

Estudo e Determinação das Propriedades Mecânicas de Azulejos Históricos

Marina Augusta Malagoni de Almeida¹ (marinamalagoni@hotmail.com)

Oswaldo Cascudo² (ocascudo@gmail.com)

Universidade Federal de Goiás, 74605-220, Brasil

PALAVRAS-CHAVE: azulejos históricos, restauração, módulo de resistência à flexão, módulo de elasticidade dinâmico.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de azulejos em fachadas foi comum em Portugal e no Brasil. A conservação desse patrimônio cultural é fundamental para a manutenção da história desses dois países, uma vez que essas peças trazem uma amostra da cultura, da moda, dos gostos de cada época e são uma expressão da produção artística portuguesa e brasileira.

O processo de importação das placas cerâmicas iniciou-se durante o século XVII. Quando ainda colônia de Portugal, a cultura da utilização do azulejo, ainda que timidamente, foi trazida juntamente com os portugueses que vieram morar no Brasil, mas foram os construtores brasileiros que primeiramente empregaram essas peças em fachadas, devido às suas propriedades mecânicas, que garantiam uma proteção eficaz contra as intempéries do clima quente e úmido do litoral brasileiro.

Foi somente no século XVIII, período de grande exportação de produtos portugueses para o Brasil que a colônia apresentou um grande aumento no seu patrimônio artístico. Nesse período a presença da azulejaria portuguesa no Brasil foi bem significativa, tanto em quantidade como em qualidade dos exemplares. (SIMÕES, 1965).

As causas da utilização de azulejos em fachadas portuguesas não estão suficientemente explicadas. Segundo Simões (1969), desde que o uso de azulejos foi introduzido em Portugal, em meados do século XV, ele foi utilizado apenas com fins decorativos, constituindo motivo de interesse por parte daqueles que hoje são considerados como decoradores.

Com o aprimoramento dos processos construtivos, os azulejos de fachada caíram em desuso e aliadas a este fator, a manutenção incorreta e a despreocupação com a

¹ Orientanda

² Orientador

preservação dessas fachadas enquanto patrimônio histórico fizeram com que sua presença se tornasse escassa no Brasil. Mesmo em condições precárias, essa azulejaria é vista ainda hoje, no Rio de Janeiro, em vários pontos da Bahia, de Pernambuco e das Alagoas, na Paraíba, no Maranhão, no Pará e no Rio Grande do Sul, entre outros estados (BARATA, 1955).

A falta de estudos das propriedades dos azulejos tem trazido a perda significativa do patrimônio cultural brasileiro, uma vez que as fachadas são, muitas vezes, restauradas de maneira incorreta, sem embasamentos teóricos. Daí nasce a importância de se estudar o tema em questão e de promover um intercâmbio cultural, ressaltado por Alcântara (2001), entre pesquisadores brasileiros e portugueses, de diversas regiões, a fim de garantir a preservação desse patrimônio cultural presente em diversas partes do mundo e fortemente presente na história e no desenvolvimento dos métodos construtivos brasileiros.

Este trabalho está incluído no Projeto AZULEJAR, dentro do qual são desenvolvidas diversas pesquisas referentes ao estudo do comportamento das fachadas de azulejos históricos, coordenado pela Universidade de Aveiro, em Portugal, e realizado em conjunto com várias instituições, entre elas a Universidade Federal de Goiás (UFG), na qual se desenvolve de maneira abrangente, em nível de mestrado, conduzido por Corrêa (2011), e se soma ao trabalho de iniciação científica de Pimenta (2011) para dar contribuições gerais aos serviços de restauração de fachadas azulejadas constituintes do patrimônio histórico do Brasil e de Portugal.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de placas cerâmicas históricas e de restauração provenientes de Portugal, da região de Ovar, e de placas históricas e atuais brasileiras, contribuindo com o processo de restauração de edificações antigas.

3. MATERIAIS EMPREGADOS

A pesquisa desenvolveu-se com base em cinco tipos de amostras de azulejos, a saber:

- Azulejos históricos (da segunda metade do século XIX) provenientes da cidade de Ovar, em Portugal, obtidos da parceria com o Atelier de Conservação e Restauo do Azulejo (ACRA) de Ovar e com a Universidade de Aveiro;

- Azulejos de restauração de Portugal, obtidos da mesma parceria;
- Azulejos históricos brasileiros da segunda metade do século XIX;
- Azulejos históricos brasileiros do início do século XX;
- Azulejos atuais brasileiros (um indicado para fachada e um indicado para interior - monoporoso).

Os azulejos históricos portugueses são provenientes de fachadas de edificações residenciais da cidade de Ovar e os de restauração são placas cerâmicas atuais, sem esmalte, utilizadas nos processos de restauração dessas fachadas. As placas históricas brasileiras são provenientes do Educandário Gonçalves Araújo, no Rio de Janeiro, e os azulejos de fabricação atual foram cedidos por empresa nacional que atua no ramo de fabricação e comercialização de revestimentos cerâmicos. É importante ressaltar que os azulejos brasileiros do século XIX são placas amostradas de áreas internas e de circulação, diferentemente das amostras portuguesas de fachada. Esse tipo de amostra não foi obtido no Brasil, uma vez que as mesmas são tombadas pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional).

A nomenclatura das amostras portuguesas seguiu o mesmo padrão adotado pelos pesquisadores da Universidade de Aveiro, sendo essas divididas por casos, denominados de acordo com a rua da edificação da qual foram amostradas. As placas atuais de reabilitação, foram inseridas no Caso AR (azulejo de restauração), uma vez que, por não terem sido utilizadas, não apresentam um endereço correspondente. Com o intuito de facilitar o entendimento e a análise dos resultados que serão apresentados, foi definida uma cor padrão para cada caso estudado, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Identificação das amostras portuguesas.

Caso	Rua	Sigla	Cor
Caso 01	Rua Visconde de Ovar	VO	
Caso 02	Rua Dr. Antônio Sobreira	AS ou DAS	
Caso 03	Rua do Sobral	SO	
Caso 06	Rua Dr. José Falcão	DJF	
Caso AR	-	-	

Já os azulejos brasileiros foram nomeados de acordo com a coloração dos esmaltes, tendo visto que foram amostrados da mesma edificação, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Identificação das amostras brasileiras.

Caso	Coloração	Sigla	Cor
Caso 01	Branco e azul	BA	
Caso 02	Vermelho	VE	
Caso 03 A	Branco	BR	
Caso 03 B	Branco	BR	
Caso 04	Azul	AT - AZ	
Caso 05	Branco	AT - BR	

Apesar de apresentar amostras com a mesma coloração do esmalte, o Caso 3 brasileiro foi subdividido em A e B devido ao fato de as placas apresentarem fabricantes diferentes e muraturas com dois tipos de desenhos. A nomenclatura dos casos de Portugal é acompanhada pelo prefixo “PT” e a dos casos brasileiros pelo prefixo “BR”. As amostras de cada caso são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Descrição das amostras por casos.

PT - CASO 1 (VO)	PT - CASO 2 (AS)	PT - CASO 3 (SO)	PT - CASO 6 (DJF)	PT - CASO (AR)	
					
BR - CASO 1 (BA)	BR - CASO 2 (VE)	BR - CASO 3 A (BR)	BR - CASO 3 B (BR)	BR - CASO 4 (AT - AZ)	BR - CASO 5 (AT - BR)
					

4. MÉTODOS

Os ensaios realizados foram o módulo de elasticidade dinâmico, segundo a NBR 15630 (ABNT, 2008), com adaptações para placas cerâmicas, e o módulo de resistência à flexão, segundo a NBR 13818 (ABNT, 1997). A seguir, tem-se a descrição desses métodos.

4.1 MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO

4.1.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

As placas cerâmicas foram limpas com água e escova e posteriormente levadas à estufa a uma temperatura de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, até atingirem massa constante, ou seja, a diferença entre duas pesagens consecutivas, a intervalos de 2 horas, foi inferior a 0,1%. Posteriormente, devido à irregularidade da muratura, foram realizadas três medições da espessura da placa, por meio de um paquímetro, e considerou-se a média aritmética desses três valores para posterior inserção dessa medida no aparelho de módulo.

4.1.2 REALIZAÇÃO DO ENSAIO

O ensaio de módulo de elasticidade dinâmico foi realizado no laboratório de Mecânica das Rochas da Divisão de Geotecnia de FURNAS (LABS.C -DCT.C). Inicialmente o aparelho de ultrassom PUNDIT (Portable Ultrasonic Non-destructive Testing) (PROCEQTICO) foi calibrado por um técnico do laboratório e, posteriormente, o transdutor de emissão de ondas ultrassônicas, com diâmetro útil de 2,5 cm e frequência de 54 kHz, foi apoiado sobre uma bancada plana, de modo a garantir que o ensaio fosse realizado da mesma maneira para todas as placas ensaiadas. Sobre o transdutor de emissão foram apoiadas as placas, de tal maneira que o seu tardoz sempre ficasse em contato com esse transdutor, e o esmalte em contato com o transdutor de recepção das ondas ultrassônicas, o qual era apoiado sobre a própria placa, conforme ilustra a Figura 1.

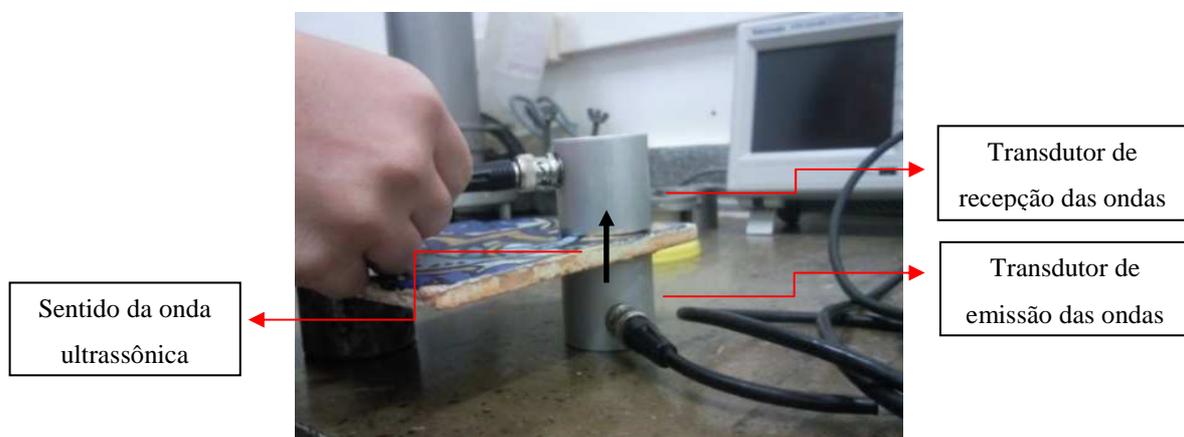


Figura 1 – Metodologia do ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico.

Para cada placa foi inserida no aparelho sua espessura, previamente calculada. Posteriormente passou-se um gel para contato ultrassônico da marca *Duotrato* nos transdutores e na muratura das placas, na tentativa de regularizar ao máximo a superfície do tardo e evitar possíveis erros, uma vez que a ocorrência de ar entre esses meios implicaria maior tempo de propagação da onda (velocidade da onda ultrassônica é menor no ar), reduzindo assim sua velocidade (CALEGARI *et al.*, 2008 *apud* STANGERLIN *et al.*, 2010). Além disso, é importante ressaltar-se que para cada medição foi conferido o alinhamento dos transdutores, para garantir que a distância percorrida pela onda fosse a própria espessura da placa.

O aparelho media, portanto, o tempo que a onda ultrassônica gastava para percorrer a placa, fornecendo, dessa maneira, a velocidade da onda ultrassônica, dada pela razão entre a espessura da placa e o tempo de propagação da onda.

Para cada placa foram feitas três medições das velocidades de propagação, seguindo a diagonal da placa, conforme mostrado na Figura 2. O valor adotado para a velocidade de propagação correspondeu à média aritmética desses três valores.

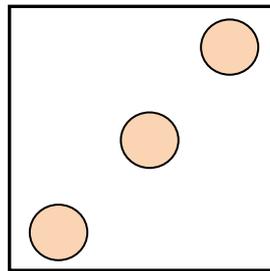


Figura 2 – Pontos de medição da velocidade da onda ultrassônica.

Para o cálculo do módulo de elasticidade dinâmico foi utilizada a Equação 1, de acordo com a NBR 15630 – Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica (ABNT, 2008), com adaptações.

$$E_d = \rho V^2 (1 + \nu)(1 - 2\nu)/(1 - \nu) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

Ed - Módulo de elasticidade dinâmico (MPa)

ρ - Densidade do corpo-de-prova (kg/m³)

V - Velocidade do pulso ultrassônico (km/s)

v - Coeficiente de Poisson - adotado igual a 0,2.

4.2 MÓDULO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO

4.2.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

As placas cerâmicas foram limpas com água e escova, conforme a NBR 13818 – Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio (ABNT, 1997), e cortadas com um equipamento de corte manual (tipo maquina), nas dimensões de 5 cm de largura pelo comprimento de cada placa (variando de 14,2 cm a 15,5 cm) e levadas à estufa a uma temperatura de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, até atingirem massa constante. Posteriormente, devido à irregularidade da muratura, eram realizadas três medições da espessura mínima da placa, conforme estabelecido pela norma anteriormente citada, por meio de um paquímetro. Foi considerada a média aritmética dessas medidas para posterior inserção na equação de cálculo do módulo de resistência à flexão.

4.2.2 REALIZAÇÃO DO ENSAIO

O ensaio em questão foi realizado no laboratório da CECRISA, em Anápolis (GO). Para sua execução, utilizou-se um deflectômetro da marca *Netzsch*, com distância entre os apoios preestabelecida em 13 cm, como mostrado na Figura 3. É importante ressaltar-se que o aparelho apresenta quatro escalas de aplicação da carga, sendo estas: 7,5, 15, 30 e 60. O número de cada escala representa a máxima carga em kg que o aparelho consegue aplicar na placa. Nas placas ensaiadas foram utilizadas as escalas de 30 e de 60 (apenas nas placas que não romperam na escala anterior).



Figura 3 – Equipamento utilizado no ensaio do módulo de resistência à flexão.

Para o cálculo do módulo de resistência à flexão utilizou-se a equação 2.

$$MRF = \frac{3F \times L}{2b \times e^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

MRF é o módulo de resistência à flexão da placa, em MPa;

e é a mínima espessura da placa, em milímetros;

F é a força de ruptura, em newtons;

L é a distância entre as barras do apoio, em milímetros;

b é a largura do corpo-de-prova ao longo da ruptura após ensaio, em milímetros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO

O módulo de elasticidade é a propriedade de um material associada à sua rigidez e que avalia a capacidade de deformação que ele possui no estado elástico, dado pela razão entre os gradientes de tensão aplicada e de deformação obtida. Portanto, quanto maior o valor do módulo de elasticidade de um material, maior é a sua rigidez.

Segundo Ioshimoto e Thomaz (1990), os valores do módulo de elasticidade dinâmico de placas cerâmicas variam de 6 GPa a 100 GPa. Já segundo Callister (1997), esses valores estão entre 60 GPa e 430 GPa. E, de acordo com Menezes *et al.* (2006), entre 30 GPa e 70 GPa.

O gráfico a seguir apresenta os valores de módulo de elasticidade encontrados para as placas estudadas, separados por casos.

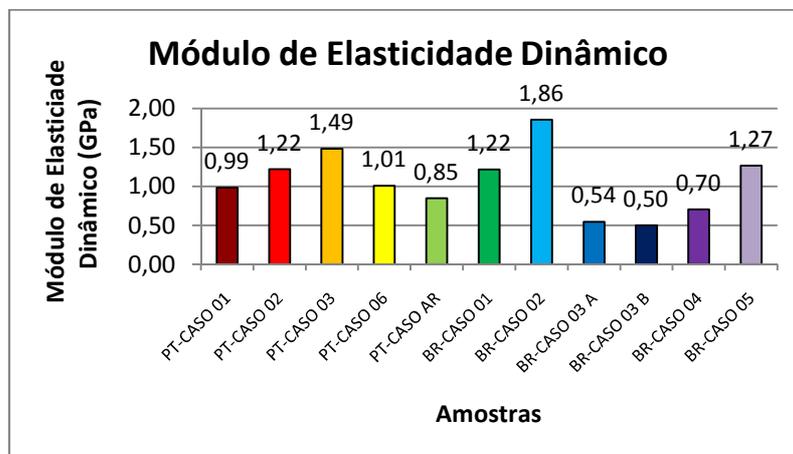


Figura 4 – Resultados do módulo de elasticidade dinâmico por casos.

Os resultados obtidos parecem pouco satisfatórios quando levadas em consideração as referências bibliográficas estudadas.

De posse desses resultados, verificou-se que o ensaio em questão é bastante vulnerável a diversos fatores, tais como:

- **O posicionamento dos transdutores:** quaisquer mudanças na inclinação ou o não alinhamento de um dos transdutores faz com que a distância percorrida pela onda ultrassônica seja diferente da espessura real da placa, gerando falsos resultados. Por isso os valores de velocidade da onda foram aferidos em três pontos diferentes da placa, sendo que em cada ponto foram realizadas três medidas, conforme explicado em 3.1.2, a fim de garantir o perfeito alinhamento entre os transdutores.
- **O desenho e a profundidade da muratura:** a maioria das placas apresenta um relevo desuniforme na muratura e, algumas vezes, a sua profundidade chega a corresponder à metade da espessura do azulejo, o que faz com que o transdutor não esteja em contato com todos os pontos aferidos. A utilização do gel como acoplante, além de possibilitar a adaptação de impedâncias, ou seja, a passagem da onda por meios distintos sem variações de suas características (amplitude, comprimento de onda e velocidade), também foi importante no processo de regularização da muratura, porém não se mostrou suficiente para garantir coerência entre os resultados obtidos.
- **Inserção do valor da espessura da placa no equipamento:** as medidas das espessuras das placas, feitas com paquímetro, apresentavam precisão de centésimos de milímetro e o aparelho de módulo aceita a inserção desses valores com precisão de milésimos de metros, o que gerou um arredondamento com perdas de algarismos significativos, uma vez que as dimensões das placas são pequenas, o que pode ter interferido nos resultados.
- **Espessura das placas:** os valores das espessuras das placas cerâmicas ensaiadas variaram entre 0,56 cm e 1,04 cm, que são valores considerados pequenos para esse tipo de ensaio. A propagação das ondas no material ensaiado se dá por vibrações mecânicas e o seu deslocamento no meio em questão atenua o sinal emitido pelo gerador; dessa maneira, pode-se dizer que espessuras menores levam a uma menor perda de energia da onda, reduzindo o tempo de avaliação do material, por isso materiais mais densos apresentam maior módulo de elasticidade, ou seja, oferecem maior resistência à propagação da onda.

Nos resultados obtidos foi observada uma relação entre a espessura da placa e o módulo de elasticidade dinâmico mais intensa do que a relação deste com a densidade da placa, o que enfatiza a interferência da espessura nos resultados, conforme mostrado no gráfico da Figura 5.

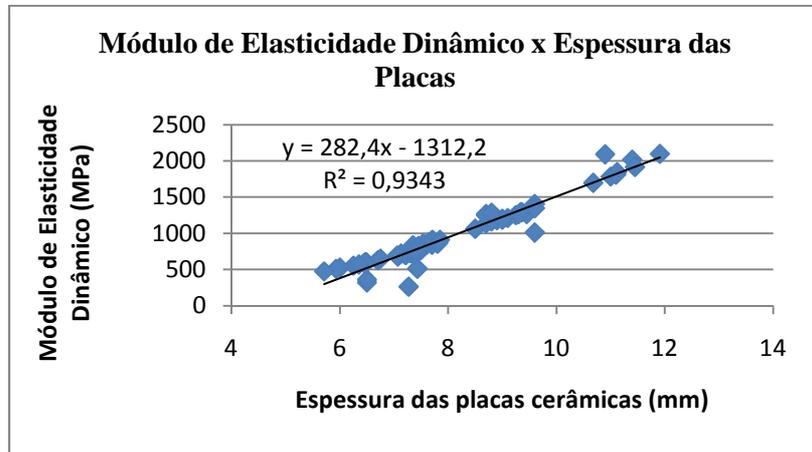


Figura 5 – Relação entre módulo de elasticidade dinâmico e espessura das placas (valores para todas as placas ensaiadas).

- **Tipo de transdutor utilizado no ensaio:** existem dois tipos possíveis de transdutores, os de faces planas, como o utilizado no ensaio em questão, e o de pontos secos. De acordo com Nesvijski (2003 *apud* STANGERLIN *et al.*, 2010), o uso de acoplantes nos transdutores de faces planas proporcionam instabilidade das repetições durante os testes e sua utilização em superfícies irregulares causam alterações na distância entre os transdutores emissores-receptores, o que aumenta as possibilidades de erro. Para o tipo de amostra utilizado o autor recomenda que se utilize transdutores de pontos secos, a fim de se estabilizar o contato transdutor-amostra durante o ensaio. Esse tipo de transdutor não gera ondas direcionadas, o que proporciona maior tempo de propagação quando comparadas com as ondas geradas por transdutores de faces planas.

Alem disso, outro fator que provavelmente influenciou os resultados foi a frequência da onda emitida pelo transdutor (54 kHz), de acordo com a Equação Universal da Onda ($V = \lambda.f$), quanto maior a sua frequência, menor sua velocidade. Portanto, o uso de transdutores de maior frequência, proporcionaria maior tempo de propagação das ondas nos azulejos, permitindo uma melhor avaliação do material.

5.2 MÓDULO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO

O ensaio de determinação do módulo de resistência à flexão não foi realizado em todas as amostras, uma vez que os casos portugueses 2, 3 e 6 serão devolvidos a Portugal, ou seja, são não destrutíveis.

O gráfico a seguir apresenta os valores do módulo de resistência à flexão encontrados para as placas estudadas, separados por casos.

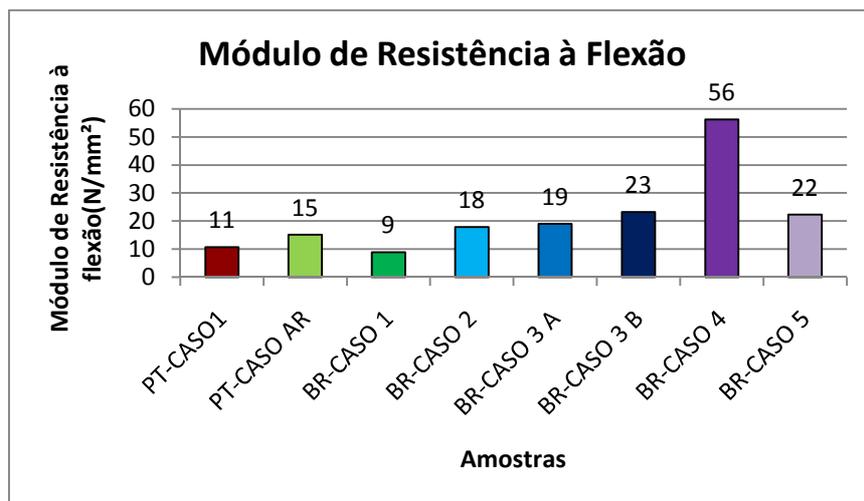


Figura 6 - Resultados do módulo de resistência à flexão por casos.

Os valores encontrados parecem satisfatórios quando comparados aos valores obtidos por Zauberas e Riella (2001), que estudaram a influência do teor de quartzo no módulo de resistência à flexão de placas atuais. Em seus estudos os referidos autores obtiveram valores entre 20 MPa e 24 MPa. Como os azulejos ensaiados na presente pesquisa são provenientes do final do século XIX e início do século XX, os valores estão dentro do esperado, ou seja, as placas mais antigas (PT-Casos 1 e AR e BR-Casos 1, 2, 3A, 3B e 5) obtiveram módulo de resistência inferior ao obtido pelos dois pesquisadores e bem inferior em relação à placa atual (BR-Caso 4).

Os casos 2, 4 e 5 brasileiros romperam na escala de 60, conforme explicado em 4.2.2; os demais romperam na escala de 30. Para essas placas é importante destacar a possibilidade do rompimento por fadiga do material, uma vez que inicialmente aplicou-se a escala de 30 e posteriormente a escala de 60.

6. DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

Pelos fatores influentes no ensaio de módulo de elasticidade dinâmico levantados no item 5.1, o tipo de transdutores utilizados e, principalmente, a pequena espessura das placas justificam os valores de módulo de elasticidade tão mais baixos do que aqueles evidenciados na literatura. Os outros fatores, principalmente as variações na muratura das placas, explicam a variabilidade de resultados encontrada, assim como a incoerência em termos de comportamento. Por exemplo, as amostras portuguesas do século XIX apresentaram valores de módulo de elasticidade mais altos do que algumas amostras brasileiras do século XX e, com maior efeito, do que aqueles registrados para as placas atuais brasileiras, o que é bastante incoerente.

Assim sendo, os resultados de módulo não estão aptos a serem utilizados nas análises comparativas e de comportamento, devendo a metodologia desse ensaio ser aprimorada para os estudos com placas cerâmicas em futuras pesquisas. Portanto, para melhor caracterização das placas cerâmicas aplicam-se os resultados do ensaio de determinação do módulo de resistência à flexão, discutidos na sequência, sendo feitas comparações com os resultados dos ensaios de porosimetria por intrusão de Hg, microscopia eletrônica de varredura e absorção de água, ensaios estes conduzidos e detalhados por Corrêa (2011) e Pimenta (2011), e que fazem parte da presente pesquisa em seu caráter mais amplo.

Por definição, o módulo de resistência à flexão é a relação entre o momento de inércia da seção em relação a um eixo e à distância do ponto mais afastado da seção a esse eixo; portanto, é uma propriedade dos materiais que está relacionada à sua capacidade resistente no tocante ao esforço por flexão. Ao se observar o comportamento das placas em relação à absorção de água e ao módulo de resistência à flexão, confirmou-se a correlação esperada. As cerâmicas que apresentaram maior capacidade de absorver água também se mostraram pouco resistentes à flexão, ou seja, os valores de módulo de resistência à flexão foram baixos. Esse comportamento pode ser percebido ao se analisar o gráfico da Figura 7.

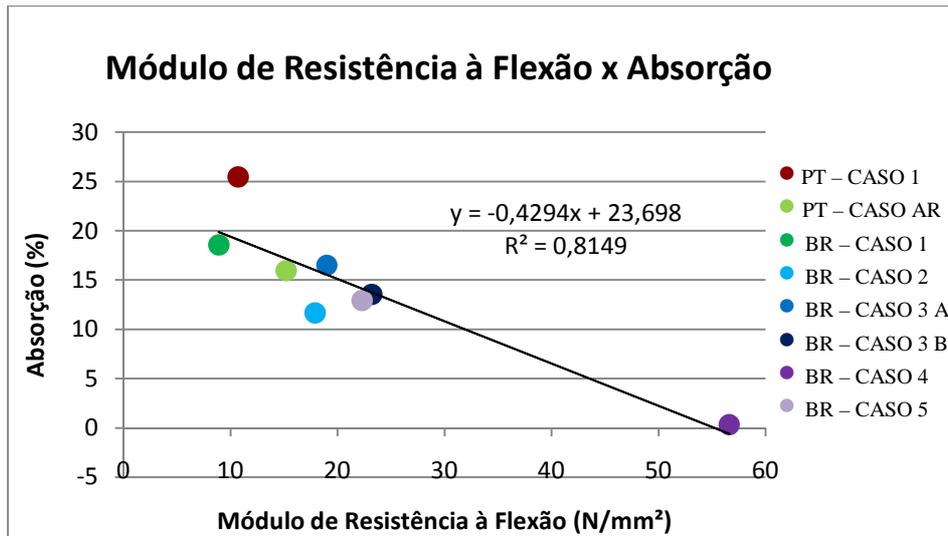


Figura 7 – Comparação entre o módulo de resistência à flexão e a absorção das placas.

Essa capacidade de absorção de água das placas está intimamente relacionada à porosidade do material, que pode ser mensurada pelo ensaio de porosimetria por intrusão de mercúrio, em que é possível se obter a distribuição de diâmetros de poros a partir dos dados pressão-volume, durante a penetração do mercúrio no material poroso. Ao observar-se o gráfico da Figura 8, nota-se que, assim como na absorção, quanto maior a porosidade das placas, menor sua resistência à flexão.

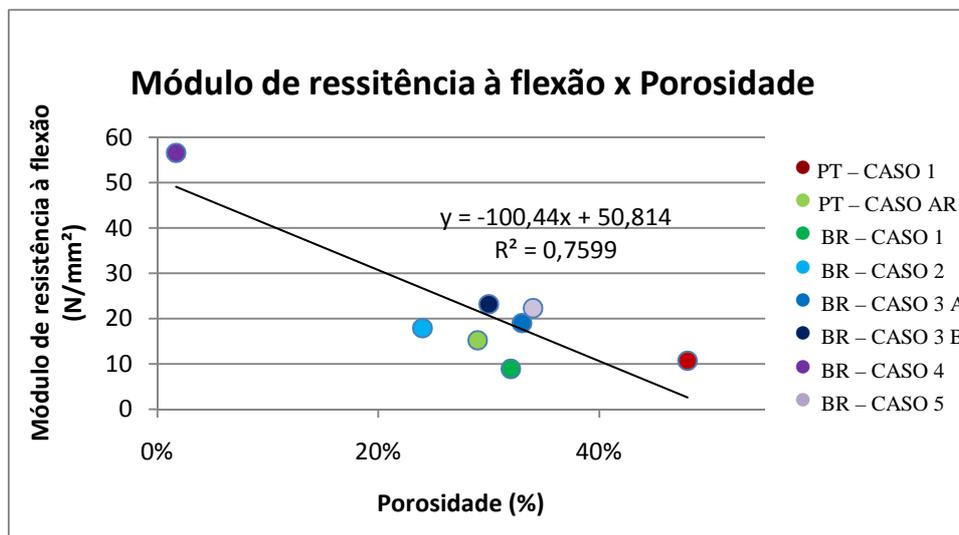


Figura 8 - Comparação entre módulo de resistência à flexão e porosimetria.

Para complementar essa análise foram feitas análises microestruturais do tardo das placas ensaiadas, a fim de compará-las aos resultados obtidos. A análise geral efetuada foi bastante coerente, sendo apresentados a seguir (Figura 9) os casos de maior relevância.

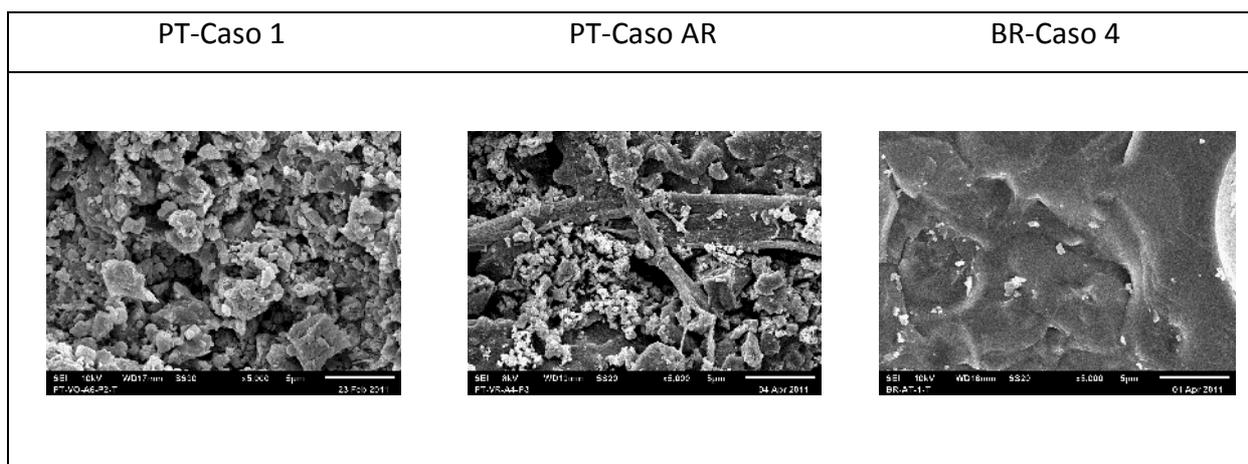


Figura 9 – Micrografias obtidas através de microscopia eletrônica de varredura.

Através da análise da microestrutura das amostras foi possível justificar as correlações obtidas anteriormente, já que as placas do caso PT-Caso 1 são visivelmente mais porosas e, justamente, foram aquelas que apresentaram a maior absorção de água e o menor módulo de resistência à flexão. Por sua vez, as placas do caso PT-Caso AR apresentaram porosidade intermediária, bem como valores intermediários de absorção e módulo de resistência à flexão. Por fim, as placas do caso BR-Caso 4 apresentaram uma porosidade muito pequena, e, conseqüentemente, uma absorção muito baixa e a maior resistência à flexão dentre todas.

7. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e suas correlações é possível concluir que:

- A metodologia utilizada para o ensaio de módulo de elasticidade dinâmico, pelo método de ultrassom, não se mostrou adequada para os ensaios com placas cerâmicas. Um aprimoramento deve ser feito em termos do posicionamento e tipo de transdutores, espessura das placas e variações na muratura.
- Em termos do módulo de resistência à flexão, foram os azulejos portugueses do século XIX que apresentaram a resistência mais baixa, vindo na sequência os azulejos históricos brasileiros do século XX e, com os valores mais altos, têm-se as placas cerâmicas atuais brasileiras. A evolução no uso de matérias primas e na tecnologia do processo de fabricação certamente explicam essas diferenças de resistência.
- A absorção e a porosimetria são fatores que interferem diretamente nos resultados do módulo de resistência à flexão. Placas que apresentam grande porosidade também

apresentam grande absorção de água e, conseqüentemente, menor módulo de resistência à flexão.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

STANGERLIN, D. M. *et al.* **Avaliação de Tipos de ondas Geradas por dois Modelos de Transdutores para Determinação do Módulo de Elasticidade dinâmico.** Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 691-700, out./dez. 2010.

WANDERLEY, I. M. **Azulejo na arquitetura brasileira: os painéis de athos bulcão.** Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 2006. 162 p.

ZAUBERAS, R. T.; RIELLA, H. G . **Defeitos de Queima Causados pelo Quartzo em Monoporosas.** Cerâmica Industrial, Santa Catarina, abril 2001.

CORREA, Wanessa. **Estudo e caracterização de azulejos históricos provenientes de Portugal e do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2011. \no prelo\

PIMENTA, N. B. **Caracterização Física de Azulejos Históricos. Contribuição à Restauração de Revestimentos Cerâmicos Históricos: Estudo de azulejos provenientes de Portugal e Brasil.** Goiânia, 2011.

SIMÕES, J. M. dos Santos. **Azulejaria Portuguesa no Brasil (1500-1822).** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1965.

SIMÕES, J. M dos Santos. **Azulejaria em Portugal nos séculos XV e XVI.** Lisboa, 1969.

BARATA, M. **Azulejos no Brasil, Séculos XVII, XVIII e XIX .** Rio de Janeiro, Editora Jornal do Comércio, 1955.

NBR 15630 (ABNT, 2008) - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica, com adaptações.

NBR 13818 (ABNT, 1997) - Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios.

SILVA, N. G.; CAMPITELI, V. C. **Módulo de Elasticidade Dinâmico de Argamassa de Revestimento.** II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 2008.

ALCÂNTARA, D. **Azulejo documento de nossa cultura.** *In:* Maria, Cristina Vereza Lodi Dias. (Org.). Patrimônio azulejar brasileiro: aspectos históricos e de conservação. Brasília: Ministério da Cultura, 2001.

