

Estudo da Interferência do Tempo de Resfriamento das Placas Cerâmicas Durante a Execução do Ensaio de Absorção de Água

Jean Carlos da Rosa Borges^a, Oscar Rubem Klegues Montedo^{a*}

^aUniversidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma - SC, Brasil

*e-mail: oscar.rkm@gmail.com

Resumo: A competitividade no setor cerâmico está cada vez mais presente no mundo atual e principalmente no Brasil. Desta forma, as empresas têm buscado um diferencial de seus produtos. Neste sentido, a certificação de produto e processo tem atualmente sido requisitada. No processo de certificação de produto, os revestimentos cerâmicos são avaliados segundo uma norma nacional regente e submetidos a vários ensaios, entre estes a Determinação da Absorção de Água. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência do tempo de resfriamento durante a execução do ensaio de absorção de água de placas cerâmicas de diferentes tipologias e fabricantes. O estudo foi realizado em um laboratório de caracterização de placas cerâmicas, apto a executar o ensaio de Determinação da Absorção de Água, segundo norma NBR 13.818/1997 (Anexo B). Foram ensaiadas três tipologias de placas cerâmicas, monoqueima, monoporosa e grês, de três empresas cerâmicas que empregam o processo de moagem via úmida, e da tipologia monoqueima de duas empresas que empregam o processo de moagem via seca da região sul de Santa Catarina. A evolução dos valores de absorção de água em relação ao tempo de resfriamento foi avaliada. Os resultados mostraram que para segurança na classificação do produto, o tempo de resfriamento de 5 horas deveria ser praticado, mesmo que na maioria dos casos um tempo de 4 horas seja suficiente, ainda assim superior ao tempo de 2 horas especificado em norma.

Palavras-chave: placas cerâmicas, norma NBR 13.818/1997, absorção de água, tempo de resfriamento.

1. Introdução

A crescente exigência nacional e mundial por revestimentos cerâmicos com qualidade reconhecida por órgãos normalizadores está desencadeando uma busca constante por produtos com alta qualidade técnica e funcional¹. Para isto, muitas empresas têm buscado a certificação de produto e processo como forma de diferenciação de sua marca no mercado.

Entretanto, a concorrência tem sido desleal em algumas situações. A ANFACER, Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento, tem monitorado o desenvolvimento mundial do setor, principalmente os avanços de competidores com práticas mercadológicas pouco ortodoxas em relação à qualidade e preço². Segundo esta entidade, no entanto, esta ameaça tem se restringido principalmente em relação a produtos vindos do mercado externo. Igualmente, vem adotando iniciativas na defesa dos consumidores brasileiros. Uma destas ações está relacionada à contribuição, junto a instituições de pesquisa e desenvolvimento brasileiras, para a criação da Norma do Porcelanato, NBR 15.463/2007, publicada pela ABNT em 2007.

Internamente, o crescente aumento da produção de revestimentos cerâmicos e do consumo nacional tem provocado uma briga acirrada entre as empresas produtoras. Neste contexto, algumas destas têm aumentado sua produção como forma de reduzir o custo produtivo e, por conseguinte, ampliar sua parcela de mercado. Em alguns casos, esta prática pode ter comprometido a qualidade dos produtos, segundo os requisitos da Norma Nacional NBR 13.818/1997: Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaio (descrição dos parâmetros dos ensaios)³.

Especificamente em relação à absorção de água, Anexo B da norma NBR 13.818/1997⁴, por exemplo, a redução do tempo de resfriamento das placas pode acarretar em erros de avaliação desta característica. A norma indica que as placas cerâmicas devem ser resfriadas, após fervura por 2 horas, em água à temperatura ambiente

por 2 horas. Assim, a redução do tempo pode, inclusive, levar à mudança de classificação da placa cerâmica avaliada.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da avaliação da influência do tempo de resfriamento durante a execução do ensaio de absorção de água de diferentes tipologias de placas cerâmicas analisadas.

A porosidade é uma característica microestrutural intrínseca aos produtos cerâmicos produzidos por meio da tecnologia do pó. No caso das placas cerâmicas, esta porosidade é residual e derivada da etapa de queima do processo cerâmico, podendo ser classificada como aberta e fechada. A porosidade fechada depende do tipo de placa cerâmica; no caso de um porcelanato, por exemplo, pode variar de 5 a 8%⁵. É aquela formada por poros não comunicáveis entre si. Já a porosidade aberta é constituída por poros intercomunicáveis, por meio de canais por onde a água pode penetrar. A absorção de água é, portanto, uma medida da porosidade aberta de uma placa cerâmica sinterizada e, também, uma medida indireta do grau de sinterabilidade deste tipo de material. A capacidade de uma placa cerâmica de absorver água depende da proporção de poros, seus tamanhos e suas interligações; porém, quanto mais densificada for a placa cerâmica, menor será a quantidade de poros e, assim, a capacidade de absorver água. A absorção de água é determinada pelo método da fervura em água, empregando-se a seguinte expressão matemática para a sua determinação⁴:

$$AA\% = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

- AA% = absorção de água (%);
- m_1 = massa seca (g);
- m_2 = massa úmida (g).

As características físicas e químicas da formulação e as características do processo (densidade aparente a cru, temperatura

e ciclo de queima, por exemplo) determinam a absorção de água da placa cerâmica. Assim, por estar diretamente ligada ao nível de sinterização alcançado pela placa cerâmica durante a queima, a absorção de água é um parâmetro ideal para classificá-la.

De acordo com a norma NBR 13.818/1997 – Anexo B⁴, as placas cerâmicas podem ser classificadas de acordo com seu valor de absorção de água, cujos valores e tolerâncias definidos em norma apenas para o Grupo B são mostrados na Tabela 1. De acordo com esta designação, a letra B se refere ao método de fabricação de produtos cerâmicos prensados, acrescentado pelo grupo de absorção I, II e III e dos subgrupos a e b.

Assim, a nomenclatura empregada³ para cada uma das classes apresentadas na Tabela 1 é:

- Grupo BIa: Porcelanatos, de baixa absorção e resistência mecânica alta;
- Grupo BIb: Grês, de baixa absorção e resistência mecânica alta;
- Grupo BIIa: Semi-Grês, de média absorção e resistência mecânica média;
- Grupo BIIb: Semi-Porosos, de alta absorção e resistência mecânica baixa; e
- Grupo BIII: Porosos, de alta absorção e resistência mecânica baixa.

2. Procedimento Experimental

Para a realização deste trabalho, foram empregadas cinco placas cerâmicas de cada uma das seguintes tipologias: monoporosa (poroso, BIII, formato 20 × 30 cm), monoqueima (semi-grês, BIIa, formato 40 × 40 cm) e grês (BIb, formato 45 × 45 cm), obtidas de três empresas cerâmicas que empregam o processo de moagem via úmida, e monoqueima (semi-poroso, BIIb, formato 41 × 41 cm) de duas empresas cerâmicas que utilizam o processo de moagem via seca, todas as empresas instaladas na região sul do Estado de Santa Catarina. Os ensaios foram realizados em um laboratório de ensaios de produto cerâmico acabado, preparado para executar a norma NBR 13.818/1997 (Anexo B). Primeiramente, as placas foram secas em estufa a 110 ± 5 °C por um período de 24 horas, tempo a partir do qual a variação de massa era inferior a 0,1%. Em seguida, as placas foram condicionadas num dessecador com sílica gel até atingirem a temperatura ambiente, e pesadas em uma balança (Filizola com precisão de 0,01 g), obtendo-se assim a massa seca (m_1). A seguir, as placas foram condicionadas verticalmente em uma grade, que foi colocada em um recipiente com água em temperatura de ebulição (Ebonorm Servitech) por 2 horas, sem contato entre si. Cada placa estava a 5 cm do fundo do recipiente, enquanto o nível da água foi mantido 5 cm acima das mesmas. Após esse período, a grade com as placas foi retirada e colocada imersa em um tanque de 1 m³ com água a temperatura ambiente para resfriá-las. Para avaliar-se a influência do tempo de resfriamento na absorção de água, pesagens foram realizadas com intervalo de 1 hora, observando-se que no momento do ensaio a temperatura do ar era de 28,4 °C e a umidade de 67%. Para cada amostragem, as peças foram levemente enxugadas com um pano e, a seguir, pesadas, obtendo-se a massa úmida (m_2). A absorção de água foi calculada conforme Equação 1.

3. Resultados e Discussões

A Figura 1 mostra a variação da absorção de água das placas da tipologia monoporosa pelo processo via úmida das empresas A, B e C, que declararam pertencerem ao grupo de absorção BIII, com absorção de água acima de 10%.

A Figura 1 mostra que, como seria de se esperar, houve variação de absorção de água em relação ao tempo de resfriamento para as placas de monoporosa de todas as empresas avaliadas. A absorção

de água das placas da empresa A na primeira hora de resfriamento apresentou valor abaixo do estipulado pela norma, que deve ser maior que 10% para a tipologia monoporosa. Se o tempo de resfriamento empregado no ensaio para a classificação do produto fosse de 1 hora para esta tipologia desta empresa, ocorreria mudança de classificação de BIII para BIIb. A partir de 2 horas, todas as amostras apresentaram valor de absorção de água que as caracterizariam como pertencentes ao grupo de absorção BIII. Entretanto, no intervalo de tempo de resfriamento entre 4 e 5 horas, não se observou variação significativa de absorção de água. Isto é, a partir de 4 horas de resfriamento alcançou-se o valor máximo de absorção de água das placas testadas.

Foi feito o acompanhamento da temperatura da água de resfriamento dos testes realizados, conforme Tabela 2. Apesar deste acompanhamento não ser exigido pela norma NBR 13.818/1997 (Anexo B), pode ser observado que ocorreu uma variação significativa na temperatura da água durante a realização dos testes. Ao se inserir

Tabela 1. Classificação das placas cerâmicas prensadas.

Grupo	I (≤3%)	IIa (3 a 6%)	IIb (6 a 10%)	III (>10%)
B	BIa (≤0,5%) BIb (0,5 a 3%)	BIIa	BIIb	BIII

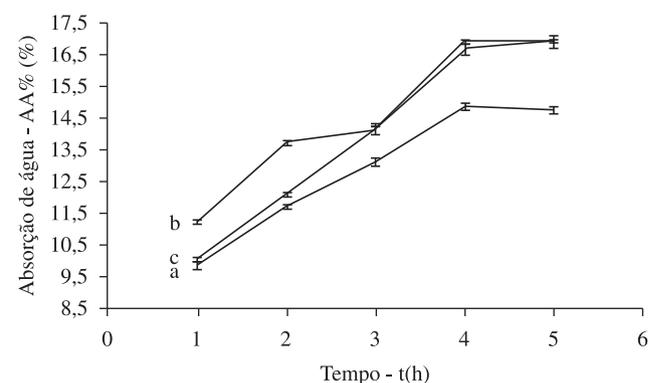


Figura 1. Influência do tempo de resfriamento na absorção de água (AA%) de placas de monoporosa obtidas por via úmida de três fabricantes: a) empresa A; b) empresa B; c) empresa C.

Tabela 2. Variação da temperatura da água de resfriamento.

Intervalo de tempo (horas)	Temperatura da água (°C)			
	Monoporosa	Monoqueima (via úmida)	Grês	Monoqueima (via seca)
Início	22,1	23,1	23,9	22,9
1	43,3	45,3	47,3	43,3
2	34,7	38,1	34,1	32,1
3	26,1	29,9	26,9	25,9
4	23,7	23,8	23,8	22,8
5	22,6	23,6	23,8	23,0

Tabela 3. Massa específica da água em função da temperatura.

Temperatura da água (°C)	Massa específica, ρ (g.cm ⁻³)
20	0,9982
30	0,9957
40	0,9922
50	0,9881

Fonte: LQES/UNICAMP⁶.

as placas quentes na água fria (por volta de 23 °C), a temperatura foi elevada a cerca de 45 °C na primeira hora, vindo a cair gradativamente com o decorrer do tempo.

Importante ressaltar que a massa específica é função da temperatura, conforme valores apresentados na Tabela 3. Apesar da massa específica da água não variar significativamente no intervalo de tempo em que as placas foram testadas, este efeito contribuiu para hidratação mais rápida das placas no início do ensaio.

A Figura 2 mostra a variação da absorção de água das placas da tipologia monoqueima obtidas por via úmida das empresas A, B e C, que declararam pertencerem ao grupo de absorção BIIa, com absorção de água de 3 a 6%.

A Figura 2 mostra que houve grande variação da absorção de água no intervalo entre a primeira e a segunda hora de resfriamento; neste intervalo de tempo, as placas testadas já seriam classificadas como pertencentes ao grupo de absorção BIIa. Entretanto, a absorção de água apresentou aumento contínuo até o tempo de resfriamento de 5 horas, exceto para as placas da empresa B, que atingiram a máxima absorção com o tempo de resfriamento de 4 horas. Neste caso, especificamente, o valor máximo ficou muito próximo do limite superior de absorção de água estabelecido pela norma. No entanto, todas as placas testadas seriam classificadas como pertencentes ao grupo de absorção BIIa. Neste caso, o tempo de resfriamento de 2 horas requerido por norma não garantiu para que todas as placas ensaiadas atingissem sua máxima absorção de água, colocando em risco a classificação final correta de cada produto.

A Figura 3 mostra a variação da absorção de água em relação ao tempo de resfriamento para placas cerâmicas da tipologia grês produzidas por via úmida de três empresas, A, B e C, declaradas como pertencentes ao grupo de absorção BIb, com absorção de água entre 0,5 e 3%.

Analisando-se a Figura 3, pode-se dizer que as placas cerâmicas de grês de todas as empresas testadas apresentaram absorção de água abaixo do valor mínimo declarado pelas empresas, 0,5%, considerando o tempo de resfriamento estabelecido por norma de 2 horas. Desta forma, o emprego deste tempo de resfriamento colocaria estes materiais na classificação de porcelanato, grupo de absorção BIa, com absorção de água menor ou igual a 0,5%. Isto poderia acarretar na tomada de decisões equivocadas, que poderiam levar a danos ao consumidor e à imagem da empresa. No intervalo de tempo de resfriamento compreendido entre 2 e 4 horas, a absorção de água das placas aumentou significativamente, atingindo seu valor máximo. Os valores de absorção de água alcançados pelas placas testadas entre 4 e 5 horas de resfriamento estão dentro da faixa especificada para o grupo de absorção BIb (grês, $0,5 < AA\% < 3\%$). Entretanto, segundo a Norma NBR 13.818/1997 (Anexo B), com o tempo de resfriamento de 2 horas, estes produtos seriam classificados como BIa (porcelanato, $AA\% < 0,5\%$). Fica claro, portanto, que o tempo de resfriamento das placas cerâmicas de 2 horas, especificado por norma, não garante a correta classificação do grupo de absorção ao qual pertence a placa ensaiada.

A Figura 4 mostra a influência do tempo de resfriamento na absorção de água de placas da tipologia monoqueima obtidas pelo processo de via seca de duas empresas, D e E, declaradas, segundo as próprias empresas, como pertencentes ao grupo de absorção BIIIb, isto é, absorção de água de 6 a 10%.

Pode-se constatar analisando-se a Figura 4, que as placas da empresa D apresentaram valores de absorção de água com o tempo de resfriamento de 2 horas abaixo do limite mínimo estabelecido por norma para esta classe de produto. Novamente, este tempo de resfriamento alteraria a classificação do produto para o grupo de absorção BIIa. Ambas apresentaram um forte aumento nos valores de absorção de água a partir da segunda hora de resfriamento, até atingirem o valor máximo com 4 horas de resfriamento. No tempo

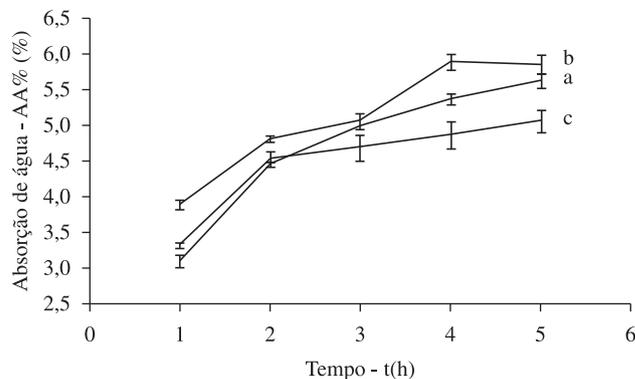


Figura 2. Influência do tempo de resfriamento na absorção de água (AA%) de placas de monoqueima obtidas por via úmida de três fabricantes: a) empresa A; b) empresa B; c) empresa C.

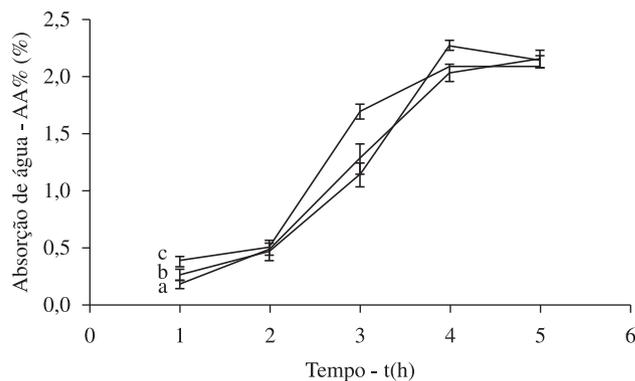


Figura 3. Influência do tempo de resfriamento na absorção de água (AA%) de placas de grês obtidas por via úmida de três fabricantes: a) empresa A; b) empresa B; c) empresa C.

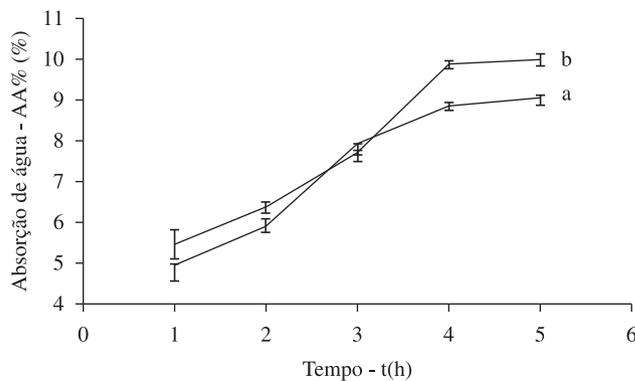


Figura 4. Influência do tempo de resfriamento na absorção de água (AA%) de placas de monoqueima obtidas por via seca de dois fabricantes: a) empresa D; b) empresa E.

de 5 horas de resfriamento, as placas de ambas as empresas testadas apresentaram absorção de água dentro do limite estabelecido por norma (abaixo de 10%). Contudo, as placas da empresa E apresentaram absorção de água no limite máximo estabelecido por norma, com algumas peças apresentando absorção de água acima de 10%.

4. Conclusões

Neste trabalho, foi investigada a influência do tempo de resfriamento durante a execução do ensaio de absorção de água de placas cerâmicas de diferentes tipologias e fabricantes, de acordo

com a Norma NBR 13.818/1997 (Anexo B). Os resultados mostraram que foi necessário um tempo mínimo de 2 horas para que as placas analisadas apresentassem o valor de absorção de água correspondente ao grupo de absorção declarado pelas respectivas empresas. Entretanto, na maioria dos casos, com tempo de resfriamento de 4 horas foi possível atingir-se o valor máximo de absorção de água. Por outro lado, foi exigido tempo de resfriamento de 5 horas para garantir a obtenção dos valores corretos de absorção de água e, portanto, da classificação correta do produto segundo a norma. De fato, em alguns casos (grês das empresas A, B e C e monoqueima por via seca da empresa D) a absorção de água com tempo de resfriamento de 2 horas, estabelecido por norma, atingiu valores inferiores ao do grupo de absorção declarado pelo fabricante, enquanto que em outro caso (monoqueima por via seca da empresa E), a absorção de água com tempo de resfriamento de 5 horas atingiu valor superior ao estabelecido por norma. Fica claro, portanto, que o tempo de resfriamento das placas cerâmicas de 2 horas, especificado por norma, não garante a correta classificação do grupo de absorção ao qual pertence a placa ensaiada. Além disso, foi realizado um acompanhamento da variação da temperatura da água ao longo do teste, que foi superior a 20 °C. O tamanho da cuba e a existência de água corrente poderiam ser investigados para se avaliar a influência destas variáveis no tempo necessário para que a máxima absorção de água seja alcançada e, assim, permita a correta determinação do valor de absorção de água das placas cerâmicas.

Referências

1. MONTEDO, O. R. K.; OLIVEIRA, A. P. N. Relação entre desgaste abrasivo superficial e brilho em porcelanato esmaltado. *Cerâmica Industrial*, v. 12, p. 14-21, 2007.
2. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO - ANFACER. **Números do setor**. Disponível em: <www.anfacer.org.br>. Acessado em: 20 out. 2010.
3. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Revestimentos Cerâmicos (pisos e azulejos)**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/revestimentos.asp>>. Acesso em: 10 out. 2010.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13818**: Placas Cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 78 p.
5. DE NONI JUNIOR, A. **Estudo das propriedades mecânicas de porcelanato através da avaliação de tensões residuais microscópicas e macroscópicas originadas durante a etapa de resfriamento do ciclo de queima**. 2007. 125 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
6. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. Laboratório de Química do Estado Sólido - LQES. **Instituto de Química**. Disponível em: <<http://lqes.iqm.unicamp.br>>. Acesso em: 28 set. 2010.