

**Resistência de concreto dosado com resíduos de pneus inservíveis para  
manufatura de placas de fechamento de obras civis****DIEGO GONÇALVES CAMELO**UNINOVE – Universidade Nove de Julho  
diego\_camelo@outlook.com**JOÃO ALEXANDRE PASCHOALIN FILHO**Universidade Nove de Julho  
jalexandre@uni9.pro.br



## **RESISTÊNCIA DE CONCRETO DOSADO COM RESÍDUOS DE PNEUS INSERVÍVEIS PARA MANUFATURA DE PLACAS DE FECHAMENTO DE OBRAS CIVIS**

### **Resumo:**

A construção civil consiste em um setor econômico de grande importância para o país, pois responde por grande parte dos empregos diretos e indiretos. No entanto, também figura como uma indústria que mais impacta negativamente o meio ambiente. Diante disso, a utilização de técnicas construtivas mais eficientes é um tema bastante discutido no meio técnico. Dentro deste contexto, destacam-se pesquisas que demonstram a viabilidade da substituição de agregados naturais por resíduos sólidos na dosagem de concretos não estruturais. Diante disso, este trabalho demonstra a avaliação da resistência de um concreto dosado com diferentes quantidades de resíduos de pneus inservíveis para a fabricação de painéis de fechamento pré-fabricados. Para tal, foram estudados traços experimentais e conduzidos ensaios de compressão em corpos de prova submetidos a cura de 28 dias em câmara úmida. Os resultados indicaram que a inserção do resíduo no concreto reduziu sua resistência à compressão. A queda da resistência ocorreu devido à incompatibilidade química da borracha à pasta de cimento. No entanto, destaca-se que apesar da resistência obtida nos traços experimentais serem inferiores à do concreto convencional, os valores obtidos são suficientes para a manufatura dos painéis em estudo, por estes não possuírem função estrutural.

**Palavras-chave:** Resíduo de borracha, pneus inservíveis, construção civil.

### **Abstract:**

Civil construction consists of an economic sector of great importance for the country, as it accounts for a large part of direct and indirect jobs. However, it also figures as an industry that most negatively impacts the environment. Therefore, the use of more efficient constructive techniques is a subject quite discussed in the technical environment. Within this context, we highlight researches that demonstrate the viability of the substitution of natural aggregates by solid residues in the dosage of non-structural concretes. Therefore, this work demonstrates the evaluation of the resistance of a concrete dosed with different amounts of wastes of waste tires for the manufacture of prefabricated closing panels. For this, experimental traits were studied and compression tests were carried out on test specimens subjected to 28 day cure in a humid chamber. The results indicated that the insertion of the residue into the concrete reduces its resistance to compression. The resistance drop occurs due to the chemical incompatibility of the rubber to the cement paste. However, it should be noted that although the resistance obtained in the experimental traces is inferior to that of conventional concrete, the values obtained are sufficient for the manufacture of the panels under study because they do not have a structural function.

**Keyword:** Waste rubber, waste tires, civil construction.



## 1. Introdução

A tecnologia, a demanda por tempo e o interesse pela sustentabilidade foram fatores, dentre outros, que contribuíram para o desenvolvimento da construção pré-fabricada. De acordo com Serra, Ferreira, & Pigozzo (2005) o termo pré-fabricação na construção civil é o nome concedido a todo elemento fabricado antes de seu posicionamento final na obra. Ou seja, no caso do concreto armado, o termo se aplica ao elemento concebido em uma fábrica ou em outro lugar que não seja o local final (obra), onde que ficará permanentemente cumprindo sua função, seja ela estrutural, estética ou de vedação.

Na ótica de Vasconcelos (2002) não há possibilidade de identificar o momento exato na história em que se iniciou o uso do pré-fabricado na construção civil. Entretanto, este autor afirma que esta metodologia construtiva está associada ao mesmo período do desenvolvimento do concreto armado e ao regime industrial. Ele situa o Brasil na história citando uma das primeiras obras executadas nesta metodologia: O hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. A construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, concluiu a obra em 1926. Na época, a rapidez concebida pela metodologia construtiva foi o parâmetro da escolha pela pré-moldagem.

Os painéis pré-fabricados de fechamento apareceram no Brasil na década de 1980, quando o BNH (Banco Nacional de Habitação) utilizou placas pré-moldadas em obras de habitação popular, no intuito de reduzir custos e acelerar o processo construtivo. Porém, na época o experimento não obteve sucesso e diversas obras foram demolidas, pois utilizaram em sua composição gesso em proporções maiores que a do cimento (Zenha, 1993).

Com o passar dos anos, a tecnologia na construção civil evoluiu e as placas pré-fabricadas de concreto armado apresentaram grandes ganhos. Além disso, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), também agregou em suas normas parâmetros direcionados a fabricação deste artefato, os quais garantem qualidade e segurança da obra.

A construção civil conta com diversas vantagens proporcionadas por essa tecnologia, dentre estas destacam-se: a diminuição da geração de resíduos, a homogeneidade dos elementos, o controle de fabricação e a rapidez de aplicação nas obras. Segundo Couto & Couto (2007), os benefícios dos elementos pré-fabricados em relação a construção convencional são animadores, dentre eles é possível citar: o maior controle de qualidade em função do processo produtivo, rapidez na execução, redução da necessidade de cimbramento e andaimes, redução da possibilidade de acidentes e redução de resíduos poluentes na natureza.

Destaca-se que na manufatura de artefatos pré-fabricados utiliza-se, muitas vezes, o concreto convencional, ou seja, dosado a partir de agregados miúdos e graúdos naturais, aglomerante e água. No entanto, a utilização de materiais naturais na dosagem do concreto poderia, em caso de manufatura de peças não estruturais, ser substituída por materiais reciclados, o que reduziria o impacto ambiental causado pelo processo de obtenção das peças e levaria a uma maior economia.

Diversos pesquisadores, nacionais e internacionais vêm desenvolvendo pesquisas no intuito de se viabilizar técnica e economicamente a utilização de resíduos sólidos diversos na obtenção de peças de concreto no intuito de se substituir agregados naturais, dentre estes, relacionam-se os trabalhos de: Tam et al. (2007), Tam (2009), Santin (2009), Hwang e Yeo (2011), e Paschoalin Filho et al. (2013), entre outros. Entre as vantagens apontadas por estes autores, destacam-se: redução no consumo de recursos naturais não renováveis; redução de áreas necessárias para aterro; redução do consumo de energia; redução da poluição e geração de emprego e renda.



Em se tratando dos resíduos sólidos urbanos descartados diariamente, os pneus podem representar um grande problema para a sociedade. Muitas vezes, estes são lançados em terrenos baldios e podem servir de criadouro de vetores patogênicos, tal como o mosquito *Aedes Aegypt*. Segundo Chang (2008), com o incremento do crescimento da demanda por automóveis e baixa fiscalização das municipalidades, tornou-se comum encontrar pneus descartados de forma inapropriada.

Quando queimados, os pneus podem causar incêndios, uma vez que cada pneu é capaz de se manter em combustão contínua por até trinta dias, permitindo a liberação de mais de dez litros de óleo no solo, causando a contaminação da água, do subsolo e poluição do ar (Costa e Pires, 2010).

Dados publicados pelo CEMPRE (2008), relatados por Costa e Pires (2010) trazem que há cerca de 180 milhões de pneus de passeios velhos depositados em aterros e, entre 2 a 3 bilhões lançados a céu aberto no Brasil. Segundo Oliveira e Castro (2007) o pneu de um automóvel pode pesar até 7,0 kg e o peso de um pneu de caminhão chega a 80 kg; além de ocupar grandes espaços quando descartados em aterros e lixões seu material é de difícil decomposição.

Diante deste contexto, tem-se a questão de pesquisa que norteou este trabalho: “Como é possível reduzir os impactos ambientais gerados durante a manufatura de painéis pré-fabricados de fechamento (não estruturais) a partir da utilização de resíduos de pneus inservíveis na composição do concreto? ”

Para responder a esta questão, este relato técnico apresenta a avaliação da resistência à compressão do concreto dosado com a inserção de resíduos de borracha de pneu inservível a fim melhorar o processo de fabricação de placas de fechamento pré-fabricadas no viés ambiental e promover um destino útil aos pneus descartados na natureza.

## 2. Referencial Teórico

Por intermédio das Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA n°258/99 e 301/02, regulamentadas pela Instrução Normativa n°8/02 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, procedimentos e metas para pneus inservíveis foram estabelecidos no Brasil. A legislação impôs, a partir do ano de 2002, a obrigatoriedade de destinar corretamente um pneu inservível para cada quatro novos produzidos, importados e reformados. A cada ano, a obrigatoriedade foi crescendo até chegar a cinco pneus para cada quatro pneus reformados a partir de 2005.

Segundo Motta (2008), a porcentagem de pneus usados que voltam a rodar, seja pelo reuso ou após processo de reforma é de 46,8%, os 53,2% restantes são inservíveis. Dessa maneira, é sabido que dessa porcentagem a quantidade que é depositada na natureza de forma indevida ainda é grande; no entanto ainda não é possível mensurar com precisão.

O tempo necessário para a decomposição de um pneu lançado na natureza é de 600 anos. A estrutura do pneu e a composição da borracha tornam esse processo moroso, assim, os danos causados pelo pneu à natureza tornam seu processo de reciclagem um fator de responsabilidade em relação ao meio ambiente (Motta, 2008).

Visto isso, a utilização do resíduo de pneus inservíveis na construção civil vem se tornando mais comum com o passar dos anos. Kroth (2012) apresenta um resumo das principais alternativas de utilização dos pneus inservíveis encontradas na bibliografia: i) pavimento para estradas, ii) drenagem e contenção de erosão de solo, iii) combustível para



produção de cimento, iv) processamento de xisto, v) sinalização rodoviária, vi) construção civil, vii) manufatura de artefatos de concreto.

Kroth (2012) também comenta que a utilização de resíduos de pneus na construção civil trazem as seguintes vantagens ambientais, econômicas e sociais: economia no consumo de fontes de recursos naturais esgotáveis; prolonga a vida útil de aterros sanitários; redução da emissão de poluentes na atmosfera; redução de vetores patogênicos; redução de sobrecarga em edificações.

Em relação a utilização de resíduos de pneus inservíveis na dosagem de concreto, Flores Medina & Hernández-Olivares (2016), apresentam um estudo conduzido para analisar os principais parâmetros que influenciam as propriedades acústicas de concreto leve com alto volume de agregados de borracha reciclada. Os autores identificaram que a mistura de borracha de pneu inservível, junto ao concreto, favoreceu o desempenho acústico, proporcionando assim melhor conforto sonoro ao ambiente. Entretanto, para chegar neste resultado, foi necessário o experimento com diversas granulometrias e dosagens de resíduo de pneu, sendo o resultado mais satisfatório obtido para uma substituição de 25% do agregado graúdo

Apesar de diversas vantagens, a inserção de partículas de borracha adicionadas na dosagem de concretos pode diminuir a resistência deste devido à baixa rigidez do resíduo e a sua pouca adesão com a pasta de cimento. Na ótica de Guo et al. (2017), para melhorar o desempenho do concreto com resíduos de borracha de pneu é necessário empregar diferentes tratamentos e métodos para não comprometer sua resistência final a compressão, para tanto é utilizado um agente de acoplamento de Silano (NaOH) para melhorar a aderência da borracha a composição do concreto.

Na ótica de Huang, Li, Pang, & Eggers (2004), a falta de compreensão do mecanismo de resistência limita novos experimentos utilizando o resíduo de borracha de pneu inservível na composição do concreto, limitando assim sua aplicação a apenas a componentes de baixa responsabilidade ou artefatos cimentícios não estruturais, os quais não necessitam de uma resistência a compressão significativa a ponto de suprir esforços estruturais, como por exemplo, o painel de fechamento pré-fabricado, o qual é apresentado na fotografia a seguir:



Figura 01 Painel de fechamento pré-fabricado composto de concreto convencional (sem resíduo de borracha).  
Fonte: Os Autores

Os painéis de fechamento pré-fabricados são elementos maciços de concreto armado, com espessura variando entre 10 a 15cm utilizados em edificações com modulações de até 8,50m (distância entre eixos de pilares). Estes elementos não são considerados estruturais, pois, para sua aplicação é necessário que haja uma estrutura pré-estabelecida. Sua função em uma edificação consiste apenas no fechamento, ou seja, na substituição da alvenaria de bloco convencional. Seu uso é amplo e atende diversas tipologias de obra. Entretanto, sua utilização



é mais direcionada a galpões industriais. A rapidez e a racionalização operacional concebido pela tecnologia construtiva empregada nas placas tem ampliado sua inserção na construção civil (Van Acker, 2002).

### 3. Metodologia de Pesquisa

Para o estudo da resistência a compressão do concreto com a inserção de resíduos de pneus, foi realizado um estudo de dosagem inicial e, posteriormente, foram obtidas as resistências a compressão de traços experimentais. Inicialmente foi realizada a dosagem de um traço de referência, sem a utilização de resíduos de pneus. Este traço é comumente utilizado na fabricação de placas de fechamento e possuiu por objetivo comparar sua resistência a compressão com as obtidas com os traços experimentais. Dessa forma, foram utilizados para este traço inicial (C1) os seguintes materiais: Cimento Portland de Alta Resistência (ARI) – CP V, Pedra Brita #1 (agregado graúdo), pó de pedra (agregado miúdo), tal como se verifica na Tabela 1.

Tabela 1. Proporções utilizadas na dosagem do concreto convencional (C1)

<b>Cimento ARI</b>	<b>Pó de pedra</b>	<b>Brita #1</b>	<b>Água potável</b>
1,0kg	2,8kg	3,85kg	0,7kg

Fonte: Dados da Pesquisa

Os traços experimentais foram dosados no intuito de se verificar o efeito da introdução de resíduos de borracha advindos de pneus inservíveis na resistência a compressão do concreto. A Tabela seguinte apresenta os traços experimentais utilizados. Os grãos de resíduos de borracha de pneus foram triturados em diâmetros variando entre 2,5 e 3,0mm. A Figura 2 apresenta o aspecto dos grãos utilizados.

Tabela 2. Proporções utilizadas na dosagem do concreto experimental

<b>Traço CP1</b>				
<b>Cimento ARI</b>	<b>Pó de pedra</b>	<b>Brita #1</b>	<b>Água potável</b>	<b>Resíduo de pneu</b>
1,5kg	1,0kg	1,5kg	0,35kg	1,0kg
<b>Traço CP2</b>				
<b>Cimento ARI</b>	<b>Pó de pedra</b>	<b>Brita #1</b>	<b>Água potável</b>	<b>Resíduo de pneu</b>
1,5kg	1,0kg	1,5kg	0,35kg	1,25kg
<b>Traço CP3</b>				
<b>Cimento ARI</b>	<b>Pó de pedra</b>	<b>Brita #1</b>	<b>Água potável</b>	<b>Resíduo de pneu</b>
1,5kg	1,0kg	1,5kg	0,35kg	1,5kg

Fonte: Dados da Pesquisa



Figura 2 Resíduo de Borracha de pneu granulado 2,5 a 3,0mm

Fonte: Dados da pesquisa

Para a verificação da resistência a compressão do concreto foram moldados 3 corpos de prova para cada dosagem em estudo (C1, CP1, CP2 e CP3). Estes possuíam formato cilíndrico com diâmetro (d) de 100mm e altura (h) 200mm, respeitando sempre relação  $h/d=2,0$ . Após moldagem, os corpos de prova foram levados para cura em câmara úmida até que estes atingissem idade de 28 dias. Os procedimentos de moldagem e cura dos corpos de prova foram tomados em concordância com as recomendações da ABNT NBR 5738 “Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto”.

A determinação da resistência a compressão dos corpos de prova ocorreu por meio de ensaio específico e de acordo com as recomendações da ABNT NBR 5739 “Concretos- ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos”. Os ensaios foram conduzidos após os corpos de prova terem atingido a idade de cura estabelecida (28 dias).

#### 4. Resultados e discussões

Os resultados obtidos são apresentados nos gráficos das Figuras seguintes.

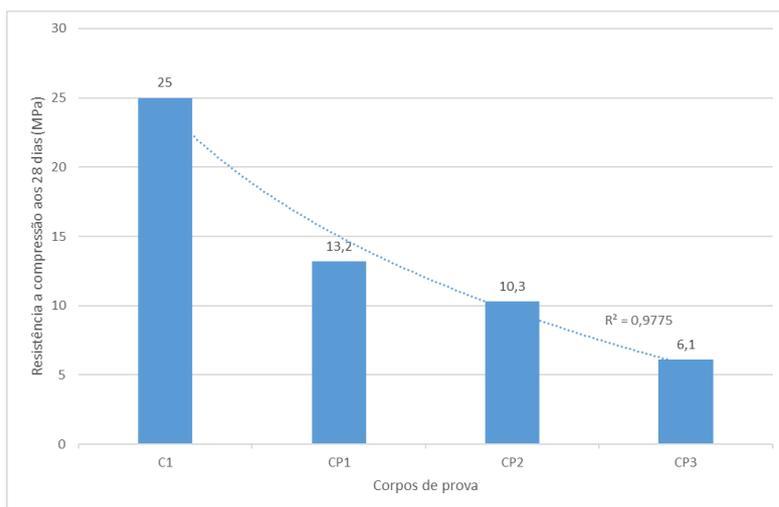


Figura 3. Variação da resistência a compressão aos 28 dias de tempo de cura.

Fonte: Dados da Pesquisa

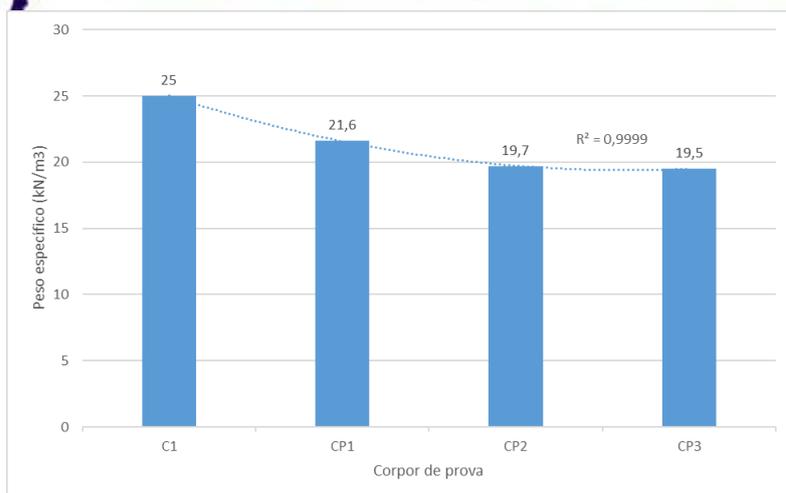


Figura 4. Variação do peso específico do corpo de prova aos 28 dias  
Fonte: Dados da Pesquisa

Verifica-se por meio das figuras apresentadas que a resistência a compressão dos corpos de prova tendeu a um decréscimo em função do aumento da adição de resíduos de pneu. O corpo de prova que apresentou maior resistência a compressão aos 28 dias de cura foi àquele em que não houve qualquer adição de resíduo. Constata-se também que o incremento de resíduo de borracha nos corpos de prova causou a redução do peso específico destes.

Assim, os resultados obtidos estão de acordo com as afirmações de Silveira (2016) e Guo et al. (2017), quanto a redução de resistência do concreto utilizando o resíduo de pneu inservível na mistura. Silveira, Cassola, Bortolucci, Paulli, & Villa (2016) explicam que a queda da resistência do concreto, quando acrescido resíduo de pneu, ocorre devido à incompatibilidade química entre a borracha e a pasta de cimento. Dentro do concreto o resíduo age formando vazios, isso ocorre porque seu peso próprio é inferior ao dos demais componentes que constituem a mistura. De uma forma geral, as resistências obtidas variaram entre 25 e 6,1MPa, enquanto que os pesos específicos entre 25 e 19,5kN/m<sup>3</sup>.

Considerando-se a forma cilíndrica do corpo de prova, com diâmetro de 100mm e altura de 200mm e preenchida com 0,063m<sup>3</sup> de concreto; e que um pneu radial de passeio pesa em média 7 kg e 25% de seu peso é composto basicamente por aço e nylon, restando assim 75% do peso em borracha, ou seja, 5,25kg (Kamimura, 2002) é possível estimar os parâmetros apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Análise do comparativo da proporção de resíduo de pneu e resistência do concreto.

Traço	Resistência (MPa).	Quant. R.G.B.P.* para 1m <sup>3</sup> de concreto	Quant. Pneu passeio (unid.)	Aplicação de Artefatos Pré-Fabricados não estruturais.
CP1	13,2	2,63 kg	0,50	Painel de Fechamento. Balaústre. Piso Inter travado. Mobiliário urbano.
CP3	6,61	3,95 kg	0,75	
CP2	10,3	3,28 kg	0,62	

Fonte: Dados da Pesquisa.

\*Resíduo Granulado de Borracha de Pneu Inservível 2,5 a 3,0mm



Pode-se observar por meio do Quadro 1 as quantidades de pneus inservíveis que potencialmente poderiam ser retiradas da natureza utilizando-se as dosagens estudadas. Verifica-se que a dosagem CP1, a que apresentou maior resistência a compressão dentre as experimentais estudadas, permite a retirada de 0,5 pneus a cada metro cúbico de placa pré-moldada de fechamento de concreto manufaturada.

## 5. Conclusões

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que a utilização de resíduos de pneus inservíveis na dosagem de concreto contribuiu para a redução na resistência a compressão e da massa específica deste. No entanto, apesar das resistências a compressão obtidas para os traços experimentais serem inferiores a determinada para o concreto convencional, isso não impossibilita a utilização dos traços experimentais estudados para a manufatura de placas de fechamento. De acordo com a ABNT NBR 6118 “Projetos de estruturas de concreto – procedimentos” a placa de fechamento pré-fabricada de concreto não constitui um elemento estrutural, por isso as aplicações das dosagens estudadas podem ser possíveis.

Destaca-se que a utilização de elementos pré-fabricados, manufaturados com resíduos de borracha de pneus inservíveis, pode-se configurar em uma solução favorável a inserção da variável ambiental na construção civil, baseado no conceito de sustentabilidade, tal como proposto por Elkington (1997). O pilar econômico consiste na redução dos custos com o processo executivo uma vez que a utilização de elementos pré-fabricados permite uma redução significativa das perdas e otimiza a execução das obras. O pilar ambiental pode ser relacionado a redução do impacto ambiental da manufatura destes artefatos pela substituição de agregados naturais por resíduos de pneus inservíveis. O pilar social adequa-se a criação de uma nova cadeia dentro das atividades do setor da construção civil, ou seja, a reciclagem de resíduos sólidos gerados e a utilização destes nas obras em geral.

## Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 6118: “Projeto de Estruturas de Concreto- Procedimentos”. Rio de Janeiro, 221p. 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 5738: “Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto”. Rio de Janeiro, 9p. 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 5739: “Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos”. Rio de Janeiro, 9p. 2015

Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no. 258, de 26 de agosto de 1999. Resoluções. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30102>, Acesso em 10 junho 2007.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no. Resoluções. 301, de 21 de março de 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30102>, Acesso em 10 junho 2007.

Couto, A. B., & Couto, J. P. (2007). Os benefícios ambientais e a racionalização do efeito de aprendizagem na indústria da pré-fabricação. *Congresso Construção 2007*, (3º Congresso Nacional Universidade de Coimbra).



Costa, L.M.G.; Pires, M. H. (2010) Modelo baseado no sistema depósito reembolsável para a busca do equilíbrio entre a geração e a reciclagem do resíduo sólido pneu no Brasil. *Revista Gestão Industrial*, v.6, n.02, p94-102.

Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks. The triple bottom line of 21st century*, 73.

Flores Medina, N., Flores-Medina, D., & Hernández-Olivares, F. (2016). Influence of fibers partially coated with rubber from tire recycling as aggregate on the acoustical properties of rubberized concrete. *Construction and Building Materials*, 129, 25–36.

Guo, S., Dai, Q., Si, R., Sun, X., & Lu, C. (2017). Evaluation of properties and performance of rubber-modified concrete for recycling of waste scrap tire. *Journal of Cleaner Production*.

Huang, B., Li, G., Pang, S.-S., & Eggers, J. (2004). Investigation into Waste Tire Rubber-Filled Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 16(3), 187–194.

Hwuang, B. G.; Yeo, Z. B. (2011) Perception on benefits of construction waste management in the Singapore construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 18, n. 4, p. 394-406.

Kamimura, E. (2002). Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil. *Disertação pós-graduação em engenharia civil - Universidade Federal de Santa Catarina*.

Kroth, L.A. (2012) *Análise mecânica e química das placas pré-moldadas de concreto com adição de resíduos de borrachas de pneus*. Mestrado (Dissertação). Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Tecnologia. Santa Maria, RS, 131p.

Motta, F. G. (2008). A cadeia de destinação dos pneus inservíveis—o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. *Ambiente & sociedade*, 11(1), 167–184.

Oliveira, O. J., & de Castro, R. (2007). Estudo da destinação e da reciclagem de pneus inservíveis no Brasil. Anais.... In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade.

Paschoalin Filho, J. A.; Duarte, E.B.; Guerner Dias, A.J; Cortes, P.L. (2013) Manejo de resíduos de demolição gerados durante as obras da arena de futebol Palestra Itália (Allianz Parque) localizada na cidade de São Paulo/Brasil. *Revista Holos*, v. 6, n. 3, p. 73-91.

Santin, O. G. (2009) Environmental assessment of construction trends in Mexico: towards sustainable building? *Structural Survey*, v. 27, n. 5, p. 361-371.

Serra, S. M. B., Ferreira, M. de A., & Pigozzo, B. N. (2005). Evolução dos pré-fabricados de Concreto. *Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados (NET-PRÉ)*, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.



Silveira, P. M., Albuquerque, M. da C. F., Cassola, S., Bortolucci, A. A., Paulli, L. D., & Villa, F. M. D. (2016). Estudo do comportamento mecânico do concreto com borracha de pneu. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 21(2), 416–428.

Tam, V. W.; Shen, L.Y.; Fung, I.W.; Wang, J.Y. (2007) Controlling construction waste by implementing governmental ordinances in Hong Kong. *Construction Innovation*, v. 7, n. 2, p. 149-166.

Tam, V. W. Y. (2009) Comparing the implementation of concrete recycling in the Australian and Japanese construction industries. *Journal of Cleaner Production*, v. 17, n. 2, p. 688-702

Van Acker, A. (2002). Manual de sistemas pré-fabricados de concreto. *Traduzido por Marcelo de Araújo Ferreira. São Paulo, SP: Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto.*

Vasconcelos, A. C. D. (2002). O concreto no Brasil: Pré-fabricação, monumentos, fundações. *São Paulo: Studio Nobel*, 3.

Zenha, R. M. (1993). Carapicuíba VII: um exemplo do tratamento inadequado da tecnologia na pré-fabricação de habitações populares. *Anais....* In: Simpósio Ibero-Americano sobre técnicas construtivas industrializadas para habitação de interesse social, 3, São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 284-93.