

## Novo Método para a Avaliação Acelerada da Durabilidade de Pavimentos Cerâmicos em Relação à Abrasão: Parte I

Silva, G.<sup>a</sup>, Muñoz, A.<sup>a</sup>, Feliu, C.<sup>a\*</sup>, Barberá, J.<sup>b</sup>, Soler, C.<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Instituto de Tecnología Cerámica, Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas, Univeritat Jaime I, Castellón, Espanha

<sup>b</sup>Cerámica Salón, S.A.

<sup>c</sup>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

### 1. Introdução

Entre as diversas propriedades técnicas a serem consideradas no projeto e desenvolvimento de materiais para o revestimento de solos, a resistência à abrasão se destaca por sua importância na hora de definir os possíveis usos de um determinado produto. A escolha de um produto para o revestimento do solo de um local considera não somente a exigência de que o mesmo apresente um conjunto de características adequadas às condições de uso previstas, e, além disso, a garantia de que tais características se mantenham inalteráveis durante um período de tempo economicamente razoável.

Tradicionalmente as atividades de normalização dos produtos de construção se desenvolveram de forma paralela e individualizada em distintos comitês técnicos especializados em cada tipo de material, o que provocou o desenvolvimento de métodos de ensaios, na maioria dos casos, mais apropriados para detectar diferenças produzidas por alterações no processo de produção do que estimar seu comportamento em condições reais de uso. Além disso, até a incorporação na Diretriz Européia de Produtos da Construção do conceito de durabilidade, como requisito essencial para a avaliação dos materiais, os métodos normalizados enfocavam principalmente a caracterização das propriedades iniciais dos produtos, antes do uso, sem permitir a estimativa da capacidade do produto desempenhar as funções para as quais foi projetado e fabricado.

Em sua recente revisão, a norma internacional relativa a revestimentos cerâmicos unificou os métodos de ensaio para avaliar algumas propriedades (resistência química, manchas, etc.), que atualmente se

aplicam de forma equivalente tanto para revestimentos esmaltados como não esmaltados. Entretanto, continua existindo esta deficiência na metodologia de determinação da resistência ao desgaste dos pavimentos, para o que se utilizam duas normas de ensaio<sup>1,2</sup>, significativamente distintas, tanto nos mecanismos de abrasão como nos critérios utilizados na avaliação dos resultados. Isso impede que se possa comparar os desempenhos de produtos esmaltados e não esmaltados, muito embora os dois tipos de revestimentos podem ser indicados para um mesmo uso.

Mesmo assim, os métodos de ensaio atualmente utilizados para avaliar a resistência à abrasão não permitem avaliar a durabilidade dos produtos<sup>3</sup>, pelos seguintes motivos:

- O mecanismo e os elementos que produzem a abrasão (bolas metálicas de diversos tamanhos, no caso de revestimentos esmaltados, e um disco de aço nos revestimentos não esmaltados) não são os que atuam em condições reais de uso e, portanto, produzem alterações superficiais significativamente maiores às produzidas pelo trânsito de pessoas;
- O abrasivo utilizado, coríndon em ambos os métodos, apresenta uma dureza muito maior do que a das partículas abrasivas que poderiam entrar em contato com a superfície do pavimento durante o uso; e
- Os critérios de avaliação dos resultados (alterações da cor, em revestimentos esmaltados, e perda de volume em não esmaltados) não correspondem às mudanças superficiais produzidas

pelo desgaste, que se manifestam na maioria dos casos como alteração da rugosidade e brilho da superfície<sup>4,5</sup>.

Assim sendo, não se dispõe de um critério objetivo para selecionar os materiais com a garantia de se alcançar o nível de desempenho requerido e, além disso, os resultados obtidos com os métodos atuais podem ser enganosos, uma vez que alguns produtos de superfície brilhante apresentam o nível máximo de resistência à abrasão (classe 5), segundo a classificação da norma UNE-EM ISO 10545-7, e, entretanto, são inadequados para locais de alto trânsito de pessoas devido às mudanças de brilho que apresentam devido à abrasão.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de definir uma metodologia de ensaio e critérios de classificação dos revestimentos cerâmicos, que, através da reprodução dos mecanismos reais de desgaste, permita avaliá-los, em função dos seus desempenhos, assegurando assim sua compatibilidade com os requisitos de uso e a ausência de patologias e reclamações motivadas por uma inadequada especificação dos produtos.

## 2. Mecanismos de Desgaste por Abrasão

O desgaste por abrasão resultante da interação mecânica entre dois ou mais materiais, depende de vários fatores relacionados tanto com as características mecânicas dos mesmos como com os aspectos geométricos que definem o contato entre esses materiais. Os mecanismos de abrasão variam significativamente em função destas variáveis, podendo coexistir fenômenos de fratura frágil com deformações plásticas da superfície<sup>6</sup> ou predominar um desses mecanismos, em função da natureza dos elementos que interagem.

No caso que nos interessa, processos de abrasão associados ao trânsito de pessoas, o sistema tribológico consistirá basicamente de (Figura 1):

- Um corpo rígido: a superfície do pavimento;
- Um contra-corpo deformável: a superfície da sola dos sapatos;
- Um elemento interfacial: partículas de “sujeira” e abrasivos com liberdade de movimento;
- O meio interfacial: ar ou água; e
- A interação entre os elementos: geometria e pressão de contato, direção e velocidade de deslocamento.

A literatura consultada apresenta várias propostas de modelos teóricos para analisar o processo de abrasão em um tribosistema (sistema tribológico) de três corpos. Devido à elevada complexidade para um tratamento completo de todas as variáveis significativas, grande parte das propostas consiste em modelos simplificados que procuram relacionar o desgaste por abrasão em relação a algumas das seguintes variáveis:

- Relacionadas com o corpo rígido: dureza, tenacidade, textura, rugosidade, porosidade, impurezas;
- Relacionadas com o contra-corpo: elasticidade, relevo, forma;
- Relacionadas com o elemento interfacial: dureza, tenacidade, tamanho de partícula, forma das partículas; e

- Relacionadas com a interação: geometria de contato, pressão, velocidade de deslocamento.

Na maioria dos casos, os modelos somente permitem avaliar a influência de algumas das variáveis com resultados parcialmente satisfatórios, confirmando a grande variedade de diferentes tribosistemas que podem coexistir nos processos reais de abrasão. É por isso que para se avaliar a evolução da superfície de um material cerâmico é preciso definir claramente as condições em que o desgaste ocorrerá. Como mencionado anteriormente, os métodos de ensaio utilizados atualmente são inadequados para reproduzir o desgaste associado ao trânsito de pessoas, principalmente devido à falta de correspondência na definição dos parâmetros tribológicos em relação aos mecanismos atuantes nas condições reais de uso. Na Tabela 1 são detalhados de forma comparativa os parâmetros utilizados pelos diversos métodos.

## 3. Definição do Novo Método de Ensaio

Ao se abordar o desenvolvimento de um novo método de ensaio capaz de reproduzir o desgaste por abrasão em condições reais de uso, a primeira premissa a ser considerada é assegurar a equivalência entre os parâmetros tribológicos do processo real e os estabelecidos para definir o método de ensaio. Com base nas informações contidas na Tabela 1, as principais alterações a serem feitas, em relação aos métodos existentes atualmente, consistem em utilizar um contra-

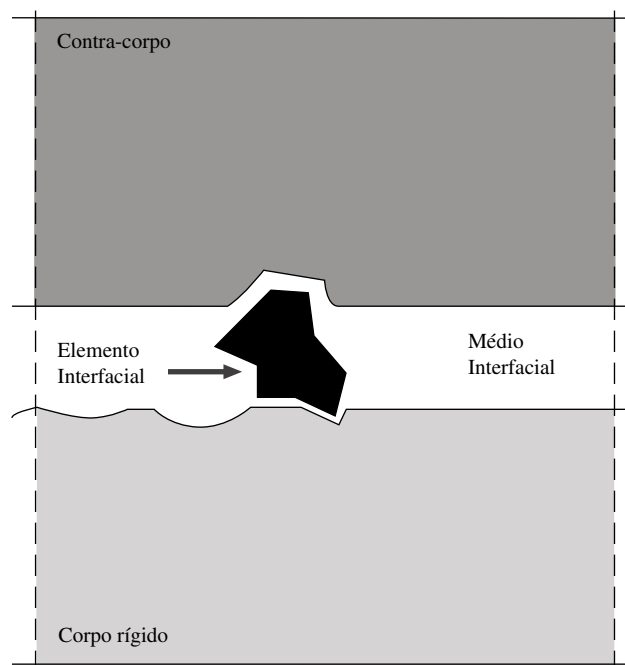


Figura 1. Tribosistema de três corpos.

Tabela 1. Comparação entre tribosistemas.

Parâmetros	Uso real	Método CAP	Método PEI	Método ITC
Contra-corpo	Sola de sapato	Disco de aço	Esféras Metálicas	Borracha 4S
Elemento Interfacial	Sujeira e Partículas abrasivas	Coríndon (dureza 9) 100-300 µm	Coríndon (dureza 9) 100-300 µm	Variável (dureza 3-7) < 100 µm
Meio	Ar/água	Ar	Água	Ar
Corpo Rígido	Placa cerâmica	Placa cerâmica	Placa cerâmica	Placa cerâmica
Movimento	Variável	Linear	Circular	Variável

corpo com características de deformabilidade similares às solas dos calçados comerciais e adequar o tipo de abrasivo para simular a sujeira presente em situações reais.

Utilizou-se como contra-corpo lâminas de uma borracha padrão, projetado para simular as características de uma sola de sapato, como sugere seu nome comercial (4S = padrão de simulação de sola de sapato), que já se utiliza com essa finalidade em alguns métodos de avaliação da resistência ao deslizamento.

A escolha das características dos abrasivos é o fator crítico na definição do ensaio, já que este é um dos parâmetros que mais influencia o desgaste por abrasão. Considerando que tanto a natureza do abrasivo como suas características (tamanho de partícula, forma, quantidade) podem variar muito, dependendo da localização do pavimento (zona geográfica, tipo de edificação, acesso ao exterior, etc.), decidiu-se analisar sua influência sobre o desgaste utilizando diversos tipos de materiais abrasivos presentes em condições reais e estabelecer suas características com base em estudos de validação do método, realizados na prática em locais de alto tráfego.

No que se refere ao meio interfacial, decidiu-se efetuar os ensaios em seco, para não limitar a aplicação do método a superfícies esmaltadas ou de baixa porosidade, uma vez que a presença de um fluido intermediário provocaria diferenças significativas no desgaste por abrasão de pavimentos porosos com capacidade de sucção. Com este critério, o método definido será aplicável não somente a revestimentos cerâmicos mas também a qualquer tipo de pavimento, independentemente do material de que seja constituído, permitindo avaliar comparativamente o desempenho em relação a outros tipos de produtos.

Com respeito à interação entre os elementos, identificou-se a necessidade de utilizar um mecanismo capaz de atuar em todas as direções, uma vez que no processo de abrasão em condições reais, diferentemente do processo de riscamento superficial, não existe uma direção preferencial de movimentação das partículas abrasivas.

Além destes critérios iniciais de projeto, estabeleceu-se também o objetivo de que o novo método pudesse vir a ser adotado como norma nacional e/ou internacional, para pavimentos cerâmicos. Nesse sentido cabe esclarecer que estudos anteriores<sup>3</sup> haviam confirmado a possibilidade de reproduzir o mecanismo de abrasão em condições reais de uso, através de um dispositivo utilizado para simular o movimento de um pé ao caminhar (Tribopodo). Entretanto, sua elevada complexidade dificultou consideravelmente a reprodutibilidade dos resultados obtidos em diferentes laboratórios. Por isso, ao invés de desenvolver um método completamente novo em sua concepção, optou-se por avaliar a possibilidade de adaptar algum dos métodos atualmente empregados para avaliar a resistência à abrasão, com o objetivo de facilitar sua implementação no setor, com o menor custo possível e assegurar a reprodutibilidade dos resultados.

Após analisar os diversos métodos e dispositivos de ensaio, optou-se por modificar o método descrito na norma ISO 10545-7, mantendo

o aparelho de abrasão utilizado para gerar o movimento circular de cada corpo de provas, porém modificando os elementos que constituem o tribosistema de três corpos para adequar aos mecanismos reais de abrasão. Para isso, substituiu-se a carga abrasiva, originalmente de bolas de aço, por um dispositivo cilíndrico com três pontos de apoio feitos de borracha, distribuídos simetricamente em ângulos de 120°, e se modificou o interior do recipiente metálico introduzindo um cilindro de PVC rígido e eliminando-se a junta de borracha deformável para assegurar uma pressão constante exercida pelos pontos de apoio sobre a superfície do pavimento cerâmico (Figura 2).

O dispositivo cilíndrico apresenta uma perfuração central que permite a introdução da quantidade estabelecida de material abrasivo, que se distribui sobre a superfície da amostra durante seu deslocamento. O movimento circular do prato suporte do equipamento de abrasão produz o giro do dispositivo mantendo o contato com a parede interior do recipiente (Figura 3) e define uma trajetória helicoidal dos apoios de borracha sobre o centro da amostra em todas as direções, simulando o efeito dos relevos da sola do sapato sobre a superfície do pavimento.

Para cada revolução completa do prato suporte do equipamento de abrasão, os apoios de borracha do dispositivo atiram o centro da amostra em seis ocasiões, tendo-se estabelecido uma relação entre os diâmetros externo do dispositivo e interno do recipiente que resultam em um ligeiro avanço da posição de giro em cada revolução, de forma que a cada dez revoluções, aproximadamente, se completa uma varredura de toda a superfície da amostra delimitada pelo recipiente.

Este sistema produz um mecanismo de abrasão não direcional similar ao que se produz em condições reais de uso, obtendo-se



Figura 2. Recipiente modificado e dispositivo cilíndrico.

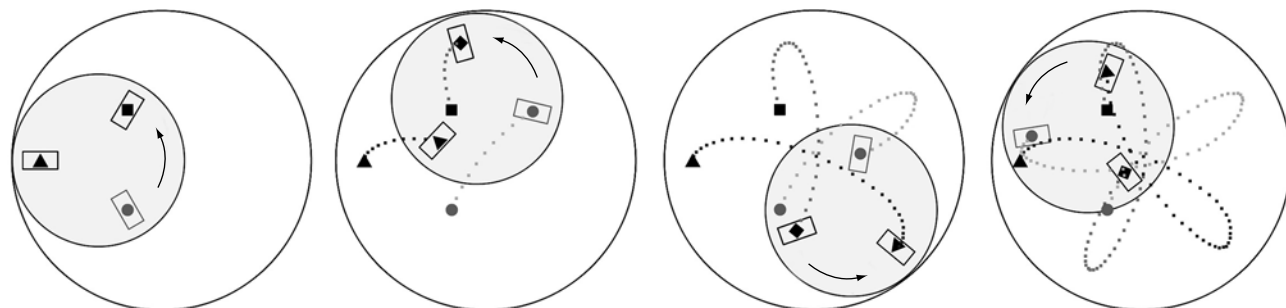


Figura 3. Deslocamento do dispositivo no interior do recipiente.

um perfil de abrasão que aumenta à partir da parte mais externa até alcançar seu máximo no centro da amostra. Após um número preestabelecido de revoluções, o resultado do ensaio pode ser quantificado através da medida da mudança de brilho ou cor produzido na área central da amostra (Figura 4).

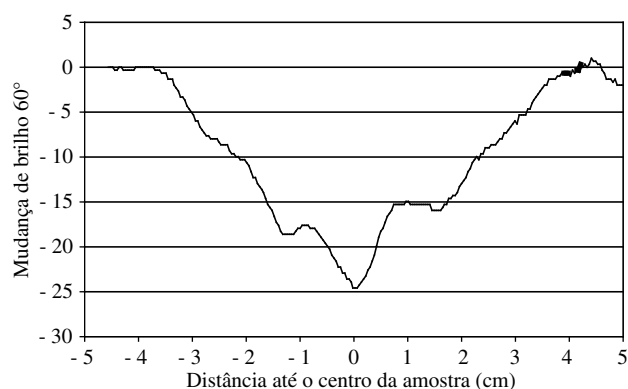


Figura 4. Variação do brilho 60° em amostra submetida à abrasão.

## Referências

1. UNE EN ISO 10545-6 **Baldosas cerâmicas**. Parte 6: Determinación de la resistencia a la abrasión profunda de las baldosas no esmaltadas. AENOR.
2. UNE EN ISO 10545-7 **Baldosas cerâmicas**. Parte 7: Determinación de la resistencia a la abrasión superficial de las baldosas esmaltadas. AENOR.
3. Barberá, J.; Usó, J.; Enrique, J. E.; Felíu, 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.; Felíu, C.; Ibáñez, M. J.; Barberá, J.; Soler, C. Resistencia a la abrasión de pavimentos cerâmicos en condiciones reales de alto tránsito. In: **QUALICER 2002**. Castellón (España). 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 abrasivo normalizado. In: **QUALICER 96**. Castellón (España). 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.

**A segunda parte deste trabalho será publicada no próximo número da cerâmica industrial volume 10, número 5/6, 2005**

# 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.

