

Proposta para reciclagem de pneus em fim de vida

André Hekermann Buss (UTFPR) ahbuss@utfpr.edu.br

João Luiz Kovaleski (UTFPR) kovaleski@utfpr.edu.br

Regina Negri Pagani (UTFPR) reginapagani@utfpr.edu.br

Abraham Elias Ortega Paredes (UTFPR) abrahamortega@utfpr.edu.br

Eriel Biagini Sabino (UTFPR) erielSabino@utfpr.edu.br

Resumo:

Este artigo mostra um estudo realizado com resina termofixa, com adição de resíduos de pneus triturados em quantidades de 20% e 60%, onde foi verificado o ensaio de resistência a flexão para observar o comportamento mecânico nas quantidades diferentes de adição de pneus em fim de vida. A Cada dia mais veículos são fabricados e com isto há maiores índices de descarte de resíduos de pneus em todo o mundo. O Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento sustentável comenta da importância de se encontrar meios eficazes para se reciclar resíduos de pneus. Há grande dificuldade em reciclar borrachas de pneus é devido à complexidade da sua composição química e das ligações cruzadas que as cadeias químicas formam. O Conselho Regional de Química indica que a adição de carga junto a matriz de resina termofixa deve ficar em aproximadamente 30%, e este estudo comprova que é possível adicionar uma quantidade bem superior e se obter resultados favoráveis. Para este estudo foi utilizado um levantamento bibliográfico usando o Methodi Ordinatio. O ensaio de resistência a flexão teve seus resultados confirmados, considerados compatíveis e validados por métodos estatísticos.

Palavras chave: Reciclagem de pneus, Sustentabilidade, Methodi Ordinatio, Estatística descritiva

Proposal for end-of-life tire recycling

Abstract

This paper shows a study with thermosetting resin, with addition of 20% and 60% shredded tire residues, where the flexural strength test was observed to observe the mechanical behavior in the different amounts of tire addition at the end of life. Every day more vehicles are manufactured and with this there are higher rates of tire waste disposal around the world. The World Business Council for Sustainable Development comments on the importance of finding effective ways to recycle waste tires. There is great difficulty in recycling rubber tires because of the complexity of their chemical composition and the cross-links that the chemical chains form. The Regional Council of Chemistry indicates that the addition of filler to the thermoset resin matrix should be approximately 30%, and this study proves that it is possible to add a much higher amount and obtain favorable results. For this study a bibliographic survey was used using Methodi Ordinatio. The flexural strength test had its results confirmed, considered compatible and validated by statistical methods.

Key-words: Tire Recycling, Sustainability, Methodi Ordinatio, Descriptive Statistics

1.Introdução

A cada instante as tecnologias são melhoradas e com seus aprimoramentos há uma demanda por novos produtos que rapidamente se tornam substituíveis, se tornando resíduos num espaço curto de tempo. Contribuindo para o crescente número de descartes, prejudicando o meio ambiente ao não se ter sempre uma destinação correta para o descarte (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013)

A recuperação dos resíduos principalmente os de borrachas de pneus inservíveis, são consideradas baixa a nível mundial, e em 2009 cerca de 3,2 milhões de toneladas de pneus foram descartados (BRAVO; BRITO, 2012).

A Indústria de veículos é responsável pela maioria dos resíduos de pneus, aproximadamente 17 milhões de toneladas de pneus são descartados todo os anos junto a natureza. (SIENKIEWICZ et al., 2012)

O Conselho Empresarial Mundial para o desenvolvimento Sustentável (WBCSD) comenta que são gerados milhares de toneladas de pneus em fim de vida (ELT) os quais são fontes de diversos problemas ambientais (WBCSD, 2018).

Visando a sustentabilidade, se vem pensando cada dia mais em meios para reciclar estes pneus, alguns destes meios passam e ser comuns como a destinação para a construção civil e fontes de energia como queima em fornos (WBCSD, 2018).

Os pneus geram um problema ambiental quando chegam ao seu fim de vida, pois nem sempre há um processo adequado ambientalmente que resulte numa solução definitiva para a reciclagem dos pneus (BERTOLLO et al., 2002).

Segundo Lagarinhos e Tenório (2009) os destinos mais comuns dos pneus inservíveis ou chamados de pneus em fim de vida (ELT) e sem condições de uso no Brasil, é a sua queima em fornos; o que geram gases com as substâncias dos compostos químicos que formam os pneus. Destaca-se que devem ser filtrados as partículas na sua totalidade para evitar danos ambientais.

Os pneus inservíveis também podem ser utilizados para alimentar os fornos de clínquer, onde reduzem entre 10% e 30% o uso de outros combustíveis não-renováveis. Na indústria de cimento, os pneus usados e sem uso, também podem alimentar os fornos promovendo o co-processamento, onde a malha de aço se incorpora ao clínquer, sendo um substituto da matéria prima, reduzindo os custos operacionais (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2009).

Undri et al. (2013) mostra a dificuldade de se reciclar pneus devido as suas ligações químicas fortes e a grande composição de elementos envolvidos na reação química que possuem os pneus, sendo que esta composição é altamente tóxica e prejudicial a saúde humana e ao meio ambiente.

As resinas termofixas, podem ser misturadas com resíduos de pneus. Estas resinas poliméricas termofixas são de difícil fusão em temperaturas elevadas, tendo ainda características de serem resistentes a luz solar, aceitando na sua mistura a concentração em torno de 30% de carga, sendo carga o termo usado para designar o item que é usado na mistura junto com a resina (CRQ, 2017).

O objetivo deste trabalho é mostrar o estudo realizado com resina termofixa e diferentes concentrações de cargas de pneus ELTs e indicar a possibilidade de aplicação na área arquitetônica, sendo uma opção para reciclagem de resíduos de pneus.

2. Referencial teórico

2.1 Pneus em fim de vida

A China é o maior fabricante de pneus no mundo, ficando em segundo lugar os Estados Unidos da América (EUA) e em seguida a Europa, onde todos não apenas são grandes fabricantes de pneus novos, mas também são principalmente grandes geradores de resíduos de pneus (OICA, 2017).

A Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores (OICA), indica que a cada ano a produção de pneus novos vem crescendo desde 1990, e chega ao índice de 80% de crescimento até os dias atuais (OICA, 2017).

Os EUA se destacam quanto a ter uma legislação para destinação de ELTs que é considerada uma das melhores do mundo, fazendo com que haja bons números de reciclagem ou destinação dos pneus em fim de vida; isto é o que afirma a Associação dos fabricantes de borrachas dos EUA (ETRMA, 2018).

A União Europeia por sua vez, possui a melhor legislação para destinação dos ELT, e vem tendo uma postura rigorosa para cobrar a reciclagem das borrachas sem aplicação. Na União Europeia (UE) tem o mais eficaz tratamento dos ELTs, isto se deve ao nível de controle e legislação vigente (ETRMA, 2018).

A China, ficou em segundo lugar na geração de pneus novos no mundo, contudo não há uma legislação eficaz sobre o seu processo de destinação destes ELTs (ETRMA, 2018).

2.2 Resinas termofixas e seus aditivos

O Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), possui varios registros de patentes que comprovam que as resinas termofixas podem ter adição de carga, as quais são geralmente talcos, pós de mármore, quartzo, dolomita, caulim, e estas cargas geralmente podem variar no máximo até a quantidade de 30% da quantidade total de resina termofixa (INPI, 2018).

O Conselho Regional de Química (CRQ), possui diversos trabalhos publicados na sua página do sitio tecnológico na internet, onde reforça que a carga máxima é em torno de 30% junto as resinas termofixas, as quais não suportam muito mais do que este valor adicional na composição básica (CRQ, 2017).

O CRQ destaca que as cargas normalmente são minerais junto aos polímeros. As cargas de pneus também seguem este princípio de não ultrapassar a margem dos 30% como carga. (CRQ, 2017)

3. Metodologia

O levantamento teórico foi realizado usando a metodologia multicritério chamada “Methodi Ordinatio” a qual é constituída considerando os artigos selecionados conforme palavras chaves e suas combinações e logo em seguida se equaliza os dados dos artigos, levando em conta na métrica o ano de publicação do artigo, número de citações e sua classificação conforme JCR (PAGANI et al., 2015).

O banco de dado pesquisado foi o ScienceDirect com a palavra chave “Tire Recycling” e com a palavra chave “Tyre Recycling”, onde nesta primeira filtragem houve 357 artigos, seguindo a metodologia houve a leitura e selecionado 80 artigos com potencial para este estudo, e ao se fazer a classificação pela métrica do Methodi Ordinatio, foram escolhidos os 15 primeiros artigos classificados conforme o uso pela tabela Excel®.

Para o ensaio mecânico de resistência a flexão foi utilizada a norma ASTM D790:2010, “Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials”. O estudo também exigiu a utilização de um software, o qual foi utilizado o IBM SPSS STATISTICS, com a função de realizar os principais cálculos estatísticos. Estes cálculos foram efetuados para indicar a normalidade ou a não normalidade dos dados medidos no ensaio de resistência a flexão. Aplicou-se, em seguida, os métodos Sperman e Person, conforme o fato de ser ou não paramétricos e a verificação da normalidade da curva.

3. Materiais e Métodos

3.1 Confeção das amostras

Foram confeccionadas 20 amostras para cumprir a solicitação da norma ASTM 790:2010, referente ao ensaio de resistência a flexão. Todas as amostras possuem como sua matriz a composição base de resina termofixa, sendo que 10 amostras continham 20% de carga de borrachas de pneus trituradas e as outras 10 amostras continham 60% de carga de pneus trituradas. Estes resíduos de borrachas de pneus, são proveniente de pneus ELTs, já coletadas junto a empresas recapadoras.

Houve a adição de 20% ou de 60% de ELTs em resinas termofixas, num becker. Logo em seguida, houve a mistura das partes de maneira manual com o auxílio de espátula, e vazados em molde para a formação das amostras já no formado especificado em norma ASTM 790:2010.

Obteve-se a confecção de protótipo com 60% de carga de ELT, onde a mistura neste caso foi vazada em molde metálico em dimensões 200mm x 200mm.

3.2 Ensaio de resistência a flexão

Os corpos de provas para o ensaio de resistência a flexão foram confeccionados com uma matriz polimérica termofixa conhecida como resina poliéster, tendo a adição de resíduo de borrachas de pneus em quantidade de 20% e 60%, e se fazendo do uso de iniciador (catalisador) e corante. Foram utilizados também: becker, espátula e arames do pneu ELT. A norma usada foi a ASTM D790:2010 para resistência a flexão, onde o ensaio foi realizado a temperatura de 23°C, com umidade de 50%.

As amostras para o ensaio de resistência a flexão foram feitos conforme medidas da norma técnica ASTM D790:2010, sendo uma barra de seção transversal retangular que é posto entre 2 pontos de apoio, havendo uma punção agindo sobre a amostra na região central, para determinar a resistência a flexão. Esta punção tem raio mínimo de 3,2 mm e raio máximo que suporte 1,6 vezes a espessura da amostra com raio de carga quatro vezes a profundidade da força do corpo de prova.

Os resíduos de borrachas de pneus foram adquiridos junto a empresas recapadoras da região de Ponta Grossa, Pr.

Junto ao equipamento Instron EMIC, Modelo 23-30 usando uma célula de carga de 5 KN, com velocidade de ensaio de 2 mm/min. Aplicou-se carga sobre as amostras confeccionadas em mm, tanto a sua largura como comprimento. Desta forma se efetuou o ensaio de resistência a flexão.

4. Resultados

4.1 Sobre o ensaio de resistência a flexão

Os resultados dos ensaios de resistência à flexão estão descritos abaixo, com a aplicação dos métodos estatísticos necessários para demonstrar o objetivo já descrito anteriormente.

A primeira observação que deve ser levantada é se os dados coletados junto ao ensaio mecânico de resistência a flexão é ou não normal, e qual é a sua estatística descritiva. Pode-se observar os dados destacados logo abaixo conforme as tabelas 1 e 2. Sendo que a tabela 1 registra as informações dos dados de leituras do ensaio, e a tabela 2, mostra a estatística descritiva, sua média, mediana e moda.

Dados do ensaio de resistência a flexão (MPa)		
No.	20%	60%
1	16,15	14,41
2	15,95	15,08
3	14,26	17,40
4	15,45	15,63
5	15,40	14,92
6	16,10	15,63
7	15,45	16,00
8	14,71	15,63
9	15,45	14,37
10	16,10	16,80

Fonte: Autoria própria (2017)

Tabela 1: leituras do ensaio de resistência a flexão (MPa)

Pelos dados da tabela 1, pode-se notar que a média quando a quantidade de carga de pneus na amostra é de 20%, fica em 15,50 MPa, sendo a mediana de 15,45 MPa, e a moda é 15,45 MPa. Analisando a concentração e 60% de carga de pneus ELT, tem-se que a média é de 15,61 MPa, e a mediana tem seu valor de 15,63 MPa, enquanto a moda é de 15,63 MPa.

4.2 Validação dos dados por meio estatístico

Os resultados estão relatados na tabela 2, que segue logo abaixo.

		ResFlex20	ResFlex60
N	Valid	10	10
	Missing	1	1
Mean		15,5020	15,6170
Median		15,4500	15,6300
Mode		15,45	15,63

Fonte: Autoria própria (2017)

Tabela 2: Determinação da média, mediana e moda

O sumário dos dados obtidos pelo ensaio de resistência a flexão se faz necessário para validação dos dados e posicionamento do estudo. Na tabela 3, há o descritivo dos casos validos, do percentual analisado pelo programa IBM SPSS STATISTICS 23, onde pode-se analisar que os dados são convalidados e suficientes para base de cálculo conforme proposto.

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ResFlex20	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
ResFlex60	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Fonte: Autoria própria (2017)

Tabela 3: Sumário do processamento dos dados do ensaio de resistência a flexão

Com os mesmos dados do ensaio de resistência a flexão, e fazendo uma aplicação via histograma, tem-se um perfil estatístico sobre a normalidade com cada porcentual de adição de resíduos de pneus na matriz polimérica.

A tabela 4, registra o perfil desta normalidade, através de algumas informações relevantes como a média já mostrada anteriormente na tabela 2, a qual é 15,50 para 20% de carga e 15,61% para 60% de carga de pneus junto a matriz polimérica.

		Statistic	Std. Error
ResFlex20	Mean	15,5020	,19788
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	15,0544
		Upper Bound	15,9496
	5% Trimmed Mean	15,5350	
	Median	15,4500	
	Variance	,392	
	Std. Deviation	,62576	
	Minimum	14,26	
	Maximum	16,15	
	Range	1,89	
	Interquartile Range	,87	
	Skewness	-,921	,687
	Kurtosis	,280	1,334
ResFlex60	Mean	15,6170	,30929
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	14,9173
		Upper Bound	16,3167
	5% Trimmed Mean	15,5872	
	Median	15,6300	
	Variance	,957	
	Std. Deviation	,97807	
	Minimum	14,37	
	Maximum	17,40	
	Range	3,03	
	Interquartile Range	1,41	
	Skewness	,478	,687
	Kurtosis	-,295	1,334

Fonte: Autoria própria (2017)

Tabela 4: Medidas de tendência central do ensaio de resistência a flexão

Contudo, as informações que mais ilustram a tabela 4 são quanto a assimetria e a curtose. Os dados quanto à assimetria têm resultados para 20% e 60% respectivamente iguais a -0,921 e 0,478. Os resultados quanto a curtose com 20% de carga de pneus ELT é de 0,280, e com 60% de carga de pneu, a curtose é igual a -0,295.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ResFlex20	,235	10	,124	,872	10	,106
ResFlex60	,148	10	,200*	,950	10	,673

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

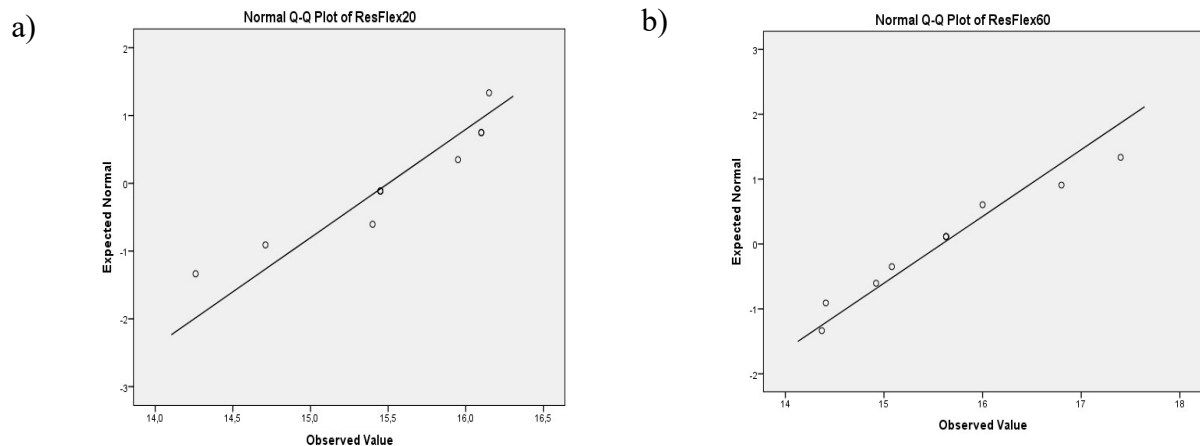
Fonte: Autoria própria (2017)

Tabela 5: Teste de normalidade

Pode-se interpretar na tabela 5, que os dados são menores do que 30 amostras, sendo 10 amostras em cada categoria da análise, e isto justifica a aplicação da metodologia de Shapiro-Wilk, descartando os dados de Kolmogorov-Smirnov.

Observa-se que a significância (sig.) de 0,106 para 20% de resistência a flexão (ResFlex20), e a significância (sig.) de 0,673 para 60% de resistência a flexão (ResFlex60).

Uma significativa comparação dos resultados é feita ao observar os dados quando se tenta contrastar os valores ao se ter as retas formadas com os valores de leituras conforme as porcentagens dos resíduos de pneus formando as amostras, conforme a figura 5, abaixo.

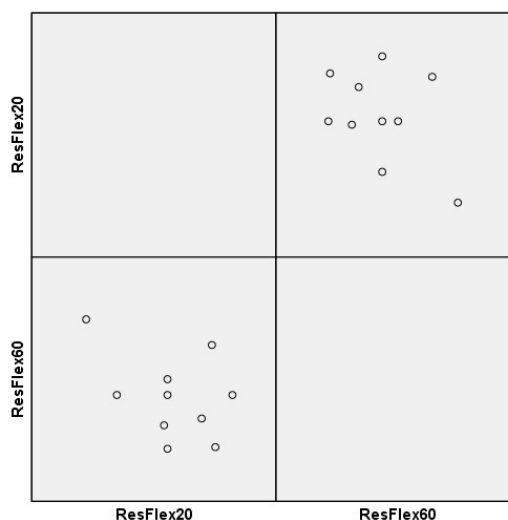


Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 1: Resultado do ensaio de resistência a flexão com a) 20% e b) 60% de carga de pneu respectivamente.

Com os dados estruturados é possível realizar uma comparação entre as variáveis envolvidas, possibilitando uma visão se há linearidade, e se tem aspecto positivo ou tendência negativa.

A figura 2, mostra este perfil dos dados, favorecendo uma possível comparação entre as variáveis, e análise da correlação dos valores pesquisados.



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 2: Correlação dos dados

Um dos principais resultados das leituras efetivadas junto ao ensaio de resistência mecânica é a correlação entre os dados. Na tabela 6, se têm as informações paramétricas, descritas pelo método de Pearson, que segue a distribuição normal e simétrica, onde contém menos de 30 amostras.

		ResFlex20	ResFlex60
ResFlex20	Pearson Correlation	1	-,406
	Sig. (2-tailed)		,244
	N	10	10
ResFlex60	Pearson Correlation	-,406	1
	Sig. (2-tailed)	,244	
	N	10	10

Fonte: Autoria própria (2017)

Tabela 6: Correlação de Pearson para 20% e 60% de carga de pneus inservíveis.

O método de Spearman, é para caso não paramétrico e de curva não normal. Abaixo segue análise de correlação para analisar diante uma comparação com os dados de significância encontrados e para efetuar uma comparação com os dados do método de Pearson.

		ResFlex20	ResFlex60
Spearman's rho	ResFlex20 Correlation Coefficient	1,000	-,198
	Sig. (2-tailed)	.	,584
	N	10	10
	ResFlex60 Correlation Coefficient	-,198	1,000
	Sig. (2-tailed)	,584	.
	N	10	10

Fonte: Autoria própria (2017)

Tabela 7: Correlação pelo método de Spearman

Há conforme o método de Spearman um coeficiente de correlação entre ResFlex20 e ResFlex60, de -0,198 com significância de 0,584.

4.3 Confeção de Protótipo

Com o ensaio de resistência a flexão pode-se prever a partir dos seus resultados que o material com 20% de adição de borrachas de pneus na mistura com a matriz de resina termofixa, resiste 15,50 MPa, e com a adição de 60% de resíduos de pneus se tem a resistência com 15,61 MPa.

O que permite confeccionar o protótipo abaixo num molde metálico de 200mm x 200mm, com a mistura de 60% de carga, e adição de 2% de catalisador para promover a “cura” da resina termofixa.



Figura 3: Placa de resina termofixa com adição de 60% de resíduo de pneu

Após retirada do protótipo do molde, nota-se que há brilho em sua superfície e a placa possui uma boa e significativa resistência, podendo ser manuseado imediatamente após o processo de “cura” da resina termofixa.

5. Conclusões

O melhor resultado de resistência a flexão foi obtido com adição de 60% de resíduo de pneu adicionado na matriz polimérica de resina termofixa; o qual suportou com a carga média de 15,61 MPa. Este resultado se deve a grande presença da porcentagem de particular de pneus diluído na matriz polimérica, e estando provavelmente as tiras e filamentos de borrachas de pneus entrelaçadas entre si, favorecendo o acréscimo da resistência a flexão.

A média mostrou que não existe uma distorção significativa entre os valores da média com a mediana e a moda, podendo ser observado na tabela 2, tais resultados indiferente da concentração da quantidade de pneus na matriz das amostras; convalidando assim o valor da média como sendo a principal referência do estudo.

Ao aplicar a estatística para se avaliar a normalidade dos resultados, constata-se que os resultados são todos normais pois apresentam um valor de $P > 0,05$, conforme pode-se notar na tabela 5, justificando a aplicação do método de Shapiro-Wilk e de Pearson. Também pode-se concluir, neste caso, que as informações caracterizam serem paramétricas.

Sobre a figura 1, pode-se concluir que há linearidade dos dados e similaridade entre as retas formadas tanto com 20% e com 60% de carga adicional de borracha de pneu na matriz polimérica. Outro aspecto é que as retas demonstram ter correlação dos dados serem negativos e com aspecto positivo (fig. 2).

Na tabela 6, conclui-se que há baixa dispersão dos dados medidos sobre a resistência a flexão, sendo paramétrica, confirmando que há correlação entre os dados coletados, que segue a distribuição normal e por isto se indica a leitura por Pearson, onde estes dados são simétricos. Com Pearson a correlação dos dados foi de -0,406 e com significância de 0,244, enquanto com o Spearman a correlação foi de -0,198 e a significância de 0,584, com tendência negativa e força considerada “Forte”.

A conclusão é que todas as leituras efetuadas e com as percepções das análises, o material tem suas leituras dos ensaios correlatos e com perfil condizentes, indiferente da concentração da quantidade de resíduos de pneus adicionado na mistura química; levando a interpretar de que os valores sugerem aplicações práticas, pois a resistência a flexão é validada pelos dados e métodos estatísticos aplicados.

A conclusão final obtida, é o fato de que o melhor resultado de resistência a flexão foi atingido com as amostras com 60% de carga de resíduos de pneus, o que gera a afirmação de que se trata de algo inédito e inovador, já que a carga máxima permitida fica em torno de 30% de adição de carga. Neste caso pode-se perceber que quanto maior a quantidade de borracha de pneus junto a matriz polimérica do termofixo utilizando a resistência a compressão é maior do que quando a matriz possui pouca adição de carga.

Esta conclusão favorece a determinação de que placas confeccionadas com carga de 60% de resíduos de pneus podem ser utilizadas para fabricar produtos que suportem a resistência a compressão determinada no ensaio descrito neste artigo.

Observando o protótipo, pode-se concluir que é possível fabricar peças como por exemplo tampo para pias de pequeno porte, sendo este um produto de valor agregado.

Com isto o objetivo geral é tendido ao se comprovar que é possível com este método adicionar ELTs em quantidades significativas e ser um meio de reciclar resíduos de pneus, gerando peças úteis a sociedade, sendo um projeto sustentável a toda a comunidade mundial.

6.Referências

ASTM D790:2010. STANDART TEST OF METHODS OF FLEXURAL PROPERTIES OF UNREINFORCED AND REINFORCED PLASTICS AND ELETRICAL INSULATING MATERIALS

BERTOLLO, S. M.; FERNANDES, S. M.; SCHALCH,V. Benefícios da incorporação de borracha de pneus em pavimentos asfálticos, Congresso Internacional de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cancún, México, 2002.

BRAVO, M.; BRITO, J. Concrete made with used tyre aggregate: durability-related performance, Journal of Cleaner Production, Issue 25, p. 42 – 50, 2012.

CRQ - Conselho Regional de Química. Disponível em : <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/apostila_pol%C3%ADmeros_0910082013_site.pdf> Acesso em: 03 de setembro de 2018.

ETRMA, 2017. Annual Report 2017 - Moving innovation that cares, ETRMA (European Tyre and Rubber Manufacturers' Association). Available from: <<http://www.etrma.org/>>. Consulted in 24 September, 2018.

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. Disponível em: <<https://www.inpi.com.br>> – Acesso em 13 de dezembro de 2017.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Reciclagem de pneus: discussão do impacto da política brasileira. Engevista, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, 2009. Disponível em: <http://www.uff.br/engevista/1_11Engevista4.pdf>. Acesso em: 03 de agosto de 2017.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Logística Reversa dos Pneus Usados no Brasil, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 23, No. 1, 2013, pp. 49-58, 2013 - Associação Brasileira de Polímeros São Paulo, Brasil.

OICA, 2017. Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em <<https://www.oica.net/>> Acesso em 18 de setembro de 2018.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. (2015). Methodi ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication, *Scientometrics*, Vol. 105 (3), pp 2109-2135. doi.org/10.1007/s11192-015-1744-x

SIENKIEWICZ, M.; KUCINSKA-LIPKA, J.; JANIK, H.; BALAS, A. (2012) Process in used tyres managment in the European Union: A review, *Waste Management*, Vol 32, Issue 10, pp. 1742-1751.

UNDRI, A.; MEINI, S.; ROSI, L.; FREDIANI, M.; FREDIANI, P. Microwave pyrolysis of polymeric materials: Waste tires treatment and characterization of the value-added products, *Journal of Analytical and Applied Pirolysis*, 2013.

WBCSD, 2018. Global ELT Management – A global state of knowledge on collection rates, recovery routes, and management methods, WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) Available from: < <https://www.wbcd.org/> >. Consulted in 24 September, 2018.