

VARIABILIDADE NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA UM ESTUDO DE CASO DO BLOCO PARA LAJES PRÉ-MOLDADAS

Paulo Sérgio Carvalho Aguiar

CEFET/RJ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
Av. Maracanã, 229, Rio de Janeiro - RJ. e-mail: paulo_sc_aguiar@hotmail.com

Jose Antonio Assunção Peixoto

CEFET/RJ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
Av. Maracanã, 229, Rio de Janeiro – RJ. e-mail: jpeixoto@montreal.com.br.

Marina Rodrigues Brochado

CEFET/RJ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
Av. Maracanã, 229, Rio de Janeiro – RJ. e-mail: marina@cefet-rj.br

Resumo. *Este trabalho relata um dos estudos do Projeto “Uma Abordagem Interdisciplinar na Área de Inovação Tecnológica: Estudo da Indústria Cerâmica Vermelha” que tem sua origem em 1999, a partir de um convênio entre as instituições CEFET/RJ Brasil e Fachhochschule-Köln, Alemanha. O trabalho estima a variabilidade existente no processo de produção do bloco de laje pré-moldada, através de uma pesquisa de campo realizada numa indústria de cerâmica vermelha do estado do Rio de Janeiro, utilizando-se conceitos simples de análise estatística para o controle de processo. As operações do processo analisado foram a de formação e corte dos blocos cerâmicos através da medição de 80 amostras de tamanho 5. O estudo conclui por haver uma variabilidade significativa no processo afetando o comprimento em nível elevado, indicando dificuldades do setor frente às expectativas de inovação.*

Palavras-chave: *estudo de variabilidade; indústria de cerâmica vermelha; controle estatístico de processo.*

1. INTRODUÇÃO

A indústria de cerâmica vermelha é considerada uma das mais antigas do mundo, pela facilidade de obtenção e manuseio de matéria prima - a argila. A cerâmica é um material artificial obtido pela moldagem, secagem e sinterização da argila ou de mistura de materiais minerais contendo argila. A produção da cerâmica vermelha no Brasil é realizada por empresas que se localizam em dezenas de pólos ceramistas espalhados pelo território brasileiro, pois é uma atividade que requer um grande volume da matéria-prima e possui baixo valor agregado, o que faz com que as empresas se localizem relativamente perto das jazidas de argila e dos pólos consumidores, de modo a minimizar o custo de exploração e de transporte associados.

As unidades produtivas são de pequeno e médio porte, utilizando em geral, tecnologias desenvolvidas a mais de 30 anos. Um número crescente de empresas, relativamente pequenas, vem utilizando tecnologias mais atuais em seus processos produtivos, por exemplo, mostrando sistemas semi-automáticos de carga/descarga e fornos túneis, mas a maioria permanece imobilizada frente aos desafios que terão que enfrentar. A realidade atual tende a ser modificada, sob os efeitos da

globalização, quando interessados no potencial da indústria de cerâmica vermelha no Brasil, e alguns empresários, principalmente europeus, buscam oportunidades para aqui instalarem suas fábricas. SEBRAE (1997).

Em 1999, o intercâmbio acadêmico e gerencial entre o Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - Cefet-RJ e a Fachhochschule - Köln - Instituto de Tecnologia dos Trópicos – ITT - Alemanha, visando à melhoria da qualidade de ensino, através do estudo cooperativo de métodos e procedimentos aplicáveis ao processo de inovação tecnológica e seu impacto na economia, sociedade e meio ambiente, teve como um dos desdobramentos o Projeto “Uma Abordagem Interdisciplinar de Inovação Tecnológica: Estudo da Indústria da Cerâmica Vermelha”. Esse Projeto motivou outras iniciativas como a do estudo piloto realizado em conjunto com a ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica, e o SEBRAE-RJ, que recebeu o título “*Apoio Técnico do CEFET/RJ em Atividades do Desempenho das Empresas do Setor de Cerâmica Vermelha do Estado do Rio de Janeiro*”. O objetivo do estudo piloto foi propor ações para o aperfeiçoamento dos controles dos processos produtivos e a realização de experimentos técnicos em três plantas fabris do setor, visando à preparação das empresas para absorção de inovação tecnológica.

A partir dos estudos sobre o panorama da indústria de cerâmica vermelha do SEBRAE/RJ (1997), do SENAI (1997) e do CEFET/RJ Brochado (2002), foi possível identificar necessidades gerais de melhoria das empresas, de aperfeiçoamento dos controles dos processos produtivos e de realização de experimentos técnicos no setor, visando à preparação das plantas fabris para absorção de ações de inovação tecnológica. Tais inovações podem acontecer nas várias fases do processo de produção desde a extração da argila, passando pelo preparo, formação dos blocos, secagem, queima e distribuição dos produtos e uso dos consumidores finais.

A contribuição parcial deste trabalho baseia-se na pesquisa de campo realizada numa empresa do pólo cerâmico da região de Barra do Piraí, no Estado do Rio de Janeiro, junto ao equipamento denominado maromba (extrusora), no qual se processa a formação e o corte dos blocos para o estudo relativo ao comprimento dos blocos.

2. A VARIABILIDADE NO CONTROLE DA QUALIDADE DE TIJOLOS E BLOCOS DE CERÂMICA VERMELHA

As propriedades das cerâmicas sofrem grandes variações e dependem da sua constituição, do processo de moldagem, da sinterização e outros. Dentre essas propriedades podem ser destacadas as dimensões o peso, o volume aparente, o peso específico aparente, a resistência ao desgaste, a resistência mecânica e absorção ou porosidade aparente. De maneira geral, a preparação dos materiais cerâmicos obedece às seguintes fases: extração da argila, preparo da matéria-prima, moldagem, secagem, cozimento e esfriamento.

A otimização do desempenho de um produto ou de um processo, assim como a redução das suas variações, resulta em peças ou equipamentos menos defeituosos ou menos unidades fora de tolerância. Taylor (1991) divide em cinco categorias as variáveis que podem ser encontradas ao se estudar os mecanismos de redução da variabilidade e de otimização de processos produtivos: *o maior valor possível; o menor valor possível; um determinado valor; valor definido por uma função; valores uniformes em torno de uma média.*

No estudo em questão, são as seguintes as correspondências feitas para as categorias de variáveis:

O maior valor possível - nesse categoria, o objetivo geral é o de obter valores os mais altos possíveis, como por exemplo, resistência à compressão, resistência à flexão e o tempo de vida de um tijolo ou bloco. *O menor valor possível* - Nesse caso, os menores valores são os que correspondem às metas do processo produtivo. O objetivo do processo torna-se obter valores para uma determinada variável tão próximos de zero quanto for possível. São exemplos dessa variável o custo da operação de corte, o tempo de preparação da argila ou o tempo de queima ou de secagem de tijolos e blocos. *Um determinado valor* - a categoria é caracterizada por possuir um valor ideal, que é o objetivo do esforço produtivo. Todas as unidades devem ser produzidas o mais próximo

possível desse valor. Exemplos disso são a largura, a altura e o comprimento de um tijolo. *Valor definido por uma função* - Essa categoria de variável é tipicamente encontrada em produtos produzidos por equipamentos que possuem algum grau de complexidade em sua operação, já que eles dispõem de dispositivos que são manuseados e ajustados pelos operadores para se obter um resultado desejado. Por exemplo, a extrusora utilizada para produzir o tipo de bloco objeto desse trabalho possui três ajustes para a sua taxa de produção: 102, 112 e 122 peças por minuto. A seleção de um desses valores de produção é feita pelo operador através de jogos de polias e correias instalados nas saídas dos silos de argila. *Valores uniformes em torno de uma média* - valores se distribuem uniformemente em torno de uma média, não importando muito o valor dessa média. Nesse tipo de situação existem vários valores aceitáveis de médias e isso resulta em que o melhor lote é aquele que possui a menor variação em torno da média, independentemente do valor dessa média.

De acordo com Taylor (1991), a despeito das diferenças apontadas entre os cinco tipos de variáveis apresentadas, existem importantes congruência entre elas:

- todas as categorias possuem um valor que pode ser tomado como ideal a ser atingido;
- subsiste o desejo de manter o maior número possível de unidades do produto tão próximo desse valor ideal quanto possível.

Isso requer que a média seja mantida o mais próximo possível do valor desejado e que, em seguida, seja minimizada a variação em torno dessa média, o que conduz aos seguintes objetivos:

- otimização da Média: alcançar o valor mais desejável da média;
- redução da Variação: reduzir a variação em torno dessa média.

Ambos os objetivos são importantes. Não importa o quanto a média possa ser otimizada: a variação excessiva pode resultar em perda da qualidade. Similarmente, não importa o quanto a variação possa ser reduzida: uma média com muita dispersão pode resultar em perda da qualidade.

A palavra otimização, refere-se, conjuntamente, ao ajuste mais adequado da média e à redução da variação. O objetivo da otimização é que cada unidade do produto desempenhe as suas funções nos seus valores ideais.

Taylor (1991) identifica três fontes de variabilidade para um produto:

1. aquelas oriundas do processo produtivo;
2. aquelas oriundas do manuseio e das condições impostas pelo cliente e pelo ambiente de trabalho;
3. e aquelas decorrentes do envelhecimento do produto.

Dessas fontes, só a primeira delas é focalizada mais de perto no presente trabalho, por ter origem no equipamento maromba. Essas variabilidades são as mais facilmente percebidas dentro de uma fábrica. Decorrem das variações no desempenho do produto que resultam de situações como flutuações dos parâmetros das máquinas e dos materiais, desgastes e trocas de ferramentas, alterações de métodos e de operadores no ambiente de produção.

3. ESTUDO DE CASO: VARIABILIDADE NO PROCESSO DE FORMAÇÃO E CORTE DOS BLOCOS DE LAJE PRÉ-MOLDADA

O estudo de caso do presente trabalho foi realizado em uma localizada no município de Barra do Piraí, no estado do Rio de Janeiro. É uma empresa de pequeno porte com 70 empregados e a sua produção é composta principalmente de blocos cerâmicos para laje pré-moldada (70%) e para vedação. O seu mercado consumidor é basicamente localizado na região, absorvendo uma produção mensal que gira em torno de 980 mil peças, com consumo estimado de matéria-prima em torno de 2.750 toneladas/mês.

O bloco cerâmico, escolhido para a realização da pesquisa, é o utilizado em laje pré-moldada, com dimensões nominais de 19 x 25 x 7 cm, conforme mostrado na Fig. (1), não existindo normas brasileiras para testes e inspeções que contemple esse tipo de bloco e, por extensão, também não existindo tolerâncias para as suas dimensões.

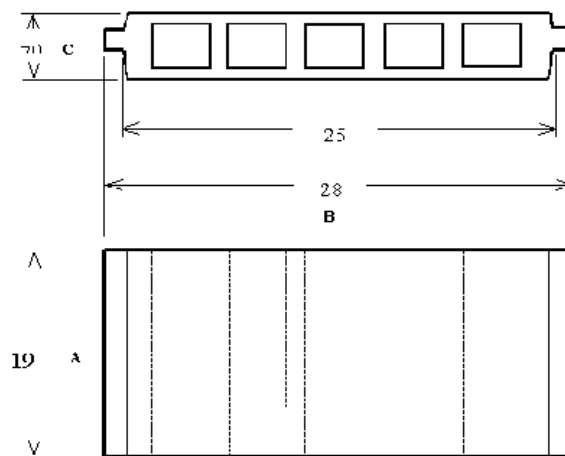


Figura 1. Desenho do Tijolo para Laje Pré-moldada 19 x 25 x 7
Fonte: Aguiar (2002)

O bloco não tem função estrutural, atuando apenas como elemento de vedação, sendo a função estrutural desempenhada pelas vigas de concreto armado sobre as quais os mesmos se apoiam. A Fig. (2) mostra um esquema típico de uma construção de laje pré-moldada.



Figura 2. Esquema Típico de uma Laje Pré-moldada
Fonte: Aguiar (2002)

A matéria-prima para o bloco cerâmico é constituída de uma mistura de argila, areia de rio e barro amarelo, além de pequena parcela de carvão mineral. Após a realização da mistura, e sua homogeneização e refinação, adicionada-se água à mesma objetivando a obtenção da plasticidade ideal para a formação das peças. Essa adição é feita quando a matéria-prima já se encontra dentro da extrusora (maromba), que realiza a mistura da água com a massa seca. Uma vez homogenizada, essa mistura é encaminhada para a matriz instalada em seu extremo, onde o bloco é formado por extrusão.

O mecanismo de corte funciona junto à saída da maromba e sua operação é sincronizada com a desse equipamento. O corte é realizado através de arames tensionados e distanciados, de acordo com o comprimento desejado para os blocos. A ação de corte sendo realizada através do movimento vertical do mecanismo para baixo e para cima. A Fig. (3) mostra um esquema simplificado do mecanismo de corte. Um movimento de translação do mecanismo de corte (não mostrado na Figura), sincronizado com o movimento de avanço da massa extrudada, permite que o corte seja feito num ângulo de 90° em relação ao plano horizontal formado pela superfície lateral do bloco.

A pesquisa foi realizada em duas etapas: exploratória e final. A exploratória teve como função o estabelecimento de parâmetros para a realização da pesquisa final tais como: a definição da forma de coleta das amostras, os métodos de medição que poderiam ser empregados, e ainda, a familiarização do pesquisador com o processo produtivo do bloco em estudo e o melhor conhecimento da cultura interna da empresa. Os resultados dessa parte da pesquisa estão contidos no trabalho de dissertação de mestrado Aguiar (2002).

Durante a Pesquisa Exploratória ficou evidenciado que os blocos poderiam ter as suas dimensões influenciadas pela ordem em que eram geradas pelo mecanismo de corte. Em consequência, optou-se por numerar as amostras retiradas levando-se em conta essas posições: desse modo foram criadas as posições de corte P1 a P8 mostrados na Fig. (3), as quatro primeiras amostras sendo geradas no movimento “para baixo” do mecanismo e as quatro seguintes no

movimento “para cima” do mecanismo de corte. Os critérios utilizados na realização da pesquisa exploratória podem ser consultados na dissertação de mestrado Aguiar (2002).

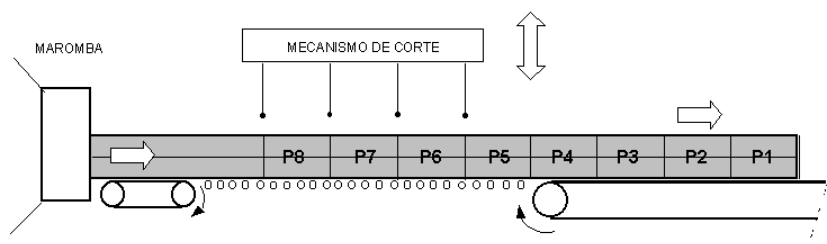


Figura 3. Esquema do Mecanismo de Corte da Maromba
Fonte: Aguiar (2002)

4. ANÁLISE DOS VALORES DO COMPRIMENTO

A Tab. (1) (ver anexo) reproduz os valores obtidos e registrados para o comprimento dos blocos úmidos de 10 (dez) amostras (A1 a A10) observadas para as posições de corte de P1 a P8.

Para análise estatística dos dados apresentados na Tab. (1) (ver anexo), utilizou-se um recurso simples de apresentação correspondente à Fig. (4). Nesse gráfico, cada valor medido para o comprimento está plotado dentro de sua respectiva posição de corte e dentro de sua respectiva amostra com 5 elementos. São, portanto, 5 gráficos diferentes, superpostos. No eixo horizontal estão lançadas as posições de corte (e dentro delas, as amostras) enquanto que no eixo vertical estão lançados os cinco valores medidos para o comprimento.

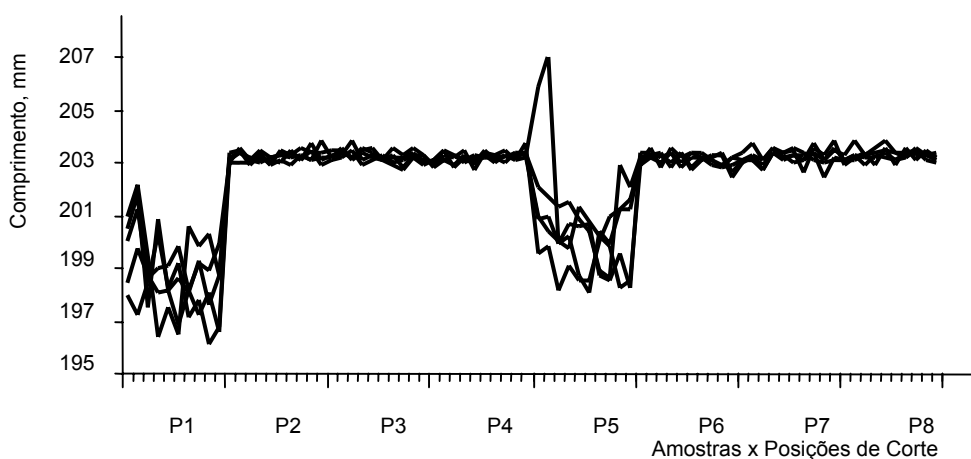


Figura 4. Gráfico dos Valores do Comprimento, Blocos Úmidos,
Fonte: Aguiar (2002).

Diante do perfil mostrado pelo gráfico, fica evidente a grande variação que ocorre nos valores do comprimento dos blocos nas posições de corte P1 e P5: para as demais posições de corte, os valores do comprimento estão visivelmente agrupados próximos ao valor de 203 mm.

Para se obter uma aproximação da curva normal do processo de corte para o comprimento do bloco, os valores correspondentes às posições P1 e P5 foram eliminados do universo amostral. O histograma resultante está representado na Fig. (5).

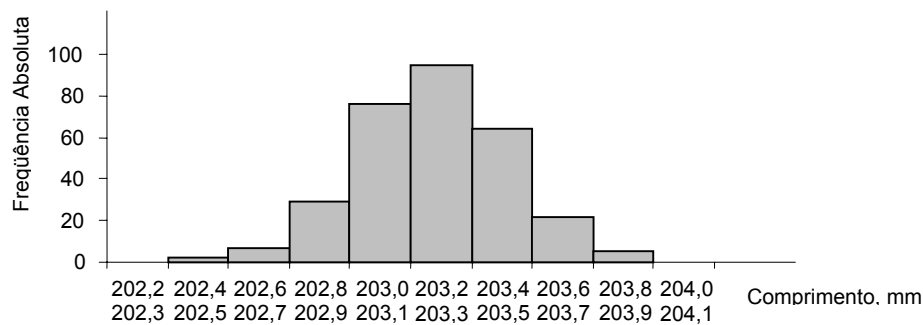


Figura 5. Histograma dos Valores do Comprimento, Blocos Úmidos, Amostras Expurgadas de P1 e P5

Fonte: Aguiar (2002)

Com base no histograma da Fig. (5), obteve-se a aproximação da curva normal e os cálculos dos valores da média e o desvio padrão, utilizando-se as funções MÉDIA e DESVPAD do aplicativo Excel 97.

Média: $\mu = 203,2 \text{ mm}$;

Desvio padrão: $\sigma = 0,24 \text{ mm}$.

A Fig. (6) apresenta a curva obtida.

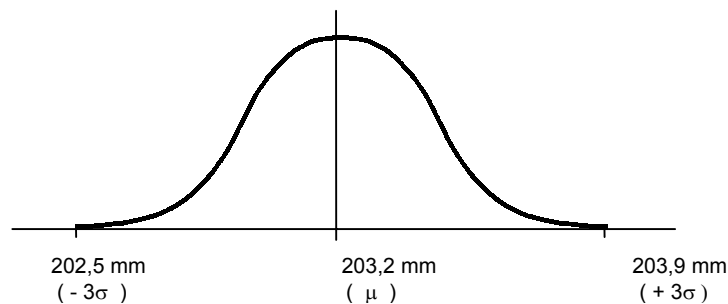


Figura 6. Curva Normal de Processo para o Comprimento, Blocos Úmidos, Amostras Expurgadas de P1 e P5

Fonte: Aguiar (2002)

Adotando-se o critério padrão de estabelecimento de tolerância de especificação do processo em $(\mu \pm 3\sigma)$, ou seja, 3 desvios padrões em torno da média histórica do parâmetro controlado no processo (Taylor, 1991), os limites de referência para o controle do comprimento do bloco estrutural para a laje pré-moldada poderiam ser fixados em $203,2 \text{ mm} \pm 0,7 \text{ mm}$, como consequência da curva normal aproximada, mostrada na Fig.6. Assim a adoção deste critério permitiu determinar que 101 valores de comprimento, de um total de 400 inicialmente tomados para observação (antes de descartar as unidades produzidas nas posições P1 e P5) representariam uma perda de 25.3% no processo de produção, tratando-se portanto de um indicador bastante expressivo da situação de dificuldade tecnológica em que se encontra a Indústria de Cerâmica Vermelha estudada.

5. CONCLUSÃO

Até o presente não existe norma brasileira que abranja a fabricação do tipo de bloco em estudo, contudo, na falta de parâmetros oficiais de comparação pode-se utilizar a pesquisa simples como a realizada para iniciar ações de controle do processo, visando à melhoria da qualidade do produto.

Assim a pesquisa objeto deste trabalho possibilitou a avaliação de desempenho, na fabricação, do bloco cerâmico com as dimensões 19 X 25 X 7 cm, exemplificando-se apenas o que correspondem ao controle da dimensão de comprimento. Outros parâmetros de variabilidade para valores das demais dimensões, do peso, da umidade, da resistência à compressão etc., podem tornar-se objetos de pesquisas similares a exemplos do que é apresentado em Aguiar(2002).

6. REFERÊNCIAS

- Aguiar, Paulo Sérgio Carvalho.,2002, “Variabilidade no Processo produtivo na indústria de cerâmica vermelha estudo do bloco cerâmico para laje pré-moldada”, Dissertação de Mestrado-CEFET/RJ-RJ.
- ABNT, 1994, “Coletânea de Normas Técnicas. Cerâmica Vermelha: Tijolos e Blocos Cerâmicos” São Paulo, Brasil.
- Brochado, Marina R., 2002, “Uma Abordagem Interdisciplinar na Área de Inovação Tecnológica: Estudo da Indústria de Cerâmica Vermelha.”, CEFET/RJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Oakland, John S. e Followell, Roy F.,1990, “Statistical Process Control – A Practical Guide”. Londres: Heinemann Newnes.
- SEBRAE, 1997, “Setor de Cerâmica Vermelha: Relatório Final/Conservação de Energia: Estudos Setoriais, Aspectos Econômicos e Tecnológicos.”, Rio de Janeiro, Brasil.
- SENAI, 1997, “Estudo do Setor de Cerâmica Vermelha – Região Sudeste”, Rio de Janeiro, Brasil.
- Taylor, Wayne A.,1991, “Optimization and Variation Reduction in Quality.”, New York: Donnelley & Sons.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

VARIABILITY IN THE RED CERAMICS INDUSTRY: A CASE STUDY OF THE BLOCK TO PRE-MOLDED FLAGSTONE

Paulo Sérgio Carvalho Aguiar
CEFET/RJ Federal Center of Technological Education Celso Suckow of the Fonseca
Av. Maracanã, 229, Rio de Janeiro - RJ. e-mail: paulo_sc_aguiar@hotmail.com

Jose Antonio Assunção Peixoto
CEFET/RJ Federal Center of Technological Education Celso Suckow of the Fonseca
Av. Maracanã, 229, Rio de Janeiro - RJ. e-mail: jpeixoto@montreal.com.br

Marina Rodrigues Brochado
CEFET/RJ Federal Center of Technological Education Celso Suckow of the Fonseca
Av. Maracanã, 229, Rio de Janeiro - RJ. e-mail: marina@cefet-rj.br

ABSTRACT

This work presents a study related to the project “An interdisciplinary approach in the area of technological innovation: a case study of the brick industry”, started in 1999 and supported by an agreement established between CEFET/RJ in Brazil and The University of Applied Sciences Cologne – FH Köln, in Germany. It estimates the variation in the production process of roof bricks, through a field research realized in the red ceramic industry in the state of Rio de Janeiro, applying

ordinary concepts of statistical analysis for process control. The operations of process analyzed were shaping and cutting of the produced blocks. The measurements were made in 400 units of product grouped in samples of five elements. The study conclude that there is a significant variability in the roof bricks shaping and cutting operations corresponding to a high level of length variability, indicating serious difficulties related to the expectation of applying innovation to the industry sector.

Keywords: study of variation, industry red ceramic, statistical processes control

8. ANEXO

Tabela 1. Valores do Comprimento (mm), Blocos Úmidos,

Identificação das Amostras x Comprimentos (mm)										
Posições de Corte	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
P1	200,0	201,2	198,6	199,0	199,1	199,8	198,2	199,2	198,9	199,9
	198,4	199,7	198,7	198,1	198,2	196,9	198,2	197,2	198,1	196,6
	200,5	201,8	197,5	200,9	198,2	198,6	198,1	199,3	197,6	198,7
	201,0	202,2	199,5	196,4	197,5	196,5	200,6	199,8	200,3	198,7
	198,0	197,2	198,4	200,3	198,3	199,2	197,1	197,8	196,1	196,8
P2	203,0	203,6	203,1	203,5	203,2	203,3	203,2	203,3	203,1	203,8
	203,1	203,4	203,1	203,0	203,2	203,3	203,4	203,1	203,7	203,1
	203,0	203,0	203,0	203,4	202,9	203,5	203,3	203,6	203,4	203,4
	203,2	203,4	203,2	203,1	203,1	203,0	203,5	203,1	203,5	202,9
	203,4	203,5	202,9	203,3	202,9	203,1	202,9	203,3	203,1	203,2
P3	203,2	203,4	203,2	203,5	203,6	203,1	203,6	203,3	203,6	203,3
	203,3	203,3	203,8	203,1	203,3	203,1	203,2	203,2	203,4	203,0
	203,5	203,5	203,2	203,6	203,4	203,1	203,3	202,8	203,3	203,3
	203,1	203,2	203,5	202,9	203,1	203,3	203,0	203,1	203,3	203,1
	203,2	203,6	203,1	203,4	203,2	203,1	202,9	202,7	203,2	202,9
P4	202,9	203,3	203,2	203,5	202,7	203,4	203,3	203,5	203,1	203,7
	203,1	203,5	203,3	203,1	203,3	203,2	203,2	203,0	203,4	203,4
	202,8	203,1	202,9	203,3	203,0	203,5	203,1	203,3	203,2	203,4
	203,0	203,1	203,3	203,0	203,2	203,2	203,3	203,2	203,4	203,3
	203,1	203,5	202,8	203,2	202,9	203,3	203,0	203,3	203,1	203,2
P5	199,6	199,8	198,2	199,1	198,5	198,5	200,0	201,0	201,2	201,6
	202,1	201,7	201,3	201,5	200,9	200,4	198,9	198,6	202,9	202,1
	201,0	200,4	200,0	199,7	201,3	200,8	200,2	199,8	198,3	198,5
	200,9	201,0	199,9	200,2	198,7	198,1	200,4	199,9	201,2	201,2
	205,9	207,1	199,9	200,7	200,6	200,7	198,7	198,5	199,6	198,3
P6	203,0	203,6	202,8	203,6	203,2	203,4	203,4	203,1	202,9	203,2
	203,2	203,3	203,4	202,8	203,4	202,8	203,2	203,2	203,4	202,6
	202,9	203,2	203,0	203,4	203,0	203,4	203,2	203,1	202,8	203,2
	203,1	203,3	203,3	203,0	203,4	202,7	203,1	203,3	203,3	202,4
	203,4	203,4	203,2	203,4	202,8	203,2	203,2	202,9	202,8	202,9
P7	203,4	203,7	203,1	203,6	203,3	203,0	203,1	203,7	203,1	203,5
	203,1	203,3	203,1	203,6	203,4	203,5	202,6	203,6	203,3	203,8
	203,1	203,2	202,7	203,4	203,2	203,3	203,3	203,4	203,1	203,6
	203,0	203,2	202,9	203,4	203,4	203,6	203,4	203,1	203,0	203,1
	203,1	203,1	202,7	203,4	203,1	203,3	203,1	203,4	202,4	203,2
P8	203,3	203,8	203,3	203,6	203,8	203,4	203,2	203,6	203,3	203,4
	202,9	203,2	203,4	202,9	203,6	202,9	203,6	203,1	203,5	203,2
	203,1	203,1	203,3	203,4	203,5	203,4	203,4	203,5	203,3	203,2
	203,1	203,3	203,2	203,2	203,4	203,1	203,4	203,3	203,3	203,1
	203,1	203,3	202,9	203,3	203,2	203,1	203,2	203,5	203,1	203,0