

Estudo de compósitos de gesso incorporados com duas diferentes granulometrias de borracha de pneus

Study of gypsum composites incorporated with tow different granulometries of tire rubber

Estudio de compuestos de yeso incorporados con dos diferentes granulometrías del caucho de neumáticos

Thaís Acunha Urzulin

Discente de Engenharia Civil, UNESP, Brasil.
thaisurzulin@gmail.com

Jorge Luis Akasaki

Professor Doutor, UNESP, Brasil.
jorge.akasaki@gmail.com

Nayra Alberici Pinto

Mestranda, UNESP, Brasil.
nayra_alberici@hotmail.com

RESUMO

Neste trabalho foram estudadas algumas características físicas de compósitos de gesso incorporados com duas diferentes granulometrias de borracha de pneus. O programa experimental foi formado pelos seguintes ensaios: consistência (*mini-slump*), resistência à compressão e microscopia eletrônica de varredura. A borracha utilizada nos compósitos foi proveniente do processo de recauchutagem de pneus com incorporação de 5% e 10% em relação à massa de gesso e as duas diferentes granulometrias utilizadas foram denominadas de fina (#0,6mm) e grossa (#1,19mm). Os resultados foram comparados com a pasta controle, na qual não houve incorporação de borracha. As borrachas de diferentes granulometrias se destacaram em distintos pontos. A borracha fina apresentou resistência à compressão próxima ao valor observado no controle, com adição de 5% em massa, o que pode ser devido a sua aderência à pasta de gesso, que se deu de maneira menos porosa e com uma interface mais próxima entre as partículas de borracha e a pasta, observado através do ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura. A borracha grossa apresentou os melhores resultados em consistência (*mini-slump*), contribuindo para a trabalhabilidade da pasta, o que também foi observado na Microscopia Eletrônica de Varredura, onde a borracha grossa apresenta menos aderência à pasta de gesso, comparado ao compósito com incorporação de borracha fina. Foi possível afirmar, então, que a borracha como material residual apresentou características interessantes em aplicações em compósitos de gesso.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos de gesso. Borracha de pneus. Resistência à compressão. Microscopia eletrônica de varredura. Consistência. Meio ambiente. Material alternativo.

ABSTRACT

In this work were studied some physical characteristics of gypsum composites incorporated with two different granulometries of tire rubber. The experimental program was formed by the following tests: consistency (*mini-slump*), compression resistance and scanning electron microscopy. The rubber used in the composites came from rubber retreading process and were incorporated with 5% and 10% in relation to the mass of gypsum. The two different granulometries were named thin (#0,6mm) and thick (#1,19mm). The results were compared with a control paste, which had no rubber incorporation. The rubbers of different granulometries stood out in distinct points. The thin rubber showed compression resistance close to the observed in the control paste, with addition of 5% in relation to the mass of gypsum, that may be due to its tacking to the gypsum paste, which happened in a less porous way and with a closer interface between rubber particles and paste, observed on scanning electron microscopy. Meanwhile, the thick rubber showed better results in consistency, contributing to the paste workability, which was also observed on the scanning electron microscopy, where the thick rubber was less tacked on the paste, compared with the other composite. Then, it was possible to say that rubber as a residual material showed interesting characteristics when applied in gypsum composites.

KEY-WORDS: Gypsum composites. Tire rubber. Compression resistance. Scanning electron microscopy. Consistency. Environment. Alternative material.

RESUMEN

En este trabajo se estudiaron algunas características físicas del yeso compuesto integrado con dos tamaños de grano diferentes de caucho de neumáticos. El programa experimental fue formado por las siguientes pruebas: consistencia (*mini-depresión*), resistencia a la compresión y microscopía electrónica de barrido. El caucho utilizado en los compuestos de neumático provino del proceso de recauchutaje con la incorporación del 5% y 10% en relación a la masa de yeso y las dos granulometrías diferentes utilizados fueron llamados fino (# 0, 6 mm) y gruesa (# 1, 19). Los resultados fueron comparados con la carpeta de control, en el que no hubo la incorporación del caucho. Los cauchos en diferentes granulometrías se destacaron en diferentes puntos. El caucho fino presentó resistencia a la compresión cerca del valor observado en el control, con la adición de 5% en masa, que puede ser debido a su adhesión a la masa de yeso, que resultó menos porosa y con una interface más cercana entre las partículas de caucho y la masa, observado por la microscopía electrónica. El caucho grueso presentó los mejores resultados de consistencia (*mini-depresión*), contribuyendo a la viabilidad de la goma, que fue vista también en la microscopía electrónica, donde la goma gruesa ofrece menos agarre que el yeso, en comparación al compuesto con incorporación de goma fina. Es posible decir, entonces, que el caucho como material residual presenta características interesantes en aplicaciones de yeso compuesto.

Palabras clave: Yeso compuesto. Caucho de neumáticos. Resistencia a la compresión. Microscopía electrónica de barrido. Consistencia (*mini-depresión*). Medio ambiente. Material alternativa.

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem como consequência o aumento na produção de resíduos, devido ao processo de industrialização. Consequente a isso, surgem diversas discussões a respeito do correto manuseio e descarte de tais resíduos, com um crescente aumento na preocupação ambiental, como a disseminação de doenças, enchentes e poluição visual.

Um dos principais resíduos gerados hoje em dia é a borracha vulcanizada oriunda de pneus inservíveis (Figura 1), que causa danos ao meio ambiente devido a sua inadequada disposição, muitas vezes em decorrência do alto custo do processo de reciclagem ou até mesmo da falta de logística e tecnologia para isto.

Figura 1: Pneu inservível descartado incorretamente



Fonte: WWW.G1.GLOBO.COM, 2015.

Um aspecto que dificulta o reaproveitamento dos pneus é o fato de que estes são constituídos basicamente de borrachas vulcanizadas, sendo o processo de vulcanização difícil de ser revertido e, conseqüentemente, de se aproveitar os constituintes originais do pneu (PEDRO, 2011).

Fragments de pneus expostos podem ser ambientes para a procriação de mosquitos vetores de doenças, pilhas de pneus são facilmente postas à fogo, sendo difícil o seu controle, além do fato de que sua fumaça pesada e tóxica escapa para percursos d'água (MOUSTAFA e ELGAWADY, 2015). Se aterrado inteiro, o pneu pode reter gases em seu interior e vir a flutuar para a superfície, quebrando, assim, sua cobertura. Tal fato gera a exposição do aterro a vetores e a fauna, além de possibilitar que gases escapem para a atmosfera (LUND, 1993).

Sendo assim, a proposta deste trabalho foi incorporar borracha de pneus, oriundas do processo de recauchutagem, na produção de compósitos de gesso. Pesquisas com tais

compósitos tem sido realizadas com a incorporação de diferentes materiais, tais como cortiça, fibras de vidro, fibras de sisal e vermiculita.

Haselein *et al.* (2002) confeccionaram chapas aglomeradas utilizando gesso como material cimentante e papel reciclado dissociado, como reforço. A incorporação das fibras de papel provocou aumento de 77,2% na dureza, 64,7% na resistência à flexão e 49,6% na resistência ao arrancamento de parafusos, quando comparados com a chapa de gesso puro.

O estudo da incorporação de borracha de pneus na produção de gesso é atual, sendo sua incorporação na execução de concretos e pavimentos analisadas anteriormente ao gesso, com a obtenção de significativos resultados.

Kardos e Durham (2015) estudaram a incorporação de migalhas de pneus reciclados como substituição parcial de agregado fino nas misturas de concreto para utilização em pavimentos. As porcentagens de migalhas de pneus utilizadas foram 10%, 20%, 30%, 40% e 50%. Os resultados foram comparados com a mistura controle contendo apenas areia como agregado fino e chegaram à conclusão de que a substituição de 30% da areia por migalhas de pneu foi a situação ótima, que produziu as propriedades necessárias para pavimentos de concreto, tanto no estado fresco quanto no endurecido.

No que diz respeito a utilização da borracha nos compósitos de gesso, Serna *et al.* (2012) estudaram a adição de borracha de pneus no fim de suas vidas úteis (ELTs ou End-of-Life-Tyres) em pastas de gesso. Foram incorporados 1%, 3% e 5% de volume de borrachas para três diferentes granulometrias de partículas de borracha: 0-1 mm, 1-2 mm e 2-4 mm. Os resultados foram comparados com as amostras de pasta de gesso sem a adição da borracha, sendo que houve um aumento na resistência à tração dos compósitos.

A origem da borracha utilizada aqui é o processo de recauchutagem. Segundo Fioriti (2007), este consiste do reaproveitamento da carcaça do pneu com substituição da banda de rodagem gasta (pneu liso) por uma nova, desde que a estrutura esteja em boas condições. Essa reutilização da parte interna do pneu contribui para a diminuição da sua quantidade produzida e de seu descarte inadequado.

2. OBJETIVOS

Estudar a incorporação de resíduos de borracha resultantes do processo de recauchutagem de pneus na produção de compósitos de gesso, considerando que a construção civil já aproveita este material em concretos, argamassas e pavimentação asfáltica.

3. METODOLOGIA

Os processos e ensaios do plano inicial seguiram na seguinte ordem: peneiramento classificatório e caracterização física da borracha de pneu, caracterização física do gesso,

caracterização do superplastificante, ensaio de consistência (*mini-slump*), ensaio de resistência à compressão e ensaio de microscopia eletrônica de varredura.

3.1. BORRACHA DE PNEU

3.1.1. Peneiramento Classificatório

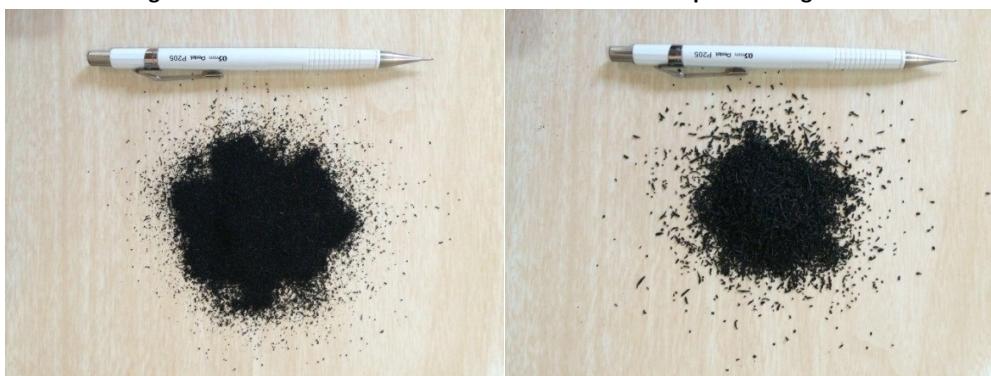
A borracha de pneu utilizada neste projeto é oriunda do processo de recauchutagem. Como os resíduos da recauchutagem possuem uma gama diversificada de granulometrias, o material foi submetido ao peneiramento classificatório. Antes disso, foram descartadas quaisquer impurezas existentes nos resíduos de borracha, a fim de se evitar influências no desempenho dos compósitos. A Figura 2 ilustra uma amostra da borracha no estado natural.

Figura 2: Borracha oriunda da recauchutagem de pneus no estado natural



Após isso, uma amostra do resíduo de borracha foi separada com o auxílio do agitador de peneiras mecânico. O material utilizado é o passante nas peneiras #0,6 mm (denominada de fina) e #1,19mm (denominada de grossa), sendo que isso representa o reaproveitamento de cerca de 65% dos resíduos de borracha de pneu de recauchutagem. As granulometrias utilizadas são apresentadas na Figura 3.

Figura 3: Granulometrias de borracha utilizadas nos compósitos de gesso

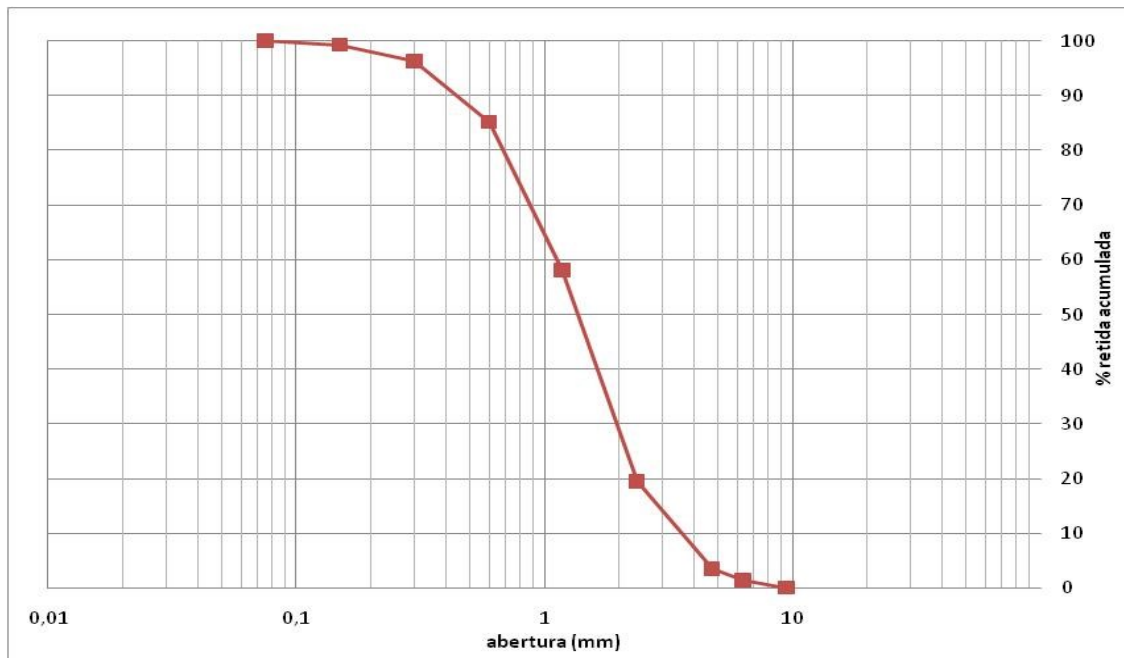


3.1.2. Caracterização Física da Borracha

Os ensaios realizados na borracha de pneu foram Análise granulométrica NBRNM-248 (ABNT, 2003), Massa unitária NBRNM-45 (ABNT, 2006) e Massa específica NBRNM-52 (ABNT, 2009). Os resultados obtidos para Massa unitária e Massa específica da borracha de pneus foram 0,33 g/cm³ e 1,15 g/cm³, respectivamente. O modulo de finura obtido para a borracha de pneu foi de 3,62 e a sua composição granulométrica pode ser visualizada na Tabela 1, com a curva granulométrica apresentada a seguir.

Tabela 1: Resultados da composição granulométrica da borracha de pneus

Peneira (mm)	Massa retida (g)	% Retido	% Retida acumulada	% Passante
6,30	3,4	1,35	1,35	98,65
4,75	5,1	2,05	3,40	96,60
2,36	40,0	16,00	19,40	80,60
1,18	96,6	38,63	58,03	41,97
0,60	67,9	27,16	85,19	14,81
0,30	27,9	11,15	96,35	3,66
0,15	7,4	2,97	99,32	0,68
fundo	1,7	0,68	100,00	0,00
Σ	250,00	100,00		



3.2. GESSO

O gesso utilizado no projeto foi o de revestimento do tipo lento ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), com finalidade de revestimento interno de paredes construídas com tijolos tradicionais, vigas, lajes e colunas de concreto.

Como parâmetro de comparação dos resultados, foi preparada uma pasta de gesso controle, sem a adição de borracha. Foi utilizado um fator água/gesso (a/g) de 0,40 tanto na pasta controle quanto nos compósitos de gesso com a incorporação da borracha de pneu. No total, foram executados 5 compósitos de gesso em laboratório, sendo 1 a pasta controle e 4 com a adição de borracha. A seguir são apresentadas as pastas preparadas:

- **Controle:** pasta de gesso (sem borracha);
- **C1-5%:** compósito de gesso com 5% (massa) de borracha **fin**a;
- **C2-5%:** compósito de gesso com 5% (massa) de borracha **gross**a;
- **C3-10%:** compósito de gesso com 10% (massa) de borracha **fin**a;
- **C4-10%:** compósito de gesso com 10% (massa) de borracha **gross**a.

Os resultados da caracterização física do gesso foram: massa unitária com 710 kg/m^3 e resistência à compressão com 12,67 Mpa.

A norma utilizada para a execução do ensaio de massa unitária foi a mesma que para a borracha de pneus, NBRNM-45 (ABNT, 2006). Da mesma forma, o ensaio de resistência à compressão seguiu a norma que foi aplicada no ensaio dos compósitos de gesso preparados, sendo mencionadas na descrição destes, a seguir.

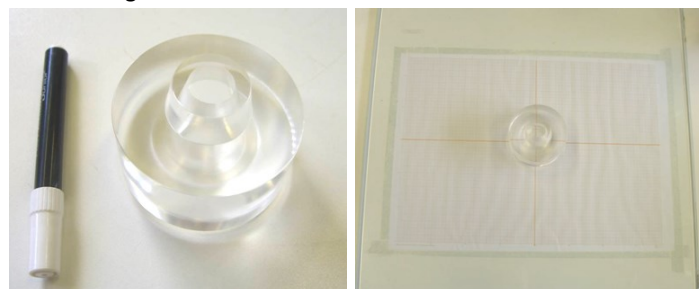
3.3. SUPERPLSTIFICANTE

Em todos os compósitos foi adicionado 0,5% em relação à massa de gesso de superplastificante ViscoCrete 5800 FTN, visando diminuir a relação água/gesso e melhorar a resistência do compósito. Algumas características do superplastificante, segundo seu fabricante Sika, são composição básica: Solução de policarboxilato em meio aquoso, densidade: $1,07 \text{ kg} \pm 0,02 \text{ kg/litro}$ e pH: $5,0 \pm 1,0$.

3.4. ENSAIO DE CONSISTÊNCIA (MINI-SLUMP)

A consistência dos compósitos foi observada por meio do ensaio do mini-*slump*, conforme Kantro (1980), que mede as condições de trabalhabilidade do material por meio da sua fluidez/plasticidade. Para isto, foram necessários os seguintes equipamento: um molde tronco-cônico (aberto nas duas extremidades) e uma placa de vidro quadrada de 500 mm de lado e 5 mm de espessura, colocada sobre uma folha de papel milimetrado. O molde foi posicionado sobre o vidro no centro dos eixos traçados no papel (Figura 4) e preenchido com o compósito de gesso a ser ensaiado. O material excedente foi removido com o auxílio de uma espátula.

Figura 4: Ensaio de consistência com molde cônico



Após a retirada do molde, foram tomadas duas medidas ortogonais, demarcadas no papel milimetrado, que expressaram o espalhamento do material. A consistência da mistura foi dada pela média das duas leituras, em milímetros.

3.5. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para o ensaio de resistência à compressão, foi utilizada a norma NBR-12129 (ABNT, 1991), onde o molde deveria ter três compartimentos cúbicos com arestas de 50 mm (Figura 5), proporcionando, assim, a moldagem simultânea de 3 corpos-de-prova.

Figura 5: Molde para confecção de corpos-de-prova



Na execução do ensaio, a parte seca (gesso e borracha) foi polvilhada sobre a água por 1 minuto e deixados em repouso durante 2 minutos, para que pudessem ser misturados de forma contínua por 1 minuto até que os grumos de gesso ou gesso e borracha e bolhas de ar fossem desfeitos. Após isso, a pasta foi transferida para os moldes lubrificadas, batendo sempre com uma espátula de modo a evitar aprisionamento de bolhas de ar. Depois do completo endurecimento da pasta, os corpos foram desmoldados e deixados secar sob ar circulante, para que, posteriormente, pudessem ser colocados por 24 horas em um dessecador, sendo retirados apenas antes da realização dos ensaios (Figura 6).

Figura 6: Prensa para ensaio de Resistência à compressão



No ensaio, cargas foram aplicadas até a ruptura do corpo de prova. A resistência à compressão foi calculada segundo a Equação 01.

$$R = \frac{P}{S} \quad (01)$$

onde: R = resistência à compressão (MPa);

P = carga que produziu a ruptura do corpo de prova (N);

S = área de seção transversal de aplicação de carga (mm²).

3.6. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Para este ensaio foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura, Zeiss EVO, modelo LS15, existente no Laboratório MEV do Departamento de Física e Química da UNESP de Ilha Solteira. Ele foi utilizado para verificar a morfologia e a composição da microestrutura dos compósitos

produzidos à base de gesso com incorporação de borracha de pneus, já que produz imagens de alta ampliação e resolução.

4. RESULTADOS

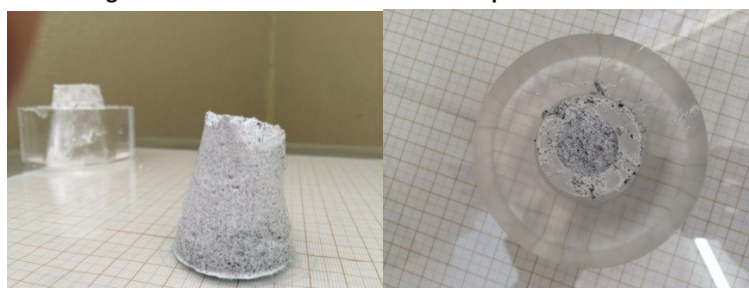
4.1. CONSISTÊNCIA (MINI-SLUMP)

Este ensaio é importante para medir as condições de trabalhabilidade do material por meio da sua fluidez/plasticidade. A Figura 7 ilustra o ensaio da pasta controle (sem adição de borracha) e a Figura 8 dos compósitos.

Figura 7: Ensaio de consistência da pasta controle



Figura 8: Ensaio de consistência dos compósitos



Os resultados obtidos para a consistência dos compósitos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados dos ensaios de Consistência

Compósitos	Amostra	Espalhamento (mm)	Média (mm)
Controle	A1	68	67,000
	A2	66	
Compósito 1	B1	46	45,500
	B2	45	
Compósito 2	C1	58	59,000
	C2	60	
Compósito 3	D1	43	42,500
	D2	42	
Compósito 4	E1	43	43,500
	E2	44	

Foi possível observar que em todos os compósitos houve uma diminuição no espalhamento da pasta e, conseqüentemente, de sua trabalhabilidade em relação ao controle. O compósito que teve o maior espalhamento foi o com incorporação de 5% de borracha grossa e o menor foi o com 10% de borracha fina, com uma queda de 28% na trabalhabilidade.

Comparando-se com os resultados obtidos por Takaki (2015), que também realizou o ensaio de *mini-slump* com base em Kantro (1980), observa-se um resultado parecido, visto que a mesma verificou que em compósitos produzidos com 5% de adição de borracha de pneus com

granulometrias de #0,075 mm (fina), #1,19 mm (média) e #2,38 mm (grossa) mostraram que ocorreu aumento da consistência conforme o aumento da granulometria incorporada.

4.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão é importante, uma vez que estuda o comportamento do material no que diz respeito ao seu encurtamento e rompimento, quando solicitados à compressão. A Figura 9 representa o ensaio de resistência à compressão.

Figura 9: Ensaio de Resistência à compressão



Os resultados obtidos para a resistência à compressão são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados do ensaio de Resistência à compressão

Compósitos	Carga de ruptura (kgf)	Força de compressão (MPa)	Média de resistência (MPa)
Controle	2.450	9,61	9,95
	2.450	9,61	
	2.710	10,63	
Compósito 1	2.340	9,18	9,43
	2.580	10,12	
	2.290	8,98	
Compósito 2	2.360	9,26	8,84
	2.220	8,71	
	2.180	8,55	
Compósito 3	1.650	6,47	6,33
	1.580	6,20	
	1.610	6,31	
Compósito 4	1.690	5,96	5,2
	1.610	5,26	
	1.590	4,39	

De maneira geral, a resistência dos compósitos incorporados com borracha foram menores que à do controle, sendo que sua queda foi inversamente proporcional aos percentuais

utilizados. Os compósitos com borrachas grossas apresentaram resistência menores que os compósitos com fina, sendo o menor valor a pasta com incorporação de 10% de borracha grossa, com uma queda de 48% na resistência. O compósito que mais se aproximou do controle foi o de 5% de borracha fina, com uma queda de 5% na resistência.

Serna *et al.* (2012) observaram que a adição de borracha provoca uma redução linear da resistência à compressão do gesso.

Fuzaro *et al.* (2015), que estudaram a resistência à compressão de compósitos de gesso reforçados com resíduos de pneus, observaram que o compósito que melhor obteve resultado foi o de gesso sem adição de resíduo de pneu, como analisado neste trabalho.

4.3. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Neste ensaio, foi possível observar a cristalização do gesso, assim como a aderência entre a pasta de gesso e a borracha de pneu. A Figura 10 mostra a cristalização do gesso da pasta controle, com a formação de cristais bem definidos, alongados e prismáticos.

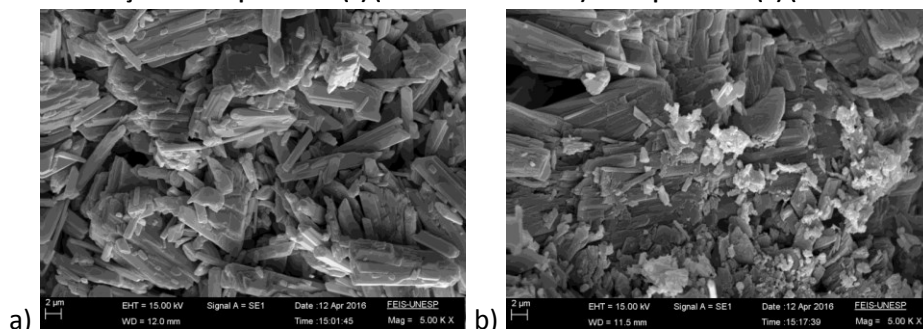
Figura 10: Cristalização do gesso na pasta controle



Fonte: MEV, 2016.

Com a incorporação da borracha, a cristalização ocorreu de forma diferente. Com a borracha fina, ela ocorreu de forma menos definida e prismática, mas ainda alongada (Figura 11 - a). Já para os compósitos com incorporação de borracha grossa nem é possível observar formas prismáticas (Figura 11 - b).

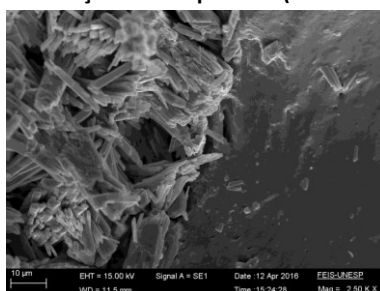
Figura 11: Cristalização do compósito 1 – (a) (5% de borracha fina) e compósito 2 – (b) (5% de borracha grossa)



Fonte: MEV, 2016.

No que se diz respeito à aderência entre os dois materiais, foram observados melhores resultados com a incorporação da borracha fina, apresentando poucos vazios na interface entre eles (Figura 12).

Figura 12: Cristalização do compósito 3 (10% de borracha fina)



Fonte: MEV, 2016.

5. CONCLUSÃO

As borrachas de granulometrias fina (#0,6mm) e grossa (#1,19mm) se destacaram em diferentes pontos. A borracha fina apresentou resistência à compressão próxima ao valor observado no controle, com adição de 5% em massa, o que pode ser devido a sua aderência à pasta de gesso, que se deu de maneira menos porosa e com uma interface mais próxima entre as partículas de borracha e a pasta, observado através do ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura.

A borracha grossa apresentou os melhores resultados em consistência (*mini-slump*), contribuindo para a trabalhabilidade da pasta, o que também foi observado na Microscopia Eletrônica de Varredura, onde a borracha grossa apresenta menos aderência à pasta de gesso, comparado ao compósito com incorporação de borracha fina.

No que diz respeito à adequação dos resíduos de borracha de pneu provenientes do processo de recauchutagem para a incorporação nos compósitos de gesso, esta é bem simples, necessitando apenas de peneiramento e mistura dos materiais, principalmente quando comparado ao principal resultado que produz: destinação de um resíduo que muitas vezes é descartado de forma incorreta, o que acarreta em poluição e auxilia na disseminação de doenças.

A realização deste estudo almeja a contribuição nos estudos de compósitos de gesso com incorporações de borracha de pneus na construção civil.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo auxílio financeiro no projeto de Iniciação Científica IC concedido a autora.

Ao Professor Dr Jorge Luis Akasaki, pelo auxílio científico.

A Arquiteta Nayra Alberici Pinto, pelo apoio científico e laboratorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

CONSTRUFACILRJ. **Gesso na Construção Civil: Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <<http://construfacilrj.com.br/gesso-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 05 de abril de 2016.

FIORITI, C. F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. São Carlos. 202 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FUZARO, B. S.; OLIVEIRA, M DA C. T. B. E.; OLIVEIRA, C. E. A.; OLIVEIRA, C. A.; OLIVEIRA, J. L. DE. **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.

HASELEIN, C. R.; CALEGARI, L.; ALBERTI, L. F.; MINELLO, A. L.; SILVA, P. A.; PINTOS, R. G. F. **Fabricação de chapas de partículas aglomeradas usando gesso como material cimentante**. *Ciência Florestal*, v.12, p.81-88, 2002.

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

KARDOS, A. J.; DURHAM, S. A. *Strength, durability, and environmental properties of concrete utilizing recycled tire particles for pavement applications*. Construction and Building Materials, v.98, p.832-845, 2015.

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

MOUSTAFA, A.; ELGAWADY, M.A. *Mechanical properties of high strength concrete with scrap tire rubber*. Construction and Building Materials, v.93, p.249-256, 2015.

PEDRO, D. A. G. *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.

SERNA, A.; DEL RÍO, M.; PALOMO, J.G.; GONZÁLEZ, M. *Improvement of gypsum plaster strain capacity by the addition of rubber particles from recycled tyres*. Construction and Building Materials, v.35, p.633-641, 2012.

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