

Ponencia 150- B1

MEJORA DE LA ADHERENCIA ENTRE LAS BALDOSAS DE VIDRIO Y EL MORTERO DE CEMENTO MEDIANTE ORGANOSILANOS

Alexandra A. P. Mansur¹ y Herman S. Mansur^{1*}

¹ Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de los Materiales de la Universidad Federal de Minas Gerais, Rua Espírito Santo, 35/316 – Centro. Belo Horizonte/MG, 30.160-030, Brasil

*hmansur@demet.ufmg.br

Palabras clave: funcionalización superficial, baldosa de vidrio, mortero de cemento pórtland, interfase híbrida.

Resumen: La adherencia entre las baldosas de vidrio y los morteros de cemento es crucial para la estabilidad de los sistemas de baldosas y, sobre la base de las características químicas, solamente es previsible que se desarrollen las débiles fuerzas de van der Waals y las interacciones hidrófilas entre las baldosas de vidrio y el mortero de cemento pórtland. En este sentido, el objetivo principal de este trabajo ha sido la utilización de organosilanos como imprimaciones para modificar las propiedades superficiales de la baldosa de vidrio con vistas a mejorar la adherencia entre las baldosas de vidrio y los morteros de cemento. La superficie de las baldosas de vidrio se ha tratado con varios derivados de silano con funcionalidades específicas. Se han utilizado las medidas del ángulo de contacto y la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier como técnicas de caracterización para evaluar el carácter de la superficie modificada. Para poder evaluar el efecto sobre las propiedades de adherencia se han realizado ensayos de arranque. Los resultados del ángulo de contacto han aportado evidencia fiable que los ángulos de contacto han pasado de hidrófilos a hidrófobos después de la modificación con el silano. Los espectros obtenidos por FTIR presentaron picos importantes asociados a las mitades orgánicas. Los resultados del ensayo de arranque indican que la modificación superficial afecta a la capacidad de adherencia entre el mortero de cemento y la baldosa de vidrio. Los resultados de la adherencia varían en un amplio intervalo, lo cual refleja el equilibrio global del silano y de las características del cemento, incluyendo el grupo organofuncional reactivo, las características hidrófobas, y el tipo de interacciones que se desarrollan entre el silano y el cemento.

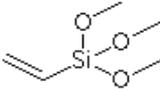
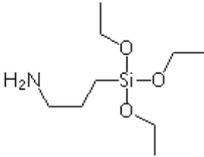
1. INTRODUCCIÓN

La adherencia entre las baldosas de vidrio y los morteros de cemento es crucial para la estabilidad de los sistemas de baldosas y, sobre la base de las características químicas, solamente es previsible que se desarrollen las débiles fuerzas van der Waals y las interacciones hidrófilas entre las baldosas de vidrio y el mortero de cemento pórtland. Por otra parte, la modificación superficial se realiza generalmente para crear o modificar ciertas propiedades superficiales y los agentes de acoplamiento tipo silano suelen ser los productos utilizados para modificar las características superficiales. Asimismo, se ha estudiado también la posibilidad del desarrollo de uniones covalentes entre algunos organosilanos y el cemento a través de uniones covalentes. En este sentido, el objetivo principal de este trabajo ha sido el uso de los organosilanos como imprimaciones para modificar las propiedades superficiales de las baldosas de vidrio con vistas a mejorar la adherencia entre las baldosas de vidrio y los morteros de cemento.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para el estudio se han seleccionado unas baldosas de vidrio de sosa y cal para evaluar el efecto de la modificación con el silano en la adherencia entre el mortero y la baldosa de vidrio modificada con el silano. La superficie de la baldosa de vidrio se ha tratado con varios derivados de silano con funcionalidades específicas. Se han escogido los grupos amino y vinilo como funcionalidades reactivas de los silanos para evaluar su compatibilidad con el cemento pórtland (tabla 1). Los silanos fueron suministrados por Sigma-Aldrich.

Tabla 1 – Silanos utilizados en este trabajo.

Reactivo	Estructura Química
Trimetoxisilano de vinilo	
(3-Aminopropilo)triethoxisilano	

Antes de aplicar el silano, se han reducido las impurezas superficiales y se ha aumentado la concentración de hidroxilos. Las impurezas superficiales de la baldosa de vidrio se han reducido por inmersión de la misma en ácido nítrico al 20% durante 2 horas, con lavado a continuación con agua desionizada, seguido de inmersión en agua desionizada durante la noche, con secado posterior.

Se aumentó la funcionalización de los hidroxilos de la baldosa mediante inmersión en una mezcla de 70:30 de agua desionizada: 30% de peróxido de hidrógeno durante 45 min a unos 70 °C, dejando caer, a continuación, 5 ml de NH₄OH por cada 100 ml de la mezcla. Después del enfriamiento, la baldosa de vidrio se lavó con agua desionizada y después se secó en metanol.

La aplicación del silano se ha realizado dejando caer 500 µl de alcoxisilano sobre la superficie del vidrio, extendiendo el silano con la utilización de otra baldosa de vidrio. La capa de silano se había policondensado a las 2 horas dentro de una cámara de vapor de agua. A continuación, los materiales sobrantes se han eliminado, lavando la pieza mediante inmersión en metanol.

La influencia de la funcionalización superficial sobre el comportamiento hidrófilo/hidrófobo del sustrato de vidrio se ha estimado mediante medidas del ángulo de contacto. Hemos evaluado el ángulo medio de contacto de agua Milli-Q (18.0 MΩ) extendida por las baldosas de vidrio. Asimismo, se ha utilizado también la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para caracterizar la presencia de grupos químicos orgánicos en las baldosas de vidrio inorgánicas, reflejando la eficacia del procedimiento desarrollado para la funcionalización de la superficie. La técnica de transmisión (FTIR Spectrum 1000, Perkin Elmer) se ha utilizado dentro del intervalo entre 4000 y 2700 cm⁻¹ durante 32 barridos. Se ha escogido este intervalo porque contiene la mayoría de los picos de estiramiento de -CH sin solapamiento con los picos característicos de vidrio.

Se han utilizado el cemento pórtland tipo CPII-F 32 según la norma brasileña NBR 11578/91 y el agua desionizada para preparar los morteros. Se ha utilizado una relación de cemento:arena de 1:1.7 (en peso) para preparar el mortero. La relación agua/cemento fue de 0.6. El mortero se mezcló a mano durante 3 min. A continuación, se dejó reposar el mortero durante 10 minutos, tapándolo con un paño húmedo, seguido de 1 min de mezclado antes de su uso. Se ha aplicado una sola capa de mortero de cemento con un grosor medio de 6 mm en la superficie de un sustrato de hormigón. Después de situar las baldosas en el mortero, se aplicó una carga de 10 MPa durante 60 segundos para promover la extensión y la penetración del mortero en la rugosidad superficial. Los sustratos de hormigón se dejaron en una cámara de humedad y temperatura controladas (T = (25±5)°C y HR > 90%) durante 10 días; a continuación, se realizó el curado a temperatura de ambiente en el laboratorio (T = (25±5)°C y HR = (70±10)%) durante 14 días antes de realizar los ensayos de arranque. Los análisis del arranque se han llevado a cabo adaptando las recomendaciones del método de ensayo de la norma brasileña NBR 14084/98.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medidas del ángulo de contacto indican una importante diferencia en el comportamiento hidrófilo de la baldosa de vidrio pura comparada con las baldosas de superficie modificada. Los valores medios del ángulo de contacto (θ_c) se presentan en la figura 1. Estos valores concuerdan con la bibliografía.

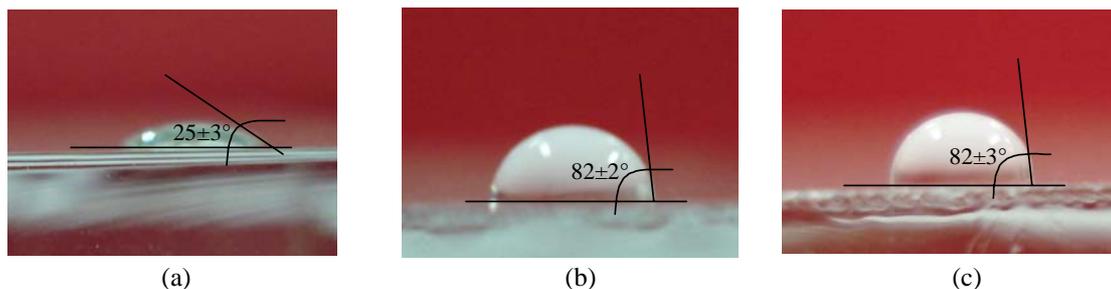
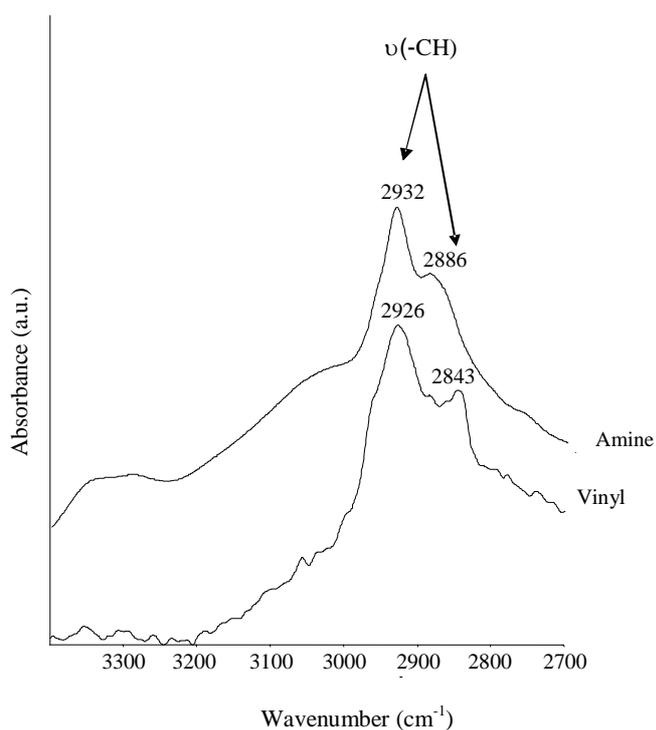


Figura 1 – Medidas del ángulo de contacto para el control (sin modificar) (a), y de las baldosas de vidrio modificadas con amina (b), y vinilosilano (c).

En la figura 2, se presentan los espectros de FTIR de las baldosas de vidrio modificadas con los alkosilanos. Se observa la presencia de bandas de vibración de estiramiento de $-CH$ ($2850-3000\text{ cm}^{-1}$) asociadas principalmente al grupo propilo introducido por la funcionalización de la superficie de vidrio.

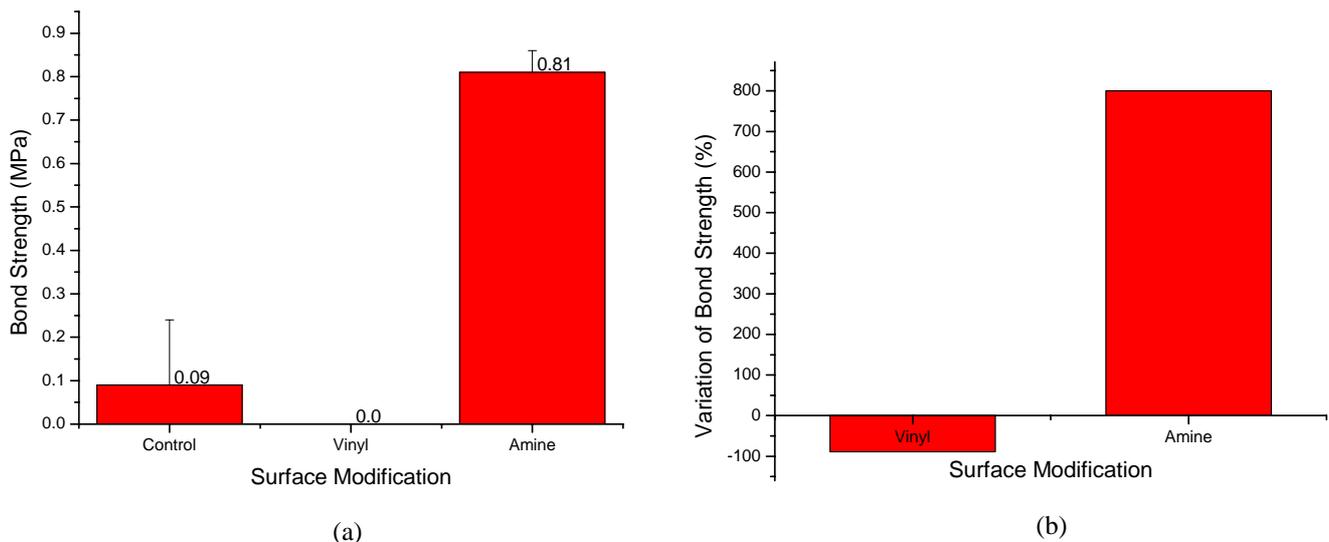
La figura 3(a) presenta la influencia de la modificación superficial en la capacidad de adherencia de los morteros y la figura 3(b) indica la variación de la capacidad de adherencia debida a la modificación superficial.



Texto figura:
Absorbancia (u.a.)
Número de onda (cm^{-1})

Amina
Vinilo

Figura 2 – Espectros de FTIR para la superficie de vidrio modificada.



Texto figura:

Capacidad de adherencia (MPa)

Control Vinilo Amina
Modificación superficial

Variación de la capacidad de adherencia (MPa)

Vinilo Amina
Modificación superficial

Figura 3 – (a) Efecto de la modificación superficial en la capacidad de adherencia de los morteros de cemento pórtland con las baldosas de vidrio. (b) Variación de la capacidad de adherencia debida a la modificación superficial.

El análisis estadístico de los resultados de la capacidad de adherencia indica un aumento significativo de la adherencia, con un 95% de confianza, para la baldosa de vidrio modificada con (3-Aminopropilo) trietoxisilano. Para este grupo funcional también hemos verificado un cambio importante del modo de ruptura, sobre todo al pasar del fallo interfacial a un modo de fallo interfacial-cohesivo mezclado del mortero (figura 4). Sin embargo, para el vinilsilano, se ha verificado una disminución de la capacidad de adherencia.

Se cree que el incremento de la capacidad de adherencia y la ruptura cohesiva del mortero están asociados a las uniones covalentes entre los hidratos de silicato cálcico y los derivados de alcoxidos (C-S-H) (figura 5). Minet *et al.* (2006) y Franceschini *et al.* (2007) han demostrado la incorporación de grupos orgánicos a partir de alcoxisilanos en los hidratos de silicato cálcico en medios alcalinos a temperatura ambiente sin perturbación del marco inorgánico C-S-H. Estos resultados se han obtenido para grupos inorgánicos muy pequeños, como el amino. Para grupos orgánicos más grandes o para los altamente hidrófobos, como el vinilo, se ha producido la separación de la fase, de acuerdo con los resultados de los ensayos de arranque.

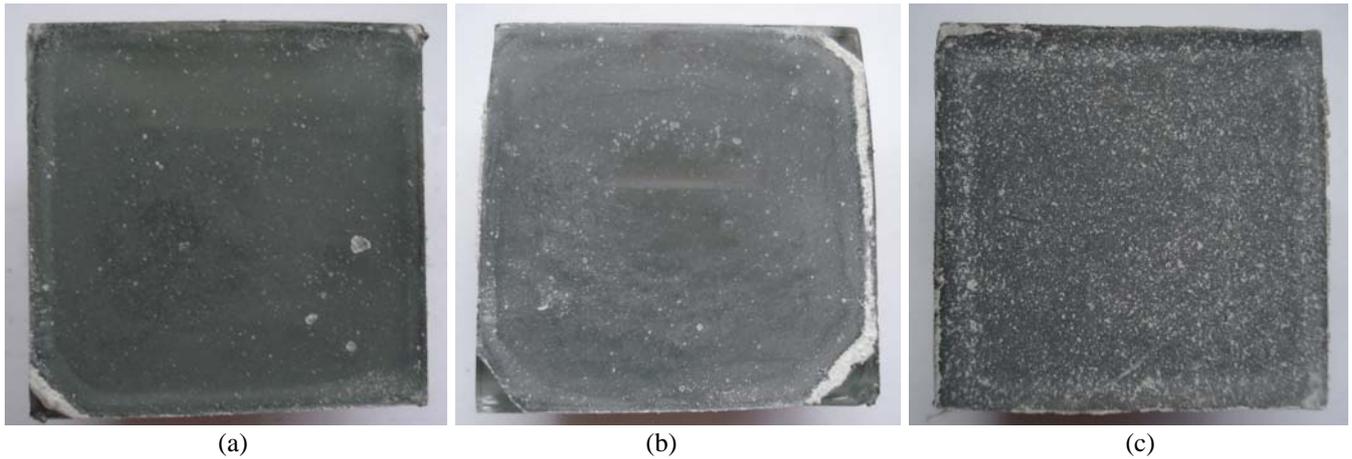


Figura 4 – (a) Modo interfacial de ruptura para la baldosa de vidrio de control y (b) para la superficie modificada con vinilsilano. (c) Modo de fallo interfacial-cohesivo mezclado del mortero debido a la modificación de la baldosa de vidrio con aminosilano.

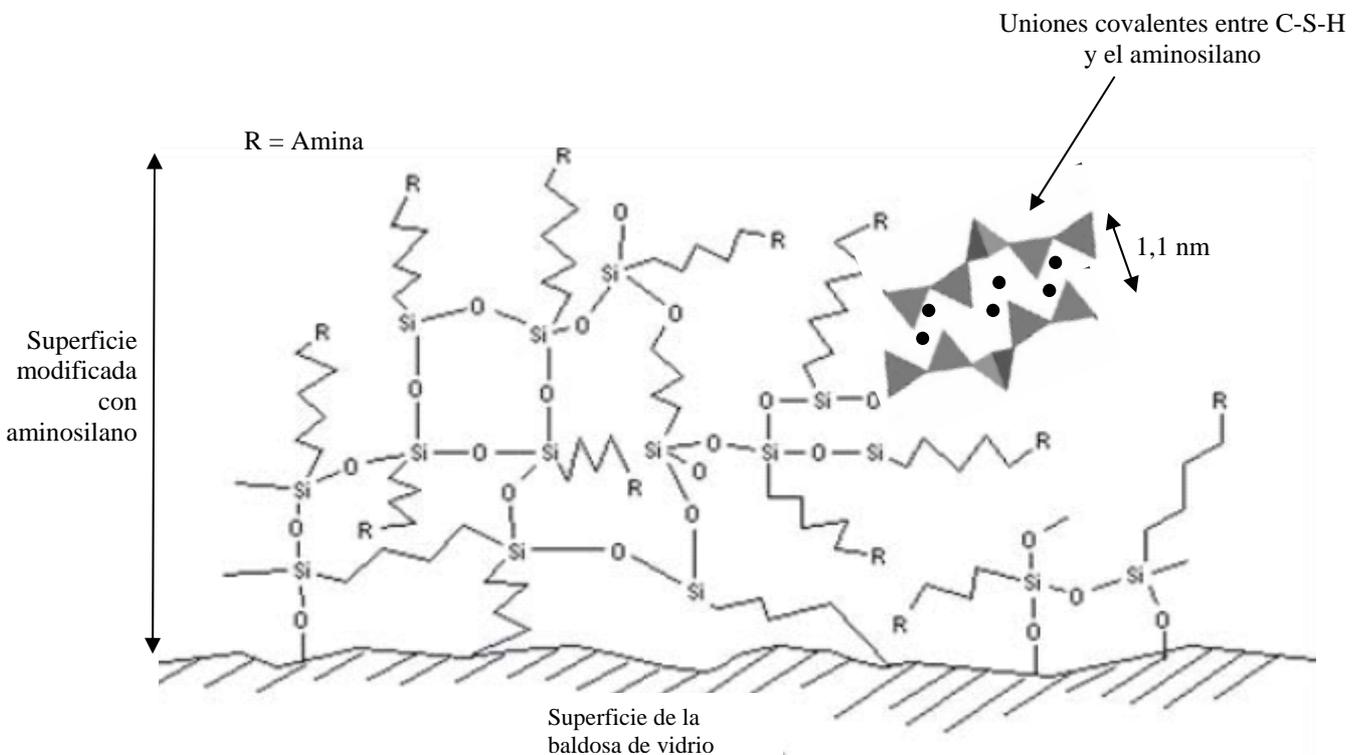


Figura 5 – Posibles interacciones entre los aminosilanos y el cemento pórtland.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos demostrado, a través del ángulo de contacto y las medidas de FTIR, que el método propuesto de la aplicación y reacción de silano ha permitido funcionalizar eficazmente la superficie de la baldosa de vidrio. Asimismo, se han verificado también los efectos de la modificación superficial en la capacidad de adherencia entre el mortero de cemento pórtland y la baldosa de vidrio. Los resultados de la adherencia variaron en un amplio intervalo, que reflejaba el equilibrio global de las características del silano y del cemento, incluyendo el grupo organofuncional reactivo, las características hidrófobas/hidrófilas, y el tipo de interacciones que se desarrollan entre el silano y el cemento. Los resultados indican que los aminosilanos han sido eficaces a la hora de mejorar la adherencia entre el mortero de cemento pórtland y los materiales como las baldosas de vidrio.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. C. Chu-jiang, S. Zhi-gang, X. Yu-shan y M. Shu-lin, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 39, 4829 (2006)
2. H. S. Mansur, Z. P. Lobato, R. L. Oréface, W. L. Vasconcelos, C. Oliveira, y L. J. Machado, *Biomacromolecules*, 1, 789 (2000)
3. J. Rottstegge, M. Arnold, L. Herschke, G. Glasser, M. Wilhelm, H.W. Spiess, y W. D. Hergeth, *Cem. Concr. Res.*, 35, 2233 (2005)
4. J. Minet , S. Abranson, B. Bresson, H. V. Damme, A. Franceschini, y N. Lequeux, *J. Mat. Chem.*, 16, 1379 (2006)
5. A. Franceschini, S. Abranson, V. Mancini, B. Bresson, C. Chassenieux, y N. Lequeux *J. Mat. Chem.*, en prensa

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido de CNPq.