

Expansão por Umidade de Placas Cerâmicas para Revestimento

Roberto José Falcão Bauer e Fabiola Rago

L.A. FALCÃO BAUER - Rua Aquinos, 111 - 05036-070 Água Branca - SP

e-mail: robertobauer@falcaobauer.com.br

Resumo: Para que o revestimento de pisos e paredes internos e externos com placas cerâmicas apresente desempenho satisfatório, é necessário um controle de qualidade desde o projeto de execução, incluindo a alvenaria, a base para o revestimento cerâmico, as argamassas empregadas no assentamento e na execução das juntas, as placas cerâmicas, até a mão de obra.

As Normas existentes sobre azulejos e pisos foram recentemente modificadas, resultando em uma única Norma que abrange todo o material cerâmico usado para revestimento. Entre os métodos de ensaio propostos pela nova normalização está o da determinação da expansão por umidade - EPU, não citado na antiga normalização, mas de muita importância em placas cerâmicas aplicadas em áreas úmidas.

A determinação da expansão por umidade, de acordo com a NBR 13818, é realizada pelo método da fervura, procurando-se estimar qual ao comportamento da placa cerâmica ao longo do tempo, após assentada.

Alguns estudos de caso acompanhados pelos autores levam a crer que o método da fervura não consegue representar realmente a expansão ocorrida. Foi então realizado um estudo com placas cerâmicas usadas, ensaiadas pelo método da autoclave, com variação da pressão e da duração do tratamento em autoclave, em comparação ao método da fervura, para se chegar mais próximo da expansão por umidade real. Os resultados permitem sugerir uma reavaliação do método de ensaio normalizado.

Palavras-chaves: *expansão por umidade, placas cerâmicas, revestimentos cerâmicos*

Introdução

O Centro Tecnológico de Controle da Qualidade L.A. Falcão Bauer tem sido solicitado para diagnosticar as prováveis causas geradoras de descolamento de placas cerâmicas para revestimento.

Existem inúmeros fatores que contribuem para a ocorrência de tais anomalias, sendo que os principais são os relacionados a seguir:

- base - estrutura, alvenaria, argamassa de regularização;
- argamassa de assentamento das placas cerâmicas;
- placas cerâmicas;
- argamassa de rejuntamento.

Em todos os fatores citados podem ocorrer deficiências com relação ao preparo, execução, aplicação e qualidade dos materiais.

Neste trabalho o objetivo é discutir a expansão por efeito de adsorção de umidade pelas placas cerâmicas e

como ele pode vir a contribuir para a ocorrência de falhas por descolamento de revestimentos cerâmicos, e qual a metodologia ideal para sua determinação.

Expansão por Umidade

Os minerais que entram na composição da matéria-prima das placas cerâmicas contêm água em suas moléculas, porém no processo de queima no forno durante a fabricação, essa água é volatilizada.

Logo após o processo de queima, e durante meses e anos após a fabricação, ocorrerá a rehidratação por adsorção de água em forma de vapor de umidade natural, e do meio ambiente onde a placa cerâmica for assentada. A rehidratação por adsorção de água, provoca um aumento das moléculas dos minerais, expandindo o corpo cerâmico.

A expansão por umidade (EPU), também chamada de dilatação higroscópica, é portanto o aumento de tamanho da placa cerâmica na presença de umidade.

A expansão por umidade tem início assim que a peça entra em contato com o meio ambiente na saída do forno.

Portanto, quando da aplicação do revestimento, uma pequena parte da expansão já ocorreu, e o restante ocorrerá com o revestimento já assentado. O tempo de estocagem da placa cerâmica também pode influenciar, uma vez que grande parte da expansão por umidade pode ter ocorrido no período de estocagem, resultando em pequena expansão por umidade a ocorrer após o assentamento.

Para se obter placas cerâmicas com baixos valores de EPU são necessários alguns cuidados no processo de fabricação, visando a formação de estruturas bem organizadas.

Para a avaliação da expansão por umidade ocorrida e a ocorrer, são empregadas as seguintes definições:

- expansão por umidade ocorrida - remoção da água adsorvida (comprimento da peça no momento da determinação, em relação ao comprimento após requeima em mufla);
- expansão por umidade efetiva - processos que aceleram a rehidratação total do produto cerâmico, que iria ocorrer durante anos (comprimento do corpo de prova após o ensaio acelerado em relação ao comprimento após requeima em mufla).

A fim de procurar se evitar problemas de descolamento das placas cerâmicas, o limite da expansão por umidade efetiva, embora não esteja especificado na NBR 13818, é recomendado como 0,6 mm/m ou 0,6%.

Métodos de Ensaio para a Determinação da Expansão por Umidade

Para a determinação da expansão por umidade efetiva existem basicamente dois métodos: autoclave e fervura.

Em cada uma das Normas consultadas é empregada uma temperatura de requeima e tempo de permanência na mufla, para determinação da expansão por umidade ocorrida, bem como, uma pressão na autoclave e um período de permanência na mesma ou permanência na fervura, para determinação da expansão por umidade futura provável.

A seguir estão relacionadas algumas normas e seus respectivos métodos de ensaio.

- Norma ISO 10545

As amostras devem ser requeimadas em mufla a uma temperatura de 550 °C durante 02 horas e após resfriamento medidas (L_0). Após, as amostras devem ser colocadas em água fervente, e mantidas por 24 horas consecutivas, sendo em seguida resfriadas até temperatura ambiente e novamente medidas (L_1).

- Norma BS 6431 – Part 21 (BS, 1984)

As amostras devem ser requeimadas em mufla a uma temperatura de 600 °C durante 04 horas e após resfriamento medidas (L_0). Após, as amostras devem ser colocadas em água fervente, e mantidas por 24

horas consecutivas, sendo em seguida resfriadas até temperatura ambiente e novamente medidas (L_1).

- Norma ASTM C 370 (ASTM, 1970)

As amostras devem ser medidas (L_0) e submetidas a uma pressão de 10 atm (150 psi) durante 05 horas. Após, devem ser secas em estufa a 110 °C até atingir massa constante, e em seguida novamente medidas (L_1).

- Norma NBR 13818, anexo J (ABNT, 1997)

As amostras devem ser requeimadas em mufla a uma temperatura de 550 °C durante 02 horas e após resfriamento medidas (L_0). Após, as amostras devem ser colocadas em água fervente, e mantidas por 24 horas consecutivas, sendo em seguida resfriadas até temperatura ambiente e novamente medidas (L_1).

A equação para determinação da expansão por umidade efetiva em todas as Normas citadas é a apresentada a seguir:

$$\text{Expansão por umidade (\%)} = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Além das normas citadas, foram levados em consideração alguns trabalhos sobre o assunto, que empregaram os métodos apresentados na Tabela 1.

Método de ensaio proposto

Neste trabalho placas cerâmicas com aproximadamente 10 anos de idade, que há cerca de 08 anos apresentaram problema de descolamento da argamassa de assentamento, foram requeimadas e ensaiadas pelos métodos de fervura e de autoclave para se observar qual metodologia de determinação da expansão por umidade seria mais eficiente.

Todas as placas cerâmicas foram requeimadas na mufla a uma temperatura de 550 °C, durante 04 horas, para determinação da expansão por umidade ocorrida.

Após, as peças cerâmicas foram divididas em três grupos sendo que cada um passou por um tratamento acelerado diferente, descritos a seguir:

- 1° grupo – imersão em água fervente por 24, 48 e 72 horas;
- 2° grupo – autoclave 500 kPa, durante 02 horas;
- 3° grupo – autoclave 700 kPa, durante 05 horas.

Após os tratamentos, as placas foram submetidas a uma nova requeima em mufla, a uma temperatura de 550 °C, durante 04 horas, para confirmação da expansão por umidade ocorrida, podendo-se confirmar que os corpos de prova que apresentam EPU ocorrida, determinada antes do tratamento acelerado, semelhante à EPU ocorrida determinada após o tratamento acelerado, não sofreram empeno ou outro problema durante o período de ensaio.

Como os corpos de prova empregados para o ensaio eram únicos (as amostras eram poucas, pois eram de origem de um descolamento de 08 anos atrás), os mesmos

corpos de prova foram submetidos aos três grupos de tratamentos acelerados e sempre requeimados a 550 °C, durante 04 horas, após o ensaio em cada grupo.

Análise dos Resultados Obtidos

São apresentados na Tabela 2 e nas Figuras 1 e 2, os resultados dos ensaios, para comparação entre os métodos

de determinação da expansão por umidade efetiva e ocorrida.

As placas cerâmicas ensaiadas eram de duas cores: vermelhas e azuis. Os corpos de prova foram separados sequencialmente conforme o seu resultado de EPU ocorrida. Com fragmentos dos corpos de prova ensaiados foi realizado o ensaio de determinação da absorção de água das

Tabela 1. Resumo dos métodos para determinação da expansão por umidade empregados por alguns pesquisadores e suas considerações.

Autor	Base do estudo	Requeima	Ensaio acelerado	Considerações
Bowman, R. & Westgate P. (1992)	ISO	500 °C (02 h) 550 °C (04 h) 900 °C (01 h)	fervura (24 h)	A temperatura de requeima que melhor representou a EPU ocorrida foi a de 550 °C, sendo que a EPU a 500 °C foi subestimada e a 900 °C foi superestimada. A fervura dos cps por 24 h, pode não indicar a EPU potencial das placas.
Bowman, R. & Westgate P. (1992)	Norma européia ISO e outros	500 °C (02 h) 550 °C (04 h) 600 °C (04 h) 800 °C (04 h) 900 °C (08 h)	vapor à pressão atmosférica (04 h), fervura (24 h)	Foram observadas contrações nas medidas similares nas requeimas entre 550 °C e 800 °C, 900 °C indicando altas contrações nas medidas, devido a outras causas que não sejam a EPU. A requeima 550 °C fornece dados relativamente estáveis quanto à readsorção de água. A fervura por 24 h apresenta valores de EPU maiores do que ao vapor por 04 h.
Inzigneri M. & Fusarini E. (1960)	Estudos para a escolha de um aditivo para minimizar a EPU	—	autoclave 2 atm (02 e 06h), fervura (02 e 04 dias)	Valores obtidos em autoclave a 2 atm durante 02 horas semelhantes aos obtidos em fervura e vapor de água por 02 dias. Valores obtidos em autoclave a 2 atm durante 06 horas semelhantes aos obtidos em fervura e vapor de água por 04 dias.
Bowman R. (1996)	Temp. de requeima	Variações de 500 a 900 °C	—	Temperaturas menores do que 550 °C a EPU ocorrida não é alcançada. Na temperatura de 550 °C por 02 horas consegue-se valores de EPU maiores do que na temperatura de 870 °C por 01 hora.
Bernett F.E. (1976)	Estudos baseados na ASTM	870 °C (03 h)	autoclave 10,5 a 14 atm (01 ou 05 h)	Valores de autoclave à 14 atm (01 h) equivalem à 03 anos de EPU ocorrida. A EPU obtida em 05 h de autoclave é duas vezes maior do que a obtida em 01 h.

Tabela 2. Resultados dos ensaios realizados.

CP nº	Cor da placa cerâmica	EPU Ocorrida inicial (mm/m)	EPU efetiva – fervura 24h (mm/m)	EPU efetiva – fervura 48 h (mm/m)	EPU efetiva – fervura 72 h (mm/m)	EPU efetiva – autoclave 500 kPa (mm/m)	EPU efetiva – autoclave 700 kPa (mm/m)
01	Vermelha	-0,594	0,779	1,055	0,953	1,208	1,670
02	Azul	-1,297	0,696	0,849	—	0,736	1,524
03	Azul	-1,361	0,854	0,885	—	0,905	1,566
04	Azul	-1,366	1,031	1,163	1,337	0,816	1,531
05	Vermelha	-1,393	0,862	0,985	—	1,087	1,733
06	Azul	-1,442	1,075	1,300	1,362	1,157	1,526
07	Azul	-1,474	0,875	1,058	1,150	1,364	1,832
08	Vermelha	-1,508	0,939	1,143	1,234	1,735	1,581
09	Azul	-1,546	0,662	0,825	0,866	1,284	1,314
10	Vermelha	-1,549	1,664	1,695	1,695	1,266	1,449
11	Azul	-1,579	1,123	1,357	1,664	1,592	1,418
12	Azul	-1,706	1,124	1,257	—	1,944	2,118
13	Vermelha	-1,721	1,572	1,653	—	1,246	1,815
14	Azul	-2,017	0,786	0,959	1,021	1,858	1,735
15	Vermelha	-2,267	0,781	0,884	—	1,254	2,694
16	Vermelha	-2,506	1,965	2,086	2,573	1,457	1,609
17	Vermelha	-2,573	0,919	1,061	1,232	2,610	1,546
18	Vermelha	-2,811	0,714	1,153	1,265	2,962	1,622

placas cerâmicas, conforme anexo B da NBR 13818, a título de caracterização. Os resultados médios são apresentados a seguir:

- placas cerâmicas vermelhas: 15,2%;
- placas cerâmicas azuis: 12,7%.

Da Figura 1 observa-se a comparação entre os resultados dos diferentes tratamentos aplicados às placas cerâmicas em relação ao limite recomendado na NBR 13818 de 0,6mm/m.

A eficiência do método pode ser observada na relação entre EPU efetiva e EPU ocorrida, isto é, caso esta relação seja maior ou igual a 1,0, significa que o resultado do método acelerado alcançou ou ultrapassou o resultado da expansão já ocorrida. Do contrário o método não demonstra

eficiência, uma vez que, os resultados de um ensaio de previsão não conseguem atingir a expansão já ocorrida na realidade.

Da Figura 2 observamos que apenas os tratamentos com 72 h no 1º grupo e do 2º e 3º grupos, apresentam valores de EPU efetiva/EPU ocorrida acima de 1,0.

Na época de seu descolamento (08 anos atrás), algumas placas cerâmicas de mesma origem foram ensaiadas quanto à expansão por umidade apresentado os resultados médios conforme exposto na Tabela 3.

Considerações Finais

Dos resultados dos ensaios realizados neste estudo, observou-se claramente que entre os métodos para deter-

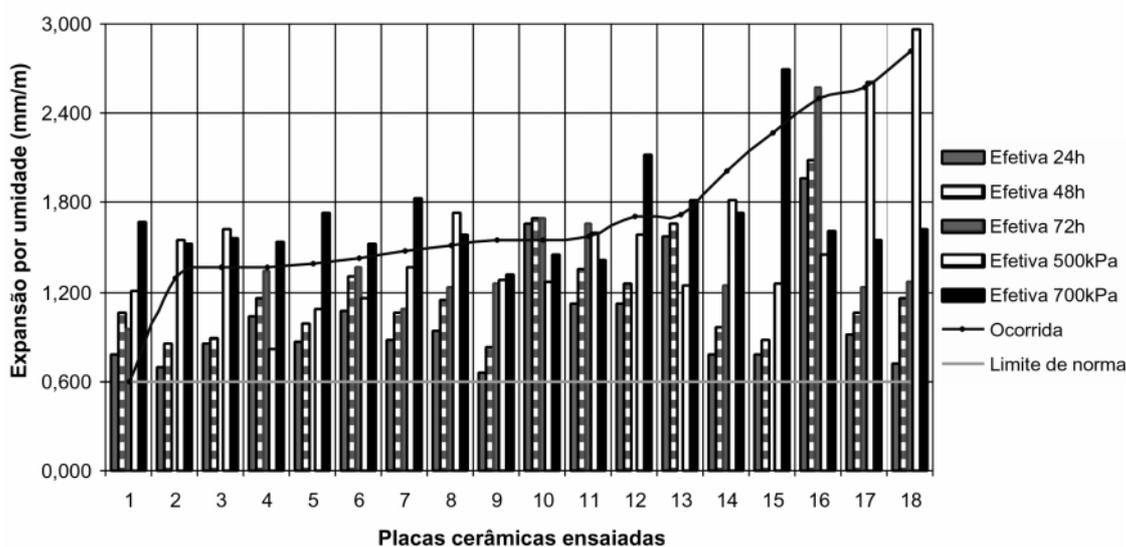


Figura 1. Resultados dos ensaios de EPU realizados neste estudo.

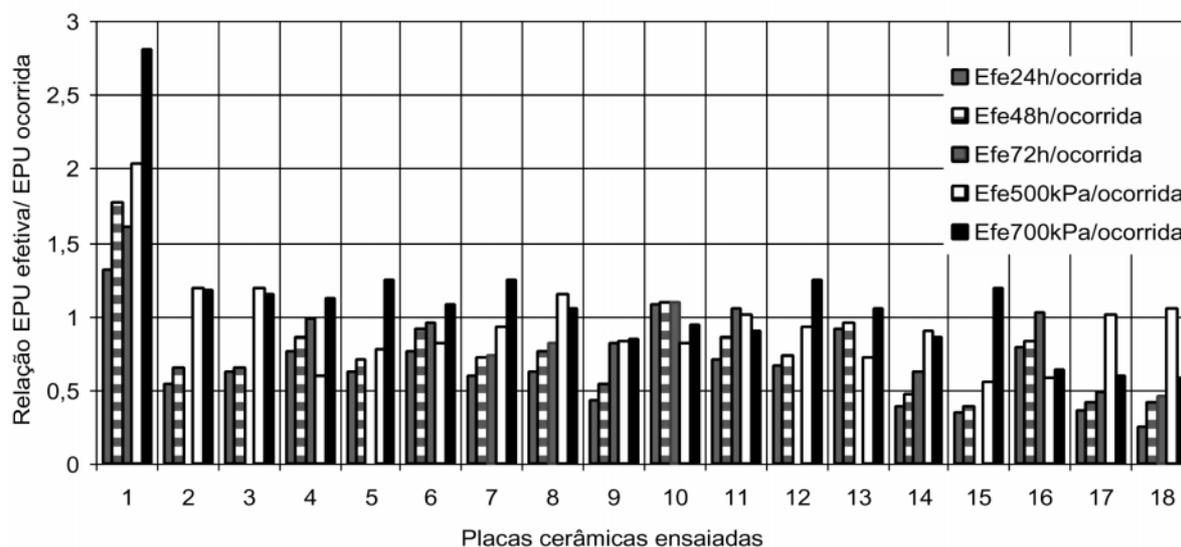


Figura 2. Dados da EPU ocorrida/EPU efetiva.

Tabela 3. Resultados médios de ensaios realizados no mesmo lote de peças, 08 anos atrás.

Amostra n ^o	EPU ocorrida (mm/m) mufla 700 °C – 04 horas	EPU efetiva (mm/m) autoclave 10 atm (1000kPa) – 05 horas	EPU efetiva / EPU ocorrida
01	1,32	1,89	1,43
02	2,12	2,45	1,16
03	1,88	3,02	1,61

minação da EPU, o tratamento por autoclave resulta em valores de EPU efetiva maiores do que o tratamento por imersão em água fervente. Dentre os métodos de tratamento em autoclave, quanto maior a pressão de ensaio e o tempo de permanência no equipamento, maiores são os valores de EPU efetiva observados e também mais próximos dos resultados de EPU ocorrida.

As referências bibliográficas consultadas também apresentaram resultados coerentes com o descrito acima. E o histórico do descolamento destas placas cerâmicas da alvenaria em análise conjunta com os resultados de expansão por umidade ocorrida nos mostra a EPU potencial destas placas cerâmicas que geralmente só são alcançados com o tratamento em autoclave a 700 kPa devendo ser melhor estimada com 1000 kPa.

Embora nos últimos anos a preocupação com a expansão por umidade por parte dos fabricantes tenha se consolidado e grande parte das placas cerâmicas estejam atendendo este parâmetro, o método especificado na NBR 13818, atualmente em vigor no Brasil, não representa realmente a EPU potencial da placa cerâmica. Portanto, podemos com isto estar aprovando lotes de placas cerâmicas que, no tratamento de fervura apresentam valores abaixo de 0,6 mm/m, e que ao longo dos anos poderão apresentar valores de EPU ocorrida maiores, podendo vir a comprometer o desempenho do revestimento cerâmico.

Entendemos com isto, que este tema seja amplamente discutido entre os técnicos que atuam nesta área, a fim de se propor uma metodologia nacional mais adequada à realidade do país.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe técnica do laboratório L.A. Falcão Bauer, pela realização dos ensaios e interpretação dos resultados, principalmente na pessoa do técnico Adilson Mendes de Oliveira.

Referências Bibliográficas

1. American Society for Testing Materials. *Moisture expansion of fired whiteware products*. ASTM C370, 1970.
2. Associação Brasileira de Norma Técnicas. *Placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaio - NBR 13818*. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.
3. Bennett, F.E. Effects of moisture expansion of installed quarry tile. *Ceramic Bulletin*. Vol. 55, n^o 12, 1976.
4. Bowman, R. Melhorando a precisão das determinações da expansão por umidade. *Industrial Ceramics*, Vol. 16, n^o 2, 1996.
5. Bowman, R.; Westgate, P. *Natural moisture behaviour of typical australian ceramic tiles*. *Ceramic*, Adding the Value: AUSTCERAM 92, ed. M. J. Bannister, CSIRO Publications, 1992.
6. Bowman, R.; Westgate, P. *A preliminary study of parameters influencing estimates of past natural moisture expansion*. *Ceramic*, Adding the Value: Austceram 92, ed. M. J. Bannister, CSIRO Publications, 1992.
7. British Standard – *Method for determination of moisture expansion using boiling water*. Unglazed tiles – BS 6431: Part 21, 1984.
8. Internacionational Standard ISO 10545.
9. Inzigneri, M.; Fusarini, E. *Alcune esperienze di invecchiamento artificiale su paste de terraglia forte. Riduzione degli effetti nocivi mediante l'aggiunta di correttivi*. VII Congresso Internacional de Cerâmica, Londres, 1960.