

## Revestimentos Cerâmicos: Acima e Além das Aplicações Tradicionais

**Arnaldo Moreno Berto\***

*Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas – AICE,  
Instituto de Tecnología Cerámica – ITC, Universitat Jaume I, Castellón, España*

*\*e-mail: amoreno@itc.uji.es*

**Resumo:** Nos últimos anos os revestimentos cerâmicos têm seguido a mesma tendência de inúmeros outros produtos dos chamados setores industriais tradicionais: a busca de novos usos e aplicações, que permitam ampliar seus mercados usuais. Na verdade, isto não é surpresa, pois as características dos materiais cerâmicos permitem múltiplas aplicações. Um exemplo neste sentido são as “cerâmicas técnicas”; estes materiais cerâmicos têm sido utilizados há anos em áreas relacionadas à alta tecnologia, dado o seu excelente desempenho técnico - especialmente em comparação com outros materiais, como os metais, que há muito tempo têm definido o padrão de desempenho na área de materiais. Entretanto, apesar dos revestimentos também serem produtos cerâmicos, não têm o perfil ou a “aura” tecnológica de um produto do futuro, característica típica das cerâmicas “técnicas” ou “avançadas”. No entanto, as evidências são contrárias a essa impressão superficial. Atualmente os revestimentos cerâmicos já estão sendo comercializados com características e desempenho que os tornam produtos cujas aplicações vão muito além de seu uso convencional. Deve-se perceber, além disso, que estas não são apenas possibilidades futuras: sua realidade industrial e comercial já os torna imediatamente utilizáveis em vários ambientes. E este é precisamente o conceito-chave para as novas aplicações dos revestimentos: as suas características os tornam utilizáveis para funções completamente diferentes – funções até agora reservadas a outros produtos – ou, em certos casos, para funções totalmente novas. Além disso, as funcionalidades envolvidas são destinadas a melhorar aspectos diretamente relacionados com a qualidade de vida e com condições de habitabilidade, ou, por exemplo, para utilizar uma fonte natural de energia tão vital como a radiação solar. Deve-se, portanto, salientar que estas novas gerações de revestimentos cerâmicos devem ser consideradas como parte de um conjunto de elementos arquitetônicos para usos externos e internos, pois, como será visto, eles proporcionam às superfícies que revestem uma ampla gama de propriedades e funções, sem prejuízo das qualidades estéticas, sempre tão características dos revestimentos cerâmicos. Para ilustrar o exposto, o presente artigo descreve três novas famílias de produtos cerâmicos. Estes grupos de produtos são conceitualmente diferentes e multifacetados, o que os tornam úteis como elementos funcionais em diferentes contextos.

**Palavras-chave:**  $TiO_2$ , cerâmicas tradicionais, aplicações funcionais, sensores.

### 1. Revestimentos com Recobrimentos Funcionais

Estes revestimentos passam primeiramente por um processo convencional de manufatura; em seguida determinados produtos são depositados e fixados em sua superfície, proporcionando a eles várias propriedades que os convertem em revestimentos funcionais. Vale destacar dois tipos de recobrimentos de interesse particular, que já foram implementados comercialmente:

#### 1.1. Recobrimentos com propriedades catalíticas, i.e., que podem ser ativados por radiação UV

Formam superfícies com uma série de características especiais, baseadas na habilidade de tais recobrimentos de destruir a matéria orgânica (em estado sólido, líquido ou gasoso) que se deposita ou toca a superfície, e também aumentar a molhabilidade superficial e facilitar o escoamento da água que é depositada, naturalmente ou artificialmente, nestas superfícies.

O recobrimento é extremamente fino, sendo transparente e incolor, não afetando assim o acabamento estético do vidro que

o recebe, mantendo suas qualidades estéticas. Além disso, devido a sua natureza inorgânica, o recobrimento é não-combustível e resistente aos agentes de limpeza convencionais. Como indicado, as propriedades dos recobrimentos são ativadas pela radiação UV, que produz uma série de modificações na estrutura eletrônica interna do recobrimento, mas não afeta sua aparência e suas características técnicas superficiais macroscópicas (dureza, resistência química, etc.). Esta radiação UV está presente na luz do dia (mesmo sem luz solar direta) e, parcialmente, em certas fontes de luz artificial. Deste modo, este tipo de recobrimento é particularmente apropriado para áreas externas e internas expostas à luz natural suficiente, ou com fontes de luz artificial adequadas.

O efeito ativador gerado na superfície não desaparece imediatamente quando a radiação cessa, mas dura por um tempo suficientemente longo (maior que o período noturno) para assegurar sua efetividade. E esta efetividade é baseada na combinação de duas propriedades mencionadas anteriormente: a destruição da matéria

orgânica e a molhabilidade. O resultado é uma série de funcionalidades de amplo interesse e aplicação, que incluem:

- Efeito auto-limpante ou limpabilidade: o fato de a água espalhar-se muito bem sobre estas superfícies faz com que ela remova qualquer material que possa ser encontrado sobre tais superfícies e que possa sujá-las. No caso de superfícies externas expostas, a própria chuva pode agir como agente de limpeza, ou a água pode ser fornecida artificialmente; entretanto, em cada caso, a remoção da sujeira destas superfícies sempre é muito maior que àquela mostrada pelas superfícies cerâmicas convencionais. A afinidade pela água também facilita a remoção de depósitos gordurosos que possam aderir a estas superfícies (uma situação típica nas cozinhas), reduzindo assim a necessidade de usar mais ou menos agentes de limpeza agressivos e desgastantes tóxicos (Figura 1);
- Efeito anti-embaçante (ou antineblina): como o revestimento aplicado aumenta a molhabilidade superficial, qualquer condensação de água aparente não leva à formação de gotas de água que embaçam a superfície e que, quando secas, deixam resíduos de sujeira (um fenômeno importante principalmente nos banheiros); ao contrário, a água condensada escorre pela superfície, deixando-a perfeitamente limpa (Figura 2). O mesmo efeito é igualmente interessante nos exteriores, onde serve para evitar que as gotas de chuva adiram à superfície e degradem sua aparência;
- Efeito esterilizante: a destruição da matéria orgânica que possa ser gerada ou depositada sobre este tipo de superfície tem um duplo efeito extremamente útil em termos de higiene

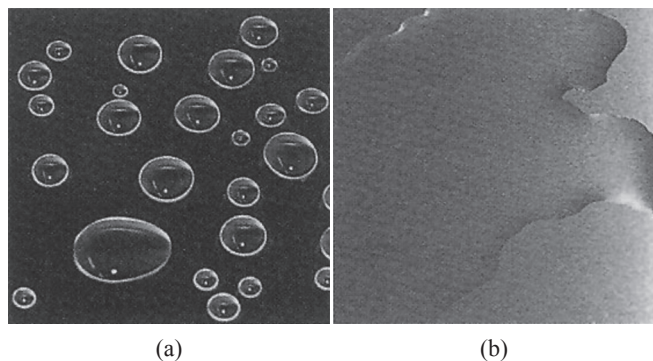


Figura 1. Efeito hidrofílico de um revestimento fotocatalítico.



Figura 2. Efeito anticondensação de um revestimento fotocatalítico.

e conforto. Por outro lado, em situações que propiciem a formação de microorganismos (bactérias, líquens, fungos, mofo, bolor, etc.), o crescimento dos microorganismos e sua reprodução são inibidos pelo contato com estes recobrimentos que, assim, levam à destruição destes. Isto é de particular interesse nas áreas construídas onde é necessária rigorosa higiene (salas de operação, hospitais, refeitórios, etc.), e em áreas internas e externas expostas a grande quantidade de umidade, imediações de piscinas, chuveiros, vestiários e instalações similares. Por outro lado, em tais superfícies, pelas razões expostas acima, a água corrente que possa estar presente nestes ambientes pode facilmente remover os resíduos destes microorganismos, deixando as superfícies limpas e higiênicas. Além disso, estas características também permitem que se trabalhe com um problema muito importante (por exemplo, em áreas públicas): o risco de acidentes por escorregamento devido à presença de matéria orgânica sobre estas superfícies, um risco que assim pode ser diminuído (Figura 3). Outra aplicação desta mesma funcionalidade refere-se à remoção de manchas de tabaco que impregnam paredes, mancham superfícies, e deixam um odor desagradável; e

- Purificação de ar: quando o ar é mantido em contato contínuo com superfícies fotocatalíticas por meio de um sistema de recirculação de ar adequado, os microorganismos carregados pelo ar, responsáveis pelos maus cheiros e atmosferas impuras, são neutralizados produzindo um ambiente mais confortável para a família e para a vida profissional.

Esta tecnologia, inicialmente desenvolvida no Japão nos anos 70, atualmente está disseminada e tem sido adaptada a diferentes substratos, não somente cerâmicos, enquanto a tecnologia envolvida tem sido foco de inúmeras patentes e modelos de utilidade. No presente, várias empresas comercializam revestimentos cerâmicos com estes recobrimentos.

## 1.2. Recobrimentos com propriedades hidrofóbicas

Estes recobrimentos aumentam significativamente o ângulo de contato entre a superfície da peça e a água (Figura 4), conseqüentemente favorecendo a formação de gotas nas quais as partículas de poeira existentes aderem (Figura 5). As gotas deslizam facilmente sobre esta superfície, trazendo consigo a sujeira e auxiliando a manter a superfície livre de material inerte (poeira, resíduos vegetais secos, etc.).

Este efeito se assemelha ao que acontece com as folhas da planta lótus, um típico exemplo na natureza destes tipos de superfícies. O

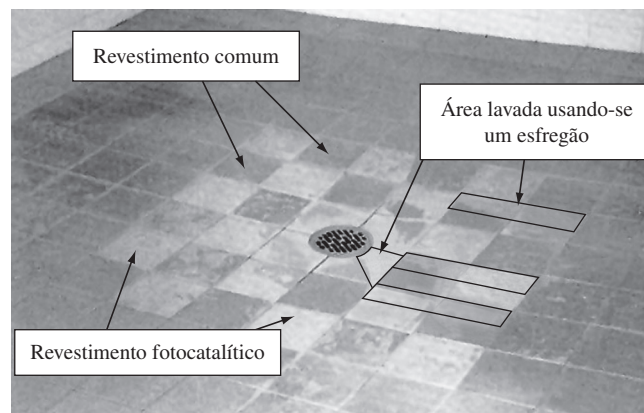
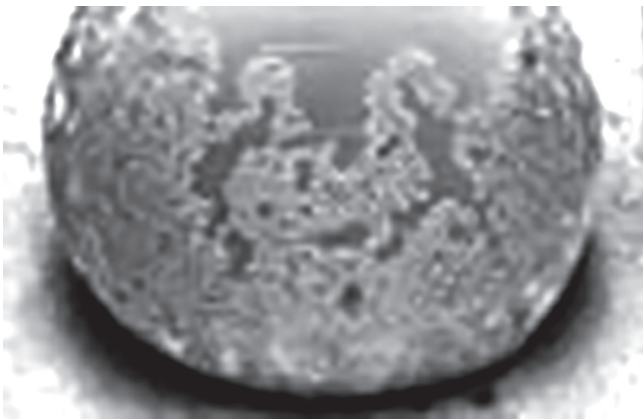


Figura 3. Efeito esterilizante de um revestimento fotocatalítico.



**Figura 4.** Formação de gota sobre uma superfície hidrofóbica.



**Figura 5.** Gota de água com partículas de sujeira sobre um revestimento hidrofóbico.

efeito deriva da morfologia rugosa da superfície destas folhas, que, em conjunto com a existência de pequenos cristais de cera, tornam-nas altamente hidrofóbicas.

Os revestimentos hidrofóbicos usados sobre superfícies vidradas consistem de uma combinação de materiais orgânicos e inorgânicos com dimensões nanométricas, que reduzem a tensão superficial, contribuindo assim para as propriedades da superfície na qual eles foram aplicados. Várias companhias atualmente comercializam estes tipos de produtos. De fato, a aplicação de tais produtos sobre diferentes substratos, tais como telhas e revestimentos cerâmicos esmaltados, levou recentemente à formação de um consórcio industrial em escala europeia.

## 2. Revestimentos Reguladores de Umidade Ambiente

Neste caso está envolvido um produto desenvolvido e comercializado por uma companhia japonesa. O produto apresenta poros aparentes pequenos e com distribuição bem controlada que, em conjunto com a natureza específica de sua composição, permitem a ele trocar umidade com o ambiente circundante. Assim, se o ambiente é particularmente úmido, o revestimento absorve parte desta umidade, diminuindo-a a condições habitáveis – nunca inferiores a 40% de umidade relativa (UR); inversamente, quando o ambiente está muito seco, o produto libera parte da água retida

em si para o ambiente, umidificando o ar e criando condições confortáveis (UR < 70%). Estes dois valores de UR são citados por representar os limites do intervalo mais apropriado de UR para os seres humanos conduzirem suas atividades de um modo normal e confortável. Deste modo, o uso deste tipo de produto como um revestimento para superfícies internas permite que se mantenham as condições ambientais nas áreas vizinhas especialmente confortáveis para aqueles que vivem ou trabalham nelas, suavizando as variações naturais na umidade relativa do ambiente, que ocorrem, por exemplo, entre dia e noite ou como resultado de mudanças das condições climáticas (Figura 6).

As consequências adicionais do modo operacional tão particular deste produto são a eliminação de odores ruins e de microorganismos que se desenvolvem em áreas com umidade muito elevada. Com relação aos odores, à medida que o revestimento absorve a umidade ambiente também determina sua capacidade de absorver componentes voláteis que são responsáveis pelos odores desagradáveis no ar e, deste modo, seu efeito de purificador de ar. Estes compostos permanecem fixados no interior da estrutura porosa da peça, e não retornam ao ambiente quando ocorre dessorção de água. Por outro lado, se a umidade ambiente é mantida abaixo de 70% da UR as gotas de água não condensam; e nem os microorganismos (mofo, bactéria, etc.) formam-se ou crescem, pois as condições mais adequadas para o desenvolvimento dos microorganismos envolvem elevada umidade relativa e elevada temperatura (Figura 7). Assim, as características destes produtos resultam em melhores condições de higiene e de habitabilidade nos ambientes revestidos com eles (Figura 8).

Estes tipos de revestimentos cerâmicos mostram uma grande variação de acabamentos e texturas, esteticamente comparáveis àqueles dos produtos convencionais. Entretanto, como são utilizados produtos porosos não vidrados, as alegações dos fabricantes sobre a limpabilidade do produto (uma propriedade tão característica dos revestimentos) devem ser apropriadamente verificadas, para assegurar a adequação do produto ao uso pretendido.

## 3. Revestimentos Equipados com Elementos Funcionais

Este campo oferece inúmeras possibilidades, que aumentam diariamente com o contínuo e crescente avanço das tecnologias de sensores, da eletrônica e da miniaturização. O que há poucos anos parecia tecnicamente inatingível hoje, em muitos casos, tornou-se uma realidade. Deste modo, uma grande variedade de elementos sensoriais pode agora ser acoplada com relativa facilidade aos revestimentos cerâmicos, proporcionando a estes funcionalidades novas e não tradicionais.

Os sensores podem ser instalados em peças com formas variadas – na superfície de trabalho ou na parte inferior – e gerar um sinal elétrico que pode ser transmitido para vários sistemas, como iluminação, sistemas acústicos ou de outra natureza. Além disso, este sinal elétrico não precisa ser transmitido através de um suporte físico (fiação convencional), mas pode ser enviado por telemetria (transmissão via rádio), o que facilita a instalação de revestimentos sensoriais.

No entanto, a instalação deve levar em conta que o sistema eletrônico necessário para processar o sinal detectado pelo sensor e convertê-lo em um sinal elétrico (possivelmente em adição ao rádio emissor) deve estar localizado na parte posterior dos revestimentos. Isto exige que se deixe um pequeno espaço entre a parte posterior da peça e a base de assentamento, no qual o processador possa ser alojado. Esta diferença (menos de dois centímetros de largura) não apresenta qualquer problema específico, pois sistemas semelhantes já são comuns na construção civil – por exemplo, paredes com fachadas ventiladas ou pisos elevados – para o posicionamento dos diversos cabos de instalação.

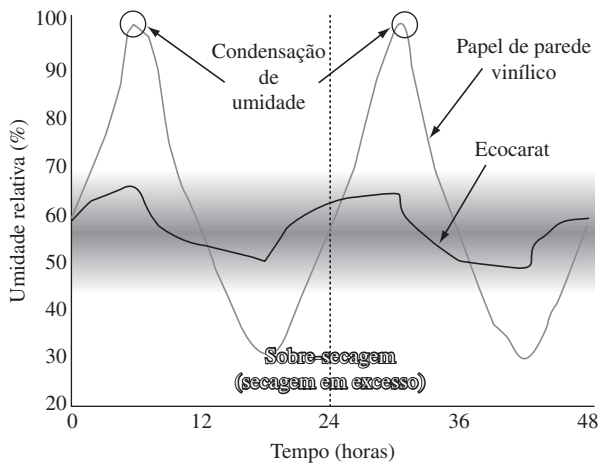


Figura 6. Variação da umidade relativa do ambiente com o tempo.

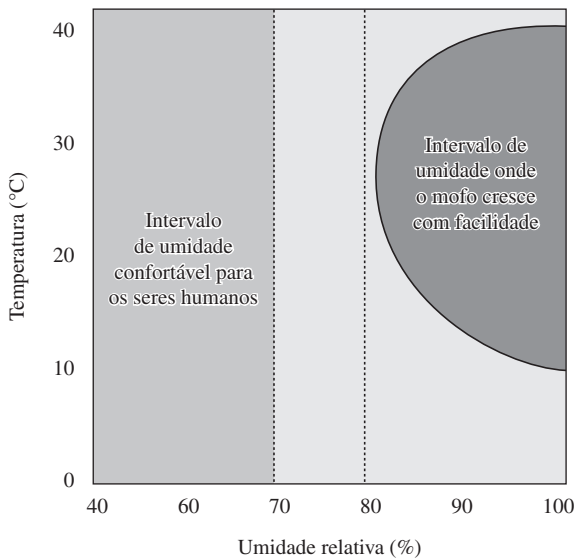


Figura 7. Efeito das condições do ambiente sobre o desenvolvimento e propagação dos microorganismos.

Se os elementos sensoriais são posicionados na superfície da peça, então devem estar devidamente integrados ao seu acabamento superficial, a fim de manter a qualidade estética desejada. Isto é perfeitamente viável com os sistemas de decoração já utilizados, tais como a serigrafia, a rotogravura, etc., ou por outros sistemas mais sofisticados (menos comuns no setor de revestimentos cerâmicos), tais como a deposição física de vapor (PVD). Estes sistemas permitem a deposição de camadas condutoras que funcionam como elementos sensoriais e que, ao mesmo tempo, podem fazer parte de um design esteticamente atraente, por exemplo, como ocorre nos revestimentos metalizados, atualmente muito em voga entre os consumidores.

Deste modo, quando um contato é estabelecido com esta camada condutora gera-se um sinal elétrico, que pode ligar uma fonte de som, luz, etc. Isto permite utilizar esse sistema como um sensor de contato para ligar a luz (interruptor), acionar alarmes ou detectar pegadas. Além disso, uma vez que o contato com a água também produz esse sinal elétrico, estes sistemas podem ser utilizados como detectores de vazamento de água quando a superfície sensorial for montada, por exemplo, na parte inferior de rodapés ou lambris (Figura 9). Em um tipo alternativo de instalação o elemento sensorial torna-se parte integrante da face posterior da peça, deixando a superfície inalterada. Tal aplicação é baseada na utilização de sensores de pressão. Isto permite usar o revestimento cerâmico como elemento para medição de peso, ou, mais simplesmente, como detector de pegadas, para fins de segurança, estatística, etc. Outra opção, ainda mais atraente, envolve o uso de sensores que detectam a proximidade de objetos ou pessoas através do revestimento, sem contato com a superfície da peça; o sinal resultante pode, então, acionar alarmes, ligar luzes, abrir ou fechar as portas, etc. Em ambos os casos, a própria peça funciona como um sensor, sem qualquer sinal externo visível.

Estas formas de instalação de elementos sensores em revestimentos cerâmicos foram apresentadas por uma empresa espanhola na CEVISAMA 2004 em Valência, sendo então premiada com o “Alfa de Oro”.

Esta mesma empresa, em cooperação com duas outras empresas espanholas, desenvolveu e patenteou outra aplicação extremamente interessante, na qual revestimentos cerâmicos são equipados com células fotovoltaicas. Neste caso, células fotovoltaicas convencionais são montadas sobre revestimentos porcelânicos



Figura 8. Influência do tipo de recobrimento sobre o desenvolvimento de microorganismos.

por meio de um processo baseado na aplicação de recobrimentos protetores transparentes, que fornecem às peças as propriedades necessárias para que as mesmas resistam às condições ao ar livre, como adesão da célula ao substrato, isolamento térmico da célula em relação ao ambiente externo e resistência mecânica superficial. Assim, o revestimento cerâmico torna-se um gerador de energia elétrica, utilizando a energia solar como uma fonte de energia renovável. Este sistema permite a montagem de painéis solares nas estruturas arquitetônicas, por exemplo, utilizando essas peças como coberturas de telhados, ou permite combinar a função de geração de energia com sua utilização, por exemplo, como uma barreira de som. Esta dupla função já foi consagrada em uma instalação ao longo de uma auto-estrada na Alemanha, que está em funcionamento há mais de dois anos (Figura 10). Finalmente, um outro tipo de funcionalidade (diferente do que foi exposto) merece atenção, pois resulta em ambientes mais agradá-



Figura 9. Rodapé cerâmico com a superfície de trabalho sensorial.



Figura 10. Painel de revestimentos porcelânicos equipado com células fotovoltaicas.



Figura 11. Listelo equipado com um purificador de ar.

veis: neste caso, os revestimentos cerâmicos são equipados com elementos que dispersam substâncias aromáticas voláteis, que se difundem na atmosfera, proporcionando um aroma agradável. Estes itens cerâmicos, por conseguinte, agem como purificadores de ar e neutralizadores de odor, ou como distribuidores de fragrâncias.

Estes produtos são acessórios cerâmicos (do tipo “trim”), onde em sua parte de trás está alojado um dispositivo que contém o purificador de ar. O purificador de ar atinge a superfície por meio de um pequeno tubo, aberto ao exterior, através do qual o produto é progressivamente disperso. Um segundo tubo alojado no interior do “trim” tem a função oposta, ou seja, para a recarga do purificador de ar. O acabamento do “trim” integra as aberturas de entrada e saída destes tubos por meio de um design atraente (Figura 11). Este item foi apresentado em 2005 na CEVISAMA, em Valência, onde foi premiado com o Primeiro Prêmio da Competição Internacional de Desenho Industrial e Inovação Tecnológica.

#### 4. Conclusão

Em suma, neste artigo foram destacadas algumas das múltiplas possibilidades que atualmente estão abertas ao uso de revestimentos cerâmicos, com base em novas, e até agora inexploradas, funcionalidades destes produtos. Foram descritas brevemente algumas poucas funcionalidades que agora são realidades industriais, mas muito mais pode ser esperado, se esta linha tiver continuidade. Isto exigirá uma colaboração íntima entre os diferentes atores envolvidos na produção e utilização destas novas aplicações, que vão desde os fabricantes de revestimentos cerâmicos aos responsáveis por suas especificações, arquitetos e designers de interiores, a fim de explorar plenamente todas as potencialidades oferecidas por esses produtos.

#### Referências

1. FUJISHIMA, A.; HASHIMOTO, K.; WATANABE, T. **TiO<sub>2</sub> photocatalysis: fundamentals and applications**. Tokyo: BKC, 1999.
2. BASF. Disponível em: < <http://www.basf.com.br/default.asp?id=959> >. Acesso em: 2002.
3. INAX ECOCARAT COMMERCIAL BROCHURE. [S.L]: [s.n], July, 2004.
4. FRITTA, S. L. ITC.
5. CEVISAMA (Press Office).
6. BAUMANN, M. et al. Learning from the lotus flower: selfcleaning coatings on glass. In: GLASS PROCESSING DAYS CONFERENCE. **Proceedings...** Tampere: J.Vitkala, p. 330-333, 2003.
7. BENEDIX, R. et al. Application of titanium dioxide photocatalysis to create self-cleaning building materials. **Lacer**, v. 5, p. 157-168, 2000.
8. FRAZER, L. Titanium dioxide: environmental white knight?. **Environmental health perspectives**, v. 109, n. 4, p. 174-177, 2001.
9. FUKUMIZU, H. et. al. Study on humidity controlling material. Part 2. relation between humidity controlling characteristic and pore distribution. In: THE ANNUAL MEETING OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN. **Proceedings...** Tokay: Japan Ceramic Society, 52 p., 1995.
10. FUKUMIZU, H.; YOKOYAMA, S. Study on new humidity controlling material using porous soil allophane. Part 1: experiment laboratory's houses. In: ANNUAL MEETING OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF JAPAN. **Proceedings...** [S.L]: [s.n], p. 255-256, 1999.
11. FUKUMIZU, H.; YOKOYAMA, S. Study on new humidity controlling material using porous soil allophane: evaluation of humidity controlling performance test in houses. **AIJ Journal of Technology and Design**, v. 21-24, p. 106-116, 2000.
12. HOHENSTEIN, H. Coatings with nano-particles for windows and façades. In: GLASS PROCESSING DAYS CONFERENCE. **Proceedings...** Tampere: J. Vitkala, p. 338-339, 2003.
13. HOUAS, A. et al. Photocatalytic degradation pathway of methylene blue in water. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 31, p. 145-157, 2000.

14. MALLOY, H. 'Environmentally friendly' ceramic tile. **Cerâmica Industrial**, v. 149, n. 10, p. 37-42, 1999.
15. MURAGUCHI, Y. Development of self humidity control wall. In: **SCIENCE FOR NEW TECHNOLOGY OF SILICATE CERAMICS. Proceedings...** Faenza: Techna, p. 213-222, 2003.
16. NAKATSUJI, T.; RÄSÄNEN, L. **Titanium dioxide photocatalyst and a method of preparation and uses of the same**. World patent 03/048048 A1, 12 junho 2003.
17. OVERS, M. New properties for glass surfaces based on chemical nanotechnology. In: GLASS PROCESSING DAYS CONFERENCE. **Proceedings...** Tampere: J. Vitkala, p. 498-500, 2003.
18. PAZ, Y. et al. Photooxidative self-cleaning transparent titanium dioxide films on glass. **Journal of Materials Research**, v. 10, n. 11, p. 2842-2848, 1995.
19. SANDERSON, K. D. et al. Photocatalytic coatings for self cleaning glass. In: GLASS PROCESSING DAYS CONFERENCE. **Proceedings...** Tampere: J. Vitkala, p. 321-325, 2003.
20. SAITO, M. TiO<sub>2</sub> photocatalyst materials. In: **Advanced materials and opto-electronics**. Sumitomo: Osaka Cement, Co., p. 28-31, 1998. Technical Report.
21. SEPEUR, S. Innovative surfaces for the ceramic industry. **ZI Int**, v. 1-2, p. 19-24, 2001.
22. WATANABE, T. et al. Fabrication of TiO<sub>2</sub> photocatalytic tile and its practical applications. In: EURO CERAMICS, 4. **Proceedings...** Faenza: Faenza Editrice, p.175-180, 1995.
23. WINKLER, J. **Titanium dioxide**. Hannover: Vincentz Verlag, 2003.