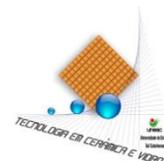




UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARIENSE - UNESC

Curso de Tecnologia em Cerâmica e Vidro



Trabalho de Conclusão de Estágio

ESTUDO comparativo entre o método de fervura (NBR 13818) e uso de dilatômetro para determinação de expansão por umidade em peças cerâmicas monoporosas.

**Thiago Magagnin Pietsch
Prof. Dr. Michael Peterson¹**

Resumo: O artigo em questão apresenta resultados de estudos comparativos entre dois métodos para a determinação da expansão por umidade (EPU) em peças monoporosas realizados no IDT (Instituto de Engenharia e Tecnologia) do i.Parque, Parque Científico e Tecnológico da Unesc. Primeiramente realizou-se o teste de fervura (NBR 13818), normalizado pela ABNT e, devido a este teste ter uma baixa precisão dos resultados, pois depende de vários fatores humanos que aumentam a probabilidade de erros sobre os resultados finais, realizou-se outro teste através de uma metodologia que utiliza um dilatômetro para a determinação da Expansão por Umidade (EPU), possibilitando a substituição do paquímetro na medida, aumentando consideravelmente a precisão nos resultados das medidas finais de EPU das peças. Ao final do trabalho, foram comparados os resultados obtidos de ambos os testes, podendo-se avaliar a precisão dos ensaios e as diferenças entre si.

Palavras-chave: Expansão por Umidade (EPU); peças cerâmicas monoporosas; teste de fervura; dilatômetro.

1. Introdução

Expansão por Umidade (EPU) ou dilatação higroscópica é um termo utilizado para designar a expansão sofrida pelo material cerâmico devido à absorção de umidade, seja ela proveniente de água no estado líquido ou no estado gasoso. Refere-se ao aumento das dimensões após processo de hidratação, que ocorre devido à argila estar mal sinterizada ou moída e suas consequências são irreversíveis. Apesar de ocorrer de forma relativamente lenta, acaba comprometendo a vida útil da peça cerâmica. (CHIARI, 1996)

¹ Professor Orientador

O estudo da EPU é de fundamental importância, principalmente em placas cerâmicas destinadas à aplicação em áreas úmidas como fachadas, banheiros, saunas, piscinas, etc., pois estas sofrem maiores consequências dos efeitos da umidade. (NASSRALLAH, 2011)

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. (BAUER e RAGO. 2000)

Apesar de a Expansão por Umidade em peças cerâmicas ser um problema antigo (há estudos sobre o assunto que datam do início do século XX) e real das indústrias cerâmicas ainda hoje, a maioria desse conhecimento está disperso na literatura mundial, dificultando o estudo e compreensão do tema, além de não ser dada a devida importância a esse fenômeno. (MENEZES et. al., 2006)

Quando se trata de estrutura, os materiais cristalinos são os que menos apresentam EPU, devido suas poucas ligações pendentes. Os materiais vítreos possuem certa EPU devido a formarem uma película superficial, quando em contato com a água, o que favorece a expansão. No entanto, a expansão não é tão significativa como nas fases amorfas, pois estas possuem valências livres que aumentam a energia superficial. (FERNANDES et. al., 2011)

Para a determinação da EPU em peças cerâmicas, dois testes são normalizados pela ABNT: teste de fervura, utilizado neste estudo, e teste de autoclave.

A NBR 13818/1997 define o teste de fervura em peças cerâmicas da seguinte forma:

Os corpos-de-prova devem ficar 24 horas consecutivas em água fervente, mantendo no mínimo 5 centímetros de coluna d'água acima destes e evitando que os mesmos entrem em contato entre si ou com as paredes do recipiente.

De acordo com a NBR 13818/1997, os resultados devem ser expressos levando-se em consideração os valores de contração e expansão, em relação ao comprimento inicial dos corpos-de-prova. Tais resultados poderão ser obtidos através da seguinte equação, que é definida como sendo a diferença entre o comprimento final e o

comprimento inicial da peça dividido pelo seu próprio comprimento inicial, sendo que o resultado desta divisão deve ser multiplicado por mil.

$$EPU = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 1000$$

Onde:

EPU – Expansão por Umidade, em milímetros por metro;

l_1 – Medida da dimensão após o ensaio, em milímetros;

l_0 – Medida da dimensão inicial, antes do ensaio, em milímetros.

A unidade convencionada para expressar a EPU é mm/m, e de acordo com a observação número 12, do Quadro IX, do Anexo T.2, da norma ABNT NBR 13818/1997, o valor máximo de aceitação para o ensaio definido no anexo J é de 0,06% ou 0,6 mm/m para qualquer que seja a aplicação.

Outro teste realizado durante o trabalho foi através da utilização de um dilatômetro, que possibilita a obtenção de resultados muito mais próximos ao valor real de EPU da peça em relação ao teste de fervura.

O presente trabalho então, teve como objetivo comparar e avaliar os resultados obtidos dos dois testes, podendo-se observar assim, a diferença entre eles.

2. Materiais e Métodos

2.1 – Materiais

O desenvolvimento do trabalho foi realizado com peças cerâmicas monoporosas de uma empresa da região de Criciúma - SC. Foram adquiridas peças já queimadas e peças a serem queimadas no IDT (Instituto de Engenharia e Tecnologia) do i.Parque, Parque Científico e Tecnológico da Unesc. As peças cruas foram queimadas em um forno mufla com capacidade de atingir a temperatura de 1300°C, porém, a temperatura utilizada para a queima foi de 1000°C durante 3 min. Após a

queima das peças cruas, foram confeccionados os corpos-de-prova para a realização do teste de fervura e do teste utilizando o dilatômetro.

2.1.1 – Teste de Fervura

Para a determinação da Expansão por Umidade (EPU) através do teste de fervura foram utilizados, além das peças cerâmicas monoporosas:

- chapa de aquecimento (100°C);
- recipiente de hidratação;
- água;
- paquímetro com precisão de 0,1 cm.

Para a realização deste teste, foram confeccionados três corpos-de-prova com dimensões de 100 mm de comprimento, 35 mm de largura e espessura igual a da peça, como determina a NBR 13818.

2.1.2 – Teste através do dilatômetro

Para a realização deste teste, foram utilizados além das três amostras cerâmicas, um dilatômetro da marca BP Engenharia, modelo RB 3000.

Os corpos-de-prova para a realização deste teste foram confeccionados com 50 mm de comprimento e 5 mm de seção.

2.2 – Métodos

A metodologia utilizada foi através do teste de fervura (NBR 13818) de peças cerâmicas monoporosas para acelerar o processo de expansão que aconteceria naturalmente. Após a realização deste teste, a EPU foi determinada através de dilatometria. Obtidos os resultados de ambos os testes, pode-se analisá-los e

compará-los entre si, podendo-se assim saber qual a diferença dos resultados finais dos dois testes.

2.2.1 – Confeção dos corpos-de-prova

Primeiramente, foram confeccionadas as amostras referentes à peça adquirida já queimada. Já com a peça adquirida crua, foi realizada a queima no IDT em forno mufla e, posteriormente, foram confeccionadas as amostras.

Para a realização da queima, as peças foram submetidas a uma taxa de aquecimento de 10°C/min até atingirem 1000°C, permanecendo à essa temperatura durante 3 min.

2.2.2 – Teste de Fervura

Para a realização deste teste, inicialmente foram confeccionados três corpos-de-prova de 100 mm de comprimento por 35 mm de largura. Após as amostras prontas, estas foram medidas e levadas ao recipiente de hidratação com água fervente para permanecerem pelo período de 24 h. Após este tempo, as peças foram retiradas da água e medidas novamente. Com os resultados das medições de antes e depois da fervura, pode-se obter os resultados de expansão por umidade (EPU) através da equação:

$$EPU = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 1000$$

2.2.3 – Teste através de dilatômetro

O teste de EPU através da utilização do dilatômetro realizou-se primeiramente com os corpos-de-prova sendo hidratados por 24 horas em água fervente. Após este período, as amostras foram levadas ao dilatômetro, onde foi estabelecida uma taxa

de aquecimento de 5°C/min e uma temperatura final de 400°C. Atingida tal temperatura, gerou-se um gráfico que possibilita a determinação da expansão sofrida pela peça.

3. Resultados e Discussão

Todos os testes previstos foram realizados. Os resultados do teste de fervura e da obtenção da EPU através da utilização do dilatômetro são apresentados a seguir.

3.1 – Resultados de EPU segundo a NBR 13818.

Através deste ensaio não foi possível a obtenção de EPU devido a não visualização de uma expansão através da utilização de um paquímetro, como pode se observar nas figuras A e B. Tanto antes quanto depois da hidratação a peça se manteve com os mesmos 100 mm de comprimento.

A



B

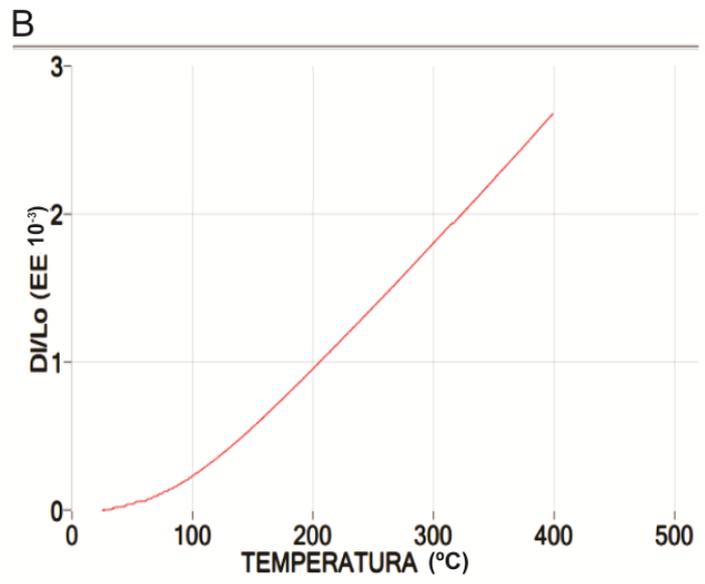
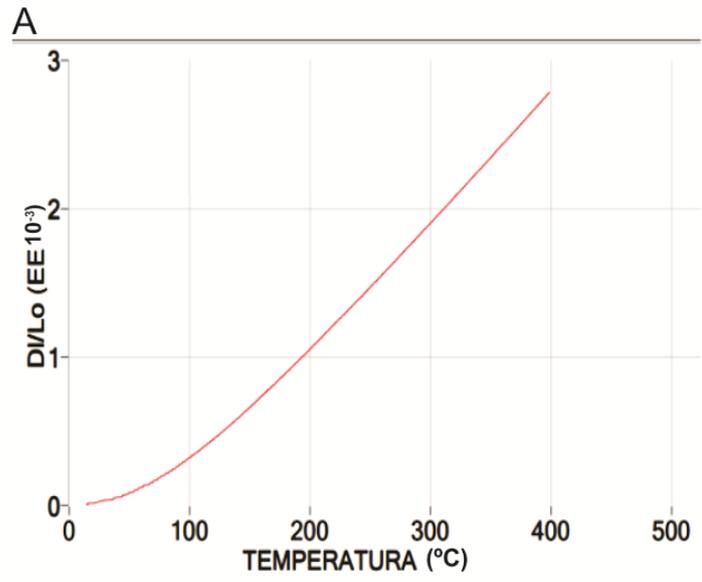


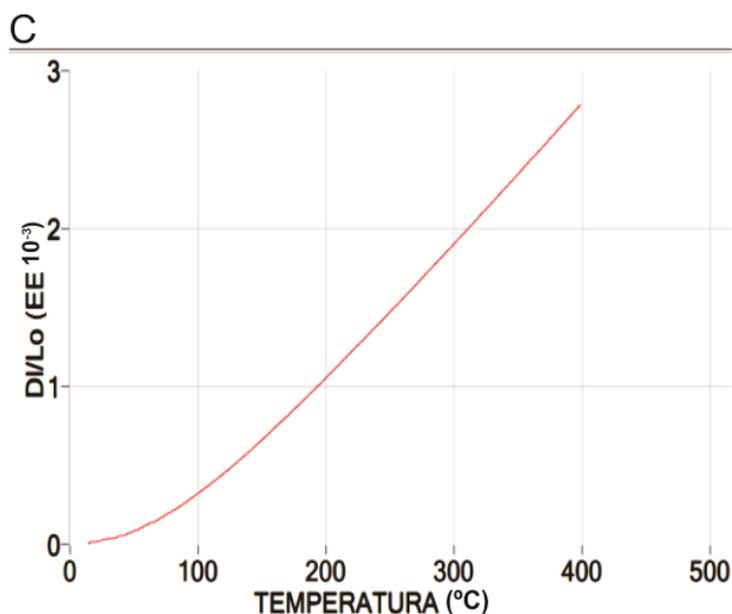
Figuras A e B: Peça antes e depois do processo de hidratação, respectivamente.
Fonte: Autor, 2012

Esta medida indica um caso em que não foi possível a determinação da Expansão por Umidade, pois não houve resolução suficiente da técnica para esta medida.

3.2 – Resultados da calibração do dilatômetro

Para que fosse possível realizar os testes de EPU através do dilatômetro, foram realizados testes de calibração do aparelho para que assim não houvesse possíveis erros nos resultados devido a não calibração do equipamento. Os testes de calibração não apontaram diferenças significativas em seus resultados, como pode se observar nos gráficos apontados nas figuras A, B e C.





Figuras A, B e C: Ensaio de teste padrão.
 Fonte: Autor, 2012.

A tabela 01 apresenta os resultados do coeficiente de expansão térmica e a média desses resultados. Estes resultados também confirmam a não variação dos resultados de calibração do dilatômetro.

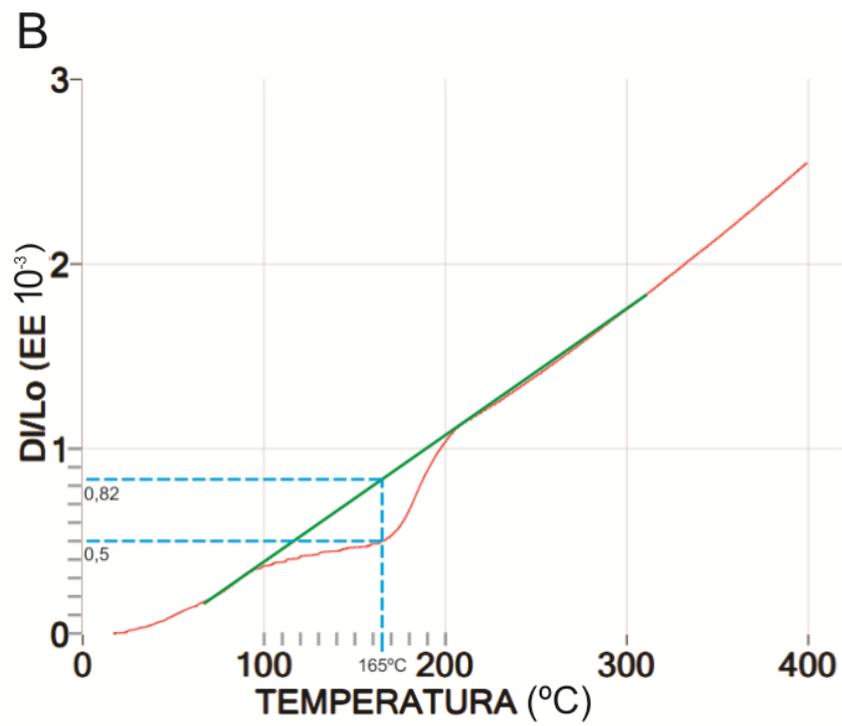
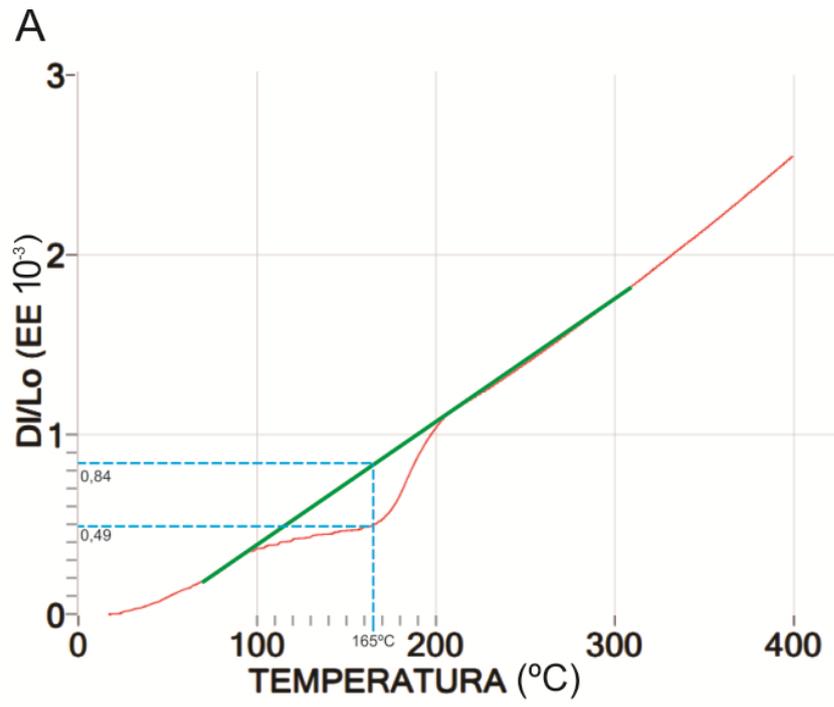
Tabela 01: Resultados do coeficiente de expansão térmica e média.

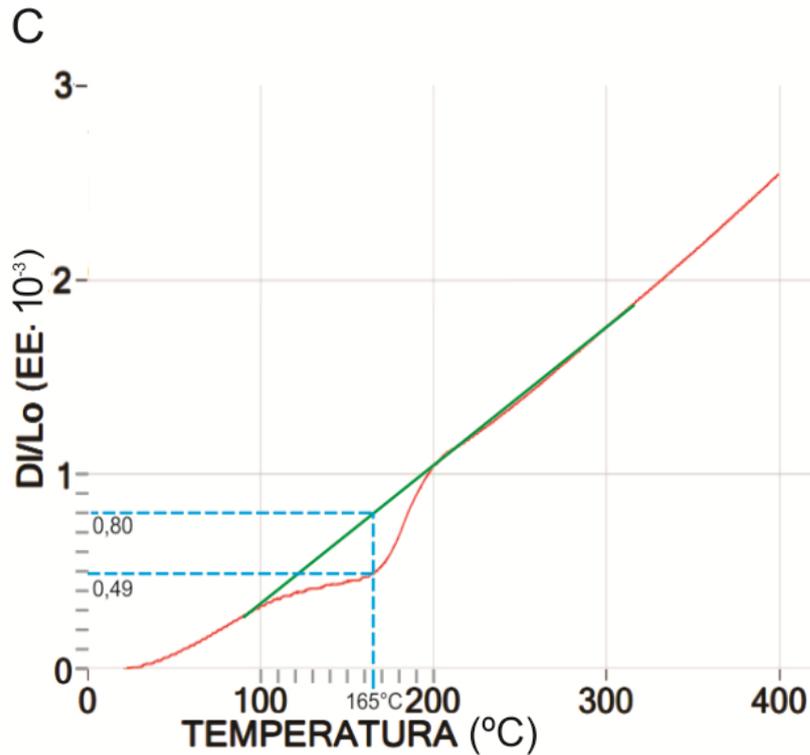
Coeficiente de Expansão Térmica ($10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	Média ($10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)
68,0	67,5
67,2	67,5
67,4	67,5

Fonte: Autor, 2012.

3.3 – Resultados do ensaio com utilização do dilatômetro

Diferentemente dos resultados de EPU apresentados pelo teste de fervura, o teste do dilatômetro apontou uma interferência no processo de Expansão por Umidade sofrida pela peça cerâmica. Através dos gráficos apresentados nas figuras A, B e C, pode-se calcular o grau da interferência da umidade na peça.





Figuras A, B e C: Resultados de EPU através do uso de dilatômetro.
Fonte: Autor, 2012

O traçado vermelho dos gráficos indica o comportamento da EPU na peça cerâmica hidratada. O verde, como seria esse comportamento caso a peça não tivesse passado pelo processo de hidratação. Já o pontilhado azul indica o ponto mínimo de expansão em relação à temperatura e que temperatura é esta, além de indicar também a diferença da interferência da hidratação sofrida pela peça em relação a seu comportamento normal de expansão (sem sofrer hidratação). É possível observar que, em todos os três ensaios, a partir dos $100^{\circ}C$ houve uma diminuição no grau de expansão até atingir os $165^{\circ}C$. A partir desta temperatura, ocorreu um elevado grau de expansão antes de a peça estabilizar seu processo de dilatação.

Através dos resultados da dilatométrica, pode-se calcular a diferença do comportamento de expansão do corpo-de-prova hidratado em relação a seu comportamento de expansão caso não tivesse passado pelo processo de hidratação. Os valores de EPU devem ser expressos em mm/m ou em porcentagem, não podendo ultrapassar 0,6 mm/m ou 0,06%.

- Resultado do primeiro ensaio utilizando o dilatômetro:

$$0,84(10^{-3}) - 0,49(10^{-3}) = 0,35(10^{-3}) \times 1000 = 0,35 \text{ mm/m ou } (x100) = 0,035\%$$

- Resultado do segundo ensaio utilizando o dilatômetro:

$$0,82(10^{-3}) - 0,50(10^{-3}) = 0,32(10^{-3}) \times 1000 = 0,32 \text{ mm/m ou } (x100) = 0,032\%$$

- Resultado do terceiro ensaio utilizando o dilatômetro:

$$0,80(10^{-3}) - 0,49(10^{-3}) = 0,31(10^{-3}) \times 1000 = 0,31 \text{ mm/m ou } (x100) = 0,031\%$$

Conforme os resultados obtidos, pode-se observar que houve interferência no processo de expansão da peça devido à hidratação.

4. Considerações Finais

A determinação da expansão por umidade pelo método clássico, para esta amostra, não teve a resolução suficiente para a medição. O método a partir da utilização do dilatômetro registrou uma diferença pela maior sensibilidade do equipamento de medida, sendo uma possibilidade para desenvolvimentos de futuros equipamentos de medição com maior resolução.

5. Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - **Placas Cerâmicas para Revestimento** - Especificação e Métodos de Ensaio, Rio de Janeiro, p.35-36, 1997.

BAUER, Roberto José Falcão; RAGO, Fabiola. Expansão por Umidade de Placas Cerâmicas para Revestimentos, **Cerâmica Industrial**, v.5, n.3, p. 41-45, mai/jun. 2000.

BOWMAN, R. Melhorando a Precisão das Determinações da Expansão por Umidade, **Cerâmica industrial**, São Paulo, v.1, n.04/05, p. 25-29, ago/dez. 1996.

CHIARI, Luciene et. al. Expansão por Umidade - Parte I: O Fenômeno, **Cerâmica Industrial**, São Carlos, v.1, n.1, p. 6-13, mar/abr. 1996.

Fernades, Cleber et. al. **Estudo das Causas da Gretagem do Esmalte de Telhas Cerâmicas Formuladas com Adições de Calcário**, Cocal do Sul, p.1-5, 2011.

INMETRO – **Informações ao Consumidor**. Disponível em:
<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/revestimentos.asp>
. Acesso em: 05 nov. 2011.

MAIDEL, Bruna et. al. **Patologia das Edificações**, Florianópolis, p.56-58, jun. 2009.

MENEZES, R.R.; et. al. Análise da Expansão por Umidade e Absorção D'Água de Pisos Cerâmicos Comerciais em Relação à Composição Química e à Quantidade Estimada de Fase Vítrea, **Cerâmica**, Campina Grande, v. 49, n. 310, p. 72-81, abr. 2003.

MENEZES R.R.; et. al. Aspectos Fundamentais da Expansão por Umidade: revisão Parte II: Cinética de Expansão e sua Determinação, **Cerâmica**, v.52, n.322, p. 114-124, Campina Grande, fev. 2006.

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. **Regulamento de Avaliação da Conformidade para Placas Cerâmicas para Revestimento**, 21 mai 2009. Disponível em: http://www.ccb.org.br/certificacao/portaria_137.pdf. Acesso em: 30 out. 2011.

NASSRALLAH, Márcia. **Materiais Expressivos**, 2011. Disponível em:
http://marcianassrallah.com.br/?page_id=784. Acesso em: 29 out. 2011.

SILVA, Angelo Just da Costa. **Revestimentos: Apostila Resumo**. Universidade Católica de Pernambuco – Departamento de Engenharia Civil. Recife, 2004.
Disponível em: http://www.tecomat.com.br/angelo/arquivos/apost_revest.pdf. Acesso em: 10 abr. 2012.