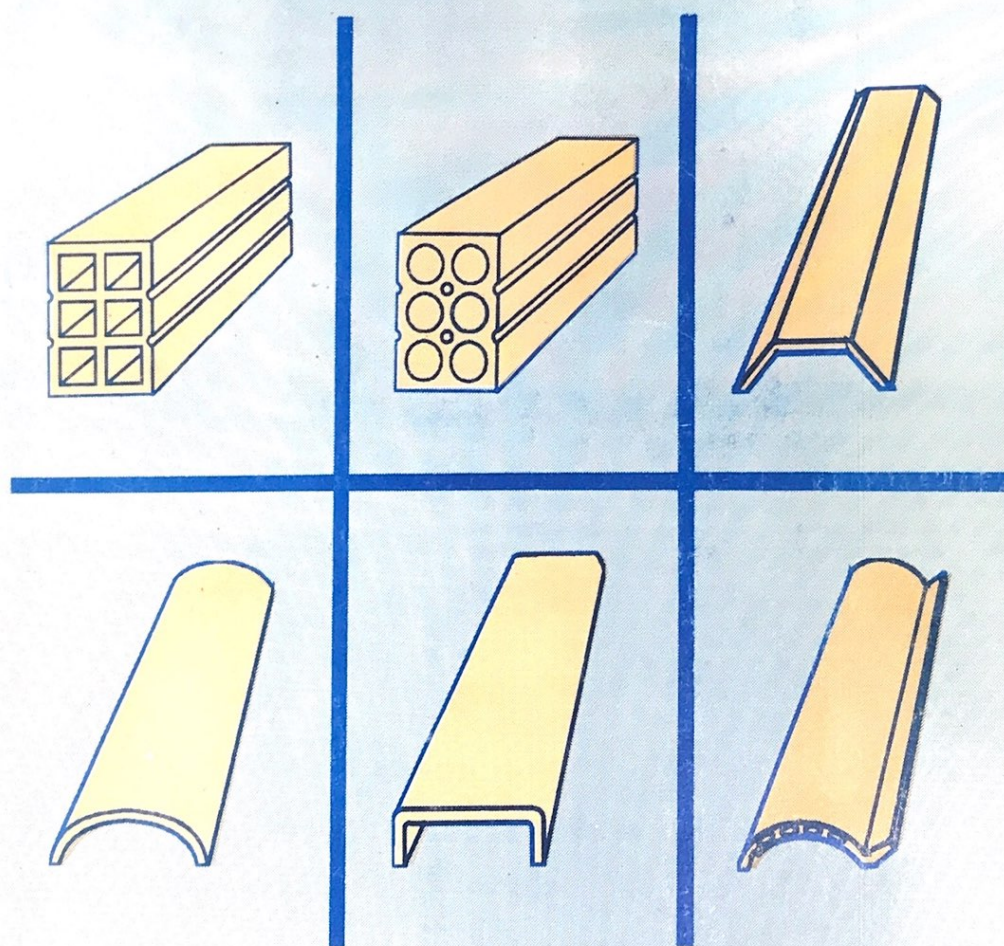


CERÂMICA VERMELHA NO PIAUÍ

ESTÁGIO ATUAL E PERSPECTIVAS



* Prof. Paulo de Tarso Cronemberger Mendes

* Prof^ª. Maria de Lourdes Teixeira Moreira

* UFPI – Centro de Tecnologia

**"CERÂMICA VERMELHA NO PIAUÍ – ESTÁGIO
ATUAL E PERSPECTIVAS"**

Eng^o Paulo de Tarso Cronemberger Mendes *
Eng^a Maria de Lourdes Teixeira Moreira *

* Professor Adjunto da Universidade Federal do Piauí

SUMÁRIO

Caracterização de blocos e telhas de quinze indústrias de cerâmica vermelha do Piauí, segundo as normas brasileiras em vigor, e alternativas de análise para o aprimoramento desses produtos.

1. INTRODUÇÃO

Em maio de 1990 foi firmado um convênio entre a Fundação Universidade Federal do Piauí (FUFPI) e o Sindicato da Indústria Cerâmica para Construção do Estado do Piauí, com o objetivo de caracterizar os produtos de cerâmica vermelha da região e fornecer subsídios para o aprimoramento desses produtos.

Durante dez meses a FUFPI, através do Centro de Tecnologia, realizou os ensaios de caracterização de blocos e telhas de acordo com as normas técnicas em vigor. Foram analisados os produtos de quinze indústrias cerâmicas, envolvendo blocos de seis furos retangulares e circulares, com ou sem cavidades longitudinais nas faces laterais, e telhas prensadas, dos tipos colonial e plana, e extrusadas, dos tipos colonial, canal e termo-plan.

A seguir são apresentados os resultados desses ensaios.

Figura 1 - Tipos de telhas

As telhas são produzidas em duas formas: a telha plana e a telha canal. A telha plana é produzida em duas formas: a telha plana e a telha canal. A telha canal é produzida em duas formas: a telha plana e a telha canal.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

A seguir são apresentadas as características técnicas das telhas. As telhas são produzidas em duas formas: a telha plana e a telha canal. A telha plana é produzida em duas formas: a telha plana e a telha canal. A telha canal é produzida em duas formas: a telha plana e a telha canal.

2. BLOCOS

Os blocos produzidos na região têm seção transversal conforme a figura 2.1:

* blocos com seis furos retangulares sem cavidades longitudinais nas paredes laterais (BRSCL);

* blocos com seis furos retangulares com cavidades longitudinais nas paredes laterais (BRCCL);

* blocos com seis furos circulares com cavidades longitudinais nas paredes laterais (BCCCL)

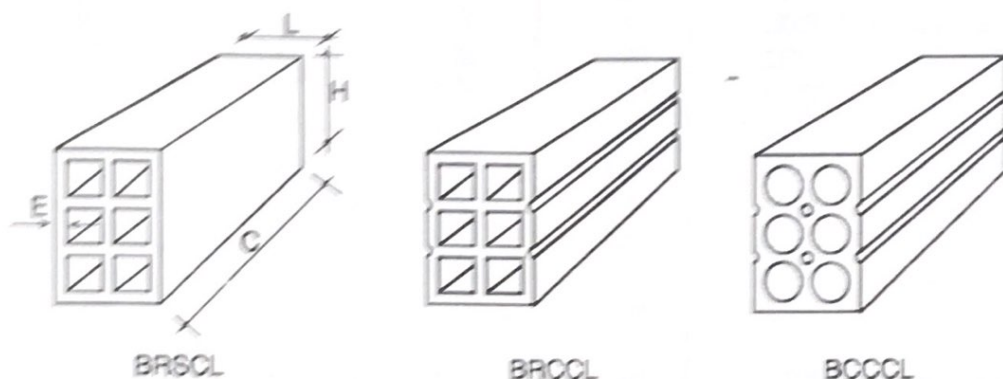


Figura 2 – Tipos de blocos

Nos casos em que são acrescentados os dígitos 1 ou 2 à sigla do tipo de bloco, o dígito 1 se refere aos blocos com temperatura de queima mais elevada.

2.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

A NBR 8042/83, que padroniza as formas e dimensões de blocos cerâmicos, recomenda para os blocos de vedação e portante comuns larguras (L) de 9, 14 e 19 cm, alturas (H) de 19 cm e comprimentos (C) de 9, 19, 29 e 39 cm, com tolerâncias máximas de fabricação, segundo a NBR 7171/83, de mais ou menos 0,3 cm.

Tabela 2.1 – Características geométricas dos blocos

CERÂMICA	TIPO	L (cm)	C (cm)	H (cm)	E (cm)
Cerâmica 01	BRSCCL 1	10,3	20,9	14,5	0,81
Cerâmica 01	BRSCCL 2	10,5	21,4	14,9	0,78
Cerâmica 02	BRSCCL	10,3	21,4	12,2	0,83
Cerâmica 02	BCCCL	10,3	20,8	14,9	0,93
Cerâmica 03	BRSCCL	10,4	20,9	15,0	0,86
Cerâmica 04	BRSCCL 1	10,1	22,4	14,4	0,82
Cerâmica 04	BRSCCL 2	10,3	22,5	14,5	0,80
Cerâmica 05	BRCCCL	11,3	20,9	15,0	0,94
Cerâmica 06	BRCCCL	10,7	21,6	15,3	0,79
Cerâmica 07	BRSCCL	10,0	22,0	14,2	0,92
Cerâmica 07	BCCCL	10,0	21,8	14,7	0,90
Cerâmica 08	BRSCCL 1	10,8	22,0	15,0	0,93
Cerâmica 08	BRSCCL 2	10,8	22,1	15,1	0,92
Cerâmica 09	BCCCL	9,9	20,6	14,6	0,70
Cerâmica 10	BRSCCL	10,6	22,1	15,3	0,88
Cerâmica 11	BCCCL 1	10,5	20,6	15,4	0,93
Cerâmica 11	BCCCL 2	10,3	21,3	12,4	1,05
Cerâmica 12	BRSCCL	10,3	20,6	15,3	1,09
Cerâmica 12	BCCCL	10,3	20,9	15,4	0,75
Cerâmica 13	BRSCCL	10,7	20,3	15,7	0,95
Cerâmica 13	BCCCL	10,2	20,0	14,7	0,85
Cerâmica 14	BRSCCL	9,9	20,3	14,6	0,80

Como se observa na tabela 2.1, os blocos produzidos na região não obedecem à NBR 8042/83, principalmente no que respeita às alturas. Além disso suas dimensões são pouco recomendáveis quanto à modulação das construções.

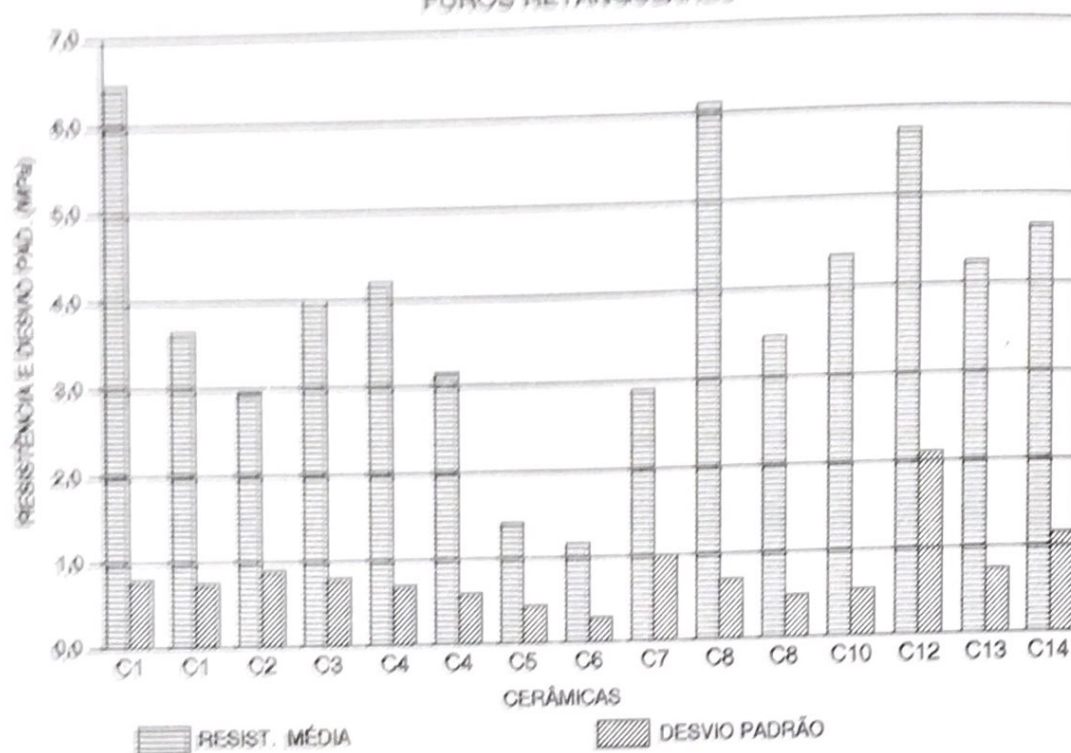
2.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A tabela 2.2 e a figura 2.2 apresentam os resultados das resistências à compressão dos blocos.

Tabela 2.2 – Resistência média à compressão e desvio padrão

CERÂMICA	TIPO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	DESVIO PADRÃO (MPa)
Cerâmica 01	BRSC 1	6,44	0,72
Cerâmica 01	BRSC 2	3,61	0,65
Cerâmica 02	BRSC	2,92	0,84
Cerâmica 02	BCCCL	1,41	0,36
Cerâmica 03	BRSC	4,02	0,75
Cerâmica 04	BRSC 1	4,27	0,62
Cerâmica 04	BRSC 2	3,14	0,61
Cerâmica 05	BRCC	1,42	0,37
Cerâmica 06	BRCC	1,19	0,27
Cerâmica 07	BRSC	2,89	0,97
Cerâmica 07	BCCCL	0,84	0,24
Cerâmica 08	BRSC 1	6,07	0,65
Cerâmica 08	BRSC 2	3,46	0,52
Cerâmica 09	BCCCL	0,37	0,19
Cerâmica 10	BRSC	4,30	0,57
Cerâmica 11	BCCCL 1	0,87	0,14
Cerâmica 11	BCCCL 2	1,55	0,18
Cerâmica 12	BRSC	5,73	2,06
Cerâmica 12	BCCCL	1,04	0,40
Cerâmica 13	BRSC	4,28	0,69
Cerâmica 13	BCCCL	2,01	0,33
Cerâmica 14	BRSC	4,66	1,18

BLOCOS – RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO FUROS RETANGULARES



BLOCOS – RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO FUROS CIRCULARES

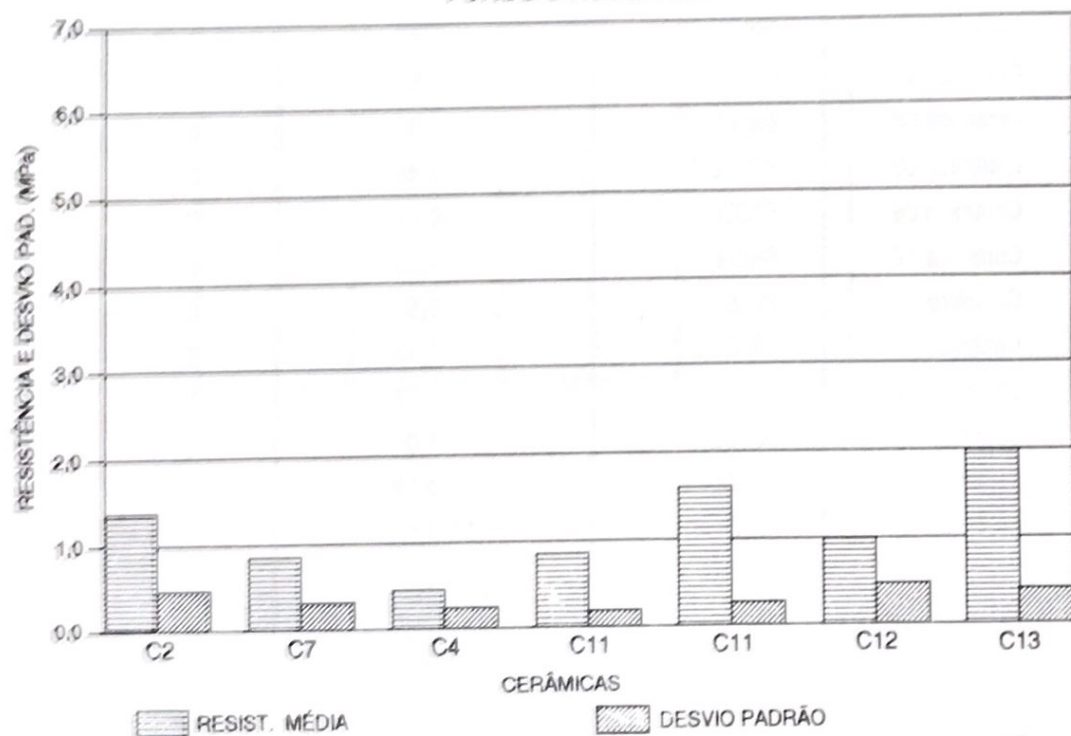


FIGURA 2.2 – Resistências dos blocos de todas as indústrias

Os blocos com cavidades longitudinais nas faces laterais, de furos circulares ou retangulares, apresentaram resistência à compressão bem inferior à dos blocos de furos retangulares sem essas cavidades.

2.3. PLANEZA DAS FACES E DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO

A NBR 7171/83 admite para os blocos tolerância de até 0,3 cm para flechas e desvios em relação ao esquadro.

Todas as indústrias cerâmicas apresentaram número de exemplares com flecha maior que 0,3 cm inferior a cinco unidades, número de aceitação em primeira amostragem.

Apenas três indústrias cerâmicas apresentaram número de exemplares com desvio em relação ao esquadro maior que 0,3 cm superior a cinco unidades, número de aceitação, mas igual ou inferior a nove unidades, número de rejeição em primeira amostragem.

2.4. ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS

As diferenças significativas de resistência entre os blocos BRSCl e BCCCL de uma mesma indústria, com mesma matéria prima e processo produtivo, resultou na análise por elementos finitos dos dois tipos de blocos para verificar a compatibilidade entre os resultados experimentais e as distribuições internas das tensões.

Na análise foram utilizados elementos finitos isoparamétricos de três e quatro nós, considerando o estado plano de deformações.

As regiões de tensões máximas de tração, em cada caso, confirmam as regiões dos blocos por onde começam os processos de ruptura dos blocos (figura 2.4).

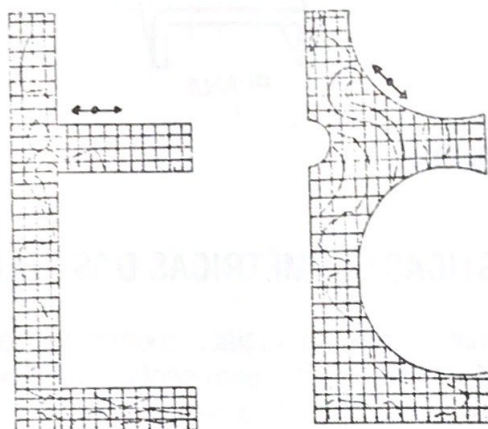


Figura 2.4 – Distribuição das tensões máximas de tração

3. TELHAS

As telhas produzidas na região têm seção transversal conforme a figura 3:

- * telhas tipo colonial prensada (COLP)
- * telhas tipo plana prensada (PLAP)
- * telhas tipo colonial extrusada (COLE)
- * telhas tipo canal extrusada (CANE)
- * telhas tipo termoplan (TER)

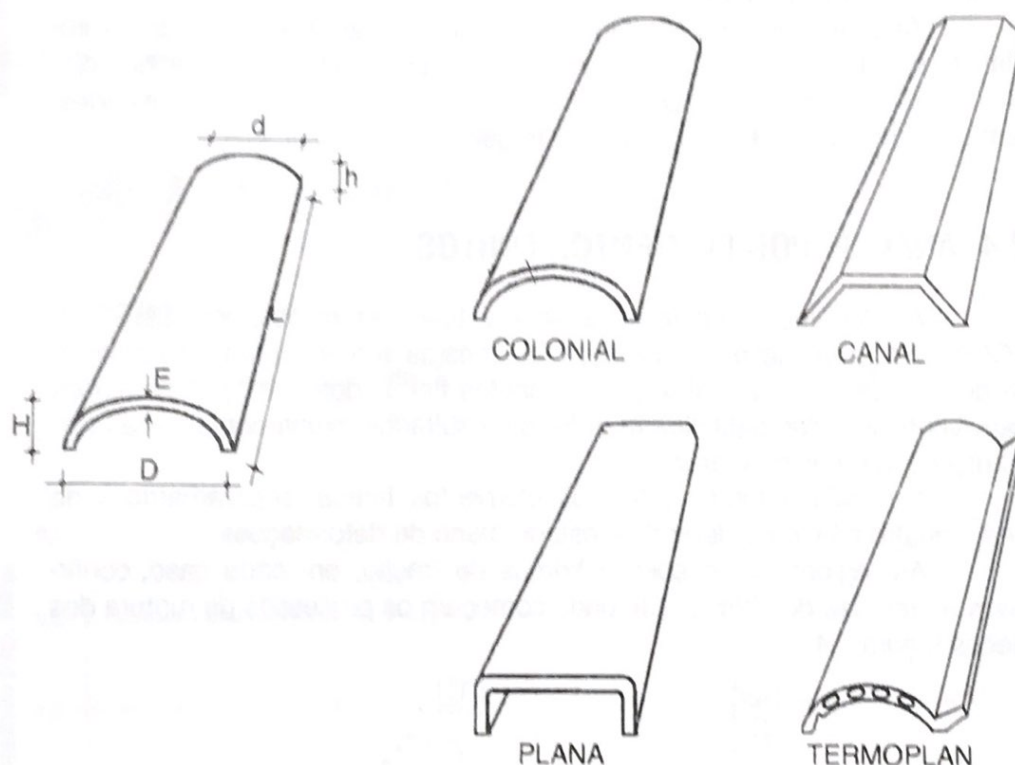


Figura 3 – Tipos de telhas

3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DAS TELHAS

Das telhas produzidas na região, apenas as dos tipos colonial e plana prensadas estão normalizadas, com seções transversais típicas, comprimento de 46,0 cm e espessura média de 1,3 cm.

Como se observa na tabela 3.1, as telhas produzidas na região não obedecem às normas brasileiras.

Tabela 3.1 – Características geométricas das telhas

CERÂMICA	TIPO	L(cm)	D(cm)	d(cm)	H(cm)	h(cm)	E(cm)
Cerâmica 01	COLP 1	47,5	17,5	13,1	6,7	5,7	1,2
Cerâmica 01	COLP 2	47,3	19,4	16,0	6,6	6,2	1,3
Cerâmica 01	PLAP 1	47,4	16,2	11,8	5,5	5,3	1,1
Cerâmica 01	PLAP 2	47,3	19,1	15,3	4,5	4,4	1,2
Cerâmica 01	CANE 1	50,2	16,1	13,5	5,1	3,8	1,1
Cerâmica 01	CANE 2	50,0	16,1	14,1	5,3	3,9	1,1
Cerâmica 02	CANE 1	50,0	16,7	14,5	5,2	3,8	1,0
Cerâmica 02	CANE 2	49,9	16,7	14,3	4,9	3,3	1,0
Cerâmica 03	COLE 1	47,8	14,3	11,9	5,6	4,1	0,8
Cerâmica 03	COLE 2	47,8	14,6	12,1	5,3	4,0	0,8
Cerâmica 04	CANE 1	49,1	15,0	12,3	4,4	3,9	1,0
Cerâmica 04	CANE 2	49,3	14,8	12,2	4,6	3,7	1,0
Cerâmica 05	CANE 1	50,5	15,5	13,0	4,4	4,3	1,2
Cerâmica 05	CANE 2	50,5	15,6	13,2	4,6	4,4	1,1
Cerâmica 06	CANE 1	49,4	15,8	13,3	4,6	3,4	1,0
Cerâmica 06	CANE 2	49,1	15,4	13,0	4,7	3,3	0,9
Cerâmica 06	TER	44,5	18,0	17,9	6,0	5,9	2,6
Cerâmica 07	CANE 1	49,2	14,9	12,7	4,7	3,4	0,9
Cerâmica 07	CANE 2	49,3	15,2	13,0	4,9	3,7	0,9
Cerâmica 08	CANE 1	49,3	17,1	14,3	4,8	3,9	1,0
Cerâmica 08	CANE 2	49,3	17,4	14,6	4,8	3,8	1,0
Cerâmica 08	COLE 1	49,2	17,0	14,0	6,4	5,1	1,0
Cerâmica 08	COLE 2	49,1	16,6	13,7	6,6	4,4	1,0
Cerâmica 08	COLE 1	48,2	14,5	11,9	5,4	4,1	0,8
Cerâmica 08	COLE 2	48,1	14,6	11,9	5,5	4,2	0,8
Cerâmica 11	COLE 1	48,9	13,9	10,8	6,1	4,2	0,9
Cerâmica 11	COLE 2	48,9	14,0	11,1	5,8	4,1	0,9
Cerâmica 11	CANE 1	49,4	13,9	12,9	4,6	3,7	1,0
Cerâmica 11	CANE 2	49,3	13,9	13,0	5,0	3,6	1,0
Cerâmica 14	COLE 1	49,6	13,6	12,6	5,2	4,1	1,0
Cerâmica 14	COLE 2	49,9	13,6	12,5	5,2	4,1	1,1
Cerâmica 14	CANE 1	49,9	13,5	12,1	4,5	3,6	0,9
Cerâmica 14	CANE 2	49,4	13,4	12,2	4,3	3,6	0,9
Cerâmica 15	CANE 1	50,4	13,8	13,6	4,4	4,2	1,0
Cerâmica 15	CANE 2	50,7	14,0	14,0	4,4	4,1	1,0

3.1.1. EMPENAMENTOS DAS TELHAS

A NBR 9601/86, que fixa as condições para aceitação de telhas cerâmicas de capa e canal, recomenda empenamento máximo de 0,5 cm.

Dos diversos tipos de telhas analisados, em apenas seis deles o número de exemplares com empenamento igual ou inferior a 0,5 cm foi menor ou igual a um, condição para a aceitação em primeira amostragem.

É provável que os problemas de empenamento da maioria das telhas sejam decorrentes de controle na secagem.

3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS TELHAS

As principais características físicas das telhas encontram-se na tabela 3.2.

3.2.1. VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Todas as telhas ensaiadas apresentaram carga de ruptura à flexão superior a 1,0 KN, valor mínimo previsto pela NBR 9601/86.

3.2.2. VERIFICAÇÃO DA IMPERMEABILIDADE

Para temperaturas variando de 27 a 32 graus centígrados e umidade relativa do ar variando entre 60% e 85%, todas as telhas só apresentaram manchas de umidade.

3.2.3. ABSORÇÃO

A NBR 9601/86 recomenda que a absorção de água da telha não ultrapasse a 20%.

Todas as telhas apresentaram absorção de água inferior a 12%.

Tabela 3.2 – Características físicas das telhas

CERÂMICA	TIPO	P. SECA (N)	ABSORÇÃO (%)	CARGA RUP (KN)
Cerâmica 01	COLP 1	21,5	9,3	2,0
Cerâmica 01	COLP 2	25,3	7,1	4,9
Cerâmica 01	PLAP 1	19,7	7,0	1,8
Cerâmica 01	PLAP 2	22,5	7,2	2,6
Cerâmica 01	CANE 1	17,0	8,7	1,3
Cerâmica 01	CANE 2	17,0	9,0	1,5
Cerâmica 02	CANE 1	18,2	9,4	1,6
Cerâmica 02	CANE 2	16,5	9,8	1,6
Cerâmica 03	COLE 1	11,9	10,0	1,7
Cerâmica 03	COLE 2	11,2	9,0	1,3
Cerâmica 04	CANE 1	14,6	8,0	1,8
Cerâmica 04	CANE 2	14,1	8,3	1,7
Cerâmica 05	CANE 1	17,4	10,5	2,2
Cerâmica 05	CANE 2	17,8	11,3	2,1
Cerâmica 06	CANE 1	14,0	9,2	2,1
Cerâmica 06	CANE 2	13,8	9,3	1,9
Cerâmica 06	TER	33,7	11,3	5,9
Cerâmica 07	CANE 1	14,4	9,2	1,7
Cerâmica 07	CANE 2	15,1	7,8	1,5
Cerâmica 08	CANE 1	17,0	8,3	1,8
Cerâmica 08	CANE 2	16,7	9,8	1,4
Cerâmica 08	COLE 1	17,0	9,4	1,7
Cerâmica 08	COLE 2	16,0	8,6	1,5
Cerâmica 08	COLE 1	11,4	7,8	1,6
Cerâmica 08	COLE 2	11,8	7,5	1,6
Cerâmica 11	COLE 1	13,2	8,1	1,6
Cerâmica 11	COLE 2	13,0	7,8	1,5
Cerâmica 11	CANE 1	14,3	6,5	1,4
Cerâmica 11	CANE 2	14,3	7,3	1,7
Cerâmica 14	COLE 1	14,4	9,2	2,4
Cerâmica 14	COLE 2	14,4	9,5	2,5
Cerâmica 14	CANE 1	12,9	8,5	1,4
Cerâmica 14	CANE 2	13,0	7,8	1,1
Cerâmica 15	CANE 1	14,5	11,7	1,8
Cerâmica 15	CANE 2	14,8	11,1	2,5

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisados os produtos das quinze indústrias cerâmicas, constatamos:

- * as dimensões de blocos e telhas não obedecem aos padrões de norma;

- * o material cerâmico é de boa qualidade, considerando as elevadas resistências obtidas nos blocos BRSCl, a baixa absorção de água, resistência à flexão e impermeabilidade satisfatórias de todos os tipos de telhas;

- * os blocos BCCCL e BRCL apresentam resistência à compressão significativamente inferior à dos blocos BRSCl;

- * a distribuição das tensões internas nos blocos, determinada através de elementos finitos, mostrou-se eficaz na identificação dos pontos críticos a partir da consideração apropriada das condições de contorno. Essa técnica poderá ser muito útil para o desenho mais racional das seções dos blocos;

- * É necessário ensaiar prismas e painéis para concluir sobre o melhor comportamento dos blocos BRSCl sobre os demais;

- * os empenamentos das telhas podem ser corrigidos com um programa adequado de secagem.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Coletânea de Normas de Cerâmica. Rio de Janeiro, 1988. 114 p.

