

Novo Método para a Avaliação Acelerada da Durabilidade de Pavimentos Cerâmicos em Relação à Abrasão: Parte II
(*continuação do artigo publicado na revista Cerâmica Industrial, v. 10, n. 4, 2005*)

Silva, G.^a, Muñoz, A.^a, Feliu, C.^{a*}, Barberá, J.^b, Soler, C.^c

^a*Instituto de Tecnología Cerámica, Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas, Univeritat Jaime I, Castellón, Espanha*

^b*Cerámica Salón, S.A.*

^c*Taulell, S.A.*

**e-mail: cfeliu@ice.itc.uji.es*

Resumo: A crescente diversificação do uso dos pavimentos cerâmicos, que na atualidade abrange todos os tipos de locais residenciais e públicos, incluindo usos externos, locais públicos e grandes superfícies, aumentou ainda mais a necessidade de critérios de seleção dos produtos que garantam uma durabilidade economicamente razoável em qualquer das possíveis condições de uso. Infelizmente, apesar de sua recente revisão, nenhum dos métodos descritos nas normas para revestimentos cerâmicos, aplicáveis a revestimentos esmaltados e não esmaltados, respectivamente, permite avaliar a durabilidade dos pavimentos, pois não reproduzem as condições reais de uso e assim mesmo geram resultados enganosos, penalizando mais os modelos de cores escuras do que os de cores claras e conferindo valores elevados de resistência ao desgaste a superfícies brilhantes com baixo desempenho no que se refere à resistência ao desgaste por abrasão. Por isso, desenvolveu-se um novo método de ensaio que reproduz as mudanças de aspecto superficial produzidos em condições reais de uso e é aplicável a todo tipo de superfície, esmaltadas e não esmaltadas. Com o objetivo de dispor de valores de referência para validar o novo método de ensaio, durante os últimos anos foi realizado um estudo da evolução da superfície de diferentes tipos de pavimentos em dois locais sujeitos a alto trânsito. À partir das medidas de variação do brilho e cor realizados em condições reais de uso, confirmou-se que este método permite avaliar de forma acelerada a durabilidade dos materiais em diversas condições de uso. Uma vez completado o estudo e definidas as condições de ensaio mais adequadas para comprovar o desempenho dos pavimentos cerâmicos, este método será apresentado ao Comitê de Normalização AEN CTN 138 Revestimentos Cerâmicos, como proposta de norma de ensaio para avaliar a durabilidade destes produtos.

Palavras-chave: *revestimentos, desgaste por abrasão, método*

4. Influência das Variáveis de Ensaio

Uma vez definidas as características do dispositivo para simular os mecanismos de abrasão em condições reais de uso, realizou-se um estudo da influência das variáveis relacionadas com o elemento interfacial abrasivo (composição, tamanho de partícula e quantidade), que como se havia indicado anteriormente é o fator que modifica em maior medida o desenvolvimento do processo de abrasão.

4.1. Granulometria do abrasivo

Para avaliar a influência do tamanho de partícula no mecanismo de desgaste, foram realizados ensaios com diferentes frações granulométricas de um quartzo com tamanho máximo de 100 µm, que segundo os estudos prévios³, corresponde à tipologia de partículas abrasivas presentes em condições reais. Dado que o mecanismo de desgaste depende da relação entre o tamanho de partícula do abrasivo e a textura da superfície, os ensaios foram realizados sobre dois tipos de acabamentos (liso e rugoso). Nas Figuras 5 e 6 representa-se a evolução do brilho superficial no centro do corpo de prova obtida com as distintas frações granulométricas para as superfícies lisa e rugosa, de aspecto brilhante e mate, respectivamente.

Como pode-se observar, a evolução do brilho superficial em ambos os tipos de materiais é sensivelmente diferente, reduzindo no caso da superfície brilhante e aumentando na superfície rugosa. Com ambos materiais, observa-se que ao aumentar o tamanho da partícula de abrasivo aumenta rapidamente a intensidade da alteração gerada

na superfície. No caso da superfície brilhante, este aumento gera perdas de brilho mais rápidas, provavelmente associadas a um maior aumento da rugosidade da superfície. Por outro lado, na superfície mate existe uma redução inicial da textura superficial que gera um progressivo aumento do brilho, como pode ser comprovado através do ensaio realizado com o quartzo entre 100 e 40 µm.

Estes resultados explicam por sua vez as diferenças observadas em pavimentos instalados em condições reais, onde pode-se apreciar uma maior deterioração nas zonas próximas aos acessos exteriores, cuja intensidade vai reduzindo ao avançar até os ambientes internos. Provavelmente, as partículas de maior tamanho que se introduzem a partir do exterior aderidas ao calçado, são liberadas ou retidas nas entradas dos recintos provocando um maior desgaste nestas áreas. A este respeito deve-se destacar a importância da utilização de sistemas de retenção de abrasivos nos acessos exteriores dos ambientes, visto que sua utilização limitará em grande medida a deterioração produzida e prolongará a vida útil do pavimento.

4.2. Natureza do abrasivo

Para comprovar a influência das características mecânicas do abrasivo foram realizados ensaios sobre os dois tipos de superfícies, utilizando dois abrasivos de granulometria similar e diferente composição química. Os abrasivos utilizados, quartzo e dolomita, foram selecionados para analisar o comportamento frente a par-

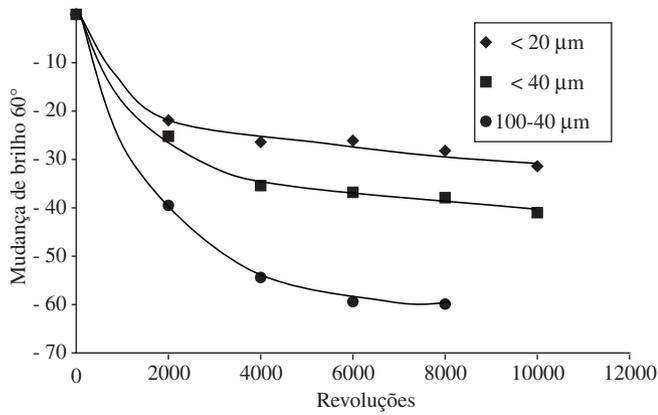


Figura 5. Ensaios sobre superfície brilhante.

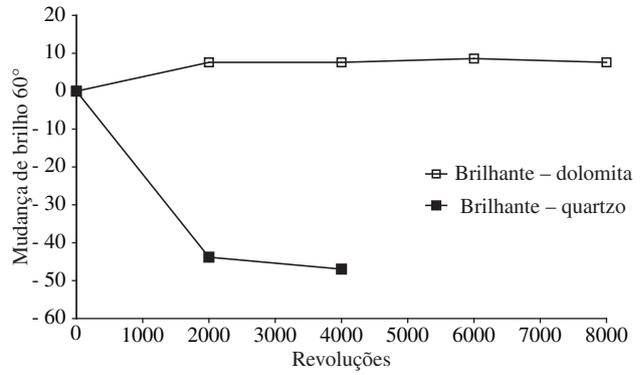


Figura 7. Ensaios sobre superfície brilhante.

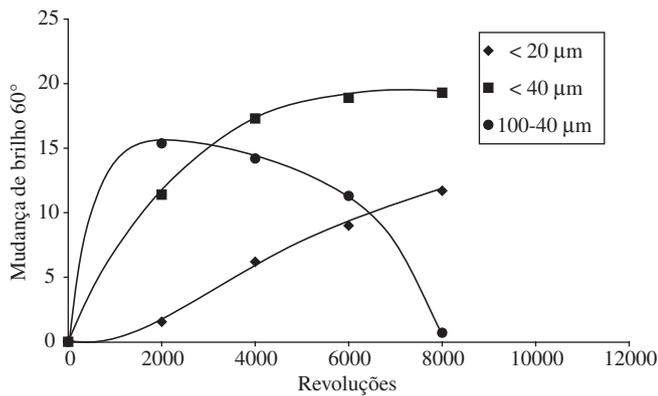


Figura 6. Ensaios sobre superfície mate.

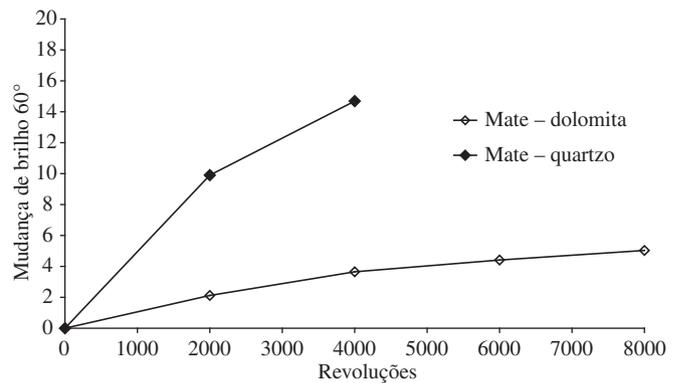


Figura 8. Ensaios sobre superfície mate.

tículas de dureza superior (quartzo = dureza Mohs 7) e inferior (dolomita = dureza Mohs 3) à dureza da superfície ensaiada. Nas Figuras 7 e 8 representa-se a evolução do brilho superficial obtida com ambos tipos de abrasivos.

A partir dos resultados confirma-se que o abrasivo de maior dureza gera alterações mais intensas na superfície, podendo aumentar ou reduzir o brilho em função da relação entre o tamanho de partícula e a textura inicial do revestimento cerâmico.

No caso da superfície brilhante, observa-se que o abrasivo de dureza inferior produz um ligeiro aumento do brilho da superfície, ainda que seu tamanho de partícula seja superior à profundidade da textura do material. Esta aparente discrepância deve ser analisada levando em conta que a dureza da dolomita é inferior ao material, de forma que sua penetração será escassa e que ainda ocorrerá o arredondamento das partículas rapidamente, o que faz com que a deterioração seja produzida somente na escala da rugosidade superficial sem modificar a textura global da superfície. Este efeito confirma o modelo da superfície rugosa, que apresenta uma redução inferior de sua textura, e portanto um menor incremento de brilho.

Cabe destacar a enorme influência da natureza do abrasivo no mecanismo de abrasão, que portanto e para um mesmo material, poderá ser muito distinto em função da área geográfica (granítica ou calcária) e da localização da edificação (costa, interior, etc.).

4.3. Quantidade de abrasivo presente

Outra das variáveis que pode modificar o mecanismo de abrasão, e portanto os resultados obtidos nos ensaios de simulação em laboratório, é a dosagem do abrasivo sobre a superfície do

pavimento. Para comprovar sua influência no processo de abrasão, foram realizados ensaios comparativos sobre um pavimento de superfície polida, utilizando quartzo e dolomita como abrasivos. Nas Figuras 9 e 10 representa-se a evolução do brilho superficial obtido no centro dos corpos de prova modificando o período de reposição do abrasivo.

Nos ensaios realizados com quartzo pode-se observar que o aumento da quantidade de abrasivo presente, ao reduzir o período de reposição de cada 1000 a cada 250 revoluções, produz uma deterioração muito mais rápida do brilho da superfície. Além disso, nos ensaios realizados com dolomita se observa que o incremento da quantidade de abrasivo produz uma redução da tendência inicialmente crescente do brilho superficial que pode chegar a inverter-se, e gerar perdas de brilho a partir de períodos de reposição iguais ou inferiores a 500 revoluções.

Analogamente ao indicado para as variáveis anteriormente analisadas, uma elevada quantidade de abrasivo presente pode acelerar sensivelmente a deterioração da superfície, e portanto, limitará a possível utilização de alguns tipos de revestimentos cerâmicos em ambientes externos, onde resulta impossível limitar a presença de abrasivo.

5. Validação do Novo Método de Ensaio

A partir da informação obtida em estudos prévios e mediante a utilização do equipamento Tribopodo, havia-se confirmado que a evolução de um material poderia variar de forma acusada em função do ambiente do pavimento, de forma que para comprovar a adequação do novo método de ensaio para reproduzir os mecanismos reais de

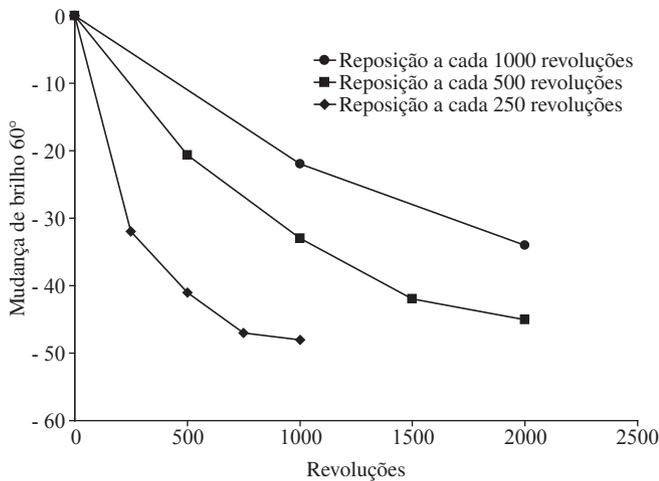


Figura 9. Ensaio com quartzo.

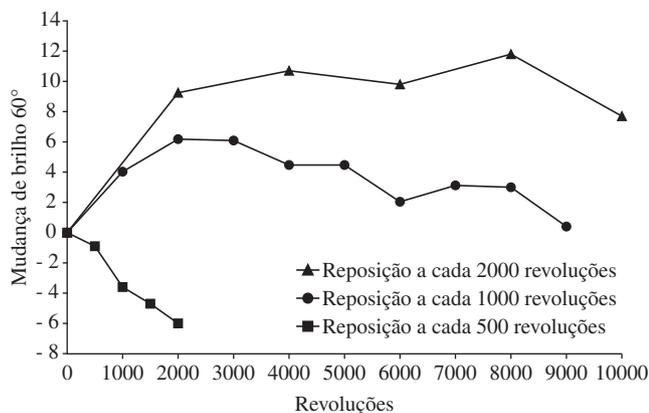


Figura 10. Ensaio com dolomita.

desgaste decidiu-se abordar o desenvolvimento de um estudo *in situ* em condições reais de uso definidas⁴.

Para isso, se procedeu à instalação no ano de 2001 de painéis de revestimentos cerâmicos no pavimento das passagens de dois refeitórios “self-service” da Universidade Jaume I. Por ser uma área de passagem monodirecional, limitada por pilares, foram instalados contadores óticos situados na saída junto às caixas registradoras para quantificar o número de pessoas que transitavam sobre as peças em estudo, instaladas na zona central do plano de peças (Figura 11). Os materiais utilizados, que foram projetados especificamente para apresentar baixa resistência ao desgaste, cobriam toda a gama de produtos cerâmicos incluindo materiais com diferentes texturas superficiais (brilhante, mate, polido, relevo) e acabamento cromático (monocor, fume, serigrafado, etc).

Empregou-se um sistema de instalação sem adesivos para permitir a retirada e a reposição das peças, com o objetivo de avaliar as mudanças geradas na superfície (cor, brilho, textura) mediante medidas instrumentais em laboratório. Durante os últimos três anos realizou-se um acompanhamento periódico de cada uma das amostras instaladas, registrando o número de pessoas que haviam transitado pelo plano e medindo a evolução das características da superfície de cada revestimento.

A partir dos resultados obtidos foi possível dispor de uma referência da evolução de distintos materiais cerâmicos em determinadas condições reais de uso público, comprovando-se que a maioria não apresenta alterações significativas de cor, ao passo que o brilho superficial é a característica que varia de forma mais acusada em função da



Figura 11. Painel de ensaio *in situ* no refeitório universitário.

abrasão. Na Figura 12 pode-se observar que a maioria dos materiais apresenta um aumento inicial do brilho da superfície, independentemente de seu acabamento superficial, inclusive no caso da superfície brilhante polida que posteriormente inverte sua tendência crescente para manifestar uma progressiva perda de brilho.

Esta tendência do aumento de brilho já havia sido observada em alguns materiais instalados em condições reais de uso e confirmado mediante os resultados obtidos com o equipamento Tribopodo sobre superfícies rugosas. No entanto resultou surpreendente que os modelos de superfície brilhante, incluindo os polidos, manifestaram o incremento de brilho mencionado, assim como o escasso nível de deterioração gerado na maioria dos revestimentos cerâmicos através do prolongado período de exposição em condições de alto trânsito. Para a avaliação das condições de uso real empregadas no estudo deve se ter em conta que:

- Os painéis estavam instalados no interior dos ambientes, a uma distância de ao menos 15 m dos acessos exteriores;
- Foram efetuadas limpezas diárias das superfícies ao final de cada jornada; e
- Pelo sistema de instalação, os painéis encontravam-se ligeiramente elevados em relação ao plano do pavimento ao redor.

Os resultados apontam que a quantidade de abrasivo presente sobre os painéis em estudo foi escassa e seu tamanho de partícula reduzido, o que explica a suave evolução de alguns materiais que inicialmente foram projetados para apresentar baixa resistência à abrasão.

Através de diversas tentativas de simulação desta evolução utilizando quartzo de diferentes tamanhos de partículas como abrasivo, comprovou-se que não era possível reproduzir o incremento de brilho nas superfícies inicialmente brilhantes, por isso decidiu-se utilizar abrasivos de dureza inferior para simular estas condições de uso. Na Figura 13 representam-se os valores obtidos nos ensaios de laboratório, realizados com dolomita de tamanho de partícula inferior a 100 µm e um período de reposição de abrasivo de 2000 revoluções, em comparação com a tendência real dos distintos materiais. Como pode-se observar, nos ensaios realizados com este abrasivo todos os tipos de superfícies apresentam uma evolução similar àquela observada em peças instaladas em condições reais. De fato, os resultados obtidos confirmam que o tamanho de partícula presente deve ser inferior ao utilizado no ensaio, já que os modelos brilhantes apresentam um incremento ligeiramente inferior e os modelos mates ligeiramente superior ao observado nas amostras instaladas nos painéis.

Deste modo, estes resultados permitem concluir que com estes parâmetros tribológicos o método de ensaio é capaz de reproduzir os mecanismos reais de abrasão. Deve-se ter em conta que modificando ligeiramente os parâmetros relacionados com o abrasivo (dureza, granulometria, quantidade presente) a evolução do material muda de forma significativa, isto é, que estes mesmos materiais instalados em outros

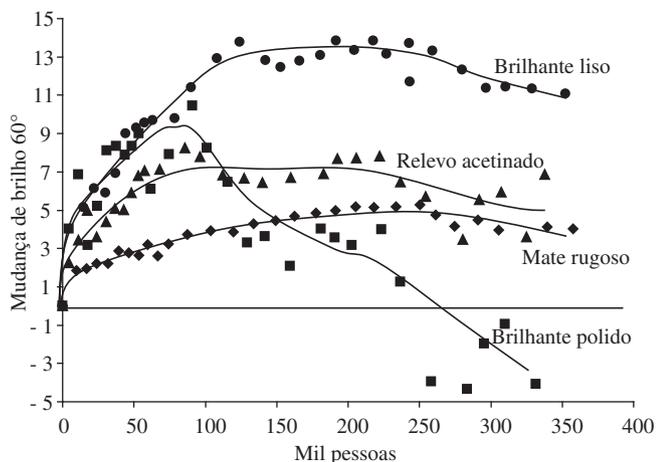


Figura 12. Evolução inicial crescente do brilho em distintos tipos de superfícies em condições reais.

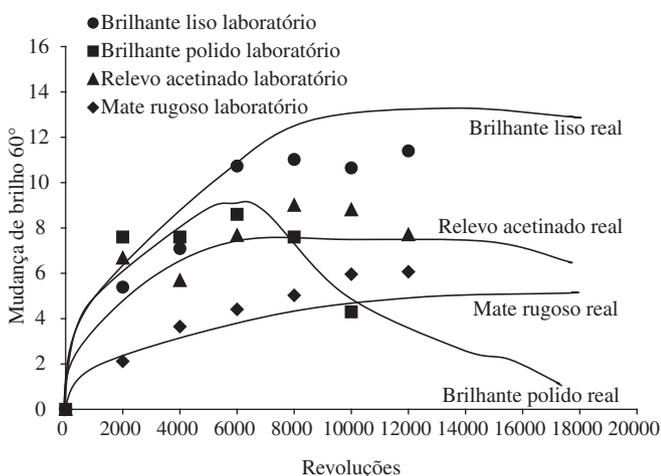


Figura 13. Reprodução da evolução em condições reais mediante ensaios de laboratório.

ambientes reais poderiam ter manifestado uma evolução completamente distinta, como foi constatado em alguns locais analisados em que as superfícies polidas apresentaram elevadas perdas de brilho.

6. Proposta de Norma de Ensaio

Como resultado deste estudo, pretende-se apresentar ao Comitê Técnico de Normalização AEN/CTN 138 “Baldosas Cerâmicas” a nova metodologia de ensaio capaz de reproduzir as condições reais de uso para sua possível adoção como norma de ensaio para avaliação da durabilidade de pavimentos cerâmicos. Atualmente estão sendo finalizados os estudos de repetibilidade do método assim como a definição dos critérios de avaliação visual e/ou instrumental dos resultados. Também está sendo estudada a possibilidade de combinar o método com um ensaio de resistência ao manchamento sobre os corpos de prova abrasionados, para avaliar também a retenção de sujeira associada ao processo de abrasão.

No entanto, permanece pendente a definição de quais devem ser as condições de ensaio normalizadas já que a eleição do tipo e características do abrasivo utilizado nos ensaios será crítica com respeito à avaliação final da durabilidade, e dado que o método permite reproduzir diferentes condições de uso real, será necessário

eleger uma ou várias condições de referência para compará-las com as especificações entre distintos materiais. Nossa proposta se orienta para a definição para uma classificação dos produtos baseada em uma escala de diferentes níveis de uso de agressividade crescente, de forma que a determinação da classe garanta um período mínimo de vida útil do material nas condições correspondentes a esta categoria. Deste modo, este método de ensaio poderia ser utilizado para classificar o material em função de sua adequação ao uso, seguindo as tendências atuais do setor.

Para definir esta classificação deve-se ter em conta as seguintes variáveis, em ordem decrescente em função de sua influência no processo de abrasão:

- Natureza do abrasivo: relacionada com a área geográfica (granítica, calcária);
- Tamanho de partículas associado à localização da edificação (urbana, rural, costa, etc);
- Quantidade de abrasivo presente: em função do acesso exterior e da frequência de limpeza; e
- Volume de trânsito previsto: nível baixo (uso residencial) ou nível alto (uso público).

Em virtude da elevada quantidade de possíveis combinações será necessário simplificar os critérios de classificação, prefixando algumas das variáveis indicadas e assumir que isso se limitará a aplicabilidade do método para reproduzir somente algumas condições reais de uso. Obviamente esta decisão somente poderá ser abordada no seio do comitê de normalização, por consenso entre as distintas partes representadas, em função das implicações legais e/ou contratuais que o uso de um método normalizado de avaliação da durabilidade poderia representar.

7. Conclusões

As conclusões que podem ser deduzidas do presente estudo são as seguintes:

- Os mecanismos de abrasão em condições reais de uso devem ser analisados sob a perspectiva de um tribosistema de três corpos, onde as características exercem uma notável influência;
- Os métodos de ensaios atuais não são adequados para reproduzir a abrasão em condições reais, em função da falta de correspondência na definição de seus tribosistemas e dos critérios de avaliação utilizados, que não estabelecem relação com as alterações superficiais produzidas pelo desgaste, que se manifestam na maioria dos casos como uma alteração da rugosidade e do brilho da superfície;
- Foi comprovado que os mecanismos de desgaste podem variar sensivelmente em função dos elementos interfaciais presentes e portanto a evolução das características superficiais dos pavimentos instalados dependerá em maior medida das características do local (área geográfica, localização da edificação, acesso ao exterior, frequência de limpeza, etc.) que do nível de trânsito previsto;
- Definiu-se um novo método de ensaio aplicável a todo tipo de superfícies esmaltadas e não esmaltadas que permite reproduzir diferentes condições reais de uso em função das características e dosagem do abrasivo utilizado; e
- Mediante a utilização desta metodologia de ensaio será possível estabelecer uma classificação dos pavimentos cerâmicos em função de seus usos, o que permitirá selecionar os produtos assegurando sua compatibilidade com os requisitos de uso previstos.

Agradecimentos

O presente estudo é parte de um projeto de investigação cofinanciado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia através do Programa

de Fomento a la Investigación Técnica - PROFIT (2000-2003), pela Generalitat Valenciana através do programa de auxílio a projetos de I+D da Consellería de Innovación y Competitividad (CTIDIB/2002/85) e pelas empresas Cerámica Saloni, S.A. e Taulell, S.A.

Além disso, agradece-se a colaboração da Universidade Jaume I pela concessão de seus locais e pelas facilidades oferecidas para o desenvolvimento do estudo *in situ* de abrasão em condições reais de uso.

Referências

1. UNE EN ISO 10545-6: Baldosas cerámicas. Parte 6: Determinación de la resistencia a la abrasión profunda de las baldosas no esmaltadas. AENOR.
2. UNE EN ISO 10545-7: Baldosas cerámicas. Parte 7: Determinación de la resistencia a la abrasión superficial de las baldosas esmaltadas. AENOR.
3. Barberá, J.; Usó, J.; Enrique, J. E.; Felú, C.; Silva, G. Durability prediction of ceramic tile subject to abrasion processes from pedestrian traffic. **Cer. Acta**, n. 4-5, p. 53-65, 1996.
4. Silva, G.; Muñoz, A.; Felú, C.; Ibáñez, M. J.; Barberá, J.; Soler, C. Resistencia a la abrasión de pavimentos cerámicos en condiciones reales de alto tránsito. In: QUALICER 2002. Castellón (España). **Proceedings...** v. 3, p. 79-82
5. Ibáñez, M. J.; Escardino, A.; De Lemus, R.; Mestre, S. Variación de la rugosidad y el brillo de recubrimientos vidriados con la intensidad del desgaste producido con un abrasimento normalizado. In: QUALICER 96. Castellón (España). **Proceedings...** v. 2, p. 749-751, 1996.
6. Yamamoto, T.; Olsson, M.; Hogmark, S. Three-body abrasive wear of ceramic materials. **Wear**, v. 174, p. 21-31, 1994.

Aviso importante

System S.p.A. é uma empresa líder na fabricação e venda de máquinas para a indústria cerâmica e é representada no Brasil pela System Brasil Comércio de Peças e Máquinas para a Indústria Ltda.

A System S.p.A. é a única licenciada no mundo, pelas patentes Syfal para a fabricação das máquinas Rotocolor, através da patente - **PI9500230-8** de 17/01/1995 concedidas pelo INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual).

A causa dos referidos motivos e por ser, no Brasil e no mundo, a licenciada legítima das patentes Syfal, e também a fabricante das máquinas Rotocolor para a indústria cerâmica, a System S.p.A. é a única empresa legalmente autorizada a poder usar as referidas patentes, havendo a possibilidade de tomar medidas legais e administrativas contra aqueles ou contra empresas que façam uso indevido e não autorizado de sua(s) patente(s), com base ao que estabelece a Lei sobre Propriedade Industrial.

