é especializada no desenvolvimento de soluções sustentáveis para pavimentação através de pisos intertravados de fabricação própria, dando suporte aos mais diversos empreendimentos da construção civil como estacionamentos, pátios de transportadoras e novas construções que necessitam de uma área de impermeabilidade, já que alguns dos produtos da empresa são pisos permeáveis.

Contando com 29 funcionários e uma variedade de 8 produtos diferentes obtidos através de processo produtivo próprio que dispõe de matéria-prima de alta qualidade que passam por diversos testes antes de serem adquiridos pela empresa. Conta com profissionais devidamente treinados, a qualidade é fiscalizada pela ABCP, conferindo ao produto final o que há de melhor em qualidade, durabilidade e economia. A empresa também dispõe de laboratório de testes, permitindo que o produto final esteja devidamente adequado as normas de segurança a durabilidade exigidas pelo mercado.

4.2 Diagnóstico, plano de ação e implementação das ações de medição

Foram desenvolvidas tabelas demonstradas como Figura 2 e Figura 4, que foram posteriormente plotadas em gráficos demonstrados como Figura 3 e Figura 5, para controle da qualidade de pavers. Como anteriormente a empresa havia apresentado prejuízo em relação a refugos, por conta do peso excedido do padrão estabelecido pela ABCP, o grupo levantou tais hipóteses de medição de conformidade de peso da matéria-prima afim de reduzir o desperdício, controlando a quantidade exata necessária para se obter um produto de qualidade.

A seguir será apresentada a planilha desenvolvida pelos pesquisadores juntamente com um especialista na área de construção civil, para controle da qualidade referente aos pesos ideais

de cada matéria-prima utilizada na produção. Este teste em específico, refere-se a granulometria da matéria-prima utilizada no processo, ou seja, a medição da dimensão das partículas dos produtos, que passarão por peneiras mesh com furos de diferentes diâmetros. Este processo permite saber a quantidade residual de cada material a fim de detectar sua conformidade para a produção. Sendo um material muito refinado ou muito grosso, especialmente as areias utilizadas no processo, este não estará autorizado para se enquadrar à produção. Pondo em risco a resistência dos blocos em questão.

IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS															
Materiais	Brita 0	Proporção dos agregados na mistura		0	100										
	Areia Artificial grossa			35											
	Areia Fina			45											
	Areia Média			20											
DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS MATERIAIS										GRANULOMETRIA PONDERADA RESULTANTE DA COMBINAÇÃO DOS AGREGADOS		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS RECOMENDADAS			
Peneira (mm)	Brita 0		Areia Artificial grossa		Areia Fina		Areia Média								
	% Retida		% Retida		% Retida		% Retida		#			%	Bloco		Paver
	Ind.	Acum.	Ind.	Acum.	Ind.	Acum.	Ind.	Acum.			Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Limite Sup.	
12,5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	12,50	0,00					
9,5	0,00	0,00	3,5	3,50		0,00	0,00	0,00	9,50	1,23				0	
6,3	0,00	0,00	45,0	48,50		0,00	0,00	0,00	6,30	16,98			0	5	
4,8	5,5	5,50	31,0	79,50		0,00	0,00	0,00	4,80	27,83			0	20	
2,4	39,0	44,50	18,0	97,50		0,00	5,5	5,50	2,40	35,23			13	40	
1,2	22,5	67,00	1,0	98,50	0,50	0,50	17,5	23,00	1,20	39,30			35	61	
0,6	12,0	79,00	0,0	98,50	0,50	1,00	37,0	60,00	0,60	46,93			52	78	
0,3	7,5	86,50	0,0	98,50	3,00	4,00	23,0	83,00	0,30	52,88			68	90	
0,15	5,0	91,50	1,0	99,50	66,00	70,00	13,0	96,00	0,15	85,53			80	99,5	
0,075	8,5	100,00	0,5	100,00	30,00	100,00	4,0	100,00	0,08	100,00			95	100	
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	TOTAL	100,00					

Figura 2 – Planilha de controle granulométrico para pavers (Resultado não conforme).

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Para montagem da planilha representada como Figura 2, estão sendo usadas quantidades fictícias. Sendo assim, os números adotados na planilha corresponderam a quantidades nulas ou exacerbadas de matéria-prima utilizadas no processo.

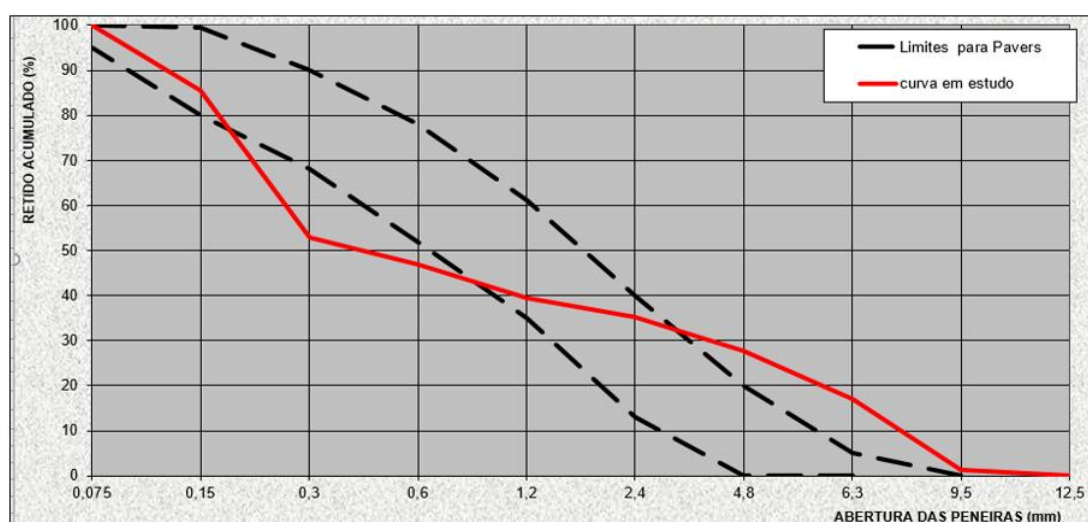


Figura 3 – Gráfico de CEQ do controle granulométrico referente à Figura 2.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

A Figura 3 é a representação gráfica da Figura 2, na qual demonstra de forma clara as quantidades fora do limite padrão estabelecido.

A Figura 4 apresentada abaixo demonstrará uma planilha que se enquadra nos limites padrões

de pesagem de cada produto que são estabelecidos pelas normas da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), onde a seguir será representada também a forma gráfica para melhor visualização do enquadramento de cada limite LSE (Limite Superior de Especificação) e LIE (Limite Inferior de Especificação).

IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS															
Materiais	Pó de Pedra		Proporção dos agregados na mistura		50		100								
	Pedrisco				0										
	Areia Fina				10										
	Areia Média				40										
DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS MATERIAIS									GRANULOMETRIA PONDERADA RESULTANTE DA COMBINAÇÃO DOS AGREGADOS		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS RECOMENDADAS				
Peneira (mm)	Pó de Pedra		Pedrisco		Areia Fina		Areia Média								
	% Retida		% Retida		% Retida		% Retida				#		Bloco		Paver
	Ind.	Acum.	Ind.	Acum.	Ind.	Acum.	Ind.	Acum.		%	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Lim. Inf.	Limite Sup.	
12,5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	12,50	0,00					
9,5	0,00	0,00	3,5	3,50		0,00	0,00	0,00	9,50	0,00				0	
6,3	0,00	0,00	45,0	48,50		0,00	0,00	0,00	6,30	0,00			0	5	
4,8	5,5	5,50	31,0	79,50		0,00	0,00	0,00	4,80	2,75			0	20	
2,4	39,0	44,50	18,0	97,50		0,00	5,5	5,50	2,40	24,45			13	40	
1,2	22,5	67,00	1,0	98,50	0,50	0,50	17,5	23,00	1,20	42,75			35	61	
0,6	12,0	79,00	0,0	98,50	0,50	1,00	37,0	60,00	0,60	63,60			52	78	
0,3	7,5	86,50	0,0	98,50	3,00	4,00	23,0	83,00	0,30	76,85			68	90	
0,15	5,0	91,50	1,0	99,50	66,00	70,00	13,0	96,00	0,15	91,15			80	99,5	
0,075	8,5	100,00	0,5	100,00	30,00	100,00	4,0	100,00	0,08	100,00			95	100	
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	TOTAL	100,00					

Figura 4 – Planilha de controle granulométrico para pavers (Resultado conforme).
Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Para a tabela descrita nas figuras 4 e 6, foram utilizadas planilhas do programa excel, sendo uma ferramenta de controle simples, mas totalmente eficaz nas medições realizadas.

Adiante, será demonstrado o gráfico que apresenta resultado visual ideal para os pesos de materiais estabelecidos pela ABCP, orientados pela pesquisa.

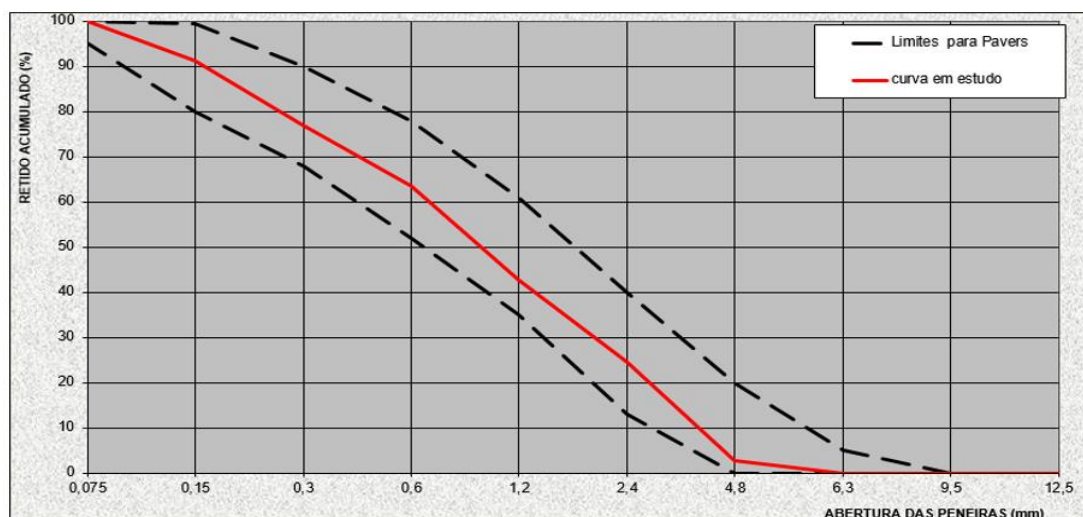


Figura 5 – Gráfico de CEQ do controle granulométrico referente à Figura 4.
Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Logo após o processo de granulometria e análise dos dados de controle feitos conforme descrito anteriormente, percebe-se a necessidade de uma investigação maior em relação à quantidade de material que seria depositada em cada molde dos pavers. Assim, foi elaborada a planilha de

mapeamento para avaliação da dispersão do volume de matéria prima alimentado nas cavidades do molde conforme demonstrado na Figura 6.

Bandeja 1		Bandeja 2		Bandeja 3		3444		Bandeja 5	
2543	2476	2590	2420	2611	2411	2603	2431	2633	2465
2567	2486	2592	2449	2605	2457	2599	2457	2593	2458
2597	2465	2500	2445	2544	2420	2518	2462	2465	2417
2579	2475	2553	2480	2559	2452	2555	2454	2492	2421
2655	2514	2637	2599	2613	2515	2612	2519	2600	2539
2649	2472	2614	2482	2688	2475	2683	2472	2665	2500
2598	2481	2581	2479	2603	2455	2595	2466	2575	2467
Máximo	2655	Máximo	2637	Máximo	2688	Máximo	2683	Máximo	2665
Mínimo	2465	Mínimo	2420	Mínimo	2411	Mínimo	2431	Mínimo	2417
Média	2540	Média	2530	Média	2529	Média	2530	Média	2521
Variação	190	Variação	217	Variação	277	Variação	252	Variação	248
Desvio	69	Desvio	76	Desvio	88	Desvio	80	Desvio	84
Desvio	padrão	77	2411	2530	2688	277,0	10,9%	2277	2340
-10,00%	-7,5%	-5,0%	-2,5%	2,5%	5,0%	7,5%	10,0%	2277	2340
D	C	B	A	Classe	A	B	C	D	
Sub compactados		Super compactados							
-10%	-7,5%	-5,0%	-2,5%	+2,5%	+5,0%	+7,5%	+10,0%		

Figura 6 – Mapeamento para avaliação da dispersão do volume de matéria-prima alimentado nas cavidades do molde.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

No mapeamento demonstrado fica de fácil visualização o local exato em que os pavers estão com peso acima ou abaixo do permitido, que seria um valor de desvio padrão de 50g para mais ou para menos do especificado que é de 2500g, demonstrado pela seguinte legenda:

- Os valores apresentados na cor amarela com escrita em preto estão acima do limite especificado;
- Os valores apresentados na cor verde estão dentro do padrão estabelecido pela ABCP;
- Os valores apresentados na cor verde com escrito vermelho estão abaixo do peso ideal.

4.3 Avaliação dos resultados obtidos

Em reunião realizada entre os pesquisadores e os membros da organização, avaliou-se que de forma geral, a pesquisa detectou o problema de pesagem dos produtos, onde antes não havia nenhum teste feito com relação à matéria-prima e suas quantidades necessárias. Por isso a equipe buscou através de especialistas, informações sobre a quantidade exata do peso de cada paver, para alimentar as planilhas granulométricas criadas conforme descrito nas figuras acima. Como forma de melhoria para os processos da empresa, sugere-se uma maior dedicação da medição diária da matéria prima feita pelos funcionários, o que deveria ser observado para não se enquadrarem na situação que estavam anteriormente, de refugo constante dos produtos, resultando na má qualidade e durabilidade dos mesmos. Tais quesitos de qualidade são detectados através de testes de compressão dos blocos e pavers. Onde os não resistentes são rompidos á uma força menor que 35 MPa.

5 Considerações finais

Esse trabalho procurou apresentar a aplicação do CEQ (Controle Estatístico de Qualidade) 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 do processo a falta de comprometimento para com os testes, a fim de se iniciar um programa adequado de controle. Foram diagnosticadas as origens das causas 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.

A principal descoberta da pesquisa realizada foi em relação à deficiência de controle dos processos da empresa, já que não era feito nenhum teste em matéria prima, observando com o tempo qual era a causa raiz do problema de alocação da matéria prima nos moldes.

Sugere-se que sejam feitas novas pesquisas no âmbito da realocação de matéria prima e estudos mais aprofundados sobre o funcionamento da máquina que modela os blocos e pavers. Pesquisas neste sentido devem ser feitas com experiência de outras empresas do ramo para avaliar se o fluxo do processo corresponde ao necessário para evitar prejuízos como os que havia anteriormente.

Referências

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, ET-27. *Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto*. 4ª ed. São Paulo/SP, 1999.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: *Cimento Portland comum – especificação*. Rio de Janeiro, 1982.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E.K.; CARPINETTI, L.C.R. *Controle estatístico de qualidade*. 2 e – 4ª reimpr. São Paulo: Atlas, 2010.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. *Action research for operations management*. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

DEMING, W.E. *Qualidade: a revolução da administração*. Rio de Janeiro: Marques-saraiva, 1990. 363p.

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.

FIORITI, C. F. *Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneu como material alternativo*. 202 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

GALUCH, L. *Modelo para Implementação das Ferramentas Básicas do Controle Estatístico de Processo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

JUNIOR, Ivan J. A. *Pavimento intertravados como ferramenta de moderação do tráfego nos centros comerciais de travessias urbanas – Estudo de Caso Guaiúba, CE*. 2007, 221 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

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

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2009. 493 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.



VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018

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.

SIQUEIRA, L. G. P. et al. *Controle Estatístico do Processo*. São Paulo: Pioneira, 1997.

SOARES, G. M. V. P. P. *Aplicação do Controle Estatístico de Processos em Indústria de Bebidas: um estudo de caso*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

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.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo: Cortez, 1988.

THIOLLENT, M. *Pesquisa-Ação nas Organizações*. São Paulo: Atlas, 1997.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

TOLEDO, José Carlos de; BORRÁS, Miguel Ángel A.; MERGULHÃO, Ricardo Coser; MENDES, Glauco H.S. *Qualidade: Gestão e Métodos*. Rio de Janeiro: LTC, 2013, cap.11.

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.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas*. 2012. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

WESTGARD, J.O.; BARRY, P. *Cost-effective quality control: managing the quality and productivity of analytical processes*. Washington: AACC Press, 1986.228p.