



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL:**  
**ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**CARLOS ALBERTO BEZERRA ALEXANDRE**

**CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS PRODUZIDOS**  
**NO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA**  
**2017**

CARLOS ALBERTO BEZERRA ALEXANDRE

CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS PRODUZIDOS NO  
ESTADO DO CEARÁ

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil do Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini

FORTALEZA  
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

---

- A369c Alexandre, Carlos Alberto Bezerra.  
Caracterização dos blocos cerâmicos estruturais produzidos no Estado do Ceará / Carlos Alberto Bezerra Alexandre. – 2017.  
62 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini.
1. Alvenaria estrutural. 2. Blocos cerâmicos. 3. Construção Civil. 4. Habitação. 5. Controle Estatístico da Qualidade.

CDD 624.1

---

CARLOS ALBERTO BEZERRA ALEXANDRE

CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS PRODUZIDOS NO  
ESTADO DO CEARÁ

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil do Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil

Aprovada em: 21 /12 /2017.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Antônio Eduardo Bezerra Cabral  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto  
Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

À Jesus Cristo.

À minha esposa, M<sup>a</sup> do Socorro T. A.  
Bezerra.

Aos meus filhos, Carlos Henrique e Carlos  
Eduardo.

Aos meus pais: Manoel Alexandre Vieira;  
M<sup>a</sup> Gomes B. Vieira – (In Memoriam)

## **AGRADECIMENTOS**

Ao SINDCERÂMICA, pelo apoio prestado a realização da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini, por todo apoio na orientação deste trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora: Dr. Antônio Eduardo Bezerra Cabral e Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao NUTEC, pelo apoio prestado a realização dos ensaios de resistência e módulo elástico dos blocos.

À equipe do Laboratório de Mecânica dos Solos do IFCE, pelo apoio e desenvolvimento nos ensaios físicos das argilas.

Às equipes dos Laboratórios de Materiais de Construção Civil da UFC, do IFCE e do NUTEC, pelo apoio incondicional no desenvolvimento nos ensaios geométricos, físicos e mecânicos dos blocos.

À EMBRAPA, especialmente ao pesquisador Dr. Men de Sá, pelo apoio no desenvolvimento dos ensaios de composição química das argilas.

Ao professor Raimundo Bemvindo Gomes, do Instituto Federal do Ceará, pelo apoio no desenvolvimento da Pesquisa.

A todos os colegas, que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

## RESUMO

A alvenaria estrutural como proposta de uma construção racionalizada tem demonstrado potencial de uso nas edificações, principalmente as de baixa renda. O cenário propício de aceitação do bloco cerâmico no mercado nacional estabeleceu-se em 2002, devido, especialmente ao advento do Programa Setorial de Qualidade para o Bloco Cerâmico (PSQ-BC) e às recomendações criadas pela Caixa Econômica Federal (CEF), para a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva, sendo o padrão de referência para o setor instituído através da NBR 15270 (ABNT, 2005). Tudo isso estimulou o crescimento do sistema construtivo nos últimos anos. Dessa forma, em virtude da importância do padrão de qualidade dos blocos cerâmicos estruturais a serem utilizados para compor o sistema construtivo de alvenaria estrutural, em contrapartida à escassez de estudos que reflitam nessa avaliação, o presente trabalho tem como intuito caracterizar os blocos cerâmicos estruturais produzidos no Ceará, confrontando os resultados com os padrões normativos e encontrados em estudos realizados em outros estados brasileiros, como forma de contribuir para melhoria da produção desse tipo de elemento construtivo na região. Para tanto, foram elencadas as empresas que estão comercializando este tipo de componente construtivo no estado, assim como coletadas amostras tanto da massa argilosa quanto dos blocos cerâmicos estruturais, para caracterização e avaliação da qualidade. Dos resultados obtidos tem-se que se verificou que as empresas produzem conforme a NBR 15270 (ABNT, 2005) para a maioria das propriedades analisadas, apresentando valores de resistência característica dos blocos cerâmicos estruturais superiores ao estabelecido pela norma e aos da maioria dos estados brasileiros encontrados na literatura. Entretanto, quanto às características geométricas dos blocos, somente duas empresas atenderam a todos os requisitos normativos. Além disso, concluiu-se que o Controle Estatístico dos Processos (CEP) se mostrou uma ferramenta eficiente para a avaliação da qualidade dos blocos, uma vez que detectou falhas imperceptíveis à análise amostral.

**Palavras-chave:** Alvenaria estrutural. Blocos cerâmicos. Construção Civil. Habitação. Controle Estatístico da Qualidade.

## ABSTRACT

Structural masonry as a proposal for a rationalized construction has demonstrated the potential of use in buildings, especially those of low income. The favorable scenario of acceptance of the ceramic block in the national market was established in 2002, due, in particular, to the advent of the Quality Sector Program for the Ceramic Block (PSQ-BC) and the recommendations created by the Caixa Econômica Federal (CEF) for the improvement of habitat quality and productive modernization, being the reference standard for the sector established through NBR 15270 (ABNT, 2005). All this stimulated the growth of the construction system in recent years. Thus, due to the importance of the quality standard of the structural ceramic blocks to be used to compose the structural masonry construction system, in contrast to the lack of studies that reflect in this evaluation, the present work aims to characterize the structural ceramic blocks produced in Ceará, confronting the results with normative standards and found in studies carried out in other Brazilian states, as a way to contribute to the improvement of the production of this type of constructive element in the region. In order to do so, the companies that commercialize this type of constructive component in the state were also listed, as well as samples of both the clay mass and the structural ceramic blocks, for characterization and quality assessment. From the results obtained, it has been verified that the companies produce according to NBR 15270 (ABNT, 2005) for most of the analyzed properties, presenting values of characteristic resistance of the structural ceramic blocks superior to that established by the norm and most of the Brazilian states found in literature. However, regarding the geometric characteristics of the blocks, only two companies met all the normative requirements. In addition, it was concluded that the Statistical Process Control (SPC) proved to be an efficient tool for evaluating the quality of the blocks, since it detected imperceptible failures to the sample analysis.

**Keywords:** Structural masonry. Ceramic blocks. Construction. Habitation. Statistical Quality Control.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma geral da metodologia empregada.....	29
Figura 2	Mesorregiões da comercialização de blocos cerâmicos estruturais do Ceará .....	34
Figura 3	Análise granulométrica das argilas .....	37
Figura 4	Variações dimensionais a seco e após sinterização das massas argilosas.....	38
Figura 5	Índice de absorção de água das empresas.....	40
Figura 6	Medidas médias dos blocos .....	42
Figura 7	Espessuras dos septos e paredes externas dos blocos.....	44
Figura 8	Planeza das faces e desvio em relação ao esquadro .....	45
Figura 9	Cartas de controle para as médias das larguras das empresas 1 e 3 .....	46
Figura 10	Cartas de controle para as médias dos comprimentos das empresas 1 e 3 .....	47
Figura 11	Cartas de controle para as médias das alturas das empresas 1 e 3.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Maiores exportadores (2012 – 2015).....	15
Tabela 2	Principais consumidores (2007 – 2010) .....	16
Tabela 3	Principais consumidores (2012 – 2015) .....	16
Tabela 4	Principais Produtores Mundiais (2008 – 2015) .....	16
Tabela 5	Evolução da capacidade produtiva brasileira (2007 - 2015) .....	17
Tabela 6	Produção brasileira de revestimentos cerâmicos e as vendas no mercado interno.....	18
Tabela 7	Indústrias ceramistas atualmente em produção no Ceará.....	19
Tabela 8	Dimensões de Fabricação e módulo dimensional do bloco cerâmico estrutural .	20
Tabela 9	Classificação estrutural e relação entre o (IP) e a resistência a tração e retração linear pós secagem esperadas das argilas .....	23
Tabela 10	Classificação dos Processos de acordo com $RC_p$ e $RC_{pk}$ .....	28
Tabela 11	Caracterização física das argilas coletadas .....	31
Tabela 12	Resumo da caracterização física das massas argilosas das empresas pesquisadas .....	36
Tabela 13	Composição mineralógica das massas argilosas.....	39
Tabela 14	Resistências Características dos blocos ( $f_{bk}$ ) e Módulo elástico ( $E_b$ ) .....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.1</b>	<b><i>Objetivo geral .....</i></b>	<b>13</b>
<b>1.2.2</b>	<b><i>Objetivos específicos .....</i></b>	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura da dissertação .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>PANORAMA DA INDÚSTRIA CERAMISTA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Panorama Internacional .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Panorama Nacional .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Panorama Local.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>O BLOCO CERÂMICO ESTRUTURAL.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>O bloco cerâmico como componente da alvenaria estrutural .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Características e caracterização das argilas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>A importância do processo produtivo .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4</b>	<b>O Controle Estatístico dos Processos para análise da qualidade dos blocos cerâmicos estruturais.....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Mapeamento das unidades que comercializam o bloco cerâmico estrutural .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise do processo produtivo .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3</b>	<b>Caracterização das massas argilosas utilizadas na fabricação dos blocos .....</b>	<b>30</b>
<b>4.4</b>	<b>Caracterização dos blocos cerâmicos estruturais .....</b>	<b>31</b>
<b>4.5</b>	<b>Aplicação do Controle Estatístico de Processos na análise das características geométricas dos blocos .....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1</b>	<b>Mapeamento das unidades que comercializam o bloco cerâmico estrutural .....</b>	<b>34</b>
<b>5.2</b>	<b>Caracterização dos requisitos de qualidade no processo produtivo .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3</b>	<b>Caracterização da massa argilosa utilizada no processo produtivo.....</b>	<b>36</b>
<b>5.3.1</b>	<b><i>Caracterização Física .....</i></b>	<b>36</b>
<b>5.3.2</b>	<b><i>Caracterização Química .....</i></b>	<b>38</b>
<b>5.4</b>	<b>Caracterização dos blocos cerâmicos estruturais .....</b>	<b>39</b>

5.4.1	<i>Caracterização Física</i> .....	39
5.4.2	<i>Caracterização Geométrica</i> .....	41
5.4.3	<i>Análise através do Controle Estatístico dos Processos</i> .....	45
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	50
6.1	<b>Conclusões</b> .....	50
6.2	<b>Recomendações para trabalhos futuros</b> .....	50
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52
	<b>ANEXO A – EMPRESAS QUE COMERCIALIZAM OS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS NO CEARÁ</b> .....	56
	<b>ANEXO B – QUESTIONÁRIOS APLICADOS ÀS EMPRESAS</b> .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

Pilz et al. (2015) relatam que a alvenaria se apresenta como o processo construtivo mais antigo encontrado, sendo a técnica de construção usada em vários tipos de construções das civilizações antigas, tais como edifícios, residências e pontes. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), as alvenarias que existem há inúmeros anos eram construídas tipicamente com tijolos de barro ou de pedra.

Redescoberta em meados do século XX, como proposta de nova tecnologia construtiva e visando suprir a necessidade do mercado, a alvenaria estrutural foi alvo de um grande número de pesquisas nos mais diversos países, o que permitiu a criação de exigências e adoção de critérios de cálculo baseados em métodos racionalizados (CAMACHO, 2006).

Em 1950, na Suíça, na construção de um edifício de treze pavimentos em alvenaria estrutural, foram utilizados métodos racionalizados de cálculo, assim como a utilização de modulação definida em projeto, caracterização dos materiais e controle de qualidade na execução. Destaque-se ainda, na literatura, que essa foi a década em que culminou a introdução da disciplina de alvenaria estrutural nas universidades (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

Tudo isso fez com que eclodisse a utilização da alvenaria estrutural para os mais diversificados tipos de obras, fazendo com que fossem construídas edificações de grande porte, sendo uma delas, conforme Ramalho e Corrêa (2003), um dos mais altos edifícios do mundo, o Hotel Excalibur, localizado na cidade de Las Vegas, nos Estados Unidos, o qual é constituído por quatro torres principais de 28 pavimentos, cada uma com 1008 apartamentos, tendo sua estrutura executada em alvenaria armada de blocos de concreto, com 28 MPa de resistência.

Este tipo de alvenaria chega a utilizar como unidade básica o bloco cerâmico estrutural, como componente de seu sistema. Sabe-se que massa cerâmica é composta por matérias-primas plásticas (misturas de argilominerías, como argila), e não plásticas, como feldspatos e sílica. As plásticas são responsáveis pela plasticidade e resistência mecânica, já as não plásticas, atuam na fase de tratamento térmico, controlando, de acordo com Motta et al. (2002), a secagem após a conformação mecânica, bem como as transformações físico-químicas durante a sinterização, proporcionando estabilidade dimensional ao produto cerâmico.

No caso do bloco cerâmico, este é composto em sua maior parte de argila (que é

a matéria prima), a qual é definida como partículas de solo cujo diâmetro é inferior a 2  $\mu\text{m}$ , podendo fazer parte de sua constituição diferentes tipos de minerais, como silicatos lamelares de magnésio e de alumínio, quartzo, feldspato, carbonatos, óxidos metálicos, e até mesmo matéria orgânica (TEIXEIRA-NETO; TEIXEIRA-NETO, 2009).

Assim, a caracterização de ambos (bloco e matéria prima), assim como do processo produtivo são etapas que constituem um estudo referente à análise quanto à qualidade dos processos e produtos de uma empresa atuante no setor, no intuito de poder sanar qualquer lacuna sobre a não obtenção das características pretendidas aos blocos cerâmicos estruturais.

### 1.1 Justificativa

O sistema de alvenaria estrutural viveu momentos de expansão no Brasil, nos últimos anos, onde o cenário de estabilização econômica pelo qual passou o país, aliados ao aumento da competitividade e o desenvolvimento das pesquisas no setor, foram fundamentais para difundi-lo. Somente no Rio Grande do Sul, em 2006, 76% das construções voltadas para as pessoas de baixa renda, financiados pela Caixa Econômica Federal (CEF), utilizaram esse tipo de sistema (REZENDE *et al.*, 2013).

Todavia, mesmo com o aporte de 37 mil empreendimentos e volume da ordem de R\$ 251,7 bilhões investidos pelo Governo Federal, não foram suficientes para manter o setor da construção aquecido. O cenário econômico no país não resistiu às políticas de ajuste fiscal do Governo Federal, junto à União, contribuindo assim, para a estagnação do setor produtivo, em 2012. Tal fato provocou uma quantidade grande de demissões, intensificada pela projeção de uma crise econômica induzida pela crise política interna (BRASIL, 2015).

Assim, este atual cenário, acabou por repercutir em todos os setores industriais, em particular no da Construção Civil, o que vem desafiando as empresas a se reinventarem, em busca de sobrevivência em um mercado escasso e cada vez mais competitivo, ao mesmo tempo em que não se deve deixar em um segundo patamar a qualidade de seus produtos e serviços.

Preocupado com o atual cenário econômico e com os poucos estudos que permitem uma boa visão da qualidade dos blocos estruturais produzidos, na maioria dos estados brasileiros, assim como no Ceará, o SINDCERÂMICA incentivou a presente pesquisa, para levantamento de dados que permitam uma melhor interpretação do atual

cenário pelo qual atravessa as indústrias ceramistas produtoras do bloco cerâmico estrutural no estado do Ceará, bem como o padrão de qualidade com que as empresas estão produzindo.

A análise foi realizada quanto à observação de como está sendo realizado o processo produtivo, se as massas argilosas estão sendo produzidas adequadamente, assim como, especialmente, os blocos cerâmicos estruturais atendem aos padrões de qualidade normativos, permitindo tanto às indústrias ceramistas como a todos os envolvidos no processo construtivo, um mapeamento da indústria cerâmica local, assim como uma maior contribuição para a melhoria do controle de qualidade dos blocos cerâmicos estruturais do estado.

Para garantir a validação do estudo será aplicado ao produto, como uma alternativa de futura implantação ao processo, o Controle Estatístico dos Processos (CEP) pois, segundo Montgomery (2009), é um método eficaz na redução da variabilidade e no aumento da segurança e confiabilidade quanto ao produto produzido.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo geral***

Caracterizar os blocos cerâmicos estruturais produzidos pelas indústrias ceramistas no Estado do Ceará e analisar a qualidade destes, através da aplicação do Controle Estatístico dos Processos e análise comparativa em relação às diretrizes normativas e características de resistência dos blocos produzidos com os de outras unidades da federação.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

Para alcançar o objetivo geral, foi necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- i. Realizar o mapeamento da indústria cerâmica do estado do Ceará, apresentando as empresas que comercializam blocos cerâmicos estruturais;

- ii. Apresentar o padrão de qualidade da produção dos blocos cerâmicos estruturais adotados pelas empresas, através da aplicação de um questionário;
- iii. Caracterizar física e quimicamente as amostras das massas argilosas da produção de blocos estruturais das empresas;
- iv. Realizar as análises físicas e geométricas das amostras de blocos cerâmicos produzidos pelas empresas analisadas;
- v. Aplicar o Controle Estatístico dos Processos às medidas efetivas de largura, comprimento e altura dos blocos das empresas que atendam aos requisitos normativos.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

Este estudo está estruturado em seis capítulos:

O Capítulo 1 apresenta a justificativa para a realização da pesquisa, assim como objetivo geral e objetivos específicos;

O Capítulo 2 expõe uma breve estatística de crescimento da indústria cerâmica ao longo dos anos, através da apresentação do panorama internacional, nacional e local (Ceará);

O Capítulo 3 trata dos blocos cerâmicos estruturais, enfatizando a contextualização pertinente, como a alvenaria estrutural passou a ser mais amplamente empregada, a importância do processo de produção deste tipo de elemento, assim como ressaltando características de sua principal matéria prima (a argila), e o necessário controle estatístico que se deve ter ao produzir componentes estruturais, como é o caso deste tipo de bloco;

O Capítulo 4 descreve de forma objetiva o procedimento experimental utilizado para alcançar os objetivos do presente trabalho;

No Capítulo 5 têm-se os resultados obtidos a partir da realização dos ensaios, assim como a discussão referente a estes, comparando com dados da literatura já existente;

E, por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do estudo, assim como recomendações de trabalhos futuros a serem desenvolvidos.



## 2 PANORAMA DA INDÚSTRIA CERAMISTA

Souza *et al.* (2016) enfatizam a importância da indústria ceramista brasileira no setor da construção civil, onde é responsável por fornecer 90% dos tijolos utilizados, produz mais de 15 bilhões de peças por ano e, em 2015, mesmo com o setor da construção civil em queda, experimentou um crescimento de 18,7%.

A seguir serão apresentados os panoramas mundial e nacional do setor de revestimentos cerâmicos, cujos valores foram atribuídos pela Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento – ANFACER.

### 2.1 Panorama Internacional

Analizando os dados fornecidos pela ANFACER (Tabela 1), tem-se que o volume exportado pela China é demasiadamente superior aos valores alcançados pelos outros três principais exportadores mundiais, a saber: Espanha, Itália e Irã. Além disso, o Brasil, conforme a associação, atualmente encontra-se na sétima posição.

Tabela 1 - Maiores exportadores (2012 – 2015)

Posição	Países	2012	2013	2014	2015
1	China	1086	1148	1110	1091
2	Espanha	296	318	339	378
3	Itália	289	303	314	316,5
4	Irã	93	114	109	106

Fonte: Adaptado de (ANFACER, 2017).

Na Tabela 2 são apresentados os cinco principais países consumidores de revestimentos cerâmicos no período de 2007 a 2010, sendo possível observar que a China é o maior consumidor, apresentando um consumo estimado em 4600 milhões de metros quadrados em 2010 e tendo aumentado aproximadamente em 51,82% seu consumo em relação ao ano anterior. O Brasil, como segundo maior mercado consumidor, registrou em 2010 um consumo de 699,6 milhões de m<sup>2</sup>, apresentando um acréscimo de 31% desde 2007. Na terceira posição encontra-se a Índia, que com um consumo estimado de 557 milhões de m<sup>2</sup> em 2010, aumentou 40,3% em relação a 2007. Em seguida tem-se Indonésia e Irã, com valores relativamente bem inferiores, especialmente em relação à China, que se destaca de forma substancial.

Tabela 2 - Principais consumidores (2007 – 2010)

Posição	Países	2007	2008	2009	2010
1	China	2700	2830	3030	4600
2	Brasil	534,7	605,4	644,5	699,6
3	Índia	397	403	494	557
4	Indonésia	178	262	297	330
5	Irã	236	265	295	325

Fonte: Adaptado de (ANFACER, 2012).

Dados mais atuais, também obtidos através da ANFACER, mostram uma nova configuração no quadro de maiores consumidores (Tabela 3). É possível observar, através da comparação entre a Tabela 2 e a Tabela 3, que o Irã não está mais entre os cinco maiores consumidores, e o Vietnã surge como 5º maior consumidor, sendo os dados correspondentes a 2015, com exceção do Brasil, estimados (considerando apenas a produção em território nacional).

Tabela 3 - Principais consumidores (2012 – 2015)

Posição	Países	2012	2013	2014	2015
1	China	4250	4556	4894	5230
2	Brasil	803,3	837,5	853,2	816,3
3	Índia	681	718	756	794
4	Indonésia	340	360	407	435
5	Vietnã	254	251	310	340

Fonte: Adaptado de (ANFACER, 2017).

A Tabela 4 apresenta os três principais países produtores de revestimentos cerâmicos, estando o Brasil entre estes, ocupando a segunda colocação. Vale ressaltar também que os dados correspondentes a 2015 são estimados.

Tabela 4 - Principais Produtores Mundiais (2008 – 2015)

Posição	Países	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	China	3400	3600	5500	6543	5200	5700	6000	6300
2	Brasil	713,4	714,9	753,5	844,3	865,9	871,1	903,3	899,4
3	Índia	390	490	550	617	691	750	825	850

Fonte: Adaptado de (ANFACER, 2017).

## 2.2 Panorama Nacional

A partir da década de 70 a produção de revestimentos cerâmicos ampliou de forma significativa sua produção, fazendo com que os produtores brasileiros passassem a

buscar também o mercado externo, seguindo uma tendência crescente de produção (GORINI; CORREA, 1999).

Atualmente o Brasil ocupa a segunda posição na produção e no consumo de revestimentos cerâmicos, sendo um dos principais protagonistas no mercado mundial de revestimentos cerâmicos. Em 2016, foram produzidos 792 milhões de metros quadrados, para uma capacidade instalada de 1.048 milhões de metros quadrados, e as vendas totais alcançaram 800,3 milhões de m<sup>2</sup>, sendo 706 milhões de m<sup>2</sup> vendidos no mercado interno e 94,3 milhões de m<sup>2</sup> exportados (ANFACER, 2017).

Ainda segundo a ANFACER (2017), o setor de revestimentos cerâmicos brasileiro é constituído por 92 empresas instaladas, tendo sua maior concentração nas regiões Sudeste e Sul, e em grande expansão no Nordeste do país. Conforme a associação, tal segmento produtivo de capital essencialmente nacional, é também um grande gerador de empregos e constitui em torno de 27 mil postos de trabalho diretos e 200 mil indiretos, ao longo de sua cadeia produtiva.

A partir da Tabela 5 observa-se uma evolução da capacidade produtiva brasileira, que mostra um aumento em percentual de 50,08 % ao se comparar os anos de 2007 e 2015.

Tabela 5 - Evolução da capacidade produtiva brasileira (2007 - 2015)

<b>Ano de produção</b>	<b>Evolução da capacidade produtiva (milhões de m<sup>2</sup>)</b>
2015	1069,0
2014	1084,0
2013	1023,0
2012	1004,0
2011	986,6
2010	875,2
2009	817,0
2008	782,0
2007	712,3

Fonte: Adaptado de (ANFACER, 2017).

A Tabela 6 mostra a produção brasileira e as vendas de revestimento cerâmico no mercado interno, que mostra um crescimento de 11,02% em sua produção e 16,62% em suas vendas, tendo-se como referência os anos de 2008 e 2016.

Tabela 6 - Produção brasileira de revestimentos cerâmicos e as vendas no mercado interno

<b>Ano</b>	<b>Produção (milhões de m<sup>2</sup>)</b>	<b>Venda (milhões de m<sup>2</sup>)</b>
2016	792,0	706,0
2015	899,4	816,3
2014	903,3	853,2
2013	871,1	837,5
2012	865,9	803,3
2011	844,3	774,7
2010	753,5	699,6
2009	714,9	644,5
2008	713,4	605,4

Fonte: Adaptado de (ANFACER, 2017).

De acordo com a ANFACER (2017), em 2017, o Brasil exportou para 111 países, totalizando 94,3 milhões de metros quadrados, tendo como principais destinos: América do Sul, América Central, América do Norte e Caribe.

Mesmo com participação pequena no PIB nacional, em torno de 1%, o setor de cerâmica vermelha é um grande consumidor de matérias-primas (MACEDO *et al.*, 2008).

Além disso, Souza *et al.* (2017) enfatizam a importância da indústria ceramista brasileira no setor da construção civil, onde já foi responsável por fornecer 90% dos tijolos utilizados, produzindo mais de 15 bilhões de peças por ano e chegando a um crescimento de 18,7% em 2015, mesmo com o setor da construção civil em queda.

## 2.3 Panorama Local

No Ceará, segundo pesquisa realizada pelo IEL/CE (2012), 380 empresas, distribuídas em 125 municípios, encontram-se funcionando, sendo que a maioria (74,6%) é de pequeno porte, 23,3% são microempresas e apenas 2,1% são de médio porte.

Os tipos de fornos mais encontrados são os intermitentes, operando com lenha, e os principais problemas do segmento no estado do Ceará refere-se à carga tributária elevada, forte concorrência, falta de capital das empresas, fiscalização quanto ao cumprimento da legislação ambiental e capacitação da mão de obra (IEL/CE, 2012).

A Tabela 7 resume a localização, produção e empregos diretos gerados por estas.

Tabela 7 - Indústrias ceramistas atualmente em produção no Ceará

<b>Região</b>	<b>Quantidade de Municípios</b>	<b>Total de Empresas</b>	<b>Produção (peças/mês)</b>	<b>Empregos diretos</b>
Nordeste	20	48	20.145.618	1.627
Norte	17	85	37.359.824	2.592
Região Metropolitana de Fortaleza	7	43	33.051.613	1.790
Sertões	17	36	12.692.10	935
Jaguaribe	11	147	70.101.803	4.697
Centro Sul	17	8	8.542.804	660
Sul	36	13	25.425.211	1.701
<b>Total</b>	<b>125</b>	<b>380</b>	<b>194.626.873</b>	<b>14.002</b>

Fonte: Adaptada de (IEL/CE, 2012).

É importante frisar também que os dados apresentados pela Tabela 7 são os mais atuais encontrados para o estado do Ceará. Assim, o presente estudo complementa e atualiza os dados existentes, haja vista que faz o levantamento das empresas produtoras dos blocos cerâmicos estruturais atuantes na região, assim como verifica quais delas estão em atividade.

### 3 O BLOCO CERÂMICO ESTRUTURAL

#### 3.1 O bloco cerâmico como componente da alvenaria estrutural

Segundo Ramalho e Correa (2003), o bloco é um dos principais componentes da alvenaria estrutural, ao lado da argamassa, graute e armadura, sendo a união desses componentes responsável pela formação de elementos deste sistema construtivo, tais como paredes, vergas, contra vergas, cintas e outros.

Tendo em vista que ocupam cerca de 80% do volume de uma parede, os blocos cerâmicos estruturais determinam, assim, sua resistência, torna-se essencial o controle de qualidade destes, que, por sua vez, deve ser obtido tendo-se como base o coeficiente de variação de suas propriedades significativas (GALLEGOS, 1991). Nesse sentido, a Caixa Econômica Federal, em 2002, também recomendou o uso do coeficiente de variação, no controle de qualidade dos blocos cerâmicos estruturais, limitando este valor a 20%, na resistência à compressão, em uma produção contínua, por longos ou curtos períodos (SABBATINI, 2003). A NBR 15270-2 (ABNT, 2005) também se utiliza de métodos estatísticos na determinação do controle das propriedades características dos blocos cerâmicos estruturais, bem como padroniza as dimensões e famílias para um melhor controle de suas propriedades geométricas, conforme Tabela 9.

Tabela 8 - Dimensões de Fabricação e módulo dimensional do bloco cerâmico estrutural

Dimensões	Dimensões de Fabricação (cm)					
L x H x C						
Módulo dimensional M = 10 cm	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)			
			Bloco principal	½ Bloco	Amarração	
					(L)	(T)
(5/4)M x (5/4)M x (5/2)M	11,5	11,5	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (5/2)M	11,5	19	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (3)M	11,5	19	29	14	26,5	41,5
(5/4)M x (2)M x (4)M	11,5	19	39	19	31,5	51,5
(3/2)M x (2)M x (3)M	14	19	29	14	-	44
(3/2)M x (2)M x (4)M	14	19	39	19	34	54
(2)M x (2)M x (3)M	19	19	29	19	14	49
(2)M x (2)M x (4)M	19	19	39	19	-	59

Fonte: Adaptada de NBR 15270-2 (ABNT, 2005)

Esse coeficiente de variação, de acordo com Montgomery e Runger (2015), mede o grau de dispersão relativa de um conjunto de dados estatisticamente definido como

sendo a razão entre o desvio padrão e a média aritmética.

Segundo Parsekian, Hamid e Drysdale (2012), nos Estados Unidos, os valores da resistência à compressão da unidade básica da alvenaria estão entre 12 e 200 MPa, e no Canadá, tais valores estão na ordem de 40 a 80 MPa, ambos tendo como referência o valor da área líquida do bloco. Entretanto, contrapondo-se a este padrão, a resistência à compressão da alvenaria estrutural no Brasil é determinada através da resistência do prisma (amostra da parede) (FORTES; PARSEKIAN; FONSECA, 2014). Tem-se ainda que, de acordo com a NBR 15270-2 (ABNT, 2005), para serem considerados blocos estruturais, estes devem apresentar resistência característica mínima de 3 MPa, sendo que, para painéis aparentes, essa resistência deve ser maior.

Na região sudeste, encontram-se blocos com resistência de até 12 MPa, normalmente de dimensões 140 mm x 290 mm. Já no Sul, há uma predominância pela produção de blocos de paredes maciças e com resistência de até 18 MPa, nas mesmas dimensões (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012). No Ceará, Barreto (2015) relata que existem blocos vazados com valor 13,8 MPa de resistência característica, também nas mesmas dimensões.

No ano de 2002, a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER) adere ao Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e implementa o Programa Setorial de Qualidade (PSQB) para o bloco cerâmico, com o objetivo de implantar mecanismos para melhoria da qualidade destes produtos (ANICER, 2017). Nesse mesmo ano, de acordo com Sabbatini (2003), a Caixa Econômica Federal (CEF) exige que os edifícios construídos em alvenaria estrutural, sejam constituídos de blocos com furos na vertical; criando-se o cenário perfeito para a concorrência com os blocos de concreto.

Após anos recorrendo a normas internacionais e adaptações de normas de blocos de concreto estrutural, a ABNT lança, em 2005, a NBR 15270, que, em seu conjunto, trata sobre alvenaria com blocos cerâmicos. As terminologias e requisitos das alvenarias de vedação e estrutural são tratadas nas partes 1 e 2, respectivamente, já a parte 3 especifica os métodos de ensaios para ambas.

Com o rigor imposto pelas normas que regem o setor, quanto a questão da qualidade dos blocos estruturais – geometria bem definida, classe de resistência a compressão, controle de qualidade na produção e recebimento dos materiais –, a indústria cerâmica brasileira e, por extensão, todos seguimentos envolvidos na construção civil, devem ter preocupação crescente com a qualidade dos blocos produzidos, sendo de suma importância a caracterização deste para a verificação do atendimento à normalização e

exigências do mercado.

### 3.2 Características e caracterização das argilas

Quanto aos principais argilominerais que trata a literatura, tem-se: caulinita, montmorilonita e illita. Os dois primeiros são formados por camadas de tetraedros e octaedros de silício e alumínio, sendo que a montmorillonita apresenta estruturas 2:1 e a caulinita 1:1. Já a illita, também apresenta em sua estrutura uma camada octaédrica entre duas tetraédricas 2:1 (LABOGEF, 2015). Em termos gerais, o grau de estabilidade dos argilominerais segue a seguinte sequência (do menos estável para os de maior estabilidade): micas → illitas → cloritas (intermediárias) → vermiculitas → montmorillonitas → caulinitas (SOUSA, 2017).

As argilas podem ser aplicadas em inúmeras áreas, sendo utilizadas mais intensamente em composições de massas cerâmicas. A mais indicadas para uso na cerâmica vermelha apresentam em sua constituição os argilominerais illita, de camadas mistas illita-montmorilonita e clorita-montmorilonita, além de caulinita, pequenos teores de montmorilonita e compostos de ferro (ABCERAM, 2017). Quando a argila possui baixa plasticidade, contendo fundentes, ela torna-se ideal para utilização em cerâmica vermelha (ARAÚJO *et al.*, 2000).

Os materiais considerados fundentes são aqueles que possuem elevado teor de álcalis ( $K_2O$  e  $Na_2O$ ), cuja presença induz à redução da porosidade do material, aumento de resistência, diminuição da absorção de água, redução da temperatura de sinterização. Tudo isso acarretando na diminuição do custo final necessário à produção das peças. No Brasil, o feldspato é um dos fundentes mais tradicionais (ABCERAM, 2017).

A plasticidade é a característica que as argilas, úmidas, possuem de continuarem se deformando mesmo quando a ação de uma força para. O (LP) é a água necessária para esfarelar a massa plástica. O (LL), é a água necessária para transformar a massa plástica em suspensão fluída; A diferença entre os dois define o (IP). Este interfere na resistência à flexão e contração linear da argila, após a secagem (PINATTI *et al.*, 2010). De modo semelhante, Gomes (2002) relata que argilas ilíticas e esmectíticas apresentam resistências acima de 7 MPa, com as argilas esmectíticas demonstrando retrações mais elevadas (15% - 23%) e as argilas caulínicas e ilíticas proporcionando retrações bem menores, apesar de não especificar valores.

A Tabela 8 apresenta a correlação entre o (IP) e a resistência à tração e retração



esperadas, bem como classifica as argilas estruturalmente, nela, Pinatti *et al.* (2010) observam que as argilas regulares devem ser misturadas com outras de granulometria fina e as mais plásticas devem ser desplastificadas, para controlar a retração pós secagem. Observando ainda que as argilas montmoriloníticas possuem resistências superiores a 8 MPa.

Tabela 9 - Classificação estrutural e relação entre o (IP) e a resistência a tração e retração linear pós secagem esperadas das argilas

Argila			Resultados – Pós secagem	
IP (%)	Tipo de plasticidade	Classificação Estrutural	Resistência à flexão (MPa)	Retração linear (%)
5 a 10	Material de capa	-	-	-
11 a 12	Fraca	-	-	-
13 a 14	Regular (Pouco Plástica)	Cauliníticas	Até 3	3 a 5
15 a 16	Boa (normal)	Ilíticas	3 a 6	4 a 7
17 a 18	Excelente (alta)	Ilíticas/montmoriloníticas	6 a 8	7 a 9
19 a 25	Excessivamente plástica (muito alta)	Montmoriloníticas	8 a 14	8 a 11

Fonte: Adaptada de Pinatti *et al.* (2010).

Segundo Resende *et al.* (2011), a presença de quartzo na fração argilosa indica a intensa liberação de sílica, favorecendo a presença de argilas 2:1, em níveis mais elevados, o quartzo dificulta a identificação das demais fases, devido à alta intensidade dos picos formados por este mineral.

Para determinação da composição química das argilas, um método bastante utilizado é o da fluorescência de raios X; para aplicação dessa técnica, necessário se faz a incidência de elétrons oriundos da radiação nas camadas próximas do núcleo dos átomos da amostra, o que provoca uma substituição dos elétrons dessa camada, por outros de outras camadas mais externa, durante esse processo um espectro de raios X característico (fluorescência) é emitido; esse espectro é utilizado na identificação da composição química presente na amostra (MORAES, 2004).

Na técnica da pastilha prensada, essa é submetida a irradiação por um tempo pequeno, recebendo energia em alta intensidade, o que resulta na emissão de raios X característicos. O comprimento de onda individual de cada elemento permite identificar a linha espectral, cujas intensidades e posição difratadas de cada uma são registradas no aparelho de raios X. Esses resultados são comparados com um padrão estabelecido para o elemento, onde é possível identificar e quantificar as substâncias presentes na amostra (GRUN 2007 *apud* MOREIRA, 2015).

### 3.3 A importância do processo produtivo

Bauer (2008) afirma que o bloco cerâmico estrutural é fabricado em três etapas, a saber: preparação da matéria-prima, conformação e tratamento térmico. Cada uma dessas etapas é parcialmente responsável pela qualidade e durabilidade do produto final obtido, conferindo a este as propriedades necessárias à sua funcionalidade.

Na preparação da matéria-prima, a argila é extraída da natureza e estocada a céu aberto, configurada como etapa de sazonalidade ou apodrecimento, que tem por objetivo o aumento da plasticidade, através da fermentação das partículas orgânicas. Nesta etapa a argila recebe ainda uma correção dos seus grãos, para reduzir a retração durante a queima (sinterização), que pode ser feita com adição de uma argila pré-queimada e moída (BAUER, 2008). A etapa posterior, de conformação, é obtida após a mistura, e segundo o autor, é realizada através de processo de extrusão, que consiste na compactação da massa argilosa em uma câmara de alta pressão, contra o molde, onde a massa adquire a forma desejada, devendo-se evitar ao máximo que o material varie quanto às propriedades.

Por fim, tem-se o tratamento térmico, que consiste em duas etapas, a de secagem e queima, sendo que na primeira tem-se a eliminação da água de conformação, através do aquecimento do ar, o que permite baixar a umidade, que gira em torno de 30%, para 5%, e, após esse controle, é efetuada a queima em alto forno (contínuo ou intermitente).

Manhães *et al.* (2009) verificaram que a resistência mecânica das peças de cerâmica vermelha aumenta à medida que se aumenta a temperatura de queima, principalmente, entre 950 °C e 1150 °C. Entretanto, Manoharan *et al.* (2011) ao analisar o efeito da temperatura sobre a produção de tijolos cerâmicos concluiu que a resistência mecânica dos tijolos aumentou ligeiramente com a temperatura de queima entre 700° e 900°C, não observando aumento da resistência mecânica em temperaturas mais elevadas.

Mahmoudi *et al.* (2016) confirmam que a maioria dos minerais constituintes da argila não sofrem alterações entre 700 e 900 °C. Coletti *et al.* (2016) afirmam que não somente a temperatura, mais outros fatores que interagem durante o processo produtivo, aliados as quantidades e formas de estruturas dos poros afetam a resistência nos materiais cerâmicos, em particular, os tijolos. Para o presente estudo foram verificadas propriedades como índice de plasticidade, teor de umidade, granulometria, massa específica e unitária, retração linear e perda de massa ao fogo.

### **3.4 O Controle Estatístico dos Processos para análise da qualidade dos blocos cerâmicos estruturais**

No Brasil, as indústrias têm que adotar novas estratégias de produção, para compensar a defasagem tecnológica frente à revolução industrial no hemisfério Norte e sobreviverem em um cenário de economia globalizada (PEINADO; GRAEML, 2007). De acordo com Ishikawa (1993), através do controle de qualidade total, com a participação da gerência e empregados, qualquer empresa pode oferecer produtos, ou serviços melhores a um custo menor, aumentar as vendas, melhorar os lucros e transformar-se em uma organização mais competitiva.

Essa melhoria da qualidade pode ser alcançada com o controle estatístico da variação do processo produtivo. Este está sob controle quando existem apenas causas naturais atuando, e está fora de controle se existem causas especiais de variação atuando, as quais podem ser identificadas e corrigidas, independentemente de estar dentro ou fora dos limites de especificações do produto (WERKEMA, 2006).

No estudo realizado por Montgomery (2009), o Controle Estatístico dos Processos mostrou-se bastante eficaz na estabilização dos processos produtivos, reduzindo a variabilidade e aumentando a capacidade dos processos que estão operando fora dos limites de controles especificados, por causas atribuídas, aparentemente ao acaso. Nesse contexto, Souza, Pedrini e Caten (2009) reafirmam a eficiência dessa ferramenta de qualidade, enfatizando a potencialidade de esta permitir a identificação de causas anormais atuando sobre o processo, possibilitando corrigir o problema antes de serem produzidas peças em desconformidade.

Assim, a utilização das cartas no controle dos processos, pressupõe que esses sejam distribuídos normalmente, e para tanto, faz-se necessária a construção de histogramas com caráter preliminar de serem indicadores da distribuição de dados, atuando na identificação do valor central e da dispersão dos dados, podendo, portanto, indicar se uma distribuição aproxima-se de uma função normal (WERKEMA, 2006). Porém, segundo Montgomery (2009), alguns autores declaram que a não-normalidade em uma amostra, não deve ser um fator de preocupação no que tange a pesquisa, uma vez que a normalidade média dos processos é garantida pelo Teorema do Limite Central, por mais assimétrica que seja sua distribuição.

A representação gráfica para o monitoramento da média e amplitude consiste em três linhas horizontais. A Linha Média Central (LMC) representa o valor médio da caracte-

rística de interesse. As outras duas linhas, equidistantes ao LMC, são os Limites Superior e Inferior de Controle, LSC e LIC, respectivamente (WERKEMA, 2006). De acordo com Montgomery e Runger, (2015) esses limites de controle amostrais são determinados conforme equações 1, 2 e 3.

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

$$LMC = \bar{\bar{X}} \quad (2)$$

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

Onde,

$\bar{\bar{X}}$ : Média aritmética das médias das medidas efetivas individuais;

$\bar{R}$ : Média aritmética das medidas das amplitudes individuais.

$A_2$ : Tabelado apartir do valor de K (onde K depende do nº de amostras, ou das medidas feitas em cada amostra.

Tais linhas servem para monitorar se o processo está ou não fora de controle, mediante um ou mais pontos localizados fora destes limites. O controle sobre a qualidade média é exercido pela carta de controle para as médias, e a variabilidade do processo pode ser controlada pela tabela da amplitude (MONTGOMERY, 2009). De acordo com Werkema (2006), além de um ou mais pontos fora dos limites de controle, outros fatores são indicativos de processo fora de controle na análise gráfica, tais como:

- i. Uma sequência de 07 pontos consecutivos incidindo em um dos lados da linha central;
- ii. Mesmo com sequência menor que 07 pontos: se 10 de 11 pontos, ou 12 de 14 pontos, ou 16 de 20 pontos incidem num mesmo lado da linha central. Nesse e no caso anterior, tendo como possíveis causas: (introdução de novas máquinas, operadores, matérias-primas; mudanças de método de inspeção ou procedimentos operacionais);
- iii. Quando existe tendência: sequência de 07 pontos ascendentes, ou drástica tendência descendente, geralmente provocada por desgaste gradual de equipamentos e ferramentas, ou mesmo condições ambientes (alterações graduais de temperaturas e pressões) ou cansaço dos operadores;
- iv. Quando existe proximidade dos limites de controle  $3\sigma$ : se 02 de 03 pontos consecutivos incidem além da linha  $2\sigma$  (mistura de dados provenientes de máquinas diferentes em um mesmo subgrupo);

v. Quando há proximidade do limite médio de controle: se a maioria dos pontos está posicionada entre as linhas  $1,5 \sigma$  (erros nos cálculos dos limites de controle, má formação dos subgrupos, mistura de dados provenientes de máquinas diferentes em um mesmo subgrupo);

vi. Quando existe periodicidade: se o traçado mostra repetidamente uma tendência para cima e outra para baixo, em intervalos quase iguais, devido a alterações sazonais da matéria-prima, cansaço do operador, alterações sistemáticas nas condições ambientais, rotatividade regular de operadores ou máquinas.

Segundo Montgomery e Runger (2015), as cartas de controle apresentam-se como as melhores ferramentas na aplicação do Controle Estatístico dos Processos, apoiando na identificação e monitoramento do processo produtivo. Para Costa, Eppecht e Carpinetti (2008), a avaliação da capacidade dos processos pressupõe a normalidade da distribuição dos valores, que o processo esteja sob controle e seus limites de controle especificados. Atendidas essas condições, a capacidade pode ser analisada através das razões das capacidades potencial (*RCP*) e real (*RCPK*) dos processos; a *RCP* relaciona a variabilidade especificada permitida (*LSE-LIE*) com a variabilidade natural, equivalente a seis desvios padrões amostrais ( $6 \sigma$ ). Já a *RCPK* relaciona o desvio entre a média do processo e o LC especificado, podendo ser obtidas as razões através das equações 8 e 9, de acordo com Montgomery e Runger (2015).

$$RCp = \frac{(LSE) - (LIE)}{6\sigma} \quad (4)$$

$$RCPK = \text{mínimo de } \left[ \frac{(LSE - \mu)}{3\sigma} ; \frac{(\mu - LIE)}{3\sigma} \right] \quad (5)$$

Onde,

$$\mu = \bar{\bar{X}};$$

$\sigma = DP =$  Desvio padrão amostral;

*LSE* e *LIE* = Limites Superior e Inferior de especificações.

A Tabela 10 mostra a classificação para os processos produtivos proposta por Costa, Eppecht e Carpinetti (2008).

Tabela 10 - Classificação dos Processos de acordo com  $RCp$  e  $RCpk$ 

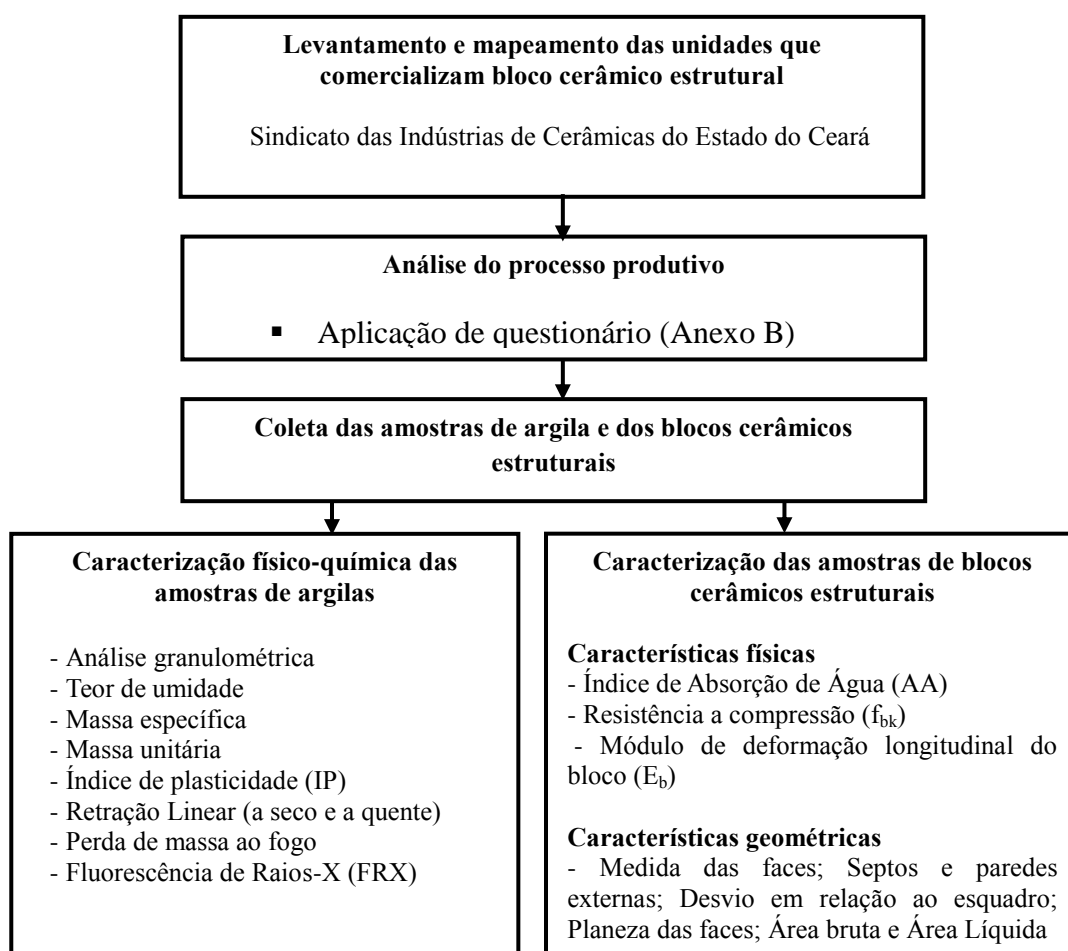
Valores	Classificação	Conclusão
$(RCp \text{ e } RCpk) \geq 1,33$	Capaz	O processo produtivo está dentro dos limites especificados, produzindo, praticamente todos os produtos com qualidade.
$1 \leq (RCp \text{ e } RCpk) \leq 1,33$	Aceitável	O processo produtivo está sujeito a frequentes ocorrências de causas especiais, necessitando ser rigidamente controlado.
$(RCp \text{ e } RCpk) \leq 1,0$	Incapaz	O processo produtivo está fora de controle, produzindo uma porcentagem considerável de itens defeituosos, com baixa qualidade e fora das especificações.

Fonte: Adaptado de Costa; Eppecht e Carpinetti (2008).

## 4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A Figura 1 traz as etapas metodológicas empregadas, tendo em vista atingir os objetivos propostos.

Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia empregada



Fonte: Autor.

### 4.1 Mapeamento das unidades que comercializam o bloco cerâmico estrutural

Foi realizado um levantamento, através dos dados do Sindicato das Indústrias de Cerâmicas do Estado do Ceará (SINDICERÂMICA), da parcela significativa das indústrias ceramistas do estado. A partir disso, foi possível realizar o mapeamento das unidades que comercializam bloco cerâmico estrutural no Ceará, o qual conta com uma quantidade atual de dezesseis empresas (somando as sindicalizadas e não sindicalizadas).

Através desse mapeamento, observou-se que as unidades produtoras não se distribuem por todas as regiões, concentrando-se, em sua maioria, na mesorregião metropolitana de Fortaleza. Além disso, constatou-se que algumas empresas pararam de produzir o bloco cerâmico estrutural em regiões importantes do Estado, como a Região Sul, que produz apenas por encomenda.

Dessa forma, foi possível verificar que, das dezesseis empresas que comercializam e/ou produzem os blocos cerâmicos estruturais, treze são sindicalizadas, cinco empresas somente vendem, quatro empresas pararam de produzir e apenas sete estão produzindo atualmente. Além disso, das treze empresas sindicalizadas levantadas, abrangendo quatro Mesorregiões do Ceará (Metropolitana, Norte, Jaguaribe e Sul) que apresentam como característica, fabricar e/ou comercializar blocos cerâmicos estruturais, constatou-se que apenas cinco estavam com produção ativa e uma que embora não sindicalizada produzia para uma vendedora sindicalizada.

Contudo, é importante ressaltar que nem todas as empresas produzem os blocos, porém ambas atuam na comercialização destes. Das seis empresas estudadas, todas tanto produzem quanto comercializam os blocos cerâmicos estruturais, e, as verificações nestas seis empresas constituíram a essência deste estudo, mapeando-se as demais, para atualização do diagnóstico.

#### **4.2 Análise do processo produtivo**

Para as empresas selecionadas, a realização do estudo foi desenvolvido realizando, primeiramente, a análise sobre o processo produtivo das empresas estudadas, utilizando, para isso, a aplicação de questionário elaborado a partir de modelo proposto por Villar (2005), discutido com o presidente do SINDICERÂMICA, e adaptado às necessidades atuais do Sindicato para obtenção dos dados.

#### **4.3 Caracterização das massas argilosas utilizadas na fabricação dos blocos**

Foram coletadas amostras de cinco quilos da massa argilosa, utilizada na mistura para produção dos blocos, de cada empresa, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e conduzidas até o laboratório de Mecânica dos Solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), para realização da caracterização físico-química. A coleta foi realizada na área, onde as argilas magras e gordas já se encontravam misturadas



por processo mecânico, tendo o teor de água já sido incorporado, para se verificar a umidade relativa utilizada pelas empresas.

Quanto aos ensaios de caracterização física, estes são apresentados pela Tabela 11.

Tabela 11 - Caracterização física das argilas coletadas

<b>Propriedade</b>	<b>Referência Normativa</b>
Teor de Umidade	NBR 6457 (ABNT, 2016)
Análise Granulométrica	NBR 7181 (ABNT, 2016)
Massa Unitária	NBR 7251 (ABNT, 1982)
Massa Específica	NBR 6508 (ABNT, 1984)
Índice de Plasticidade*	NBR 7180 (ABNT, 2016)
Retração Linear	NBR 8385 (ABNT, 2013)
Perda de massa ao fogo	NBR 13600 (ABNT, 1996)
Foi necessário determinar o Limite de Plasticidade (LP) e Limite de Liquidez (LL), regidos pelas NBR 7180 (ABNT, 2016) e NBR 6459 (ABNT, 2016), respectivamente.	

Fonte: Autor.

Já a determinação da composição química das amostras foi obtida através da aplicação da técnica de Fluorescência de Raios-X (FRX), em um equipamento Rigaku, modelo ZSX Mini II, pelo método da pastilha prensada, sendo realizada no Laboratório de Raios-X (LRX) do Departamento de Física, da Universidade Federal do Ceará (UFC).

#### 4.4 Caracterização dos blocos cerâmicos estruturais

Para cada empresa, foram coletados 13 blocos cerâmicos estruturais, com parede vazada e dimensões de 140 mm x 190 mm x 290 mm, uma vez que esta é a quantidade mínima necessária e recomendada pela NBR 15270-2 (ABNT, 2005).

As amostras foram transportadas em estrados de madeira, para os Laboratórios de Materiais de Construção Civil da UFC, IFCE e Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC), e, logo após, acondicionados sobre superfície plana e limpa. Antes de serem ensaiadas, as amostras foram limpas, identificadas, preparadas e colocadas em ambiente protegido de intempéries e de agentes contaminantes.

Primeiramente foi realizada uma avaliação visual, para aferição das informações gravadas nos blocos levando-se em consideração a identificação da empresa, indicação de dimensões de fabricação na sequência – Largura (L), Altura (H) e Comprimento (C) –,

gravação das letras “EST” (indicando a função estrutural) e indicação de rastreabilidade. Essa avaliação preliminar foi realizada, conforme recomenda a NBR 15270-2 (ABNT, 2005), para observação sobre presença de fissuras, irregularidades de superfície ou deformações.

Em seguida, foram obtidas as características geométricas dos blocos. Para isso utilizou-se como parâmetro a NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Iniciou-se esta etapa aferindo-se as medidas das faces dos blocos, com auxílio de paquímetro calibrado e com sensibilidade de 0,01 mm, sendo as medidas efetivas (largura, comprimento e altura) obtidas através da média de duas medidas em cada bloco, nos pontos médios de cada face.

Após isso, realizou-se a aferição das medidas dos septos e paredes externas (obtidas pela média de 04 medidas feitas nos pontos indicados), do desvio em relação ao esquadro (através da deflexão observada na largura do bloco, em relação ao esquadro colocado no ponto médio do comprimento), planeza das faces (através da flecha medida com o auxílio do esquadro na diagonal determinada pela altura e o comprimento do bloco), e áreas bruta e líquida (a primeira, considerando-se os furos dos blocos, já a segunda, excluindo-os).

Por conseguinte, foram determinadas as características físicas e mecânicas. O índice de absorção de água foi obtido pela relação entre as massas saturada e massa seca dos blocos, sendo seu procedimento realizado de acordo com o descrito pela NBR 15270-3 (ABNT, 2005). A resistência característica do bloco ( $f_{bk}$ ), foi determinada conforme item 5.5 da norma NBR 15270-2 (ABNT, 2005), e, por fim, o módulo de deformação longitudinal do bloco ( $E_b$ ) foi determinado através de adaptações da NBR 8522 (ABNT, 2008), recomendado pela tabela D.1, do anexo D, na NBR 15270-3 (ABNT, 2005), que trata da determinação de características especiais, por falta de especificidade normativa para aplicação do método ao bloco cerâmico. Foram utilizados 06 blocos preparados conforme o mesmo padrão determinado para estabelecimento da resistência característica.

O ensaio foi desenvolvido na mesma máquina utilizada para determinação da resistência característica dos blocos. Através do programa Test Script (TESC), adaptado ao bloco cerâmico, que efetua as leituras das deformações médias obtidas após elevação do carregamento até a tensão de 30% da tensão de ruptura, com uma velocidade constante; onde o carregamento é mantido por 60 (sessenta) segundos, e, em seguida, reduzido à tensão básica de 5% da tensão de ruptura, onde é mantido, novamente por sessenta segundos. Após a execução de três ciclos, o programa solicita a retirada dos extensômetros, para posterior ruptura dos blocos.

#### 4.5 Aplicação do Controle Estatístico de Processos na análise das características geométricas dos blocos

Após caracterização das medidas geométricas de largura, comprimento e altura, feita conforme a norma NBR 15270-3 (2015) aplicou-se o Controle Estatístico de Processos, através das cartas de controle para as médias, e em seguida verificou-se a capacidade produtiva, porém, apenas para as empresas 1 e 3, que foram as que atenderam a todas as especificações normativas, quanto às medidas efetivas de largura, comprimento e altura.

Tomadas as medidas efetivas de largura, comprimento e altura, obtidas através das médias de duas medidas, para cada uma das amostras dos blocos, procedeu-se com a aplicação do controle de qualidade, com a utilização da ferramenta do *Microsoft Excel* para tratamento dos dados, através das seguintes etapas:

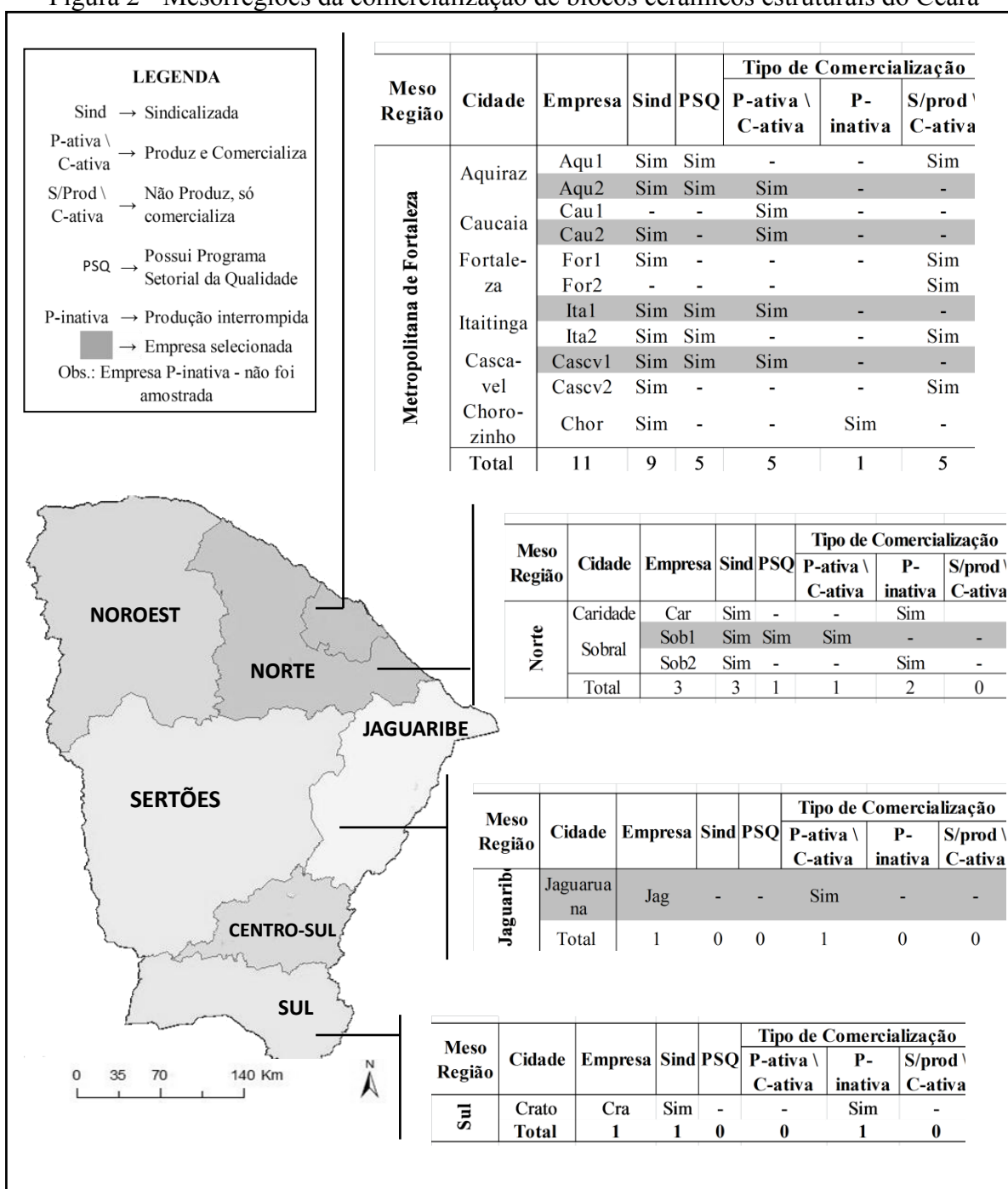
- i. Determinação de parâmetros estatísticos necessários, como média ( $\bar{\bar{X}}$ ), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) para as empresas 1 e 3;
- ii. Elaboração das cartas de histogramas, para avaliar a normalidade das distribuições amostrais;
- iii. Determinação das cartas de controle de qualidade para as médias amostrais, onde os limites de controle amostrais (LSC, LMC e LIC) foram determinados, de acordo com Montgomery e Runger (2015), utilizando as equações 1, 2 e 3 (com  $A_2 = 1,880$ , pois foram feitas duas medidas para cada bloco da amostra);
- iv. Determinação das razões de capacidade produtiva (RCP e RCPK) das referidas empresas, de acordo com Montgomery e Runger (2015), obtidas pelas equações 4 e 5;
- v. Análise da capacidade produtiva das empresas, através dos valores obtidos para as razões RCP e RCPK, conforme Tabela 10 segundo os padrões norte-americanos, que conforme Montgomery e Runger (2015), exigem 1,33 como mínimo aceitável e 1,66 como processo “capaz” para RCP e RCPK., proposta por Costa, Eppecht e Carpinetti, (2008), sendo também analisada.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Mapeamento das unidades que comercializam o bloco cerâmico estrutural

A Figura 2 apresenta as empresas que comercializam os blocos cerâmicos estruturais por mesorregião do estado do Ceará.

Figura 2 - Mesorregiões da comercialização de blocos cerâmicos estruturais do Ceará



Fonte: Autor.

Através da Figura 2 é possível observar também as empresas que deixaram de produzir, constatando a real situação em que se encontra a produção no Estado.

## **5.2 Caracterização dos requisitos de qualidade no processo produtivo**

Mediante os dados obtidos pelo questionário verificou-se que:

- i. Quanto à preparação da argila, todas as empresas estocam a argila após a extração (sazonamento) por um período que varia entre 12 e 36 meses. Das 6 empresas estudadas, três delas estocam por 12 meses, duas por 36 meses e uma por 24 meses.
- ii. No que tange aos equipamentos utilizados na conformação e extrusão da massa argilosa, tem-se que três das empresas utilizam a preparação e dupla laminação, além dos equipamentos básicos, nesta etapa do processo produtivo, enquanto que a outra metade nenhum outro sistema além dos equipamentos básicos (caixão, desintegrador, misturador, laminador, maromba / extrusora-cortadeira);
- iii. Somente uma das empresas realiza a secagem utilizando estufa (através do calor de recuperação dos fornos), e as outras cinco efetuam o processo de forma natural, tendo-se que o período de duração da secagem utilizado varia entre 04 e 07 dias no verão e 08 a 15 dias no inverno para todas elas;
- iv. Metade das empresas utilizam a relação 2:1 e a outra metade 3:1, na relação argila (gorda : magra) da mistura, com adição de água em torno de 20%, porém apenas uma empresa utiliza a argila pré-queimada e moída na mistura, para melhorar a retração durante o processo de sinterização (ou queima);
- v. Em relação à etapa de tratamento térmico, tem-se que o forno mais utilizado pelas empresas, é o tipo Hoffmann e a temperatura de queima varia entre 900 - 950 °C para três das empresas, sendo que duas delas queimam entre 950 -1000 °C, e apenas uma utiliza temperatura acima de 1000 °C. Além disso, apenas duas empresas queimam o produto por até 24 h, enquanto que as demais utilizam até 48 h para cumprir o ciclo da queima;
- vi. Apenas uma das empresas utiliza somente lenha para a queima, enquanto que as demais utilizam a biomassa combinada com lenha e/ou cajueiro. Além disso, enquanto apenas uma utiliza um termopar no controle da temperatura, enquanto que as outras utilizam controle manual;
- vii. A produção dos blocos estruturais em relação aos demais produtos produzidos por todas as empresas analisadas chega até 20%, mas somente metade destas possui um controle de entrega paletizada. O bloco é comercializado a um custo que varia de R\$ 1000 a

R\$ 1100 por milheiro, possuindo como mercado especialmente as cidades de Mossoró, Fortaleza e Piauí, sendo que 50% das empresas comercializam para ambas as cidades, enquanto o restante para apenas um dos municípios supracitados.

Esses resultados permitirão, ao SINDICERÂMICA, o traçado de metas para reverter a atual situação em que se encontra o setor no estado do Ceará, onde pode-se constatar que existem empresas que não estão mais a produzir os blocos cerâmicos.

Destaque-se ainda que ações nesse sentido já vem sendo implementadas pelo sindicato, que, recentemente, em workshop realizado no auditório da Federação das Indústrias do Ceará (FIEC), promoveu palestra sobre o controle da queima nas indústrias produtoras e através de convênio realizado com o Governo do Estado do Ceará, foram adquiridos termopares, os quais foram distribuídos às empresas e já contribuiu para melhoria do controle de qualidade da queima pelas unidades produtoras.

### 5.3 Caracterização da massa argilosa utilizada no processo produtivo

#### 5.3.1 Caracterização Física

A Tabela 12 resume os resultados dos ensaios realizados nas massas argilosas das empresas pesquisadas, em que foram alcançados baixos índices de plasticidade, o que converge para os valores relativos aos teores de argila obtidos na análise granulométrica realizada e expostos mais adiante.

Tabela 12 - Resumo da caracterização física das massas argilosas das empresas pesquisadas

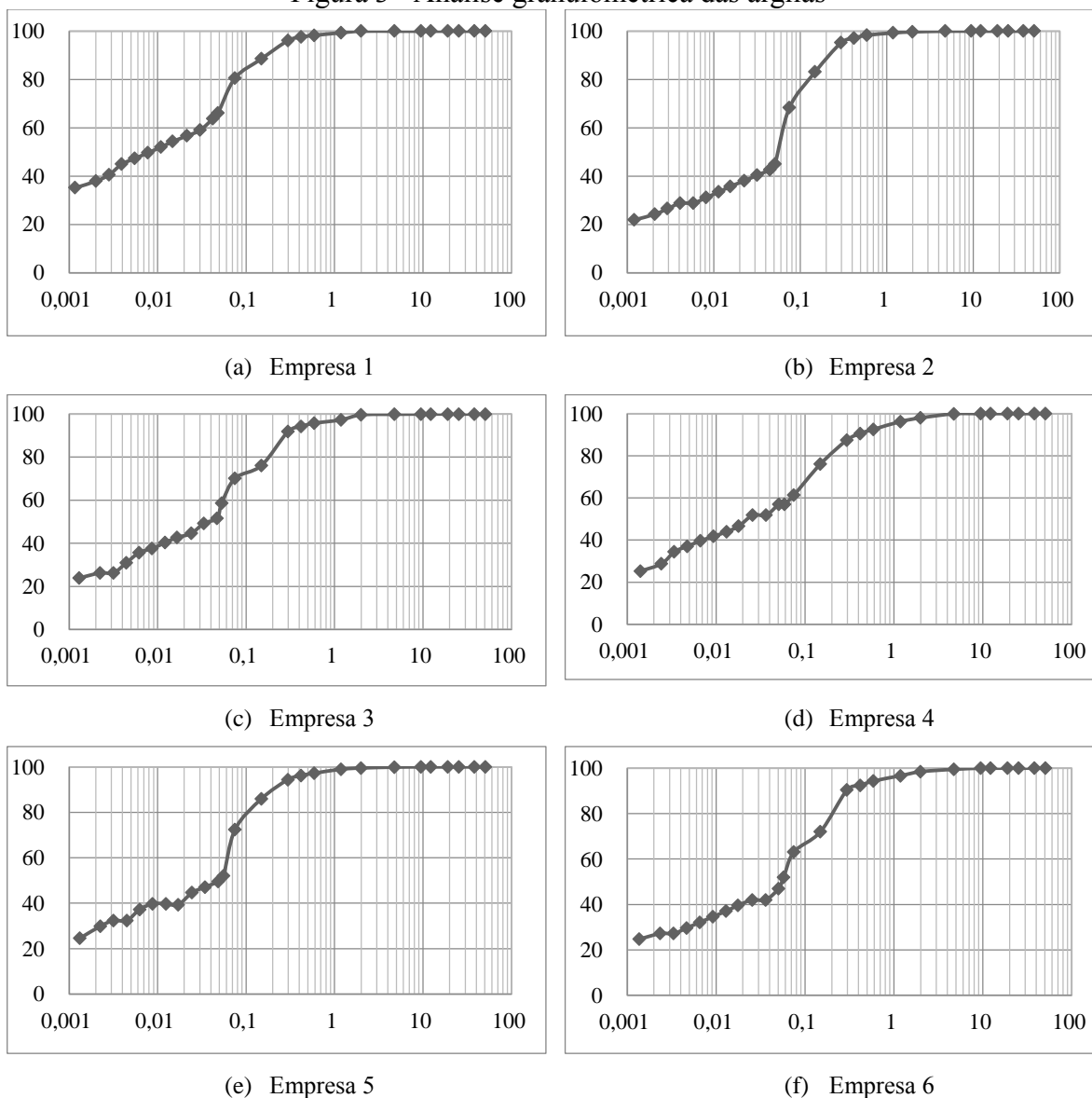
Propriedade	Empresas					
	1	2	3	4	5	6
Umidade (%)	20,25	21,3	19,9	20,1	19,75	19,3
Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	1,171	1,164	1,102	1,183	1,020	0,965
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	2,619	2,1801	2,597	2,447	2,548	2,356
Retração a seco	2,0%	2,0%	2,0%	1,0%	2,0%	3,0%
Retração a quente	3,0%	3,0%	3,0%	2,0%	3,0%	4,0%
Perda de massa ao fogo	5,83%	7,79%	6,38%	5,70%	4,94%	4,32%
Índice de Plasticidade - IP (%)	7,214	8,67	17,97	7,6	10,63	14,35
Classificação pelo IP, de acordo com Pinatti <i>et al.</i> (2010)	Material de capa	Material de capa	Excelente	Material de capa	Fraca	Regular/Boa

Fonte: Autor.

As misturas argilosas das empresas que apresentaram  $IP \leq 10\%$  estão entre as empresas que de acordo com o questionário, usam a relação argila (plástica: magra) na proporção 2:1, enquanto as demais empresas usam a relação 3:1.

Observa-se também que a empresa 2 apresenta a menor fração argilosa, enquanto que a maior fração é encontrada na massa da empresa 3. Quanto aos teores de silte, estes variam entre 24,1% e 40,1%, dependendo da região onde se localiza a jazida, enquanto que os de areia fina variam entre 17% e 29,4%. No que tange às amostras das empresas 4 e 5, estas apresentaram areia grossa em sua composição (Figura 3).

Figura 3 - Análise granulométrica das argilas



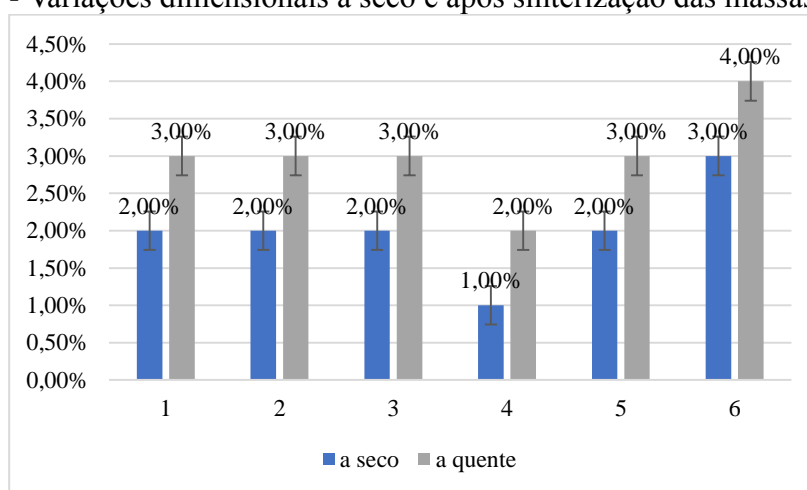
Fonte: Autor.

Além disso, verificou-se que as empresas estão produzindo com o teor de umidade em torno de 20%, o que reflete também na pequena variação dimensional a seco (Figura 4), pois a evaporação dessa água provoca retração na amostra.

Isso se dá em virtude que na etapa de secagem, ocorre a evaporação de água residual dos corpos cerâmicos, o que geralmente proporciona um aumento da resistência da peça, haja vista que as peças densificam-se (aumentam seu volume), devido ao empacotamento e as forças de ligação entre as partículas. Uma vez que as forças de coesão e adesão são governadas pelo teor de água nas amostras, isso é o que acaba produzindo em cada produto uma pequena variação dimensional (FERNANDES, 2012).

A Figura 4 mostra as variações dimensionais a seco e a quente das massas argilosas das empresas pesquisadas.

Figura 4 - Variações dimensionais a seco e após sinterização das massas argilosas



Fonte: Autor.

Observa-se que as variações lineares das massas argilosas são menores do que os valores propostos por Pinatti *et al.* (2010). Essa pequena variação se deve ainda ao extenso período de maturação da argila, constatado no questionário aplicado.

### 5.3.2 Caracterização Química

A Tabela 13 apresenta a composição química das massas argilosas das empresas pesquisadas, obtida a partir da análise de FRX.



Tabela 13 - Composição mineralógica das massas argilosas

Empresa	Elementos presentes na amostra em percentuais (%)							
	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO
1	0,85	12,86	39,50	5,52	1,96	3,64	0,33	35,03
2	-	13,50	32,51	4,48	1,78	4,00	0,32	40,75
3	-	11,09	44,30	4,31	3,66	3,20	1,02	32,16
4	-	11,71	44,38	5,33	3,52	3,73	0,52	30,67
5	-	12,06	42,65	5,12	2,74	4,80	0,42	31,80
6	-	10,69	59,81	7,35	4,89	3,50	0,59	8,42

Fonte: Autor.

De acordo com os dados obtidos mediante FRX é possível identificar a presença de óxidos fundentes como óxido de cálcio (CaO) e óxido de potássio (K<sub>2</sub>O) variando em teores entre 4,31% e 7,35%, para o K<sub>2</sub>O, bem como 1,78% e 4,89% para o CaO. No que tange aos compostos de óxido de ferro (FeO) e óxido de manganês (MnO), ambos presentes na composição, estes atuam conferindo cor ao material, sendo o FeO responsável pelo surgimento da cor vermelha, e o MnO pela cor marrom, e estando os teores de óxidos de ferro são suficientes para fornecer à massa cerâmica a coloração vermelha característica.

O baixo teor em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pode ser justificado pela adição de material não plástico a massa cerâmica, geralmente adicionada a fim de se melhorar a trabalhabilidade das peças cerâmicas e reduzir a formação de trincas e empenos durante a secagem.

Menezes *et al.* (2009), ao estudar a composição química da argila na Paraíba, observou que a presença de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> varia entre 4,26% e 11,12%, relatando que este percentual está de acordo com a faixa observada na literatura para argilas bentoníticas sul-americanas, onde encontra-se, também, teores de MgO e/ou CaO, bem como de K<sub>2</sub>O e de MgO + CaO. Assim, verifica-se que houve pouca variação entre os valores encontrados no presente estudo e o verificado na literatura existente.

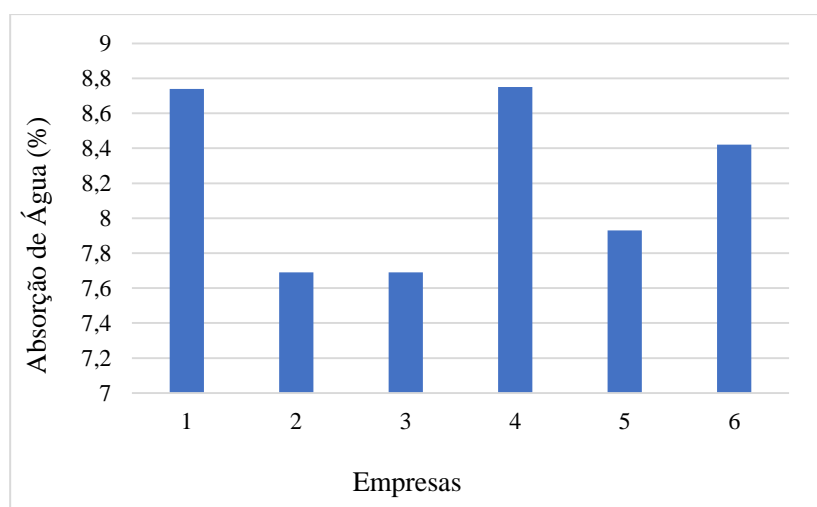
## 5.4 Caracterização dos blocos cerâmicos estruturais

### 5.4.1 Caracterização Física

- Absorção de água

Os valores médios para a Absorção de Água (AA) das empresas pesquisadas são apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Índice de absorção de água das empresas



Fonte: Autor.

Segundo a NBR 15270-2 (ABNT, 2005), o índice de absorção de água, deve ser  $8\% \leq (AA) \leq 22\%$ . Com isso, observa-se que, de acordo com o especificado, as empresas 2, 3 e 5 apresentam valores abaixo do especificado, enquanto que as empresas 1 e 4 encontram-se dentro do intervalo estabelecido pela norma.

▪ Resistência à compressão do bloco ( $f_{bk}$ ) e Módulo de Elasticidade ( $E_b$ )

Foram determinadas as resistências características do bloco ( $f_{bk}$ ), assim como o módulo elástico ( $E_b$ ), para 12 amostras, deixando-se um para contraprova, para cada empresa pesquisada.

Tabela 14 - Resistências Características dos blocos ( $f_{bk}$ ) e Módulo elástico ( $E_b$ )

Empresa	$E_b$ (GPa)	$f_{bk}$ (MPa)			
		$f_{bm}$	$f_{bk,est}$	$\varnothing \times f_{b(1)}$ $\varnothing = 0,98$	$f_{bk}$ adotado
1	11,40	13,24	11,09	10,42	11,09
2	13,05	14,67	13,60	13,26	13,60
3	25,78	13,80	13,16	12,89	13,16
4	10,95	14,11	13,28	13,05	13,28
5	12,06	16,80	16,01	15,75	16,01
6	12,32	14,69	13,52	13,26	13,52

Fonte: Autor.

Observa-se que todas as empresas pesquisadas atendem com folga a determinação da 15270-2 (ABNT, 2005), que ressalta que os blocos cerâmicos estruturais

devem apresentar  $f_{bk} \geq 3$  MPa. Os valores de  $f_{bk}$  encontrados, assemelham-se também ao valor de 13,8 MPa, encontrado em uma fábrica, no Ceará, por Barreto (2015).

Observa-se ainda que as resistências características dos blocos estruturais no Ceará superam os 6 MPa, encontrados em quase todas regiões do Brasil; superando em 5 das empresas pesquisadas, os da região sudeste, que apresentam até 12 MPa e equiparando-se aos 18 MPa encontrados na região Sul, sendo que estes produzidos com paredes maciças, conforme (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012).

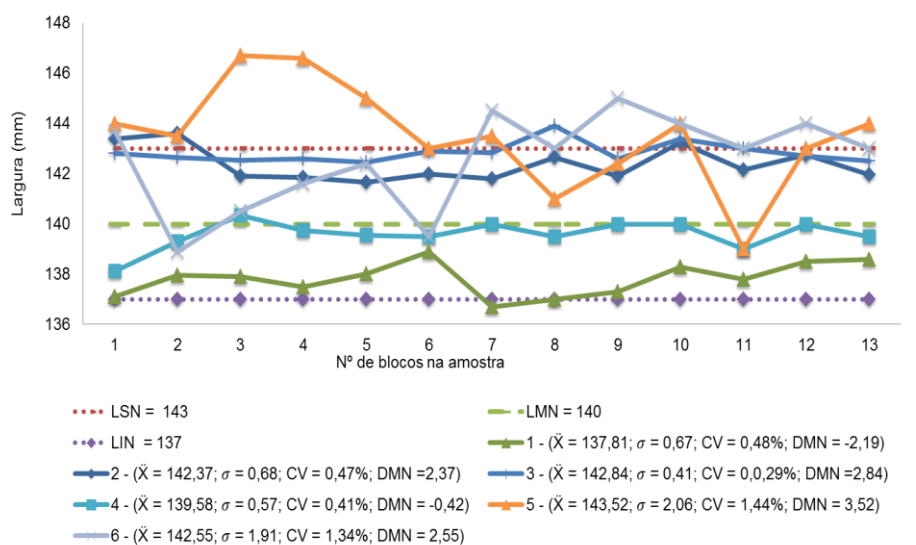
Quanto ao Módulo de Elasticidade dos blocos, a NBR 15270-2 (ABNT, 2005) não especifica nenhum intervalo para essa característica, entretanto, observa-se que dos valores médios de ( $E_b$ ) encontrados, exceto o da empresa 3, que está muito alto, estão próximos dos valores esperados para  $E_b$ , que são na ordem de mil vezes o valor da resistência característica do bloco. Para a empresa 3, novas amostras teriam de ser ensaiadas novamente, pois os valores encontrados ficaram muito além dos valores esperados.

#### 5.4.2 Caracterização Geométrica

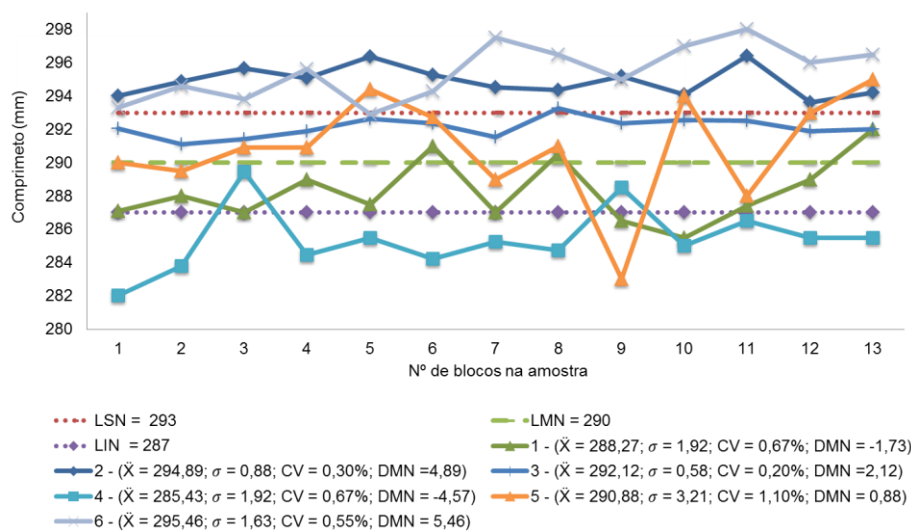
Na Figura 6 são apresentadas as medidas médias de largura, comprimento e altura, bem como os parâmetros amostrais ( $\bar{X} = \bar{\bar{X}} = \text{Média}$ ;  $\sigma = \text{Desvio padrão}$  e  $CV = \text{Coeficiente de variação}$ ), o DMN (Desvio Médio Normativo) do LMA com relação ao LMN, bem como os limites normativos (LIN – limite inferior; LMN – limite médio; LSN – limite superior) dos blocos cerâmicos estruturais das empresas analisadas; observa-se que em relação às medidas individuais de largura a exceção da empresa 5, as demais empresas estão operando dentro dos limites estabelecidos pela NBR 15270, que é de  $(140 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm})$ .

Quanto à dispersão dos DMNs amostrais, a mesma empresa 5 não atende, já as demais empresas atendem ao limite normativo (menor que  $|3,00 \text{ mm}|$ ). Entretanto, quando se considera os limites de controle normativo para as médias (LIN e LSN), as empresa 5, 2 e 6, não atendem, enquanto as demais empresas atendem, às prescrições normativas.

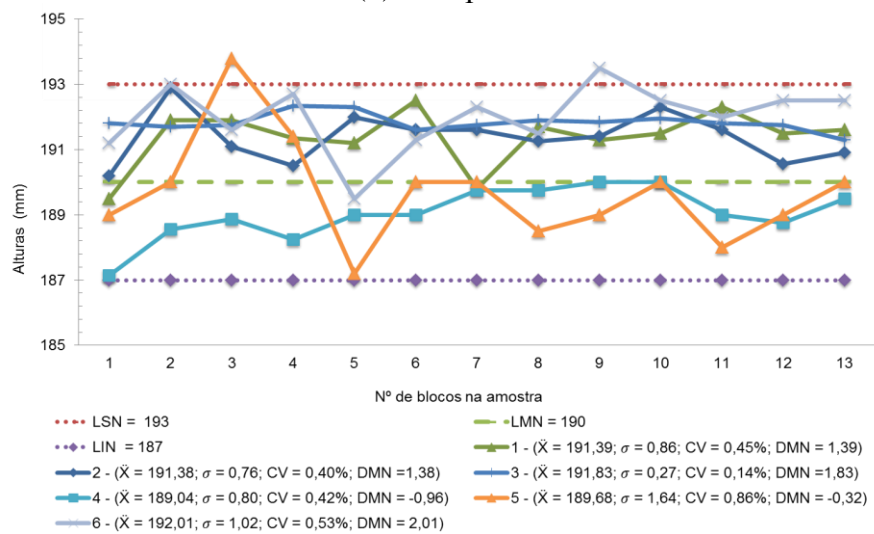
Figura 6 - Medidas médias dos blocos



(a) Largura



(b) Comprimento



(c) Altura

As empresas que não atenderam ao requisitos normativos devem reavaliar seu processo produtivo, já que variações nas medidas efetivas de largura dos blocos, acarretam variações na espessura da parede. Ou seja, caso a largura do bloco diminua, a da parede também diminuirá. Para corrigir tais variações é necessária a aplicação de uma maior camada de revestimento, causando um aumento de custo da construção. Ademais, se a largura diminui em comparação ao que foi projetado, a parede também reduz a sua resistência mecânica (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

Observa-se ainda na Figura 6 (b) que as empresas 1, 3 e 5 estão operando dentro dos limites estabelecidos pela NBR 15270, que é de  $290 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ ; o mesmo acontece quando se analisa os DMNs, com exceção das três empresas citadas, as demais empresas, mesmo apresentando pequenas variações dispersivas em suas medidas, o que pode ser constatados com os valores de Cvs pequenos, os altos valores dos DMNs, em módulo, maiores que 3mm, indicam que estão operando muito distante do LMN; por tanto não atendem ao requisito normativo; porém quando se analisa as distribuições médias amostrais, observa-se que apenas a empresa (1 e 3) estão operando dentro dos limites estabelecidos pela norma; as demais estão operando fora dos limites de controle normativo; devendo portanto reavaliarem seus processos produtivos.

Na Figura 6 (c) se observa que em relação às medidas de altura, as empresas consideradas estão operando dentro dos limites normativos, que é de  $190 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ . O mesmo acontece quando se analisa a dispersão dos DMNs e os limites de controle normativos para as médias amostrais, podendo-se verificar que todas as empresas estão operando dentro dos limites normativos, quanto a essa variável.

Dessa forma, tem-se que para que a empresa esteja atendendo às prescrições normativas, é necessário que esse atendimento esteja relacionado às três variáveis estudadas (Figura 6).

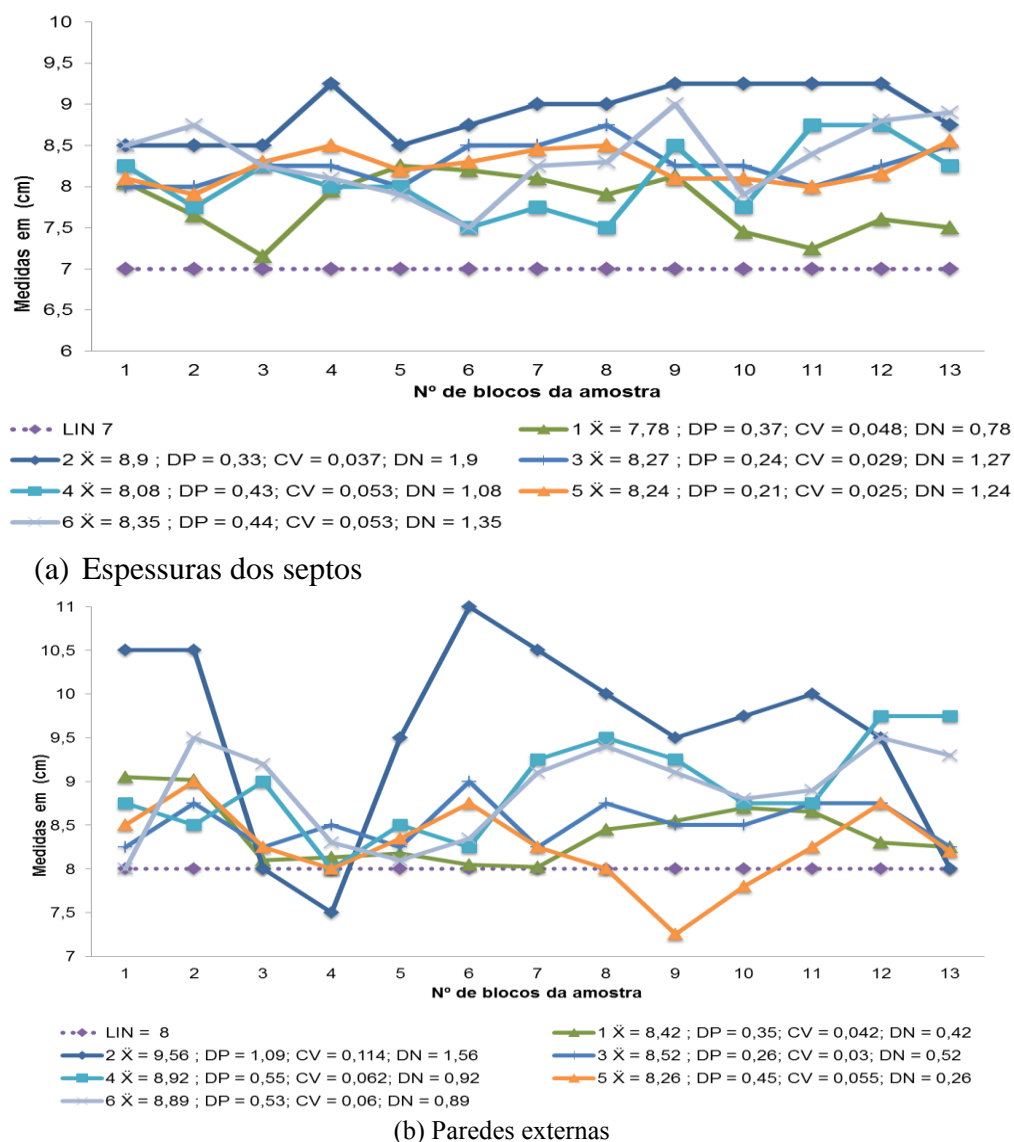
Isso ocorre pois variação na largura do bloco, compromete a resistência mecânica da parede, necessitando de um maior custo para correção. Se essa for no comprimento, compromete a modulação e a resistência ao cisalhamento. Se for na altura, provoca variação das juntas horizontais e do pé-direito, podendo comprometer a resistência da parede (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

Sendo assim, é possível concluir que mesmo que todas as empresas tenham atendido aos requisitos normativos referentes à altura, somente as empresas 1 e 3 atenderam aos requisitos para as três variáveis, nos parâmetros utilizados.

A seguir, na Figura 7, tem-se as espessuras dos septos e paredes externas, sendo

apresentadas as médias de quatro medidas, os parâmetros amostrais (média, desvio padrão e coeficiente de variância) e DMN (que é a diferença entre a média e o parâmetro especificado).

Figura 7 - Espessuras dos septos e paredes externas dos blocos



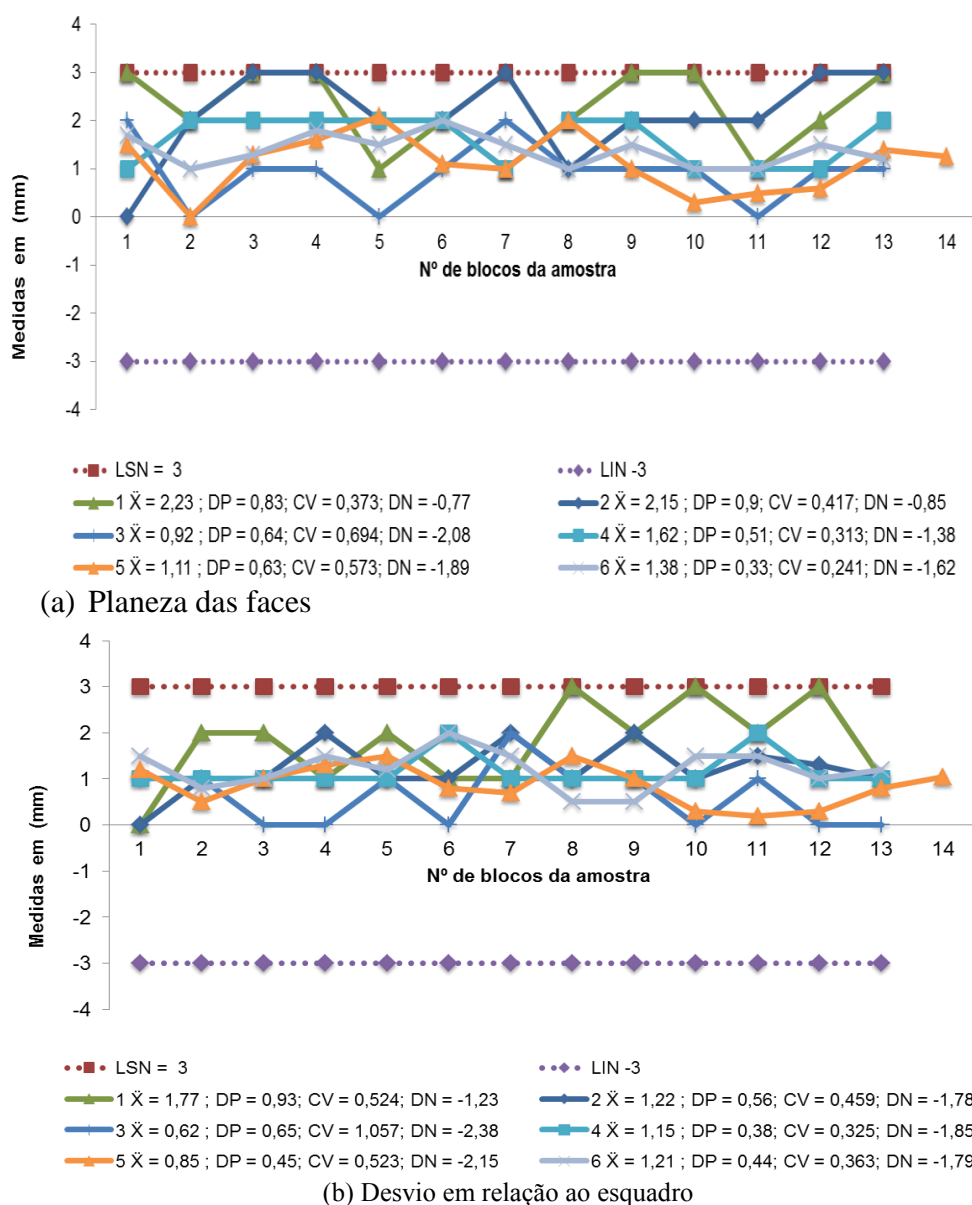
Fonte: Autor.

A partir da Figura 7, é possível constatar que todas as empresas pesquisadas atendem à NBR 15270-2 (ABNT, 2005), que em relação aos blocos cerâmicos de paredes vazadas especifica que a espessura mínima das paredes externas seja 8 mm e a dos septos seja 7 mm; o critério para aceitação do lote é medidas individuais médias  $\leq 2$  pontos fora do limite especificado.

A Figura 8 apresenta a planeza das faces e o desvio em relação ao esquadro, no

qual se verifica que todas as empresas, atendem ao especificado pela NBR 15270-2 (ABNT, 2005).

Figura 8 - Planeza das faces e desvio em relação ao esquadro



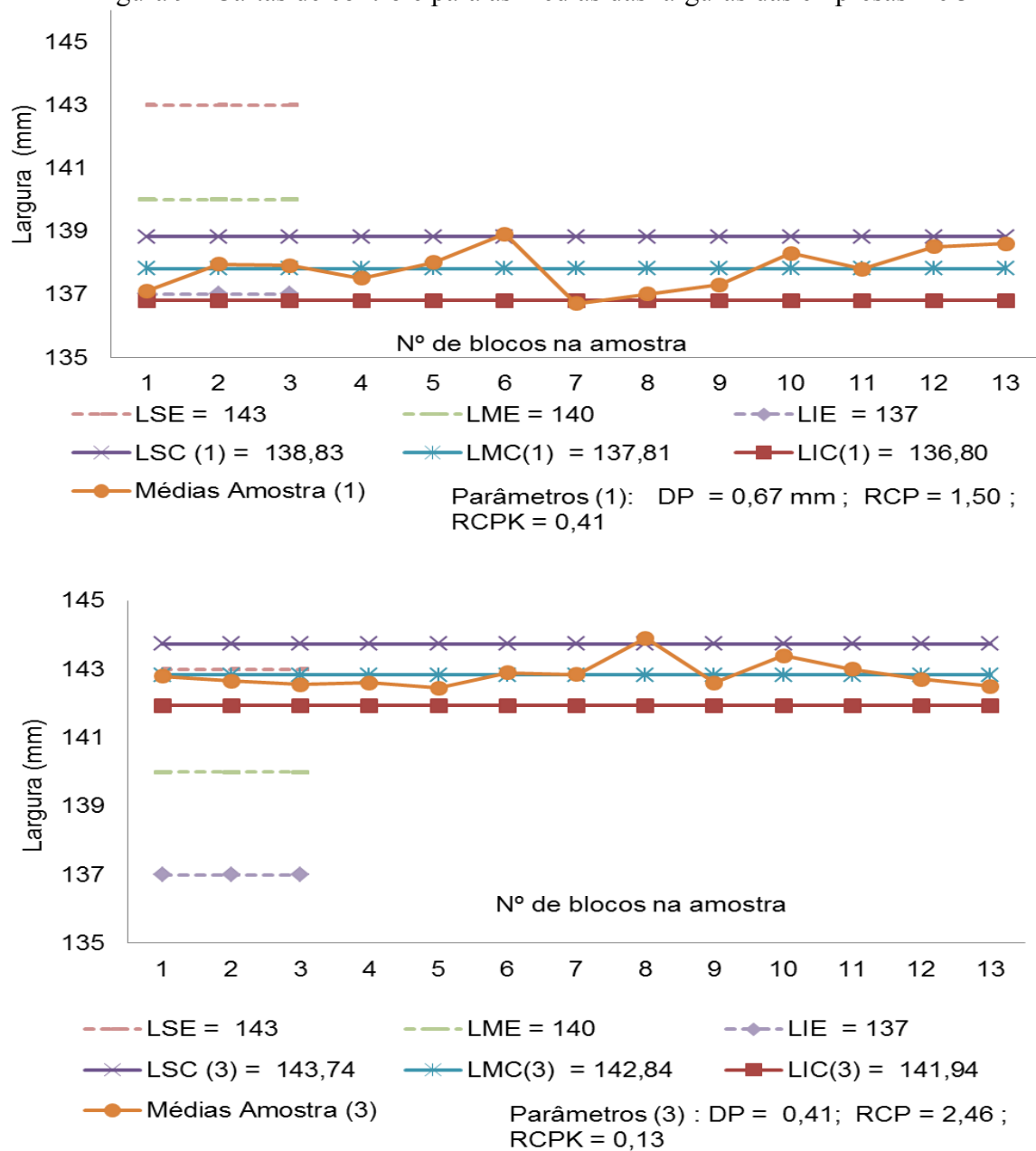
Fonte: Autor.

### 5.4.3 Análise através do Controle Estatístico dos Processos

As figuras 9, 10 e 11 mostram as “Cartas de controle” para larguras, comprimentos e alturas médias amostrais, em mm, com os seus limites de controle amostral (LSC, LMC e LIC), bem como os limites de controle de especificação (LSE, LME e LIE), parâmetro de dispersão amostral (DP) e razões de capacidade produtiva (RCP e RCPK),

para das empresas 1 e 3.

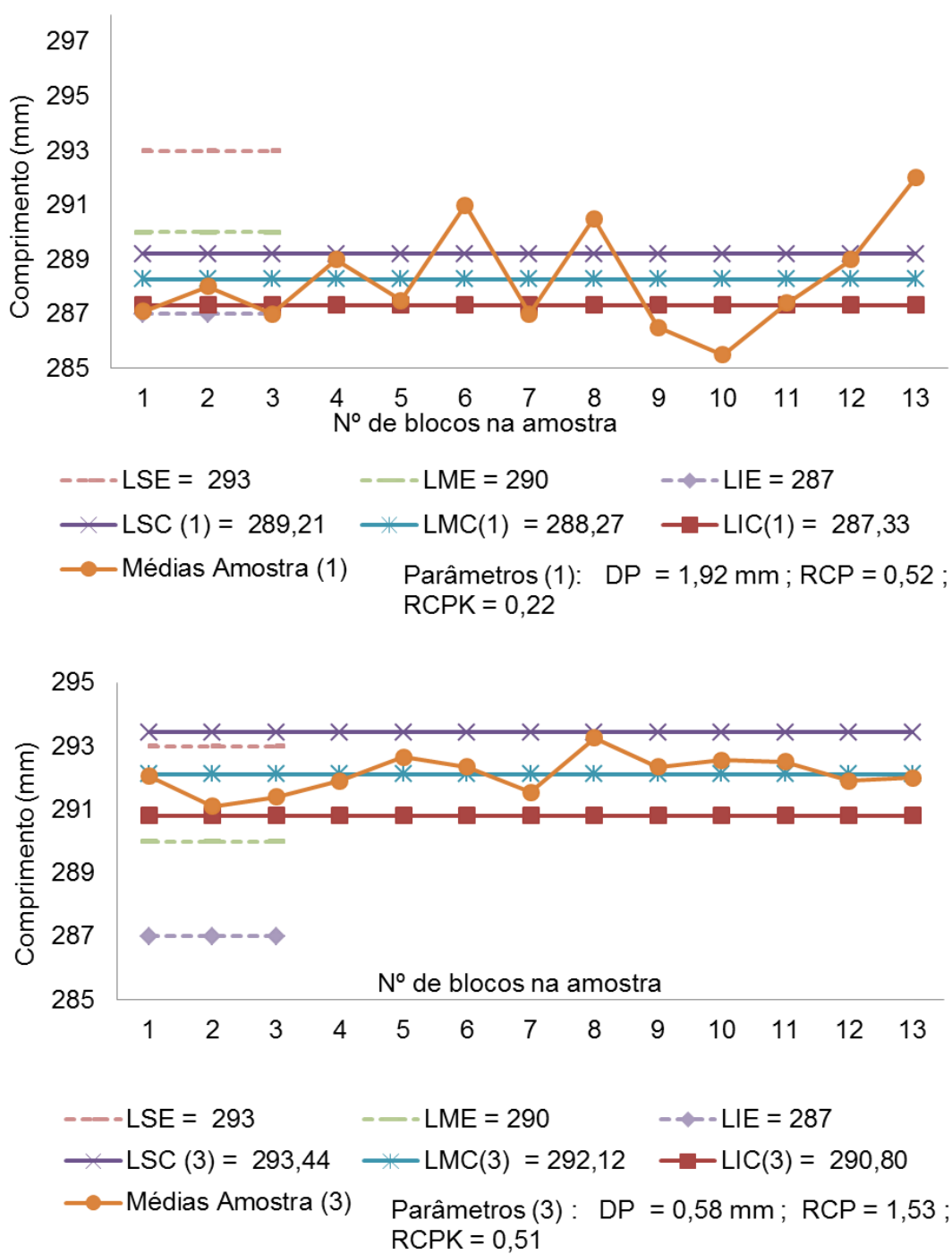
Figura 9 - Cartas de controle para as médias das larguras das empresas 1 e 3



Fonte: Autor.

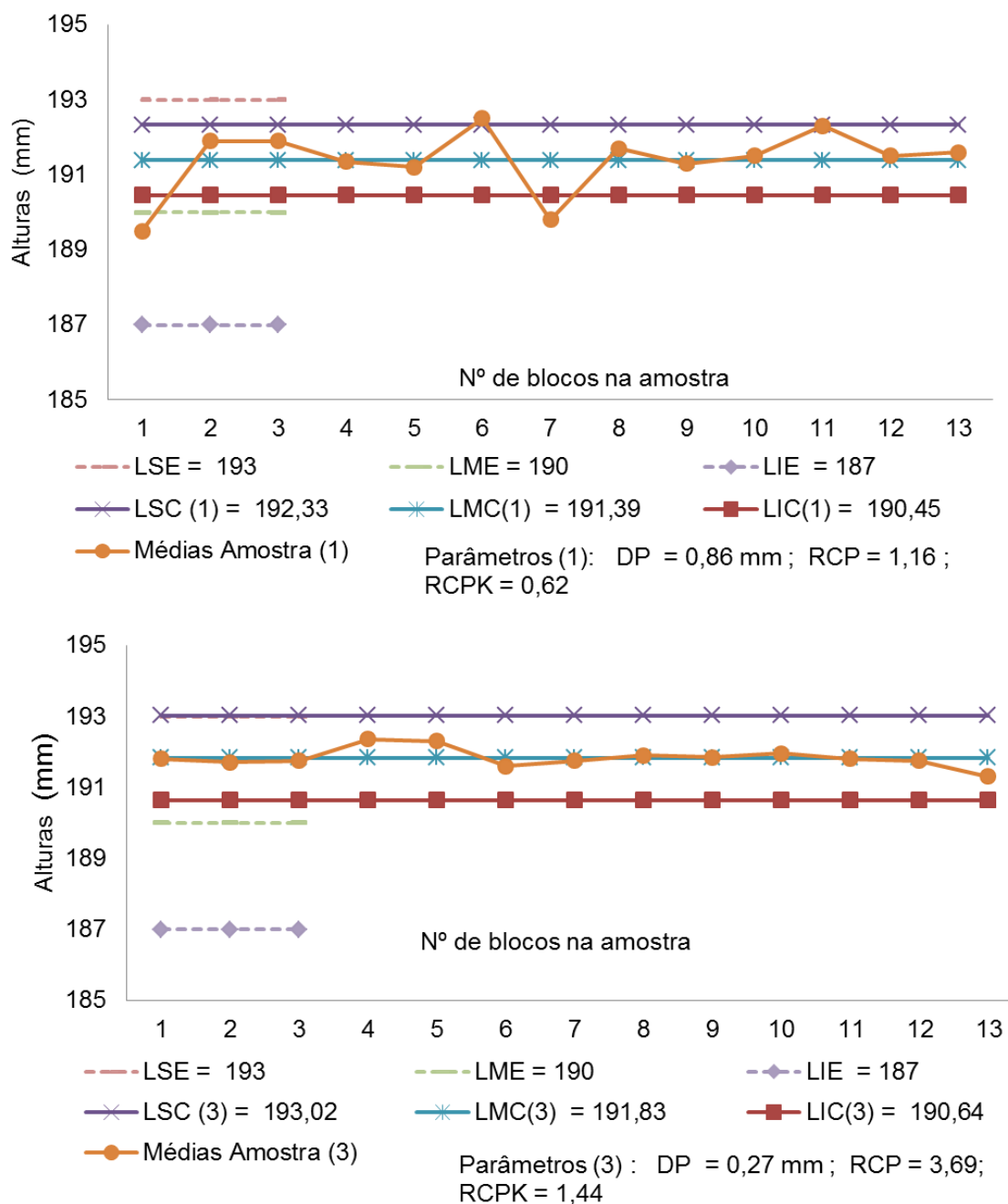


Figura 10 - Cartas de controle para as médias dos comprimentos das empresas 1 e 3



Fonte: Autor.

Figura 11 - Cartas de controle para as médias das alturas das empresas 1 e 3



Fonte: Autor

Observa-se que nenhuma das duas empresas mantém seus processos sob controle estatístico, como mostram as cartas de controle anteriores, para as três variáveis estudadas, o que indica haver possíveis causas especiais atuando no processo produtivo de ambas as empresas.

Quanto à isso, Costa, Eppecht e Carpinetti, (2008) afirmam que a avaliação da capacidade dos processos pressupõe a normalidade da distribuição dos valores, para que o processo esteja sob controle e seus limites de controle especificados. Porém ao aplicar a

análise da capacidade produtiva, para confirmar as tendências apontadas pelas cartas de controle para as médias, tem-se a conclusão que nenhuma das duas empresas é capaz de produzir produtos de maneira adequada, de acordo com os parâmetros estatísticos estudados, devendo, portanto, haver conforme os autores supracitados, uma reavaliação do processo produtivo.

Com isso, constata-se a importância do Controle Estatístico dos Processos na análise dos parâmetros de qualidade dos blocos cerâmicos estruturais, pois mesmo com variações pequenas de suas medidas efetivas, o quê para uma simples análise de conformidade com os parâmetros normativos pré-estabelecidos seria satisfatório, o método mostrou que com a análise dos limites de controle, a empresa pode ajustar o seu processo produtivo, corrigindo falhas imperceptíveis à análise amostral simples.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **6.1 Conclusões**

Quanto à qualidade do produto produzido, verificou-se que somente as empresas 1 e 3 estão produzindo dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15270 (ABNT, 2005), uma vez que atenderam a todas as variáveis pesquisadas.

Ao se estudar as características geométricas dos blocos cerâmicos estruturais, verificou-se que essas são as variáveis mais difíceis de serem controladas, pois somente as empresas 1 e 3 atenderam a todos os requisitos normativos, ficando as demais reprovadas. Não obstante, ao se aplicar o Controle Estatístico de Processos para tais empresas, observou-se que, quanto a variação das medidas de largura, comprimento e altura, quando se analisa a capacidade produtiva, nenhuma das duas empresas mantém seus processos sob controle estatístico, o que implica em possíveis causas especiais atuando no processo produtivo dessas organizações.

Dessa forma, o presente estudo denota a importância de um maior controle de qualidade dos produtos durante o processo produtivo das indústrias ceramistas do estado, com o intuito destas ajustarem seu processo de fabricação, corrigindo falhas e permitindo, assim, um melhor controle das características geométricas dos blocos produzidos. Nesse contexto, uma boa opção seria a implantação do Controle Estatístico dos Processos para o setor, haja vista que reduziria a variabilidade, implicando em uma maior confiabilidade e aceitação desses produtos.

Como as análises de variação dimensional (retração linear) das massas argilosas das empresas pesquisadas, encontram-se bem controladas, recomenda-se que as empresas ajustem as dimensões dos seus moldes, uma vez que isso fará com que passem a operar dentro dos limites normativos, podendo, então, aplicarem o Controle estatístico de Processos para verificar a real capacidade produtiva da empresa e estabelecer novos limites de controle e, melhorar, assim, o padrão de qualidade de seus produtos.

### **6.2 Recomendações para trabalhos futuros**

Para elevar o consumo interno dos blocos cerâmicos estruturais no estado do Ceará, podem ser estabelecidas algumas políticas de disseminação do conhecimento e desenvolvimento da tecnologia no setor ceramista, já que se observou que a maioria das

regiões do estado não é consumidora do bloco cerâmico estrutural, e, atualmente, o consumo se restringe à capital ou outros estados próximos. Para isso, faz-se necessário caracterizar os blocos cerâmicos estruturais das empresas que não foram objeto da presente pesquisa e realizar o levantamento das famílias dos blocos cerâmicos estruturais produzidos na região.

Outra recomendação seria aplicar o controle estatístico dos processos a toda cadeia produtiva das indústrias ceramistas do Estado. Com o objetivo de contribuir para a melhoria produtiva no Setor.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. C. L.; RODRIGUES, E. H. V.; FREITAS, E. G. A. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: Universidade Rural, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA - ABCERAM. **Informações Técnicas - Matérias-Primas Naturais. Argila**. Disponível em: <<http://abceram.org.br/>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2: Componentes Cerâmicos – Parte 2: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e Requisitos**. ABNT, Rio de Janeiro. 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-3: Componentes Cerâmicos – Parte 3: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de Ensaio**. ABNT, Rio de Janeiro. 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13600: Solo – Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440°C – Método de ensaio**. ABNT, Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 8522: Concreto— Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão**. ABNT, Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 8385: Materiais refratários não conformados — Determinação linear dimensional permanente**. ABNT, Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 7251: Agregado em Estado solto – Determinação da massa unitária – Método de ensaio**. ABNT, Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_. **NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica**. ABNT, Rio de Janeiro. 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 7180: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade**. ABNT, Rio de Janeiro. 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 6508: Solo – Massa Específica Real dos Grânulos**. ABNT, Rio de Janeiro. 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liquidez**. ABNT, Rio de Janeiro. 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. ABNT, Rio de Janeiro. 2016.

Associação Nacional da Indústria Cerâmica – ANICER. **Relatório Setorial Nº 005/2017**. Programa Setorial Da Qualidade Dos Blocos Cerâmicos PSQ-BC. Disponível em [http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos\\_simac\\_psq2.php?id\\_psq=72](http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_simac_psq2.php?id_psq=72). Acessado em: 21 jan. 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES – ANFACER. **Panoramas mundial e nacional do setor de revestimentos cerâmicos**. Disponível em:

<<http://www.anfacer.org.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2012; 04 jun. 2014; 10 dez. 2017.

BARRETO, J. M. L. **Avaliação da evolução da resistência à compressão de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos em idades iniciais**. 2015. 121f. Dissertação (mestrado em Construção Civil) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2015.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Núcleo, 2006.

COLETTI, C. *et al.* Combined multi-analytical approach for study of pore system in bricks: How much porosity is there? **Materials Characterization**, v. 121, p. 82-92, 2016.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. **Controle estatístico da qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

FORTES, E. S.; PARSEKIAN, G. A.; FONSECA, F. S. Relationship between the Compressive Strength of Concrete Masonry and the Compressive Strength of Concrete Masonry Units. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 27, n. 9, 2014.

GALLEGOS, H. **Albanileria Estructural**. 3. ed. Lima, Peru: Editorial de La Pontificia Universidad Católica del Peru., 1991.

GORINI, A. P. F.; CORRÊA, A. R. **BNDES Setorial**. nº10, p 201-252, setembro de 1999.

IEL/CE; SINDCERAMICA. **Setor Cerâmico do Estado do Ceará**. Catálogo, p 1 – 7, 2012.

ISHIKAWA, K. **Controle da qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

LABOGEF. **O que são e para que servem as Argilas – Implicações Gerais no Domínio Geotécnico**. Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física. Instituto de Estudos Sócio-Ambientais. Universidade Federal de Goiás. Goiás. 2015. Disponível em<[http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Mineralogia%20%28silicatos%20-%20argilas%29\\_68161.pdf](http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Mineralogia%20%28silicatos%20-%20argilas%29_68161.pdf)>. Acesso em: 02 dez 2016.

MACEDO, R. S. *et al.* Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 54, n. 332, p. 411-417, 2008.

MAHMOUDI, S. *et al.* Characterization and traditional ceramic application of clays from the Douiret region in South Tunisia. **Applied Clay Science**, v. 127, p. 78-87, 2016.

MANHÃES, J. P. V. T.; MOREIRA, J. M. S.; HOLANDA, J. N. F. Microstructural variation of red ceramic incorporated with ornamental rock waste. **Cerâmica**, v. 55, n. 336, p. 371-378, 2009.

MANOHARAN, C. *et al.* Analysis of temperature effect on ceramic brick production from alluvial deposits. **Applied clay science**, v. 54, n. 1, p. 20-25, 2011.

MENEZES, R. R. *et al.* Bentonite clay from Cubati, Paraíba, Brazil: Physical and

mineralogical characterization. **Cerâmica**, v. 55, n. 334, p. 163-169, 2009.

MONTGOMERY, D. C. **Statistical quality control**. New York: Wiley, 2009.

MONTGOMERY, D. C; RUNGER, G.C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

MORAES, L. M. B. de. **Utilização de Duas Variantes da Fluorescência de raios X (EDXRF e TXRF) na determinação de Chumbo em águas e sedimentos**. 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MOREIRA, M. A. M. **Caracterização tecnológica das argilas aluvionares da Região Metropolitana de Fortaleza**. 2015. 104 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

MOTTA, J. F. M. *et al.* As matérias-primas cerâmicas. Parte II: os minerais industriais e as massas da cerâmica tradicional. **Cerâmica Industrial**. vol. 7, n 1, p. 33-40. 2002.

PARSEKIAN, G A.; SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. São Carlos: EDUSFSCAR, 2012.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção Operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007.

PILZ, S. E. *et al.* Verificação da qualidade dos blocos cerâmicos conforme NBR 15270 comercializados em Santa Catarina. **Revista de Engenharia Civil IMED**. Santa Catarina, 2015.

PINATTI, A. A. *et al.* **Apostila de Ensaios Cerâmicos**. Centro de Tecnologia da Cerâmica Wildson Gonçalves. SENAI. 112p. Teresina. 2010.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

RESENDE, F. M. de *et al.* Analysis of plane truss reinforcement as an alternative technology for structural masonry lintels. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 1, p. 51-73, 2013.

RESENDE, F. M. *et al.* **Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2011.

SABBATINI, F. H. **Alvenaria estrutural: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Caixa Econômica Federal, 2003.

SOUSA, J. P. **Caracterização tecnológica de argilas utilizadas na fabricação de cerâmica vermelha no Município do Crato - Ceará**. 2017. 92f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará,



Fortaleza, 2017.

SOUZA, D. M. *et al.* Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 70-82, 2016.

SOUZA, F. S.; PEDRINI, D. C.; CATEN, C. S. Índices de capacidade do processo: comparação entre índices tradicionais e índices para Tabelas de controle de regressão. **Anais ... Simpósio de Engenharia de Produção**, Bauru, SP, Brasil, 2009.

TEIXEIRA-NETO, E.; TEIXEIRA-NETO, A. A. Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 809-817, 2009.

VILLAR, C. E. de F. **Caracterização e comportamento da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2005. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Materiais) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará. 2005.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

## ANEXO A – EMPRESAS QUE COMERCIALIZAM OS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS NO CEARÁ

EMPRESAS SINDICALIZADAS				
EMPRESA	GRUPO	ENDEREÇO	CIDADE	CONTATO
CERAMICA ASSUNÇÃO II LTDA	TAVARES	Av. Noé Leite de Freitas s/n - Tapuio	AQUIRAZ	<a href="mailto:ceagra@ceagra.com.br">ceagra@ceagra.com.br</a>
*CERAMICA ASSUNÇÃO III-IV LTDA		Rua Ângelo Rodrigues Monteiro s/n - Telha		
CJ COMERCIO DE TJOLO E CIMENTO	CERAMICA SANTA CECILIA	BR 020 KM 350 - CAMPO BELO	CARIDADE	cjcomercio@yahoo.com
* CERAMICA LUMA	LUMA	LOCALIDADE ALTO SANTANA S/Nº - CHORÓ	CASCATEL	ceramicacajazeiras@hotmail.com
CERAMICA CAJAZEIRAS LTDA		Ce 040 - Km 63 - CHORÓ		
*CERÂMICA CAUCAIA LTDA	CERÂMICA CAUCAIA	JOÃO MARCULINO S/N - SÍTIOS NOVOS	CAUCAIA	ceramicacaucaia@gmail.com
CERAMIX		RODOVIA CE 354 KM 1,2 S/Nº - RETIRO	CHOROZINHO	brenofofor@hotmail.com
CECRATO		RODOVIA 55 KM 06 - SÍTIO LAGOINHA	CRATO	cecrato@terra.com.br
JACERAMA PREMOLDADOS	JACERAMA	AV. DEPUTADO PAULINO ROCHA 3031 - CASTELÃO	FORTALEZA	jacerama@jacerama.com.br
*ELIANE CAVALCANTE DE SOUSA (SEDE) CEAGRA CERAMICA LTDA	TAVARES	BR. 116, KM 25 -CENTRO	ITAINGA	<a href="mailto:ceagra@ceagra.com.br">ceagra@ceagra.com.br</a>
		BR 116, KM 28 - RIACHÃO		
*CERAMICA TORRES LTDA		VARZEA GRANDE S/Nº - SINHÁ SABÓIA	SOBRAL	fernando@ceramicatorres.com.br
COSMAC CIA SOBRALENSE DE MATERIAL		AV. SENADOR FERNANDES TÁVORA 1724 - SINHÁ SABÓIA		cosmacceramica@yahoo.com.br
EMPRESAS NÃO SINDICALIZADAS				
EMPRESA	GRUPO	ENDEREÇO	CIDADE	CONTATO
CERÂMICA MARBOSA		Rodovia BR-222, S/N - Km 13 - Lago V	CAUCAIA	(85) 98681-2141
*CERÂMICA JAGUARUANA	JACERAMA	Rua Dr. Antônio da Rocha Freitas - Centro - 62823-000	JAGUARUANA	jacerama@jacerama.com.br
LEROY MERLIN		Av. Sebastião de Abreu, 600 - Edson Queiroz,- 60811-440	FORTALEZA	(85)4020-5376
* - Empresas selecionadas para estudo de caracterização				

## ANEXO B – QUESTIONÁRIOS APLICADOS ÀS EMPRESAS

### LEVANTAMENTO DO SISTEMA PRODUTIVO DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS

Empresa Produtora: JACERAMA - JAGUARUANA CERÂMICA  
 Endereço: Jaguaruana  
 Entrevistado: Sr. Amilton (Adm)  
 Data: 03/07/2017

#### 1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

A argila é estocada, após a extração (sazonamento) ?

☒ SIM  
☐ NÃO

Duração do sazamento:  meses

Qual o percentual de argilas plástica / fraca utilizadas na massa de fabricação?

Plástica (gorda)  
 Fraca (magra)

A argila é misturada a uma argila pré-queimada e moída, "Chamote"; para diminuir a retração durante a queima?

☐ SIM  
☒ NÃO

#### 2 CONFORMAÇÃO

O sistema utilizado na conformação da massa possui algum equipamento além desses? (CAIXÃO -

☒ NÃO  
☐ DUPLA LAMINAÇÃO  
☐ PREPARAÇÃO DE ARGILA  
☐ OUTRO: \_\_\_\_\_

#### 3 TRATAMENTO TÉRMICO

A secagem é feita através de:

☒ FORMA NATURAL  
☐ ESTUFA / SECADOR  
☐ MISTA

Caso utilize estufa, qual a fonte de calor utilizada?

☐ AR LIVRE  
☐ CALOR DE RECUPERAÇÃO DOS FORNOS  
☐ FORNALHA

Período de duração da secagem

DIAS Verão  
 DIAS Inverno

Tipo de forno utilizado na queima:

☐ INTERMITENTE COMUM  
☐ INTERMITENTE (CHAMA INVERTIDA) ☒ SEMICONTÍNUO (PAULISTA / ABÓBODA)  
☐ TIPO CÂMARA ☐ HOFFMANN  
☐ OUTRO: \_\_\_\_\_

Temperatura de Queima

°C

Tempo de Queima

HORAS

Combustível utilizado na queima (%)

☐ LENHA ☒ CAJUEIRO  
☒ BIOMASS ☒ COMBINADO  
☐ ÓLEO

Como é feito a medida e o controle de temperatura?

MANUAL (EXPERIÊNCIA)

#### 4 PRODUÇÃO DO BLOCO ESTRUTURAL

Relação entre o bloco estrutural e o MIX DE PRODUTOS produzidos (%)

☒ Até 20%  
☐ 21% A 40%  
☐ 41% A 60%

#### 5 CONTROLE DE QUALIDADE

A entrega é paletizada?

☒ SIM  
☐ NÃO

#### 6 CUSTO DO MILHEIRO

1100  
 1000  
 950

#### 7 MERCADO

☒ MOSSORÓ  
☐ FORTALEZA  
☐ PIAUI

## LEVANTAMENTO DO SISTEMA PRODUTIVO DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS

Empresa Produtora: CERÂMICA TORRES  
 Endereço: SOBRAL  
 Entrevistado: Sr. Webster Costa (Adm)  
 Data: 14/06/2017

## 1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

A argila é estocada, após a extração (sazonamento) ?

<input checked="" type="checkbox"/>	SIM	Duração do sazonzamento: <input type="text" value="12"/> meses
<input type="checkbox"/>	NÃO	

Qual o percentual de argilas plástica / fraca utilizadas na massa de fabricação?

<input type="text" value="3"/>	Plástica (gorda)
<input type="text" value="1"/>	Fraca (magra)

A argila é misturada a uma argila pré-queimada e moída, "Chamote"; para diminuir a retração durante a queima?

<input checked="" type="checkbox"/>	SIM
<input type="checkbox"/>	NÃO

## 2 CONFORMAÇÃO

O sistema utilizado na conformação da massa possui algum equipamento além desses? (CAIXÃO -

<input type="checkbox"/>	NÃO
<input checked="" type="checkbox"/>	DUPLA LAMINAÇÃO
<input checked="" type="checkbox"/>	PREPARAÇÃO DE ARGILA
<input type="checkbox"/>	OUTRO: _____

## 3 TRATAMENTO TÉRMICO

A secagem é feita através de:

<input checked="" type="checkbox"/>	FORMA NATURAL
<input type="checkbox"/>	ESTUFA / SECADOR
<input type="checkbox"/>	MISTA

Caso utilize estufa, qual a fonte de calor utilizada?

<input type="checkbox"/>	AR LIVRE
<input type="checkbox"/>	CALOR DE RECUPERAÇÃO DOS FORNOS
<input type="checkbox"/>	FORNALHA

Período de duração da secagem

<input type="text" value="4 A 7"/>	DIAS	Verão
<input type="text" value="8 A 15"/>	DIAS	Inverno

Tipo de forno utilizado na queima:

<input type="checkbox"/>	INTERMITENTE COMUM	<input type="checkbox"/>	SEMICONTÍNUO (PAULISTA / ABÓBODA)
<input type="checkbox"/>	INTERMITENTE (CHAMA INVERTIDA)	<input checked="" type="checkbox"/>	HOFFMANN
<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO CÂMARA	<input type="checkbox"/>	TIPO TÚNEL
<input type="checkbox"/>	OUTRO: _____		

Temperatura de Queima

<input type="text" value="950"/>	° C
----------------------------------	-----

Tempo de Queima

<input type="text" value="24"/>	HORAS
---------------------------------	-------

Combustível utilizado na queima (%)

<input checked="" type="checkbox"/>	LENHA	<input type="checkbox"/>	CAJUEIRO
<input checked="" type="checkbox"/>	BIOMASSA	<input type="checkbox"/>	COMBINADO
<input type="checkbox"/>	ÓLEO	<input checked="" type="checkbox"/>	Outros (paletts)

Como é feito a medida e o controle de temperatura?

TERMOPAR
----------

## 4 PRODUÇÃO DO BLOCO ESTRUTURAL

Relação entre o bloco estrutural e o MIX DE PRODUTOS produzidos (%)

<input checked="" type="checkbox"/>	Até 20%
<input type="checkbox"/>	21% A 40%
<input type="checkbox"/>	41% A 60%

## 5 CONTROLE DE QUALIDADE

A entrega é paletizada?

<input type="checkbox"/>	SIM
<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO

## 6 CUSTO DO MILHEIRO

<input checked="" type="checkbox"/>	1100
<input type="checkbox"/>	1000
<input type="checkbox"/>	950

## 7 MERCADO

<input type="checkbox"/>	MOSSORÓ
<input type="checkbox"/>	FORTALEZA
<input checked="" type="checkbox"/>	PIAUI

## LEVANTAMENTO DO SISTEMA PRODUTIVO DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS

Empresa Produtora: ASSUNÇÃO III - IV (GRUPO TAVARES)  
 Endereço: Rua Ângelo Rodrigo Monteiro, s/n - Telha - Aquiraz  
 Entrevistado: Raimundo Nonato Cunha Souza (Adm)  
 Data: 15/09/2017

## 1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

A argila é estocada, após a extração (sazonamento) ?

<input checked="" type="checkbox"/>	SIM
<input type="checkbox"/>	NÃO

Duração do sazamento:  meses

Qual o percentual de argilas plástica / fraca utilizadas na massa de fabricação?

<input type="text" value="2"/>	Plástica (gorda)
<input type="text" value="1"/>	Fraca (magra)

A argila é misturada a uma argila pré-queimada e moída, "Chamote"; para diminuir a retração durante a queima?

<input type="checkbox"/>	SIM
<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO

## 2 CONFORMAÇÃO

O sistema utilizado na conformação da massa possui algum equipamento além desses? (CAIXÃO -

<input checked="" type="checkbox"/>	NÃO
<input type="checkbox"/>	DUPLA LAMINAÇÃO
<input type="checkbox"/>	PREPARAÇÃO DE ARGILA
<input type="checkbox"/>	OUTRO: _____

## 3 TRATAMENTO TÉRMICO

A secagem é feita através de:

<input checked="" type="checkbox"/>	FORMA NATURAL
<input type="checkbox"/>	ESTUFA / SECADOR
<input type="checkbox"/>	MISTA

Caso utilize estufa, qual a fonte de calor utilizada?

<input type="checkbox"/>	AR LIVRE
<input type="checkbox"/>	CALOR DE RECUPERAÇÃO DOS FORNOS
<input type="checkbox"/>	FORNALHA

Período de duração da secagem

<input type="text" value="4 A 7"/>	DIAS	VERÃO
<input type="text" value="8 A 15"/>	DIAS	INVERNO

Tipo de forno utilizado na queima:

<input type="checkbox"/>	INTERMITENTE COMUM	<input type="checkbox"/>	SEMICONTÍNUO (PAULISTA / ABÓBODA)
<input type="checkbox"/>	INTERMITENTE (CHAMA INVERTIDA)	<input checked="" type="checkbox"/>	HOFFMANN
<input type="checkbox"/>	TIPO CÂMARA	<input type="checkbox"/>	TIPO TÚNEL
<input type="checkbox"/>	OUTRO: _____		

Temperatura de Queima

<input type="text" value="900"/>	° C
----------------------------------	-----

Tempo de Queima

<input type="text" value="48"/>	HORAS
---------------------------------	-------

Combustível utilizado na queima (%)

<input checked="" type="checkbox"/>	LENHA	<input checked="" type="checkbox"/>	CAJUEIRO
<input checked="" type="checkbox"/>	BIOMASS	<input type="checkbox"/>	COMBINADO
<input type="checkbox"/>	ÓLEO		

Como é feito a medida e o controle de temperatura?

NATURAL (EXPERIÊNCIA)
-----------------------

## 4 PRODUÇÃO DO BLOCO ESTRUTURAL

Relação entre o bloco estrutural e o MIX DE PRODUTOS produzidos (%)

<input checked="" type="checkbox"/>	Até 20%
<input type="checkbox"/>	21% A 40%
<input type="checkbox"/>	41% A 60%

## 5 CONTROLE DE QUALIDADE

A entrega é paletizada?

<input checked="" type="checkbox"/>	SIM
<input type="checkbox"/>	NÃO

## 6 CUSTO DO MILHEIRO

<input type="text" value="1100"/>	1100
<input type="text" value="1000"/>	1000
<input type="text" value="950"/>	950

## 7 MERCADO

<input checked="" type="checkbox"/>	MOSSORÓ
<input checked="" type="checkbox"/>	FORTALEZA
<input checked="" type="checkbox"/>	PIAUI

## LEVANTAMENTO DO SISTEMA PRODUTIVO DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS

Empresa Produtora: CERÂMICA CAUCAIA  
 Endereço: Caucaia  
 Entrevistado: (Administrador)  
 Data: 29/06/2017

## 1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

A argila é estocada, após a extração (sazonamento) ?

X	SIM
	NÃO

Duração do sazamento: 36 meses

Qual o percentual de argilas plástica / fraca utilizadas na massa de fabricação?

3	Plástica (gorda)
1	Fraca (magra)

A argila é misturada a uma argila pré-queimada e moída, "Chamote"; para diminuir a retração durante a queima?

	SIM
X	NÃO

## 2 CONFORMAÇÃO

O sistema utilizado na conformação da massa possui algum equipamento além desses? (CAIXÃO -

X	NÃO
	DUPLA LAMINAÇÃO
	PREPARAÇÃO DE ARGILA
	OUTRO: _____

## 3 TRATAMENTO TÉRMICO

A secagem é feita através de:

X	FORMA NATURAL
	ESTUFA / SECADOR
	MISTA

Caso utilize estufa, qual a fonte de calor utilizada?

	AR LIVRE
	CALOR DE RECUPERAÇÃO DOS FORNOS
	FORNALHA

Período de duração da secagem

4 A 7	DIAS	Verão
8 A 15	DIAS	Inverno

Tipo de forno utilizado na queima:

	INTERMITENTE COMUM	X	SEMICONTÍNUO (PAULISTA / ABÓBODA)
	INTERMITENTE (CHAMA INVERTIDA)		HOFFMANN
	TIPO CÂMARA		TIPO TÚNEL
	OUTRO: _____		

Temperatura de Queima

950 a 1000	° C
------------	-----

Tempo de Queima

24	HORAS
----	-------

Combustível utilizado na queima (%)

X	LENHA		CAJUEIRO
	BIOMASS		COMBINADO
	ÓLEO		

Como é feito a medida e o controle de temperatura?

TERMOPAR
----------

## 4 PRODUÇÃO DO BLOCO ESTRUTURAL

Relação entre o bloco estrutural e o MIX DE PRODUTOS produzidos (%)

X	Até 20%
	21% A 40%
	41% A 60%

## 5 CONTROLE DE QUALIDADE

A entrega é paletizada?

	SIM
X	NÃO

## 6 CUSTO DO MILHEIRO

	1100
X	1000
	950

## 7 MERCADO

	MOSSORÓ
X	FORTALEZA
	PIAUI

## LEVANTAMENTO DO SISTEMA PRODUTIVO DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS

Empresa Produtora: CERÂMICA LUMA  
 Endereço: Caucaia  
 Entrevistado: Sr. Mardônio (Administrador)  
 Data: 17/03/2017

## 1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

A argila é estocada, após a extração (sazonamento) ?

X	SIM
	NÃO

Duração do sazamento: 36 meses

Qual o percentual de argilas plástica / fraca utilizadas na massa de fabricação?

2	Plástica (gorda)
1	Fraca (magra)

A argila é misturada a uma argila pré-queimada e moída, "Chamote"; para diminuir a retração durante a queima?

	SIM
X	NÃO

## 2 CONFORMAÇÃO

O sistema utilizado na conformação da massa possui algum equipamento além desses? (CAIXÃO -

	NÃO
X	DUPLA LAMINAÇÃO
X	PREPARAÇÃO DE ARGILA
	OUTRO: _____

## 3 TRATAMENTO TÉRMICO

A secagem é feita através de:

	FORMA NATURAL
X	ESTUFA / SECADOR
	MISTA

Caso utilize estufa, qual a fonte de calor utilizada?

	AR LIVRE
X	CALOR DE RECUPERAÇÃO DOS FORNOS
	FORNALHA

Período de duração da secagem

4 A 7	DIAS	Verão
8 A 15	DIAS	Inverno

Tipo de forno utilizado na queima:

	INTERMITENTE COMUM		SEMICONTÍNUO (PAULISTA / ABÓBODA)
	INTERMITENTE (CHAMA INVERTIDA)		HOFFMANN
	TIPO CÂMARA	X	TIPO TÚNEL
	OUTRO: _____		

Temperatura de Queima

900 a 950	° C
-----------	-----

Tempo de Queima

24	HORAS
----	-------

Combustível utilizado na queima (%)

X	LENHA		CAJUEIRO
X	BIOMASSA		COMBINADO
	ÓLEO		

Como é feito a medida e o controle de temperatura?

TERMOPAR
----------

## 4 PRODUÇÃO DO BLOCO ESTRUTURAL

Relação entre o bloco estrutural e o MIX DE PRODUTOS produzidos (%)

X	Até 20%
	21% A 40%
	41% A 60%

## 5 CONTROLE DE QUALIDADE

A entrega é paletizada?

X	SIM
	NÃO

## 6 CUSTO DO MILHEIRO

	1100
X	1000
	950

## 7 MERCADO

X	MOSSORÓ
X	FORTALEZA
X	PIAUI

## LEVANTAMENTO DO SISTEMA PRODUTIVO DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS

Empresa Produtora: SEDE - (GRUPO TAVARES)  
 Endereço: BR 116 KM 25 - ITAITINGA  
 Entrevistado: Lourival Tavares (Adm)  
 Data: 15/09/2017

## 1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

A argila é estocada, após a extração (sazonamento) ?

☒ SIM  
☐ NÃO

Duração do sazamento:  meses

Qual o percentual de argilas plástica / fraca utilizadas na massa de fabricação?

Plástica (gorda)  
 Fraca (magra)

A argila é misturada a uma argila pré-queimada e moída, "Chamote", para diminuir a retração durante a queima?

SIM  
 NÃO

## 2 CONFORMAÇÃO

O sistema utilizado na conformação da massa possui algum equipamento além desses? (CAIXÃO - DESINTEGRADOR - MISTURADOR - LAMINADOR - MAROMBA / EXTRUSORA - CORTADEIRA)

NÃO  
☒ DUPLA LAMINAÇÃO  
☒ PREPARAÇÃO DE ARGILA  
 OUTRO: \_\_\_\_\_

## 3 TRATAMENTO TÉRMICO

A secagem é feita através de:

☒ FORMA NATURAL  
☐ ESTUFA / SECADOR  
 MISTA

Caso utilize estufa, qual a fonte de calor utilizada?

AR LIVRE  
 CALOR DE RECUPERAÇÃO DOS FORNOS  
 FORNALHA

Período de duração da secagem

DIAS      VERÃO  
 DIAS      INVERNO

Tipo de forno utilizado na queima:

INTERMITENTE COMUM  
 INTERMITENTE (CHAMA INVERTIDA) ☒ SEMICONTÍNUO (PAULISTA / ABÓBODA)  
 TIPO CÂMARA  HOFFMANN  
 OUTRO: \_\_\_\_\_

Temperatura de Queima

° C

Tempo de Queima

HORAS

Combustível utilizado na queima (%)

☒ LENHA  
☒ BIOMASSA  
 ÓLEO  
☒ CAJUEIRO  
☒ COMBINADO

Como é feita a medida e o controle de temperatura?

NATURAL (EXPERIÊNCIA)

## 4 PRODUÇÃO DO BLOCO ESTRUTURAL

Relação entre o bloco estrutural e o MIX DE PRODUTOS produzidos (%)

☒ Até 20%  
 21% A 40%  
 41% A 60%

## 5 CONTROLE DE QUALIDADE

A entrega é paletizada?

☒ SIM  
 NÃO

## 6 CUSTO DO MILHEIRO

☒ 1100  
 1000  
 950

## 7 MERCADO

☒ MOSSORÓ  
☒ FORTALEZA  
☒ PIAUI