

F96 – RELATÓRIO DE ENSAIO
Relatório Nº 2406/2018

1. Dados Gerais

1.1. Dados do Cliente

Razão Social: Cerâmica Candelária Ltda

Endereço: Linha Brasil, SN - B. Interior, Candelária/RS - CEP: 96930-000

A/C: Jacson Orlando Lange

Código da Proposta: 1573

1.2. Dados da Amostra

Responsável pela Amostragem: não aplicável

Data da Amostragem: não aplicável

Data de Recebimento: 07/06/2018

Período de Realização do Ensaio: 15/06/2018

Número(s) da(s) Amostra(s): RES-093.01

Local da Realização das Atividades do Ensaio: nas dependências permanentes do itt Performance (Unisinos).

2. Objetivo

Determinação do tempo de resistência ao fogo do sistema descrito no item 4, com finalidade estrutural, através do procedimento descrito na ABNT NBR 5628:2001 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo, verificando as características de (a) resistência mecânica, (b) estanqueidade a passagem de gases e fumaça e (c) isolamento térmico.

3. Responsáveis

Relatório de Ensaio Autorizado por: Dr. Eng. Civil Bernardo Fonseca Tutikian

Responsável pelo Ensaio: MSc. Eng. Civil Roberto Christ

Analista de Projeto: Eng. Civil Gustavo Prager

Laboratorista: Acadêmico de Eng. Civil Gabriel Bottin

4. Amostra para análise

A amostra para análise consiste em um sistema vertical de vedação com função estrutural, composto por blocos cerâmicos assentados e revestidos nas duas faces com argamassa estabilizada. Para análise do sistema foi confeccionado um exemplar com dimensões de 300x280 cm, sem aberturas, sendo a superfície exposta às elevadas temperaturas de 250x250 cm, conforme prescrições de norma. As características dos blocos, da argamassa de assentamento e da argamassa de revestimento são apresentadas na Tabela 1, conforme informado pelo contratante. A geometria do bloco utilizado e a composição da amostra é apresentada na Figura 1. A espessura total do sistema com o revestimento aplicado é de 19 cm.

F96 – RELATÓRIO DE ENSAIO
Relatório Nº 2406/2018

Tabela 1 – Características dos materiais componentes da amostra

Material	Propriedade	
Bloco cerâmicos	Dimensões	14x19x29 cm
	Resistência à compressão	7,0 MPa
Argamassa de assentamento	Especificação	Estabilizada de assentamento Supermix
	Espessura	1,0 cm
	Resistência	8 MPa
Chapisco	Traço	1:2 (Cimento:areia)
Argamassa de revestimento	Especificação	Estabilizada de revestimento Supermix
	Espessura	2,5 cm
	Resistência	4 MPa

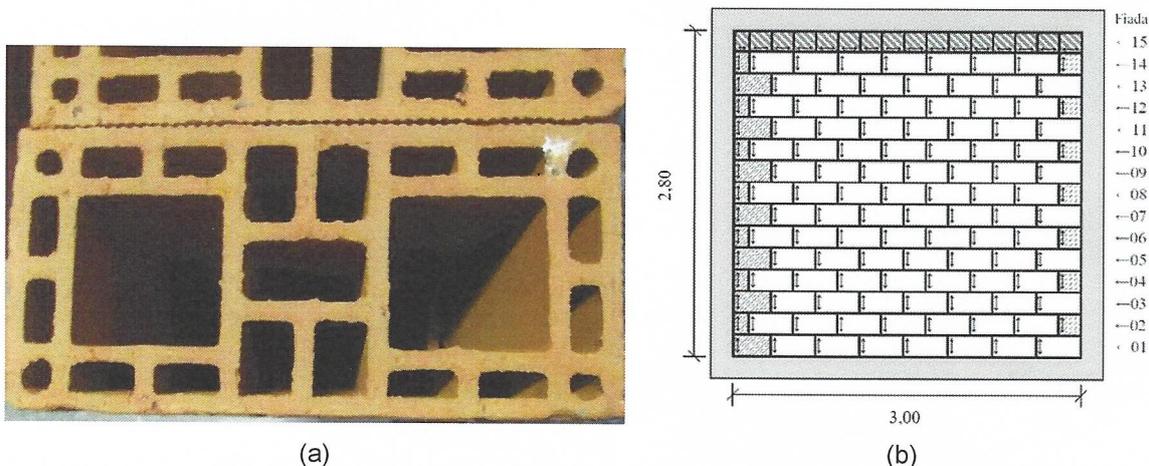


Figura 1 – Imagem representativa (a) da geometria do bloco utilizado e (b) da composição da amostra

A amostra foi executada pela equipe terceirizada sobre uma estrutura metálica móvel, acoplável ao forno vertical de ensaio, que ocorreu 35 dias após o término de sua execução. A Figura 2 apresenta as etapas de execução da amostra e após sua execução, acoplada ao forno de ensaio.

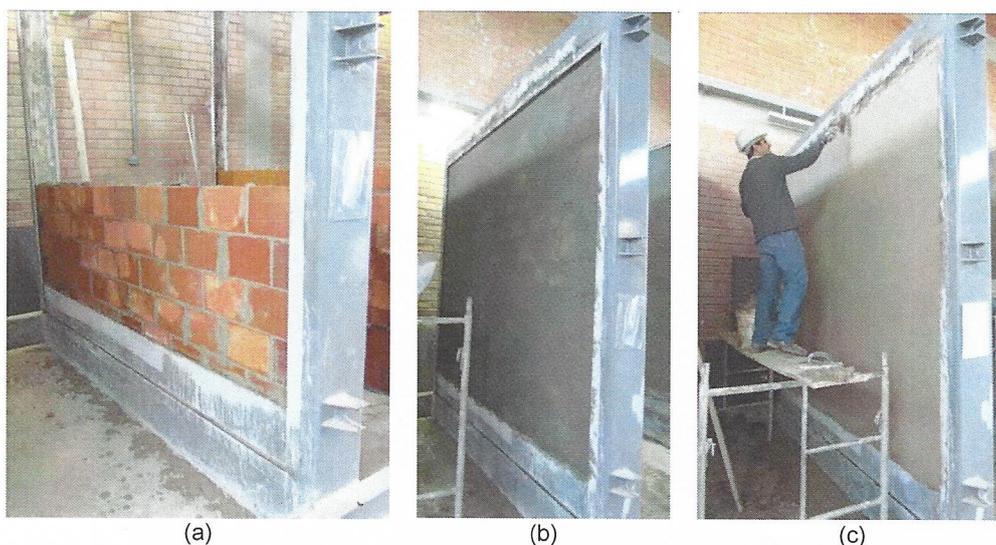


Figura 2 – Execução da amostra do sistema ensaiado (a) assentamento dos blocos, (b) aplicação do chapisco e (c) realização do revestimento

F96 – RELATÓRIO DE ENSAIO
Relatório Nº 2406/2018
5. Instrumentação

A Tabela 2 apresenta os equipamentos utilizados para a realização dos ensaios.

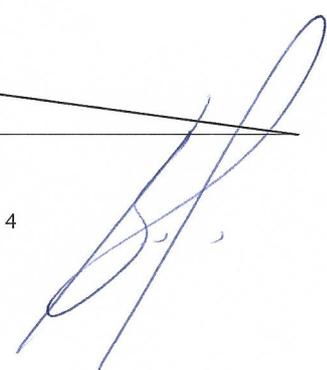
Tabela 2 - Equipamentos utilizados no ensaio

Descrição	Fabricante / Modelo	Capacidade Técnica	Calibração	Rastreabilidade
Câmera termográfica	FLIR / A325	Capacidade Mínima: 0°C Capacidade Máxima: 350°C Resolução: 1°C	--	--
Cronômetro	Exttech Instrument/893470 (itt Performance – E011P)	Cap. Mínima: 0:00:00”1s Cap. Máxima: 9:99:99”9s Resolução: 1/100s	Data: 24/01/2018 Validade: 1 ano Certificado: 0048-2018	Laboratório: Labelo
Forno de resistência ao fogo	Grefortec / GFT 03276 FG (itt Performance – E054P)	Capacidade: 1200°C Resolução: 0,01°C	--	--
Trena a laser	Bosch / GLM 150 Professional (itt Performance – E051P)	Capacidade Mínima: 0m Capacidade Máxima: 150m Resolução: 1mm	Data: 04/10/2017 Validade: 1 ano Certificado: 37037-2017	Laboratório: Certi
Termohigrômetro	Instrutemp ITMP 600 (itt Performance – E003P)	Cap. mínima: 10°C/20%/20dB(A)/0Lux Cap. Máxima: 60°C/80%/130dB(A)/2000Lux Resolução: 0,1°C/0,1%RH/0,1dB(A)/1Lux	Data: 22/09/2017 Validade: 1 ano Certificado: 26219-2017	Laboratório: Metrosul

6. Método

O método de ensaio utilizado é o prescrito pela ABNT NBR 5628:2001. O ensaio consiste na determinação do tempo de resistência ao fogo da amostra quando exposta ao programa de aquecimento descrito pela referida norma. Verifica-se, durante o ensaio, a resistência mecânica, estanqueidade à passagem de gases quentes fumaça e o isolamento térmico do sistema. A amostra é classificada como corta fogo (CF), para o período de tempo que atender os requisitos de resistência mecânica, estanqueidade e isolamento térmico.

O ensaio é realizado em um forno vertical normatizado, equipado com um sistema de carregamento, 4 queimadores alimentados por gás liquefeito de petróleo (GLP) e termopares, programados para realizar o aquecimento de acordo com os preceitos de norma. A amostra é acoplada ao forno e monitorada continuamente por 5 termopares do tipo K, de diâmetro 1,5 mm, em sua face exposta ao fogo, e 5 termopares do tipo T, de diâmetro 0,7 mm, em sua superfície não exposta ao fogo. As posições e numerações dos termopares internos (face exposta às altas temperaturas) são apresentados na Figura 3 (a) e as dos termopares externos (face não exposta às altas temperaturas) na Figura 3 (b). A posição dos termopares 6 a 10 (externos) coincide com a posição dos termopares 1 a 5 (internos) e obedecem aos preceitos de locação da norma.



F96 – RELATÓRIO DE ENSAIO
Relatório N° 2406/2018

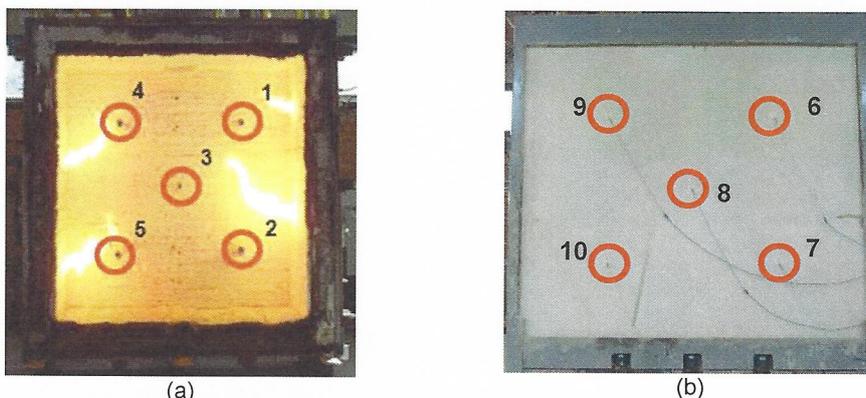


Figura 3 – Numeração dos termopares (a) internos, no interior do forno, e (b) externos, na face da amostra não exposta ao fogo

6.1. Resistência mecânica

A amostra é submetida a um carregamento, representativo da carga incidente nas paredes de uma edificação convencional, produzindo esforços da mesma natureza e ordem de grandeza dos observados na edificação em uso, conforme estabelecido pela norma. No decorrer do ensaio verificam-se flechas, deformações ou sinais de instabilidade que caracterizem a perda de resistência mecânica do sistema. O carregamento é aplicado antes do início do programa térmico e mantido durante todo o período do ensaio, sendo reaplicado 24 horas após o término do ensaio. Caso a amostra não resista ao carregamento aplicado ou não seja possível aplicá-lo, considera-se o tempo de resistência ao fogo da amostra como 80% do tempo em que atendeu aos requisitos durante o programa térmico.

6.2. Estanqueidade

A estanqueidade à passagem de gases e fumaça é avaliada mediante a inflamação de um chumaço de algodão posicionado a uma distância de 1 a 3 cm das fissuras deflagradas na amostra, por um período de 10 segundos.

6.3. Isolamento térmico

A verificação do isolamento térmico consiste na análise das temperaturas registradas na face não exposta às altas temperaturas da amostra. Como limite, a norma especifica que a temperatura média (média aritmética dos 5 termopares na face externa da amostra) não pode ser superior a 140°C e ultrapassar 180°C em nenhum dos termopares, sendo estas temperaturas acrescidas da temperatura ambiente.

7. Resultados

O ensaio teve início às 13h49min, o pré-carregamento teve duração de 15 minutos e o programa térmico teve duração de 240 minutos, sendo a temperatura inicial (T_0) de 13,0°C. A Tabela 3 apresenta o roteiro das manifestações apontadas e a evolução do ensaio.

F96 – RELATÓRIO DE ENSAIO
Relatório Nº 2406/2018
Tabela 3 – Desenvolvimento do ensaio de resistência ao fogo

Tempo (min)	Ocorrência
0	Início do programa térmico (carregamento e aquecimento)
1	Estalos na amostra
7	Fissura diagonal em ambos os cantos inferiores
18	Fissura vertical no centro da amostra
20	Umidade sendo expelida pelas fissuras
59	Liberação de fumaça no canto superior direito
91	Umidade sendo expelida na borda direita
107	Umidade expelida no canto inferior esquerdo
120	Umidade expelida no canto inferior esquerdo
173	Liberação de fumaça no canto inferior direito
239	Teste de estanqueidade: sem inflamação do chumaço de algodão
240	Fim do ensaio

7.1. Resistência mecânica

O carregamento aplicado no sistema foi de 9,0 tf/m. Apresenta-se na Tabela 4 o deslocamento horizontal (no sentido do forno) sofrido pela amostra a cada instante do ensaio.

Tabela 4 – Deformações ocorrida na amostra durante o ensaio de resistência ao fogo

Tempo (min)	Carga (tf)	Deslocamento (mm)	Tempo (min)	Carga (tf)	Deslocamento (mm)
0	9,0	0	110	9,0	22
5	9,1	5	120	9,1	22
10	9,1	8	130	9,0	23
15	8,9	14	140	9,1	24
20	9,0	20	150	8,9	25
30	9,1	20	160	9,1	26
40	9,3	21	170	9,3	26
45	9,2	21	180	9,2	26
50	9,1	22	190	9,1	26
60	9,1	25	200	9,2	25
70	9,2	26	210	9,2	25
80	9,2	23	220	9,1	26
90	9,1	23	230	9,2	26
100	8,9	24	240	9,1	26

Verificou-se, aos 240 minutos, a deformação máxima da amostra, na ordem de 26 mm no sentido do forno. Após 24 horas decorridas do final do ensaio, de acordo com a norma supracitada foi feita a reaplicação de carga, a fim de verificar a resistência mecânica. Constatou-se que a amostra se manteve estável após esta ação, não comprometendo a sua resistência mecânica.

7.2. Estanqueidade

No decorrer do ensaio foi realizado um teste de estanqueidade (Figura 4), não sendo verificada a ocorrência da inflamação do chumaço de algodão no teste realizado.

F96 – RELATÓRIO DE ENSAIO
Relatório N° 2406/2018

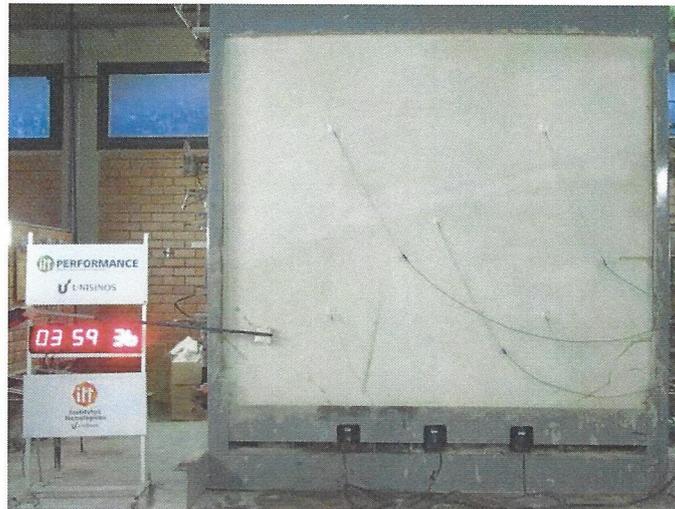


Figura 4 – Realização do teste de estanqueidade aos 239 minutos

7.3. Isolamento térmico

A Figura 5 apresenta o gráfico com os valores de temperatura da superfície interna da amostra (diretamente exposta às altas temperaturas), a Figura 6 o gráfico com os valores de temperatura da superfície externa da amostra (não exposta diretamente às altas temperaturas) e a Figura 7 o gráfico com os limites de norma e a temperatura média obtida no interior do forno, em graus Celsius (°C), obtidos no desenvolvimento ensaio.

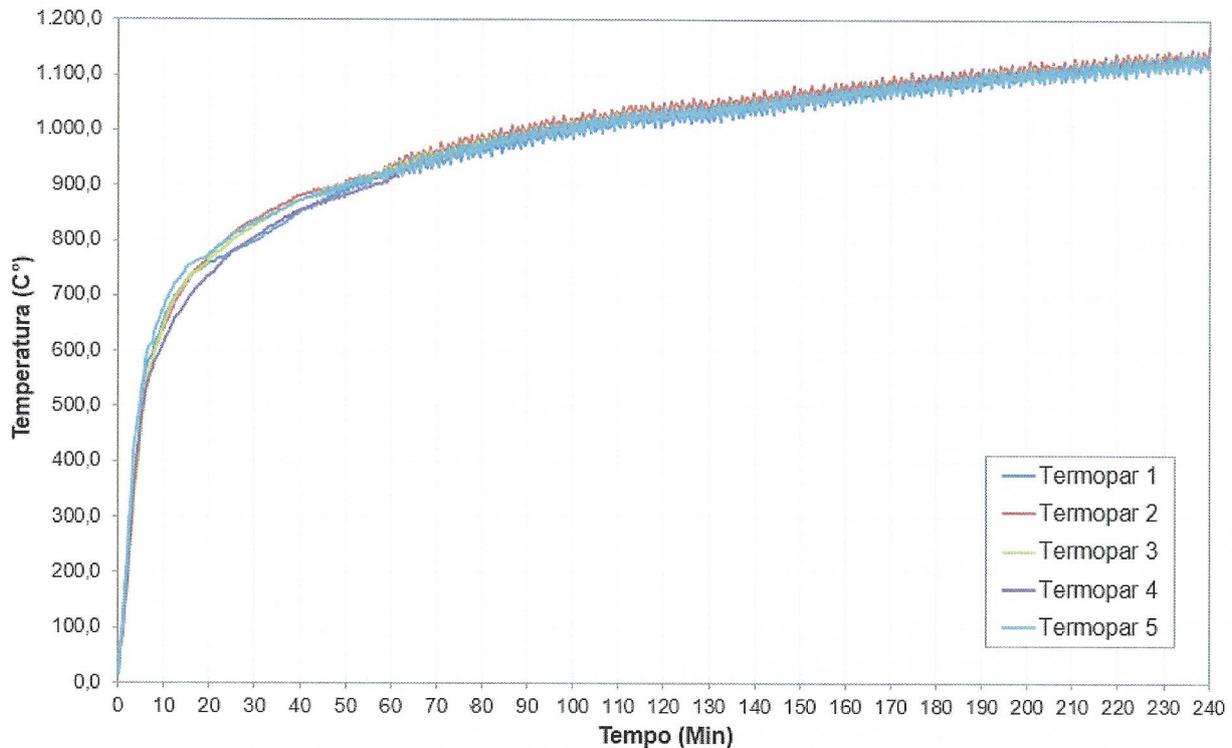


Figura 5 – Valores de temperatura registrados pelos termopares da face interna

F96 – RELATÓRIO DE ENSAIO
Relatório Nº 2406/2018

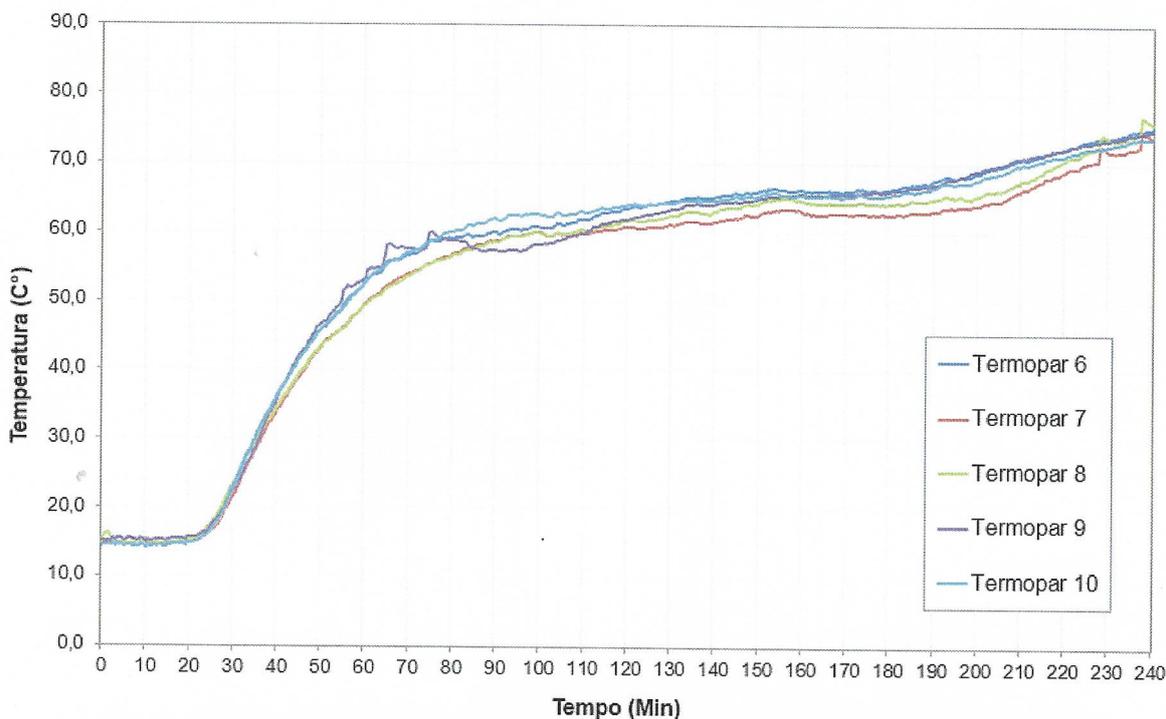


Figura 6 – Valores de temperatura registrados pelos termopares da face externa

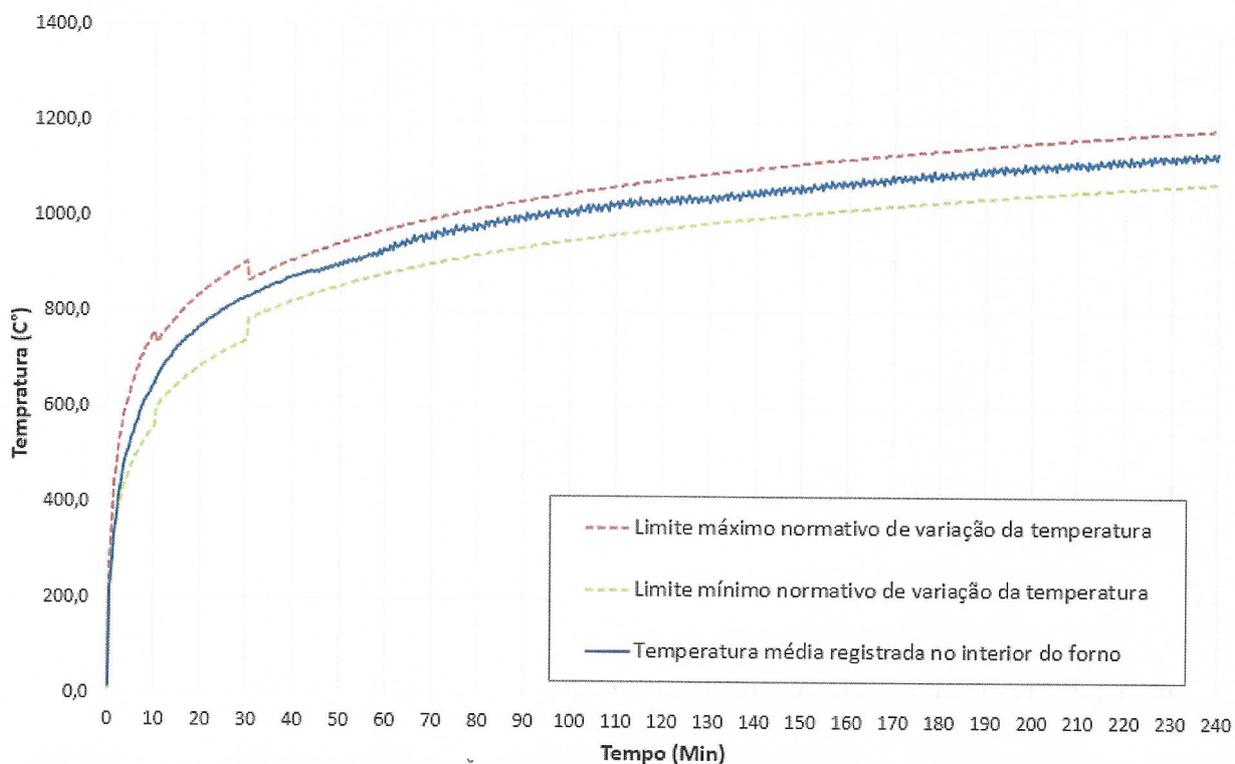


Figura 7 – Limites de norma e valor médio de temperatura registrado no interior do forno vertical

F96 – RELATÓRIO DE ENSAIO
Relatório Nº 2406/2018

A Tabela 5 apresenta as temperaturas pontuais e a média das medições na face não exposta ao fogo. Sendo a temperatura ambiente no início do ensaio de 13,0°C, o limite de temperatura média dos termopares é de 153,0 °C e o limite de temperatura em cada termopar de 193,0°C.

Tabela 5 – Desenvolvimento de temperaturas durante o ensaio de resistência ao fogo

Tempo (min)	Termopares externos (°C)					Média*
	6	7	8	9	10	
0	14,3	15,0	14,9	15,1	14,5	14,7
5	14,3	15,1	15,1	15,1	14,4	14,8
10	14,1	15,3	15,2	14,9	14,2	14,7
15	14,5	14,8	14,8	15,3	14,6	14,8
20	14,9	15,1	15,3	15,6	14,9	15,2
25	17,2	16,6	17,6	17,3	16,7	17,1
30	23,3	21,8	23,2	22,5	22,9	22,7
60	52,6	49,6	49,5	53,3	52,8	51,5
90	60,0	58,9	58,7	57,4	62,0	59,4
120	63,5	60,9	61,7	61,9	64,0	62,4
130	64,6	61,2	62,6	63,4	64,4	63,2
150	66,0	62,6	64,3	65,0	65,3	64,6
160	66,2	63,2	64,6	65,6	65,6	65,0
170	66,0	62,9	64,3	65,7	65,2	64,8
180	66,3	62,7	64,2	66,1	65,4	64,9
190	67,7	63,3	65,0	67,1	66,8	65,9
200	68,6	64,2	65,4	69,0	67,7	67,0
210	70,7	66,3	67,6	70,9	69,8	69,1
220	72,4	69,1	70,7	72,2	71,4	71,1
230	73,8	72,0	73,7	73,6	72,7	73,1
240	75,2	73,9	75,9	75,0	73,8	74,8

*Média feita sobre os termopares numerados de 6 a 10 (mínimos definidos em norma)

Verifica-se que os limites de temperatura estabelecidos acima não foram atingidos durante os 240 minutos de ensaio, caracterizando o sistema dentro dos padrões normativos para o isolamento térmico. A Figura 8 apresenta as imagens termográficas registradas de acordo com o ganho de temperatura da amostra durante o ensaio.

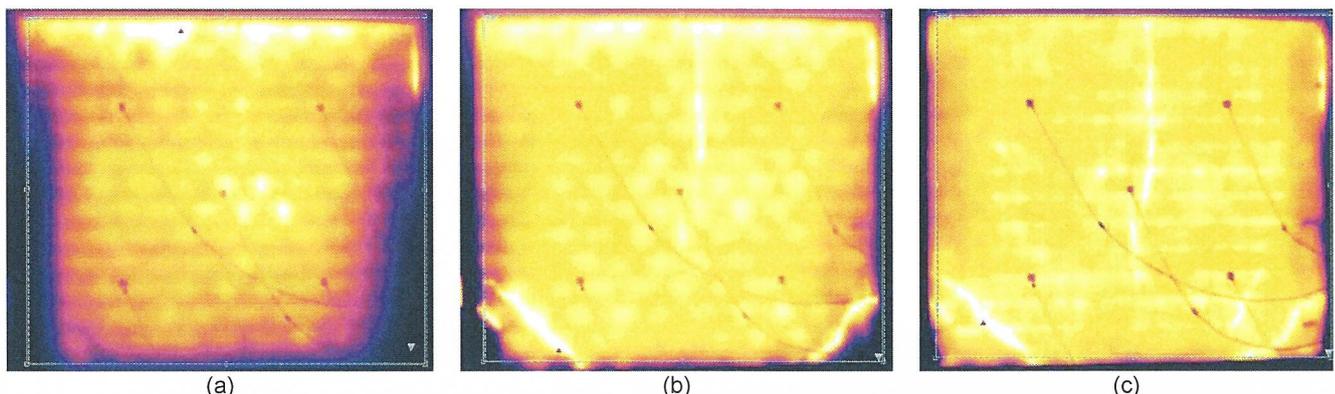


Figura 8 – Acréscimo de temperatura na amostra, de acordo com a câmera termográfica aos (a) 70 minutos, (b) 120 minutos e (c) 180 minutos

F96 – RELATÓRIO DE ENSAIO
Relatório Nº 2406/2018

7.4. Aspecto final ao término do ensaio

A Figura 9 apresenta o aspecto da superfície da amostra exposta às elevadas temperaturas antes e após o ensaio.

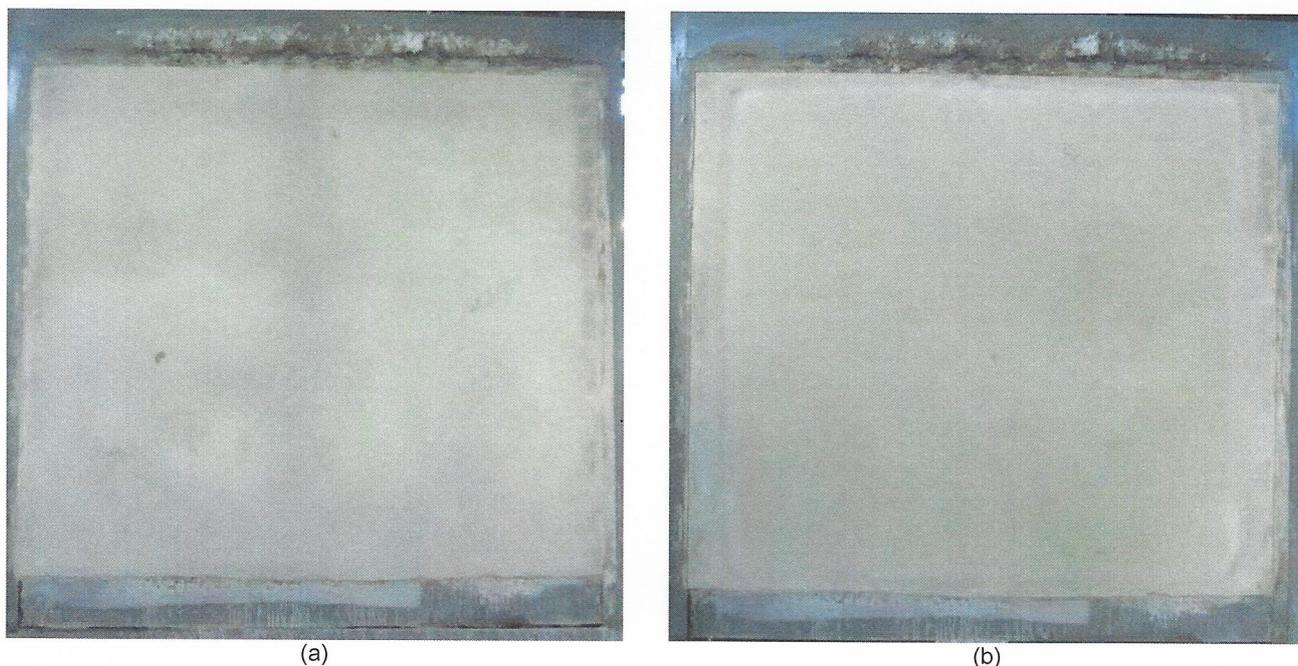


Figura 9 – Aspecto da face exposta às elevadas temperaturas (a) antes e (b) após o ensaio

7.5 Considerações finais

Abaixo apresenta-se síntese do desempenho verificado:

Durante os 240 min decorridos do ensaio de resistência ao fogo, houve um deslocamento transversal máximo de 26 mm do sistema, aferido aos 240 min de ensaio, apresentando, no entanto, um comportamento estável, sem colapsar ou perder a sua estabilidade e integridade. Durante a reaplicação do carregamento, 24 horas após o término do ensaio, o sistema não colapsou, caracterizando-se, portanto, como estável e atendendo aos requisitos apresentados pela norma.

Quanto à estanqueidade, foram verificadas aberturas de fissuras no sistema. Ao ser realizado o teste de estanqueidade nestas fissuras, conforme as condições definidas em norma, não foi constatada a inflamação do chumaço de algodão, caracterizando a amostra como estanque à passagem de gases quentes e fumaça durante todo o período de ensaio.

Quanto ao isolamento térmico, aferiu-se que não houve acréscimo significativo da temperatura externa para além das limitações normativas para os ensaios de resistência ao fogo, atendendo ao requisito de isolamento.