

T. A. Urzulin^a, J. L. Akasaki^a, N. A. Pinto^a, C. F. Fioriti^b^aDepartamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Alameda Bahia, 550, 15.385-000, Ilha Solteira, Brasil.^bDepartamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Roberto Simonsen, 305, 19060-900, Presidente Prudente, Brasil

Acerca del estudio de compuestos de yeso con incorporación de caucho de neumáticos

RESUMEN

Historia del artículo:

Recibido 5 de Mayo 2017

En la versión revisada 5 de Mayo 2017

Aceptado 31 de Mayo 2017

Accesible online 21 de Junio 2017

Palabras clave:

Caucho de neumáticos

Yeso

Consistencia

Compresión

Microscopía

En este trabajo se estudiaron algunas características físicas del material compuesto de yeso con incorporación de dos diferentes tamaños de partículas de caucho de los neumáticos. El programa experimental estaba formado por las siguientes pruebas: consistencia (mini-slump), densidad de masa (estado fresco y endurecido), resistencia a la compresión y la microscopía electrónica de barrido (MEB). El caucho usado en los materiales compuestos es del proceso de recauchutado del neumático con la incorporación de 5 a 10% con relación a la masa de yeso y los dos tamaños de partícula diferentes utilizados fueron llamados delgada (#0,6 mm) de gruesa (#1,19 mm). Los cauchos de diferentes tamaños de partículas se destacaron en diferentes puntos. El caucho delgado mostró resistencia a la compresión cercana al valor observado en el control con la adición de 5% en masa, lo que puede ser debido a su adhesión a la pasta de yeso, que se dio de una forma menos porosa y con una interfaz entre las partículas de caucho y la pasta más cercana, observados por la prueba de MEB. El caucho grueso mostró los mejores resultados en la consistencia, contribuyendo a la facilidad de trabajo de la pasta, que también se observó en MEB, donde el caucho grueso tiene menos adhesión a la pasta de yeso, en comparación con el material compuesto de yeso con incorporación de caucho delgado. Los resultados proporcionan una reducción en el valor de la densidad de masa, mostrando la contribución que el caucho (de dos tamaños) tenía en la fabricación de un material más ligero. El ensayo de consistencia reveló que el caucho contribuyó a la disminución de la consistencia, lo que hace más difícil la trabajabilidad. Es posible decir, entonces, que el caucho como material residual presentó características interesantes en aplicaciones en compuestos de yeso.

About the study of compounds incorporating rubber tires

ABSTRACT

Keywords:

Tire rubber

Plaster

Consistency

Compression

Microscopy

In this paper we have studied some physical characteristics of gypsum composites incorporated with two different tire rubber granulometry. The experimental program was formed by the following tests: consistency (mini-slump), compressive strength and scanning electron microscopy (SEM). The rubber used in the composites came from the retreading of tires with 5 and 10% incorporation in relation to the plaster mass and the two different granulometry used were denominated thicknesses (# 0.6 mm) and thick (# 1.19 mm). The results were compared with the control paste, in which there was no incorporation of rubber. The rubbers of different granulometry stood out in different points. The thin rubber presented a compressive strength close to the value observed in the control, with an addition of 5% by mass, which may be due to its adherence to gypsum paste, which occurred in a less porous manner and with a closer interface between the rubber particles and pulp, observed through the SEM. The thick rubber presented the best results in consistency, contributing to the workability of the pulp, which was also observed in SEM, where the thick rubber presents less adherence to the gypsum plaster, compared to the composite with incorporation of fine rubber. It was possible to affirm, then, that rubber as residual material presented interesting characteristics in applications in plaster composites.

1 Introducción

Los avances tecnológicos han dado lugar a una mayor producción de residuos debido al proceso de industrialización. Como consecuencia de esto, hay muchas discusiones sobre la correcta manipulación y eliminación de estos residuos, con un aumento de la preocupación ambiental, tales como la propagación de enfermedades, las inundaciones y la contaminación visual.

Uno de los principales residuos generados en la actualidad es el caucho vulcanizado procedente de neumáticos de desecho, lo que provoca daños en el medio ambiente debido a su eliminación inadecuada a menudo debido al alto costo del proceso de reciclaje o incluso la falta de logística y tecnología para esto.

Un aspecto que complica la reutilización de los neumáticos es el hecho de que éstos son, básicamente, hechos de caucho vulcanizado, y el proceso de vulcanización difícil de ser invertido y, en consecuencia, para tomar ventaja de los constituyentes de los neumáticos originales [1].

Fragmentos de neumáticos expuestos pueden ser ambientes para la cría de los mosquitos vectores de enfermedades, las reservas se ponen fácilmente en el fuego, lo que hace difícil su control, además del hecho de que su humo pesado y tóxico escapa en los cursos de agua[2]. Puesto a tierra, el neumático puede retener gases en el interior y llegar flotando a la superficie, rompiendo así su cobertura. Este hecho genera la exposición a los vectores de vertederos y fauna, además de permitir que el gas escape a la atmósfera [3].

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue incorporar caucho de neumáticos, derivado del proceso de recauchutado, en la producción de compuestos de yeso. La investigación sobre dichos materiales compuestos se han hecho mediante la incorporación de diferentes materiales, tales como corcho, fibras de vidrio, fibras de sisal y vermiculita.

Cuanto al uso del compuesto de caucho de yeso, [4] estudiaron la adición de caucho de los neumáticos al final de su vida útil en las pastas de yeso. Fueron añadidos 1%, 3% y 5% de volumen de caucho para tres diferentes tamaños de partículas de cauchos: 0-1 mm, 1-2 mm y 2-4 mm. Los resultados se compararon con muestras de suspensión de yeso sin la adición de caucho, y un aumento de la resistencia a la tracción del material compuesto.

Los autores [5] estudiaron cuchillas de demolición mineral de residuos de la construcción (lana de vidrio y lana de roca) y se dio cuenta de que hay una buena compatibilidad entre la lana de residuos y la matriz de yeso. La dureza aumentó gradualmente hasta que alcanzó su valor máximo con la muestra que contiene 4% de los residuos de lana mineral. La resistencia a la flexión aumenta con un aumento en la adición de lana mineral reciclado. Estos valores pueden exceder de 34,88% de las muestras de referencia cuando la adición de lana de vidrio reciclada y 26,58% cuando la adición de lana de roca reciclada.

Los autores [6] utilizaron el caucho del proceso de recauchutado de neumáticos para la fabricación de placas de aislamiento térmico y acústico. Fueron producidos compuestos a partir de residuos de caucho de neumáticos, contra chapada

y PVA. Las proporciones utilizadas fueron 90%, 80% y 70% de caucho/PVA, con y sin la presencia de la contra chapada. Los resultados mostraron que entre los cuerpos fabricados, lo que mostró el mejor rendimiento, tanto en la prueba de aislamiento acústico (50% más grande que una placa de EVA) como en el térmico (temperatura de la superficie 21% inferior a una placa de espuma de poliestireno) fue el que contenía la contra chapada y 70% de caucho.

Por lo tanto, el objetivo general de este trabajo fue evaluar experimentalmente compuestos de yeso incorporado con caucho de neumáticos a través de pruebas de consistencia (mini-slump), densidad de masa (estado fresco y endurecido), resistencia a la compresión y la microscopía electrónica de barrido (MEB).

Por lo tanto, el uso de yeso como una matriz y la adición de neumático de caucho a esta matriz será llamado el desarrollo de nuevos materiales llamado compuestos. Es importante que la investigación puede llevarse a cabo a buscar avance en la tecnología de utilización de caucho de neumáticos en diferentes matrices, en lugar de simplemente rechazar este material para su uso en la construcción.

2 Materiales y Métodos

El yeso utilizado es de la clase de revestimiento (yeso lento) consiste esencialmente en un hemihidrato β con un tiempo de fraguado de más de 40 minutos, lo que ayudó en la elección del producto. Este tipo de yeso se puede usar para revestimiento de paredes construidas con ladrillos, losas, vigas y columnas de hormigón tradicionales.

Para la caracterización del yeso eran tres tipos de ensayo: densidad aparente, resistencia a la compresión y tiempo de fraguado. Las reglas utilizadas para realizar estas pruebas fueron: NBRNM 45 (ABNT, 2006) para la unidad de masa, NBR 12129 (ABNT, 1991) para la resistencia a la compresión y NBR 12128 (ABNT, 1991) para el tiempo de fraguado. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos por los ensayos de caracterización de yeso para la relación a / g adoptado en este estudio (0,4).

Masa unitaria (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (MPa)	Tiempo de fraguado	
		Inicio (min)	Final (min)
710	12,67	9 a 10	30 a 31

Tabla 1. Resultados obtenidos en la caracterización del yeso.

Los cauchos de neumáticos usados en este proyecto proviene del proceso de recauchutado y fue proporcionado por una empresa de Presidente Prudente - SP. Como los residuos de recauchutado tiene una amplia gama de tamaños de grano, el material se sometió a clasificación de cribado, que separa el material en tamaños de partículas bien definidos, presentando fácil distinción, a fin de obtener el tamaño de partícula requerido para este trabajo y para estudiar su influencia en yeso compuesto.

Durante el procesamiento de la muestra de caucho de neumáticos fueron descartados acero y nylon, o cualquier otras impurezas que podrían afectar el rendimiento de los materiales compuestos producidos más significativamente. Se utilizó la siguiente descripción de caucho de neumáticos:



- caucho delgado: muestra forma granular (tipo polvo), que pasa el tamiz # 0,6mm (Fig 1.);



Figura 1. Caucho delgado.

- caucho gruesa: forma alargada (el tipo de fibra), con una longitud de, por el general, la mayoría de menos de 5 mm, que pasa el tamiz # 1,19mm (Fig 2).



Figura 2. Caucho grueso.

Los cauchos de neumáticos se separaron en tamaños de partículas bien definidos, incluyendo la presentación de una distinción visual fácil. El propósito de los diferentes tamaños de grano era observar su influencia en el comportamiento de los compuestos de yeso.

Las pruebas fueron en análisis de tamaño de partícula de caucho de neumático NBRNM-248 (ABNT, 2003), la masa unitaria NBRNM-45 (ABNT, 2006) y NBRNM-Densidad 52 (ABNT, 2009). Resultados para masa unitaria y densidad en el caucho del neumático fue de 0,33 g/cm³ y 1,15 g/cm³, respectivamente. El módulo de finura obtenido para el caucho de los neumáticos era 3,62, y su distribución de tamaño de partícula se puede ver en la Tabla 2, con la curva granulométrica dada abajo (Figura 3).

Ø Tamiz (mm)	Masa retirada (g)	% Retenida en cada tamiz	% Retenida acumulada	% Pasando en cada tamiz
6,30	3,40	1,35	1,35	98,65
4,75	5,10	2,05	3,40	96,60
2,36	40,00	16,00	19,40	80,60
1,18	96,60	38,63	58,03	41,97
0,60	67,90	27,16	85,19	14,81
0,30	27,90	11,15	96,35	3,66
0,15	7,40	2,97	99,32	0,68
fundo	1,70	0,68	100,00	0,00
Σ	250,00	100,00		

Tabla 2. Los resultados de la distribución del tamaño de partícula de la caucho de neumáticos.

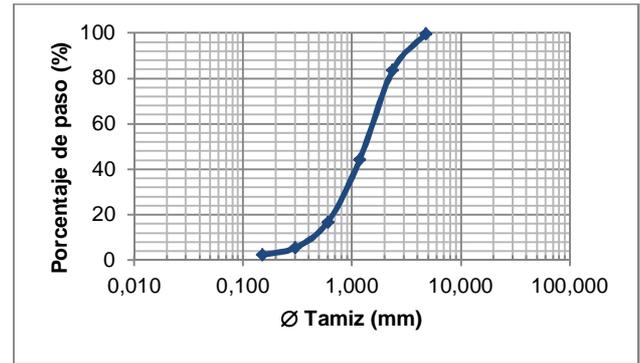


Figura 3. Curva granulométrica del caucho.

En todos los compuestos se añadió 0,5% en relación a la masa de yeso el superplastificante ViscoCrete 5800 FTN, con el fin de disminuir la relación a/g y aumentar la resistencia de los compuestos. Algunas características del superplastificante, de acuerdo con su fabricante Sika, se muestran en la Tabla 3.

Datos Técnicos	
Composición Básica	Solución de policarboxilato en un medio acuoso
Densidad	1,07 kg ± 0,02 kg/litro
pH	5,0 ± 1,0

Tabla 3. Datos técnicos del superplastificante ViscoCrete 5800 FTN.

2.1 Preparación de compuestos de yeso

Considerando que el objetivo general de este trabajo fue evaluar algunas de las características de material compuesto de yeso producidos con la incorporación de caucho de neumático, se definieron las variables que caracterizan sus prestaciones técnicas, que son: consistencia (mini-slump), densidad de masa (estado fresco y endurecido), resistencia a la compresión y la MEB.

El plan experimental incluye la ejecución de un laboratorio de 5 compuestos de yeso, que se utilizan dos tamaños de partícula de caucho diferentes (# 0,60 mm y 1,19 mm #):

- Control (0-0) → lechada de yeso (sin caucho);
- C1 (5-0) → compuesto de yeso con 5% (en masa) de caucho delgado;
- C2 (0-5) → compuesto de yeso con 5% (peso) de caucho gruesa;
- C3 (10-0) → compuesto de yeso con 10% (masa) de caucho delgado;
- C4 (0-10) → compuesto de yeso con 10% (en masa) de caucho gruesa.

2.2 Ensayo de consistencia (mini-slump)

La consistencia de los materiales compuestos se observó a través del ensayo de mini-slump como [7], que mide las condiciones de trabajabilidad del material por medio de la fluidez/plasticidad. Para esto, se necesita el siguiente equipo: un molde tronco cónico (abierto en ambos extremos) y una placa de vidrio cuadrado de 500 mm y 5 mm de espesor, colocado sobre una hoja de papel cuadriculado. El molde se coloca en el cristal de los ejes centrales representados sobre papel (Figura 4) y se llena con el material compuesto de yeso a ensayar. El material en exceso se eliminó con la ayuda de una espátula.



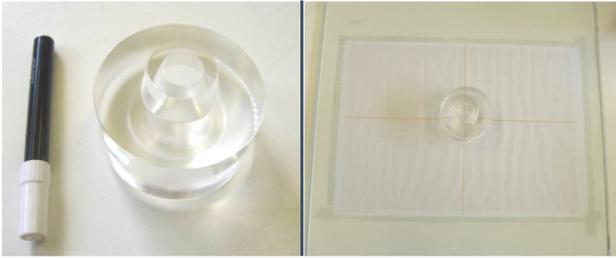


Figura 4. Molde trococónico acrílico en el ensayo de consistencia.

2.3 Ensayo de densidad de masa

La prueba de densidad aparente se realiza de acuerdo con NBR 14715-2 (ABNT, 2010). Se prepararon cuatro muestras de cada uno de los compuestos producidos.

Después de la preparación de las piezas de ensayo, se midieron con una regla con 1 mm de exactitud para la grabación de sus dimensiones. Más tarde se observó que la masa (m) de las muestras. Después se realizó el cálculo de la densidad de masa superficial de los cuatro especímenes de material compuesto producido por la Ecuación (1):

$$d = \frac{m}{x y} \times 10^3 \quad (1)$$

donde: d = densidad de la masa de superficie (kg/m^2);
 m = masa de cada muestra (g);
 x = longitud de cada muestra de ensayo (mm);
 y = anchura de cada pieza de prueba (mm).

2.4 Ensayo de resistencia a la compresión

Como la NBR 12129 (ABNT, 1991) fueron utilizados tres especímenes cúbicos de dimensiones 50 mm x 50 mm x 50 mm, posicionándolos en lo dispositivo de soporte de los equipos de prueba para que la cara rasada no entre en contacto con el dispositivo de soporte o al dispositivo de carga. Se aplicó una carga hasta la rotura del cuerpo de prueba.

La resistencia a la compresión se calcula según la Ecuación (2):

$$R = \frac{P}{S} \quad (2)$$

donde: R = resistencia a la compresión (MPa);
 P = carga que produjo la rotura de la pieza de ensayo (N);
 S = sección transversal de carga de área (mm^2).

Se utilizó una prensa universal de ensayo da marca Heckert prensa marca (Figura 5), con una capacidad de 100 toneladas para ensayos de resistencia a la compresión.



Figura 5. Prensa para la prueba de resistencia a la compresión.

2.5 Ensayo de microscopía electrónica de barrido

Para esta prueba se utilizó el microscopio electrónico de barrido, Zeiss EVO, modelo LS15, existente en Laboratorio, Departamento de Física y Química de la UNESP Ilha Solteira – SP. Se utiliza para determinar la morfología y la microestructura de la composición de material compuesto producido de realización neumáticos de caucho a base de yeso, ya que la expansión y produce imágenes de alta ampliación y resolución.

3 Resultados y discusión

3.1 Consistencia (mini-slump)

La consistencia se relaciona con la propiedad de el yeso en su estado fresco, es posible analizar a través de ella aspectos como la trabajabilidad de la pasta.

El ensayo que se realiza con el mini-slump tiene el objetivo de verificar la influencia de las partículas de caucho finas y gruesas en la pasta de yeso utilizada para la preparación de las muestras de ensayo, con el fin de verificar se las adiciones de caucho contribuyeron a una dispersión más grande o más pequeña de la pasta. En el gráfico mostrado en la Figura 6 se puede observar la evolución de la dispersión del material compuesto producido.

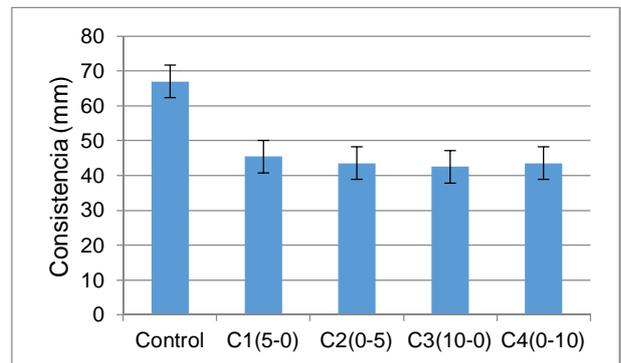


Figura 6. Gráfico de los resultados medios obtenidos en la prueba de consistencia.

Se observó que en todos los compuestos se disminuyó la difusión de la pasta y por lo tanto la trabajabilidad en comparación con el control. El material compuesto tenía la más grande propagación fue del 5% con la incorporación de caucho gruesa y la más baja fue de 10% fina de caucho con una caída de 28% en trabajabilidad.

En comparación con los resultados obtenidos por [8], que también lleva a cabo la prueba de mini-slump basado en [7] se observa un resultado similar, ya que se encontró que en los materiales compuestos hechos con 5% de caucho de los neumáticos con tamaños de grano de #0,075 mm (delgada) también mostró consistencia mayor que el compuesto de control, pero para el tamaño #1,19 mm de partícula (promedio), #2,38 mm (gruesa) mostró que hubo una disminución de la consistencia, observando de este modo un aumento de la trabajabilidad con el aumento de tamaño de grano incrustado.



3.2 Densidad de masa

El ensayo de densidad de masa en elementos de prueba como placas de yeso es interesante porque como elementos verticales de sellado, por ejemplo, es interesante que sean ligeros para facilitar la instalación y contribuir en la ligereza final de la obra.

El gráfico de la Figura 7 muestra los resultados obtenidos en las pruebas de densidad aparente del material compuesto de yeso.

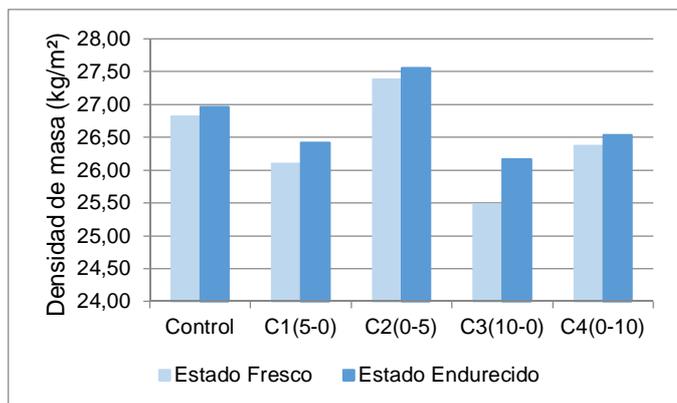


Figura 7. Gráfico de los resultados medios obtenidos en la prueba de densidad de masa al estado fresco y endurecido.

En el gráfico de la Figura 6 se observa que para todos los materiales compuestos se aumentó la densidad del estado fresco al estado endurecido. Con la incorporación de caucho de neumático se puede observar una tendencia a disminuir la densidad, a excepción de compuesto C2(0-5), con 5% de incorporación de caucho delgado, que mostró un aumento de aproximadamente 2% con respecto al compuesto de control.

Con el aumento del porcentaje de caucho incorporado hubo disminución en la densidad, sujeto a una diferencia más marcada mediante la adición de materiales compuestos con caucho gruesa. Sin embargo, el compuesto con la densidad aparente más baja, y en consecuencia más grande ligereza era C3(10-0), con 10% de incorporación de caucho delgado, con aproximadamente 5% más bajo que el control en el estado fresco, y 3% en el estado endurecido.

Con esta prueba vimos la contribución de la caucho en la ligereza del material, que es una característica interesante desde el punto de vista de la utilización de yeso en la construcción.

Lo autor [8] ha presentado en su trabajo que todo compuesto con incorporación de residuo resultó en placas con una densidad inferior en comparación con el control, pero con el aumento de tamaño de las partículas de caucho incorporado resultó en una disminución de la densidad, a diferencia de lo que se observó en este trabajo, que con el aumento del tamaño de partícula se incrementó la densidad del material compuesto.

3.3 Resistencia a la compresión

La prueba de resistencia a la compresión es importante ya que estudia el comportamiento de los materiales con respecto a su acortamiento y la interrupción, cuando se aplican tensiones

de compresión. La Figura 8 muestra el gráfico obtenido por medio de la prueba de resistencia a la compresión.

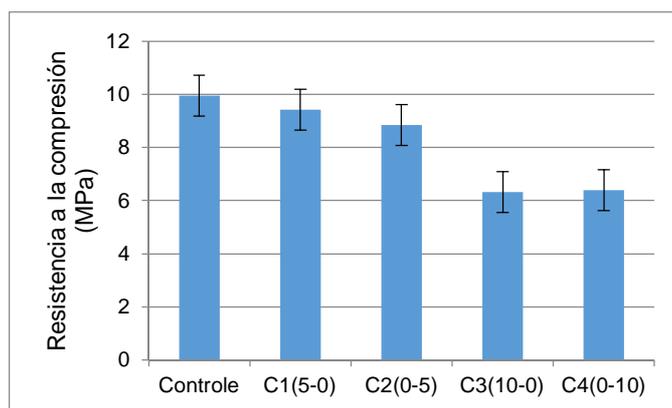


Figura 8. Gráfico de los resultados medios obtenidos en la prueba de resistencia a la compresión.

En general, la resistencia de los materiales compuestos de caucho incorporados fueron más bajos que el control, mientras que una disminución era inversamente proporcional al porcentaje utilizado. Los materiales compuestos de caucho gruesa mostraron menor resistencia que el material compuesto con caucho delgado, con el valor más bajo la pasta con 10% de incorporación de caucho gruesa con una caída de 48% en la resistencia. El material compuesto que está más cerca del control fue de 5% fina de caucho con una caída del 5% en la resistencia.

Los autores [4] observaron que la adición de caucho provoca una reducción lineal de la resistencia a la compresión del yeso.

Y [9], quien estudió la resistencia a materiales compuestos de yeso de compresión reforzados con neumáticos de desecho, el material compuesto observó que el mejor resultado se obtiene sin la adición de neumáticos de desecho de yeso, como se analiza en este trabajo.

3.4 Microscopía electrónica de barrido

Lo MEB es uno de los instrumentos más versátiles disponibles para la observación y el análisis de microestructuras objetos sólidos.

En este ensayo observado aspectos tales como la cristalización de yeso y la adhesión entre la pasta de yeso y las partículas de caucho de neumáticos, tanto en la pasta control como los materiales compuestos estudiados.

En las imágenes de abajo para una comparación de diferentes tipos de cristalización de yeso será mostrado. El control de suspensión de yeso (Figura 8) se puede ver la formación de cristales de formas más prismáticas alargadas y bien definido.

En las imágenes a continuación se presenta una comparación de diferentes tipos de cristalización del yeso. El la pasta de yeso control (Figura 9) se puede ver la formación de cristales de formas más prismáticas alargadas y bien definido.



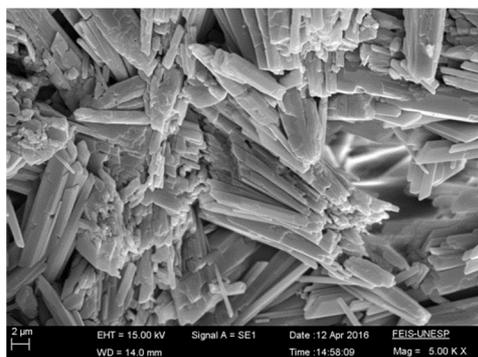


Figura 9.La cristalización del yeso en la pasta control.

Para el mismo aumento en el microscopio, se observó diferente cristalización para los compuestos de yeso compuesto con caucho del neumático (Figura 10) para materiales compuestos que contienen yeso de caucho delgada se cristaliza en un poco menos de modo definido prismática, pero también alargada.

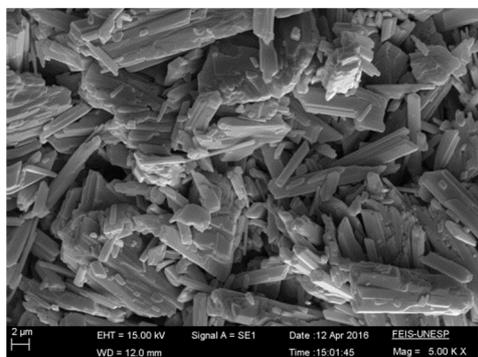


Figura 10.La cristalización en el material compuesto de yeso 1 con la adición de 5% de caucho delgada.

Para el compuesto que contiene caucho grueso (Figura 11) la cristalización de yeso realizado de manera bien menos definida y alargada que los otros dos y no podría ver formas prismáticas en la pasta.

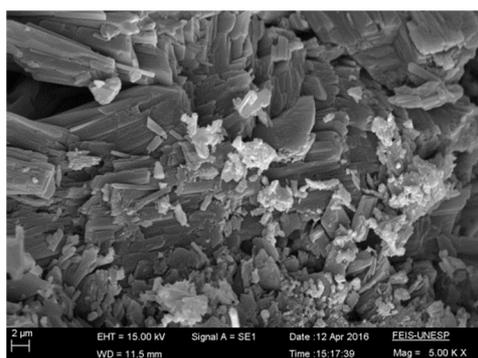


Figura 11.La cristalización en el material compuesto de yeso 2 con la adición de 5% de caucho gruesa.

Para comparar la adhesión de la pasta de yeso con los cauchos usados también se utiliza el mismo aumento en el microscopio. Con respecto a la adhesión entre la pasta de yeso y la caucho delgada (Figura 12), podemos decir que mostraron la mejor integración entre ellos, con pocos huecos en la interfaz de estos dos materiales.

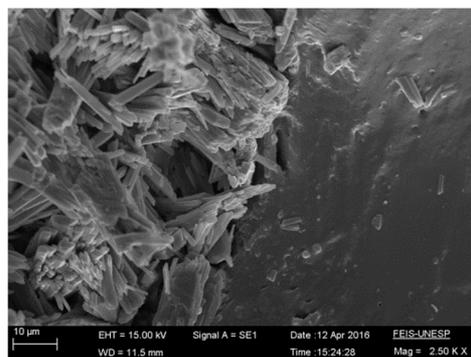


Figura 12.La adhesión de la pasta de yeso con la caucho delgada en el compuesto 3, con la adición de 10% de caucho delgada.

La pasta de yeso que contiene caucho grueso (Figura 13) la adhesión ocurrió más sutilmente, ya que la interfaz de los dos materiales presentes hay un hueco, lo que impide la uniformidad del material.

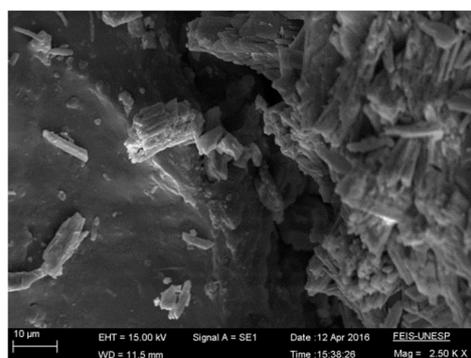


Figura 13.La adhesión de la pasta de yeso con la caucho gruesa en el compuesto 4, con la adición de 10% de caucho gruesa.

4 Conclusiones

Los cauchos de tamaño delgado (#0,6 mm) y grueso (#1,19mm) se situaron en diferentes puntos. El caucho delgado presentó resistencia a la compresión similar al valor observado en el control, en el compuesto con la adición de 5% en masa, lo que puede ser debido a su adhesión a la pasta de yeso, que se forma menos porosa y con una interfaz más estrecha entre las partículas de caucho y la pasta, observada por el ensayo de MEB.

Lo caucho gruesa mostró los mejores resultados en la consistencia, contribuyendo a la trabajabilidad de la pasta, que también se observó en microscopía electrónica de barrido, donde lo caucho gruesa mostró menor adhesión a la pasta de yeso, en comparación con la incorporación de material compuesto con caucho delgado.

Con respecto a la prueba de densidad de masa se dio cuenta de que con el aumento del porcentaje de caucho incorporado, lo mismo contribuyó a la ligereza del material, pero con el aumento de las partículas de caucho compuestas se hizo más denso. Había destacando así el material compuesto con 10% de incorporación de caucho delgado.

En cuanto a la adecuación de los residuos de caucho de neumático desde el proceso de recauchutado para la incorporación en materiales compuestos de yeso, esto es muy simple, ya que sólo se requiere ser tamizado y mezclado con



otros materiales, especialmente cuando se compara con el resultado principal que produce: asignar un residuo a menudo se desecha de forma incorrecta, lo que resulta en la contaminación y ayuda en la propagación de la enfermedad.

Este estudio tiene por meta contribuir en los estudios de material compuesto de yeso con caucho de neumáticos en la construcción.

Agradecimientos

La Fundación para la Investigación de São Paulo – FAPESP por el apoyo financiero en el proyecto de Iniciación Científica.

Referencias

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBRNM-45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro(2006).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBRNM-52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro (2009).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBRNM-248: Agregados – Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro (2003).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR-12129: Gesso para construção – Determinação das propriedades mecânicas – Método de ensaio*. Rio de Janeiro (1991).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14.715-2: Chapas de gesso acartonado – Determinação das características físicas*. Rio de Janeiro (2010).

[1] D. A. G. PEDRO. *Desempenho de argamassas fabricadas com incorporação de materiais finos provenientes da trituração de pneus*. Lisboa, 155p. Tese (Mestrado em Construção) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa (2011).

[2] A. MOUSTAFA, M. A. ELGAWADY. *Mechanical properties of high strength concrete with scrap tire rubber*. *Construction and Building Materials*, **93**, pág.249-256(2015).

[3] H. F. LUND. *The McGraw – Hill recycling handbook*. New York: McGraw – Hill, New York, United States, cap. 18 (1993).

[4] A. SERNA, M. DEL RÍO, J. G. PALOMO, M. GONZÁLEZ. *Improvement of gypsum plaster strain capacity by the addition of rubber particles from recycled tyres*. *Construction and Building Materials*, **35**, pág.633-641 (2012).

[5] S. R. PIÑEIRO, M. DEL R. MERINO, C. P. GARCÍA. *New Plaster Composite with Mineral Wool Fibres from CDW Recycling*. Hindawi Publishing Corporation – *Advances in Materials Science and Engineering*, **2015**, pág.1-9 (2015).

[6] E. L. B. DE LIMA, L. M. M. DIAS, L. C. OLIVEIRA, M. R. T. HALASZ. *Reutilização da borracha proveniente da recauchutagem de pneus para confecção de placas isolantes termo acústicas*. *Enciclopédia Biosfera*, **10**, pág.3757-3771, (2014).

[7] D. L. KANTRO. *Influence of water reducing admixtures on properties of cement paste – A miniature slump test*. *Cement, Concrete and Aggregate*, **2**, n.2 (1980).

[8] P. TAKAKI. *Compósitos de gesso com incorporação de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus*. *Iniciação Científica (Processo FAPESP 2014/02067-8)*, 81p (2015).

[9] B. S. FUZARO, M. DA C. T. B. E. OLIVEIRA, C. E. A. OLIVEIRA, C. A. OLIVEIRA, J. L. DE OLIVEIRA. *Determinação da resistência à compressão de compósito de gesso reforçado com resíduo de pneu*. In: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2015. São Pedro/SP (2015).

