

Análisis de morteros de reparación compuestos por copolímeros de vinilo, PVA y SBR

M. H. de Souza^{1*} , R. A. de Souza¹ 

* Autor de Contacto: mateushsouza@outlook.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i3.330>

Recepción: 09/07/2018 | Aceptado: 27/05/2019 | Publicado: 30/07/2019

RESUMO

Este trabajo tuvo por objetivo desarrollar y analizar morteros poliméricos de reparación compuestas por copolímero vinílico, PVA (acetato de polivinilo) y SBR (estireno-butadieno). Se realizaron ensayos para la determinación de las resistencias a la compresión y tracción por compresión diametral. Además, se determinó la resistencia adherente entre la reparación y el hormigón por medio de un ensayo de tracción por compresión diametral. Entre los materiales probados, se notó que el material modificado por SBR tuvo el mejor desempeño, sobre todo con relación a la adherencia al concreto. En general, los resultados mostraron que los morteros modificados por los polímeros estudiados pueden atender a la función de material de reparación.

Palabras clave: reparar; mortero polimérico; manifestaciones patológicas; reparar mortero; fuerza de agarre.

Citar como: de Souza, M. H., de Souza, R. A. (2019), “Análisis de morteros de reparación compuestos por copolímeros de vinilo, PVA y SBR”, Revista ALCONPAT, 9 (3), pp. 277 – 287, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i3.330>

¹ Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

Información Legal

Revista ALCONPAT es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A. C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org

Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor.

Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la ALCONPAT Internacional A.C.

Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el segundo número del año 2020 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del primer número del año 2020.

Analysis of compost repair mortars by vinyl copolymer, PVA and SBR

ABSTRACT

This work has as its objective the development and analysis of compostable polymeric mortars using vinyl copolymer, PVA (polyvinyl acetate) and SBR (styrene-butadiene). Tests were carried out to determine the compressive and diametral compression tensile strengths. In addition, the adhesive strength between the repair and the concrete was determined by means of a diametral compression traction test. Among the materials tested, it was noticed that the material modified by SBR had the best performance, especially with respect to the adhesion to the concrete. In general, the results show that modified polystyrene hair hairs can be used to repair material.

Keywords: repair, polymer mortar, pathological manifestations, repair mortar, adhesion strength.

Análise de argamassas de reparo compostas por copolímero vinílico, PVA e SBR

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo desenvolver e analisar argamassas poliméricas de reparo compostas por copolímero vinílico, PVA (acetato de polivinila) e SBR (estireno-butadieno). Foram realizados ensaios para a determinação das resistências à compressão e tração por compressão diametral. Além disso, determinou-se a resistência aderente entre o reparo e o concreto por meio de um ensaio de tração por compressão diametral. Entre os materiais testados, notou-se que o material modificado por SBR teve o melhor desempenho, sobretudo com relação à aderência ao concreto. De modo geral, os resultados mostraram que as argamassas modificadas pelos polímeros estudados podem atender à função de material de reparo.

Palavras-chave: reparo; argamassa polimérica; manifestações patológicas; argamassa de reparo; resistência à aderência.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de los avances tecnológicos en la industria de la construcción, en muchos casos se puede observar la falta de calidad de las estructuras de hormigón. Este hecho puede afectar el rendimiento y la vida de estas construcciones (Geiker, 2012). Por lo tanto, es necesario comprender las fallas constructivas y los mecanismos que conducen al deterioro de las estructuras de concreto. Con el conocimiento de fallas en estructuras de concreto, se deben llevar a cabo intervenciones técnicas para mejorar el rendimiento y la vida útil de las estructuras.

Actualmente en el mercado, hay productos que ayudan a resolver las manifestaciones patológicas de la construcción. Sin embargo, el mismo material puede comercializarse para remediar problemas estructurales de propiedades bastante diferentes. En el caso de estructuras de concreto, si las propiedades del sustrato y los materiales de reparación tienen valores diferentes, puede ocurrir incompatibilidad. Por lo tanto, la reparación puede verse comprometida (Helene, 1992). En resumen, la incompatibilidad entre los materiales de reparación y el sustrato puede conducir a problemas futuros con el servicio de reparación (Luković et. Al, 2012). Por lo tanto, uno debe comprender las diferencias entre los morteros poliméricos para usarlos de manera eficiente.

Las contribuciones hechas a los morteros mediante la adición de adhesivos poliméricos hacen que las reparaciones a las estructuras de concreto sean más efectivas en su aplicación. Al agregar aditivos poliméricos, se mejoran las propiedades de adhesión, plasticidad, cohesión, flexibilidad,

impermeabilidad y durabilidad y, por lo tanto, es posible realizar varios tipos de reparación (Soufi et. Al, 2016).

Entre las propiedades requeridas para un mortero de reparación de estructuras de concreto, la adhesión es una de las más importantes. En casos de avería de reparación, la mayoría de los casos de fractura se localiza en la zona de transición entre materiales nuevos y viejos (Ueda et. Al, 2011). Por lo tanto, se puede considerar que la adhesión entre los diferentes materiales cementosos depende principalmente de la rigidez, limpieza y aspereza del sustrato (Speche y León, 2011).

La verificación de la capacidad de unión entre materiales se puede realizar mediante técnicas de tracción indirecta. En estas situaciones no se aplican cargas de tracción directa. Sin embargo, los valores de adhesión se obtienen mediante ecuaciones que relacionan elementos como la carga aplicada, la geometría de la muestra, entre otros factores. Las pruebas de resistencia a la tracción a la flexión y a la compresión diametral son ejemplos de pruebas que se refieren a la resistencia a la tracción indirecta (Speche y León, 2011).

La prueba de tensión de compresión diametral se usa comúnmente para determinar la resistencia a la tracción de los materiales compuestos de cemento. Esta prueba, también conocida como "prueba brasileña", tiene pautas descritas por la norma nacional NBR 7222 de 2011. Por lo tanto, dadas las condiciones de la prueba, se observó la aplicabilidad de esta prueba para verificar la adhesión entre dos materiales diferentes.

Este mismo método se utilizó para el análisis de la unión entre materiales nuevos y viejos y viejos, y un estudio para la restauración estructural (Speche y León, 2011). La figura 1 ilustra el ensayo realizado. P_u representa la carga aplicada linealmente en el espécimen, σ_x y σ_y representan los esfuerzos en el eje horizontal (x) y vertical (y).

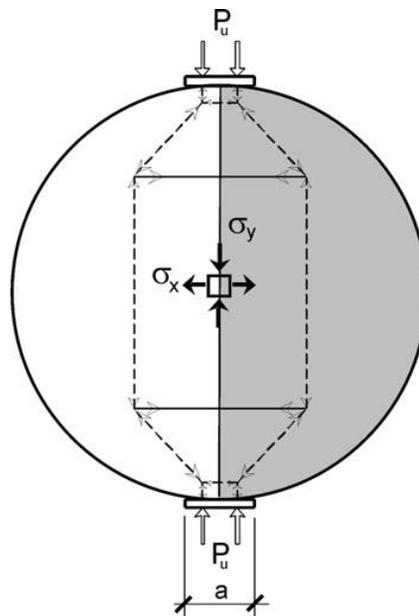


Figura 1. Representación de la carga y distribución de tensiones en la determinación de la tracción por compresión diametral.

Del mismo modo, se realizaron otros estudios utilizando el mismo método de prueba para determinar la adhesión de los materiales de reparación de pisos (Alanaziet. Al, 2016). El mismo procedimiento fue utilizado por diferentes autores para analizar la adhesión de un compuesto de caucho (estireno-butadieno) (Sprinkel y Ozyildirim, 2000).

El funcionamiento de la prueba consiste en la aplicación de cargas diametralmente opuestas y la verificación de la tracción en el mismo plano que se muestra en la Figura 1. De esta manera, se

producirán tensiones de tensión en el plano de unión entre los materiales. Esto permite determinar la fuerza de unión entre las partes.

Como la reparación generalmente trata con elementos de diferentes edades, es necesario evaluar la tensión de unión entre los materiales (Speche y León, 2011), y la calidad de la unión se puede clasificar de acuerdo con cinco clases: excelente, muy buena, buena, regular y malo (Sprinkel y Ozyildirim, 2000). Estos niveles de calidad de unión están relacionados con la tensión de unión entre materiales, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Calidad de la resistencia de adherencia entre la reparación y el sustrato.

Calidad de enlace	Tensión de enlace (MPa)
Excelente	$\geq 2,1$
Muy buena	1,7 - 2,1
Buena	1,4 - 1,7
Regular	0,7 - 1,4
Espaciosa	0 - 0,7

Por lo tanto, este trabajo se basa en el análisis de las propiedades de los morteros poliméricos a base de acrílico, SBR (estireno-butadieno), copolímero de vinilo y PVA (acetato de polivinilo). Los polímeros se agregarán al mortero de referencia, que consta de una parte de cemento por tres partes de arena. El análisis se basará en su resistencia mecánica y su capacidad de adherencia, probadas mediante pruebas de tensión diametral, siguiendo la misma propuesta de Speche y León (2011), en un plan de transición entre los materiales (hormigón y mortero polimérico).

La importancia de este trabajo está asociada con el análisis de cada material polimérico y su eficiencia. A través de este trabajo, será posible reparar estructuras de concreto usando solo cemento, arena y un adhesivo polimérico. Además, se analizará su capacidad para realizar reparaciones en diferentes propiedades del sustrato, como base teórica para guías de materiales de reparación, como los estudios de Helene (1992).

2. MATERIALES Y PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para verificar los resultados y analizar la interferencia de los polímeros en los morteros, se elaboró un mortero de referencia. Este material estaba compuesto de la misma proporción de cemento y arena (1 cemento por 3 arena, en masa) utilizada en morteros poliméricos. Sin embargo, el mortero de referencia no tiene adiciones poliméricas. Se usó arena de grano fino ($<600 \mu\text{m}$), cemento Portland CP II Z 32 y agua para preparar el mortero.

Se utilizaron tres tipos de adhesivos poliméricos para la preparación de morteros de reparación: copolímero de vinilo, PVA (acetato de polivinilo) y SBR (estireno-butadieno). La Tabla 2 presenta algunas propiedades del material adhesivo utilizado en este trabajo.

Tabla 2. Propiedades de los adhesivos poliméricos para ser utilizados en morteros de reparación.

Composición básica	pH	Densidad (kg/l)
Copolímero de vinilo	4-5	1,02
Acetato de polivinilo - PVA	4-6	1,05
Estireno-butadieno - SBR	6-8	1,0

Fuente: Vedacit Impermeabilizantes® (2017); Sika® (2015); TekBond® (2015).

Los polímeros estudiados se incluyeron en la mezcla junto con el agua de amasado, según lo indicado por los fabricantes. La relación de volumen de polímero a agua (polímero: agua) utilizada fue (1: 2) para copolímero de vinilo, (1: 3) para PVA y (1: 4) para SBR.

Con el fin de obtener un mortero con propiedades tixotrópicas, se usó suficiente agua de amasado solo para permitir el moldeo de bolas a mano sin brillo superficial, ya que el brillo superficial indicaría al principio exceso de agua (Souza y Ripper, 1998).

Para mantener la misma propiedad tixotrópica, evaluada cualitativamente, se mantuvo la proporción de cemento y arena y varió la cantidad de agua de amasado del mortero. Por lo tanto, el factor de masa de agua / cemento (agua de amasado total igual a la cantidad de agua más la cantidad de polímero) utilizado fue de 0,52 para copolímero de vinilo, 0,42 para PVA y 0,38 para SBR.

Los morteros se caracterizaron por moldear muestras cilíndricas con dimensiones de 5 cm de diámetro y 10 cm de altura. Estas muestras fueron probadas para compresión y tracción por compresión diametral. Además de estas propiedades mecánicas, la capacidad de adhesión de estos materiales al hormigón se verificó a través de muestras compuestas de hormigón y mortero de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura. Por lo tanto, se realizaron pruebas de tracción por compresión diametral de muestras cilíndricas compuestas de concreto y mortero, como se muestra en la Figura 2. Para esto, observamos las pautas de ABNT NBR 7222 de 2011 y otros trabajos realizados con el propósito. evaluar la adhesión entre diferentes materiales, como los realizados por Espeche y León (2011), Alanazi et al. (2016) y Radhakrishna et al. (2012)

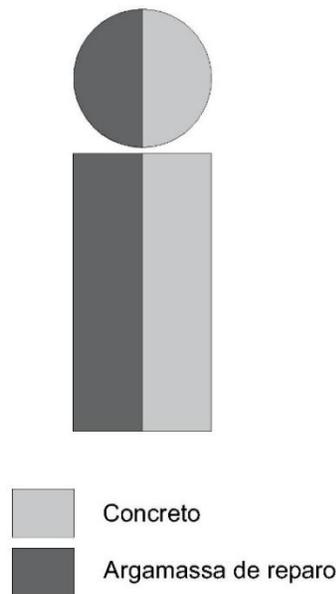


Figura 2. Muestra de prueba para evaluar la adhesión entre el concreto y el mortero de reparación.

Inicialmente, las mitades de los especímenes de hormigón fueron moldeadas. Para obtener el sustrato se utilizó un rastro de concreto común en los sitios de construcción, con una resistencia promedio aproximada de 25 MPa.

Después del curado mínimo del hormigón de 28 días, la saturación del agua superficial y la muestra cilíndrica (10 x 20 cm) se rellenaron con el material de reparación. El relleno se realizó con densificación manual de las capas.

La adhesión entre las partes de la muestra (Figura 2) se evaluó de dos maneras. El primer método tenía como objetivo evaluar la adhesión del material nuevo al antiguo solo con la saturación de la

superficie de unión entre los materiales. El otro método buscó evaluar la unión entre los materiales en presencia de un puente de adhesión basado en epoxi. Esta aplicación tiene la función de mejorar la adhesión entre el material de hormigón, además de la saturación de la superficie en agua. La verificación de la resistencia adherente se realizó mediante compresión diametral (Figura 3 - B), realizada en líneas diametralmente opuestas, en la muestra (Figura 3 - A). Al obtener la carga de rotura, es posible calcular la resistencia de unión entre el hormigón y el mortero mediante el ABNT NBR 7222 de 2011.



Figura 3. (A) Muestra para determinar la adhesión entre la reparación y el hormigón; (B) Prueba para determinar la adhesión entre la reparación y el concreto por compresión diametral

Para cada mortero, se analizaron 4 muestras (5 x 10 cm) para determinar la resistencia a la compresión, 4 (5 x 10 cm) para la resistencia a la tracción, 4 (10 x 20 cm) para la resistencia de la unión sin puente. agarre y 4 (10 x 20 cm) para mayor fuerza de agarre con puente de agarre.

La falla del material se consideró por la ruptura en el plano de unión entre los materiales, sometida a una carga diametralmente opuesta, de acuerdo con las pautas de la Norma NBR 7222 de 2011, definida para la compresión de tracción diametral. La falla, inicialmente con la estabilización de la carga aplicada y, posteriormente, la separación de los materiales de reparación y el sustrato. La aplicación de carga está automatizada y se interrumpe cuando se rompe el material. En este punto de aplicación, se considera la falla del material de reparación.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos para las resistencias mecánicas para el mortero de reparación y el mortero de referencia se presentan en la Tabla 3. Los resultados se refieren a las resistencias a la compresión y a la tracción de los morteros y las resistencias de unión entre el mortero y el concreto.

Tabla 3. Resistencias mecánicas de los morteros de reparación y referencia.

Propiedades mecánicas		Referencia	Copolímero Vinílico	PVA	SBR
Resistencia a la compresión	Resistencia mínima (MPa)	17,55	16,99	12,22	15,08
	Resistencia máxima (MPa)	21,31	20,93	15,89	17,93
	Resistencia media (MPa)	19,34	19,72	14,5	16,74
	Desviación estándar (MPa)	1,55	1,86	1,98	1,48
Resistencia a la transición	Resistencia mínima (MPa)	1,9	1,66	1,5	2,27
	Resistencia máxima (MPa)	1,09	1,91	1,68	3,31
	Resistencia media (MPa)	2	1,75	1,57	2,83
	Desviación estándar (MPa)	0,09	0,11	0,09	0,43
Resistencia adherente - Sin puente de agarre	Resistencia mínima (MPa)	0,28	0,56	0,41	0,71
	Resistencia máxima (MPa)	0,77	0,68	0,78	0,9
	Resistencia media (MPa)	0,5	0,61	0,65	0,8
	Desviación estándar (MPa)	0,25	0,05	0,21	0,8
Resistencia adherente - Con puente de agarre	Resistencia mínima (MPa)	0,73	1,11	1,33	1,64
	Resistencia máxima (MPa)	1,22	1,6	1,59	2,09
	Resistencia media (MPa)	1,04	1,38	1,44	1,91
	Desviación estándar (MPa)	0,22	0,23	0,11	0,19
Observación: Para todos los ensayos, fueron utilizados cuatro (04) cuerpos de prueba.					

Analizando los resultados presentados en la Tabla 3, se puede observar que los morteros poliméricos probados en este trabajo presentan mejoras en algunas propiedades y, para algunas propiedades, valores actuales más bajos que el mortero de referencia. Los resultados se presentan gráficamente en la Figura 4.

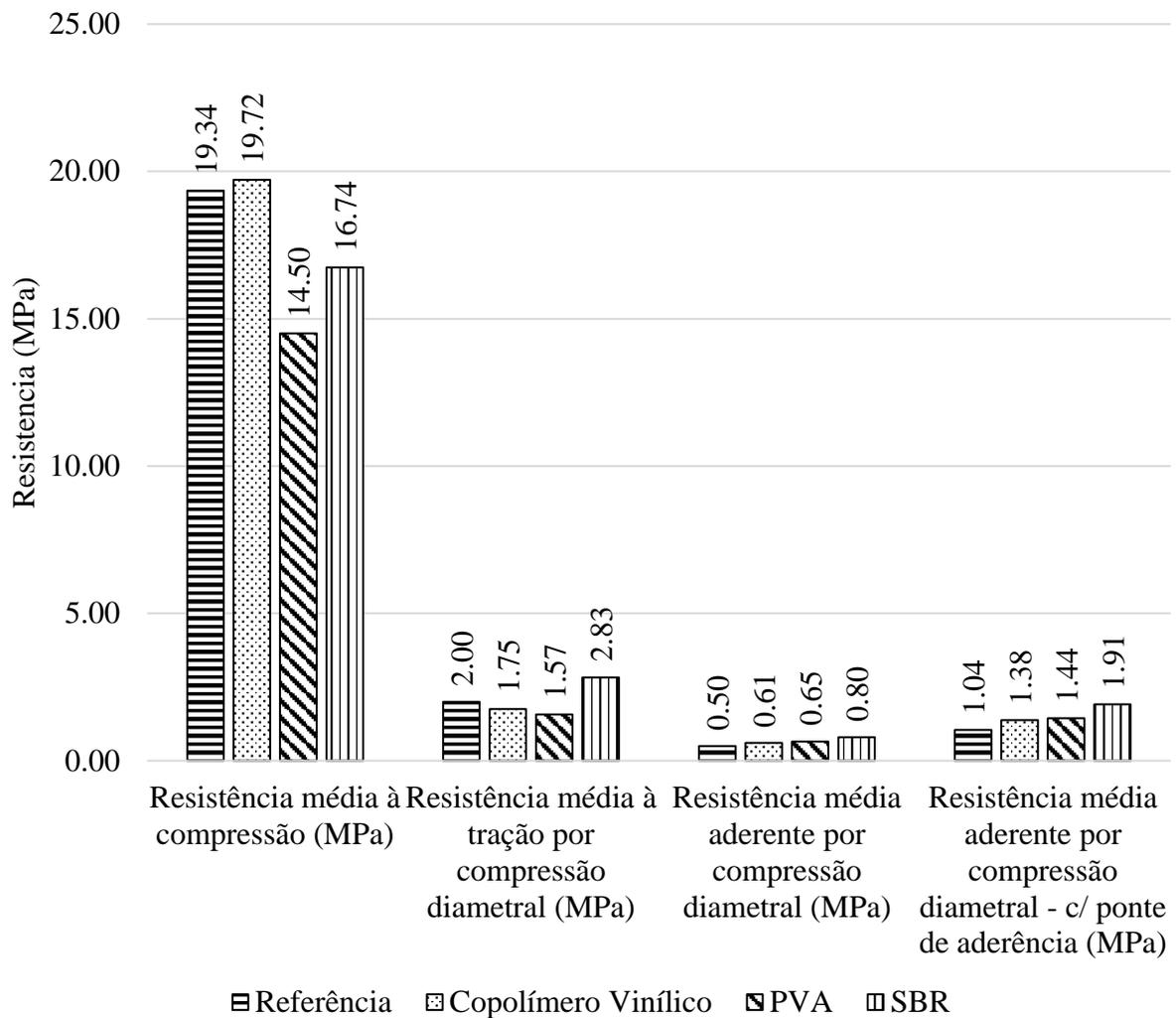


Figura 4. Resistencias mecánicas de los morteros de reparación y referencia.

Los resultados obtenidos para la compresión muestran que el mortero modificado con copolímero de vinilo presenta un pequeño aumento en la resistencia en comparación con la referencia, como se muestra en la Figura 4. Entre los otros materiales poliméricos, hay una reducción de la resistencia promedio para el SBR, como se muestra en la Figura 4. predicho en la literatura (Ukrainczyk y Rogina, 2013). Los resultados más bajos para la resistencia a la compresión se registraron para el mortero compuesto por PVA.

Para la resistencia a la tracción por compresión diametral, los resultados mostraron que el mortero modificado con estireno-butadieno tiene una mayor resistencia a la tracción que los otros materiales probados. Los otros materiales probados (mortero compuesto de copolímero de vinilo y PVA) tuvieron resultados más bajos que la referencia. Por lo tanto, observamos una mejora en el material de reparación cuando se usa el adhesivo polimérico a base de SBR.

Los resultados de la verificación de la resistencia de la unión entre el mortero y el concreto, en ambos casos, con o sin la presencia de un puente de unión, están presentes en el gráfico que se muestra en la Figura 4. A partir de los resultados obtenidos (Figura 4), observamos La presencia de componentes poliméricos puede contribuir a la adhesión entre los diferentes materiales.

En el primer caso, sin el puente de adhesión, el material que presentó el valor más alto para la resistencia de la unión fue el compuesto SBR. Esto muestra que la presencia de adhesivos a base de SBR en morteros contribuye a la adhesión de la reparación del sustrato (Ukrainczyk y Rogina,

2013). Los otros materiales también mostraron mejoras de adhesión en comparación con la referencia, sin embargo, los resultados fueron inferiores a los del SBR. En este primer análisis (sin puente de adhesión), la adhesión obtenida para el material compuesto por SBR es regular, ya que tiene un valor superior a 0.7 MPa (Sprinkel y Ozyildirim, 2000).

Al analizar los resultados de la resistencia de la unión entre la reparación y el sustrato en presencia del puente de unión, se observó que el puente tiene una contribución significativa. En general, cuando se comparan los resultados para el puente y la adhesión del puente, se puede observar un aumento de más del 100% en la resistencia en presencia del material adhesivo. Estos valores muestran la interferencia del puente de adhesión en situaciones de reparación.

El material que obtuvo los valores más altos fue compuesto por SBR. En esta evaluación, el resultado más bajo se relacionó con el material de referencia. Por lo tanto, se observa que la presencia de polímeros en morteros contribuye directamente a la adhesión, con o sin puente de adhesión. Se observa un comportamiento "muy bueno" para el material compuesto por SBR debido a su valor de adherencia entre 1.7 y 2.1 MPa (Sprinkel y Ozyildirim, 2000). El mortero compuesto por PVA presenta un comportamiento "bueno", ya que su resultado es entre 1.4 y 1.7 MPa. Los morteros de referencia ya presentan un comportamiento regular, ya que su resistencia adherente está entre 0.7 y 1.4 MPa.

Después de verificar los planos de ruptura entre el concreto y el material de reparación, como se muestra en la Figura 5, se puede observar que la carga puede haber obedecido al plan de unión entre ambos materiales.

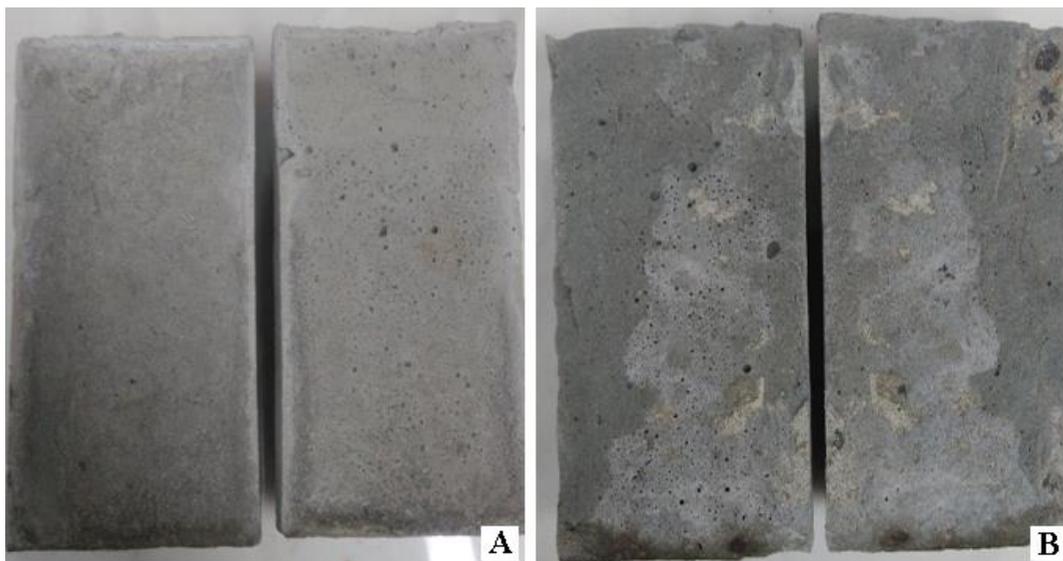


Figura 5. (A) Plan de ruptura de una muestra unida sin puente de unión; (B) Plano de rasgado de una muestra de prueba unida por enlace

En la primera situación, sin el puente de adhesión (Figura 5 - A), se observa que las dos mitades se separaron perfectamente. En otras palabras, no había presencia de mortero en la mitad del concreto o la presencia de concreto en la mitad del mortero. Esto es una indicación de que el plano de ruptura es más frágil que las resistencias de los dos materiales. Esta declaración es corroborada por los valores de los resultados, presentados en la Tabla 3. En otras palabras, solo las propiedades de los materiales poliméricos no confieren una gran resistencia de adherencia entre los materiales cementosos.

En los casos en que se usó un puente de adhesión basado en epoxi (Figura 5 - B), se observó que había presencia de partes de concreto cerca de la mitad del mortero y partes de mortero cerca de la mitad del concreto. Esto puede indicar que la resistencia de la unión mejora en presencia de puentes

de unión. Se puede verificar numéricamente por los datos en la Tabla 3. Se observa que la falla ocurre en parte en el material de unión, con una separación perfecta entre los dos materiales y, en la otra parte, se observa que uno de los dos materiales unidos romper. Se considera que la misma situación no ocurrió en ausencia de puente de adhesión. Al observar los resultados, se considera que la presencia del puente puede contribuir a las propiedades adherentes entre los materiales.

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el laboratorio y sus respectivos análisis, se concluye que las propiedades físicas y mecánicas de los morteros utilizados en reparaciones estructurales pueden mejorarse en presencia de componentes poliméricos. Los siguientes aspectos más destacados se presentan de la investigación realizada:

- a) Copolímero de vinilo: el mortero de copolímero de vinilo modificado mostró una mayor resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y adhesión entre el hormigón y la reparación, en relación con la referencia;
- b) PVA: el material de reparación base de PVA mostró un aumento en su capacidad adherente en relación con la referencia. Sin embargo, los valores de compresión y tracción fueron más bajos que el material de referencia. En el análisis de resultados, es posible observar una relación entre el mortero compuesto por copolímero de vinilo y PVA. Ambos están basados en vinilo, sin embargo, los mejores resultados se registraron para el copolímero de vinilo, con una pequeña diferencia desfavorable en la capacidad de adherencia;
- c) SBR: Entre los materiales probados, el mortero modificado con estireno-butadieno presentó los mejores resultados, especialmente en relación con la adhesión al sustrato. La resistencia a la compresión fue menor que la referencia. Sin embargo, para las otras propiedades analizadas, el material presentó buen comportamiento;

En cuanto a la capacidad adherente de los materiales probados, se pueden hacer dos análisis. En el primero, relacionado con la aplicación del material de reparación en una superficie saturada, se observó que hubo una mejora promedio en los resultados de aproximadamente 30% en relación con el mortero de referencia.

En presencia del puente de adhesión basado en epoxi, hubo una mejora en los valores de resistencia de adhesión de al menos 120% sobre la superficie saturada. A partir de los resultados, se observa que el uso del puente de adhesión permite considerar la capacidad de unión entre los materiales de "buena" a "muy buena". Esto muestra que se recomienda la presencia de un material de unión entre la reparación y el sustrato para garantizar una interfaz de unión eficiente.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a CAPES por su apoyo financiero, así como al Programa de Posgrado en Ingeniería Urbana de la Universidad Estatal de Maringá por la disponibilidad de espacio físico y equipos para las pruebas.

6. REFERENCIAS

- Alanazi, H., Yang, M., Zhang, D., Gao, Z. (2016), *Bond strength of PCC pavement repairs using metakaolin-based geopolymer mortar*. Cement and Concrete Composites. 65: 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.10.009>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2011) *NBR 7222: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro.

- Espeche, A. D., León, J. (2011), *Estimation of bond strength envelopes for old-to-new concrete interfaces based on a cylinder splitting test*. Construction and Building Materials. 25: 1222–1235. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.09.032>
- Geiker, M. R. (2012), *On the importance of execution for obtaining the designed durability of reinforced concrete structures: Construction of durable concrete structures*. Materials and corrosion. 63:1114 -1118. <https://doi.org/10.1002/maco.201206754>
- Helene, P. R. D. L. (1992), “*Manual para reparo, reforço e proteção de Estruturas de Concreto*”. PINI, São Paulo, Brasil.
- Luković, M., Ye, G., Van Breugel, K. (2012), “*Reliable concrete repair: A critical review*”. 14th International Conference Structural Faults and Repair. Edinburgh, Scotland, UK.
- Radhakrishnan, R., Syam Prakash, V., Prasad Varma Thampan, C. K. (2012), *Performance of Styrene Butadiene Rubber as a Concrete Repair Material in tropical climate*. International Journal of Advancements in Research & Technology, Volume 1, Issue 6, pp. 1-5, ISSN 2278-7763
- Soufi, A., Mahieux, P. Y., Ait-Mokhtar, A. (2016), *Influence of polymer proportion on transfer properties of repair mortars having equivalent water porosity*. Materials and Structures. 49: 383–398. <https://doi.org/10.1617/s11527-014-0504-3>
- Souza, V. C. M. D., Ripper, T. (1998), “*Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*”. PINI, São Paulo, Brasil.
- Sprinkel, M. M., Ozyildirim, C. (2000), *Evaluation of high performance concrete overlays placed on Route 60 over Lynnhaven Inlet in Virginia*. Charlottesville, EUA.
- Ueda, H., Tamai, Y., Kudo, T. (2011), *Evaluation of the Durability of Cement-based Repair Materials*. Railway Technical Research Institute. 52: 92-96. <https://doi.org/10.2219/rtriqr.52.92>
- Ukrainczyk, N., Rogina, A. (2013), *Styrene–butadiene latex modified calcium aluminate cement mortar*. Cement & Concrete Composites. 41: 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2013.04.012>