

## **Concreto produzido com agregado reciclado: determinação das propriedades físicas**

### **Concrete produced with recycled aggregate: determination of physical properties**

DOI:10.34117/bjdv7n5-030

Recebimento dos originais: 07/04/2021

Aceitação para publicação: 04/05/2021

#### **Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça**

Professora, Doutora em Engenharia Ciências e Engenharia de Materiais – UFCG  
Endereço: Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário, Campina Grande – PB,  
Brasil

E-mail: ana.duartemendonca@gmail.com

#### **Loredanna Melyssa Costa de Souza**

Doutora do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos – UFCG  
Endereço: Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário, Campina Grande – PB,  
Brasil

E-mail: loredannamcs@gmail.com

#### **Yane Coutinho Lira**

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - UFPE  
Endereço: Av. Professor Moraes Rego, s/n, Iputinga, Recife - PE

E-mail: yane\_coutinho@hotmail.com

#### **Valter Ferreira de Sousa Neto**

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG  
Endereço: Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário, Campina Grande – PB,  
Brasil

E-mail: valterneto51@gmail.com

#### **Teresa Elane Bezerra Luz**

Mestranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental -  
UFRN  
Endereço: Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Complexo Tecnológico de Engenharia da  
UFRN - GNOMO - Candelária - Natal – RN

E-mail: elanebluz@ufrn.edu.br

#### **Camila Gonçalves Luz Nunes**

Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB  
Campus Universitário, s/n – João Pessoa-PB

E-mail: camilanunes.engcivil@hotmail.com

**Pedro Henrique dos Santos Pereira**  
Graduado em Engenharia Civil - UFPB  
Campus Universitário, s/n – João Pessoa-PB  
E-mail:pedrohenrique.96ph@gmail.com

**Maria Ingridy Lacerda Diniz**  
Mestranda do Programa de pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB  
Campus Universitário, s/n – João Pessoa-PB  
E-mail:mariaingridydiniz@gmail.com

## RESUMO

A construção civil é o setor com maior potencial para aproveitamento de vários tipos de resíduos industriais. A intenção é explorar as várias possibilidades que já existem, realizando, assim, uma interação e/ou integração entre segmentos e cadeias produtivos, no sentido de aproveitamento e reuso desses materiais. Na Paraíba, como em vários outros Estados da Federação, a disposição de borrachas provenientes do descarte de pneus vem sendo realizada de forma desordenada, causando danos ambientais que necessitam ser mitigados ou eliminados, e uma alternativa viável seria o aproveitamento como matéria-prima alternativa para construção civil. Assim, este estudo tem como principal objetivo avaliar as propriedades físicas do concreto simples incorporado com resíduos de borracha de pneus triturados. Foram realizados ensaios de caracterização química e física do resíduo e caracterização física dos agregados convencionais e do cimento, sequencialmente foi realizado o estudo da dosagem e moldagem dos corpos de prova nas dimensões de 10 cm x 20 cm com substituição parcial do agregado miúdo por teores de 10% e 20% de resíduo de borracha de pneus. Por fim, foi realizada a determinação das propriedades físicas nas idades de cura de 7, 14 e 21 dias. Observou-se que ocorreram modificações nas propriedades do concreto incorporado com o resíduo de borracha de pneus, no entanto os valores obtidos atendem aos parâmetros normativos.

**Palavras-chave:** Propriedades, Material alternativo, Borracha de pneus.

## ABSTRACT

Civil construction is the sector with the greatest potential for using several types of industrial waste. The intention is to explore the various possibilities that already exist, thus performing an interaction and/or integration between segments and production chains, in order to use and reuse these materials. In Paraíba, as in several other states of the Federation, the disposal of rubbers from the disposal of tires has been carried out in a disorderly manner, causing environmental damage that needs to be mitigated or eliminated, and a viable alternative would be the use as an alternative raw material for civil construction. Thus, this study has as main objective to evaluate the physical properties of plain concrete incorporated with shredded tire rubber waste. Tests of chemical and physical characterization of the waste and physical characterization of conventional aggregates and cement were performed. Then, the dosage and molding of test specimens in the dimensions of 10 cm x 20 cm with partial replacement of the fine aggregate by levels of 10% and 20% of waste tire rubber were performed. Finally, the physical properties were determined at curing ages of 7, 14 and 21 days. Observou-se que ocorreram modificações nas propriedades do concreto incorporado com o resíduo de borracha de pneus, no entanto os valores obtidos atendem aos parâmetros normativos.

**Palavras-chave:** Propriedades, Material alternativo, Borracha de pneus.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico a construção civil obteve enormes ganhos, crescendo em ritmo acelerado nos últimos anos. Sempre existiram vários métodos construtivos desde os tempos primitivos, porém a diversificação dos materiais utilizados nesse processo não era tão ampla. A construção civil e o desenvolvimento econômico estão intrinsecamente ligados e a indústria da construção promove incrementos capazes de elevar o crescimento econômico. Logo, a construção civil é um dos principais medidores de desenvolvimento e crescimento de um país, capaz de gerar milhares de empregos e aquecer a economia. Contudo, materiais de construção alternativos são indispensáveis para fazer crescer ainda mais o setor da construção civil, reaproveitando materiais, antes inservíveis, para minimizar custos e se desenvolver agredindo menos as fontes naturais.

Toda economia em expansão requer crescimento em obras civis, levando, conseqüentemente, a uma maior demanda por matérias que atendam às necessidades. Com isso, recursos minerais são explorados invasivamente, acarretando perdas irreparáveis para os sistemas em exploração. A necessidade de se adequar outras alternativas para elaboração dos materiais construtivos produziu vários estudos com diferentes materiais nos últimos anos. Os materiais inutilizáveis por diferentes tipos de indústrias se tornaram uma boa fonte para a produção desses estudos, e sua agregação aos materiais do setor da construção civil impactaram positivamente ao próprio setor, como também ao meio ambiente, haja vista que boa parte desses materiais são despejados irregularmente em leitos de rios, lixões, florestas, etc., gerando enormes prejuízos ao meio ambiente, acarretando doenças e enormes prejuízos a fauna local.

A corrente preocupação ambiental por parte dos governos, setor privado e população, tem levado à constante procura por práticas menos agressivas ao meio ambiente. Segundo pesquisa da revista Business Week, realizada em 2006, constata-se que as próximas gerações aumentarão a demanda por itens ligados a sustentabilidade, sendo que dos entrevistados, 89% afirmaram que escolhem marcas associadas a esse conceito (FEBRABAN, 2010). Entretanto, cabe ressaltar, que ainda há muita resistência com uso de materiais construtivos sustentáveis. O material alternativo sofre com o preconceito da sociedade, que ignora suas propriedades, e ainda generaliza que mercadorias artesanais e naturais não possuem valor agregado no quesito de durabilidade, modernidade e qualidade, em contra ponto aos produtos industrializados que agregam a si valores de progresso e status econômico.

O concreto foi um dos componentes construtivos que mais foram beneficiados com a disponibilidade de usar materiais alternativos como integrantes do seu produto final. Os diversos tipos de aditivos somaram às propriedades do concreto confiabilidade e melhoramento de suas características físicas e mecânicas como ganho de resistência, trabalhabilidade, tempo de cura reduzido, cores, etc. Essas adições trazem diversos benefícios que aumentam a durabilidade e resistência do concreto no estado endurecido, como: redução na porosidade capilar, diminuição das fissuras de origem térmica, melhoria na resistência a ataque por sulfatos, melhoria na resistência a reação álcali-sílica, entre outros (DAL MOLIN, 2005).

Em detrimento dos malefícios com o excesso despejado na natureza e o beneficiamento das características adquirida e/ou melhorada, a borracha de pneu se tornou uma alternativa de fácil acesso, e que não é necessário muitas adaptações para sua aplicação junto ao concreto, fornecendo melhoras no comportamento físico e mecânico do mesmo.

Contudo, para viabilizar o uso de resíduos na construção civil, faz-se necessário que o mesmo se apresente de maneira constante e em quantidade considerável, o que já vem ocorrendo no Brasil. A indústria de borracha de pneu, cuja produção vem apresentando crescimento anual é responsável pela geração de uma enorme quantidade de resíduos.

Diante disso houve estímulo para desenvolver o presente trabalho que tem como objetivo a avaliação das propriedades físicas do concreto simples incorporado com resíduos de borracha de pneus triturados.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados neste projeto foram:

Agregado graúdo: Brita de origem granítica, apresentando diâmetro máximo padronizado para brita 0, apresentando massa específica seca de  $2,63\text{g/cm}^3$ , massa específica na condição SSS de  $2,64\text{g/cm}^3$ , massa específica aparente igual a  $2,67\text{g/cm}^3$ , finura de 6,19 e diâmetro máximo 6,3mm.

Agregado miúdo: O agregado miúdo, utilizado na pesquisa, foi do tipo natural proveniente de jazida do leito do Rio Paraíba, apresentando diâmetro máximo de 2,36mm, finura igual a 2,42%, massa específica de  $2,618\text{g/cm}^3$ , massa unitária solta igual a  $1,429\text{g/cm}^3$ , e teor de materiais pulverulentos de 0,07%.

Cimento Portland CII F32: O cimento Portland foi obtido no comércio local do município de Santa Rita-PB, apresentando massa específica igual a  $2,91 \text{ g/cm}^3$  e finura igual 2,84%.

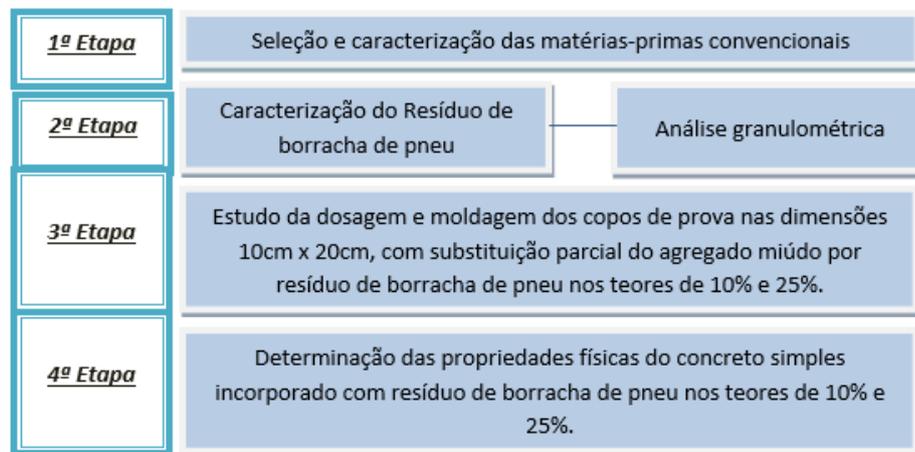
Borracha de pneu: o resíduo de borracha utilizado no desenvolvimento deste projeto foi proveniente da empresa LBFlex em Campina Grande-PB.

Água: fornecida pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

## 2.2 MÉTODOS

Para realização deste estudo foram desenvolvidas etapas sequenciais para uma melhor organização e obtenção dos resultados. A Figura 1 ilustra o Fluxograma das etapas da pesquisa.

**Figura 1:** Fluxograma das etapas da pesquisa



Seleção dos materiais: Nesta etapa foram selecionadas e caracterizadas as matérias-primas convencionais utilizadas para a produção do concreto simples (cimento, agregado graúdo e agregado miúdo).

Caracterização do resíduo de borracha de Pneus: Para caracterização física do resíduo foi realizado o ensaio de Análise Granulométrica (AG).

Estudo da dosagem dos materiais: A dosagem dos materiais foi realizada de acordo com a metodologia da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, a partir da caracterização do agregado graúdo, miúdo e do cimento e do estabelecimento do fator água/cimento. Na primeira etapa foi realizada a caracterização dos materiais (agregados e cimento). Na segunda etapa foi realizado o estudo da dosagem, determinando-se a proporção dos materiais, onde estabeleceu-se o seguinte traço 1: 2,3: 2,74: 0,54, com

fa/c de 0,54, cuja resistência requerida foi de 26 MPa e abatimento do tronco do cone de 40 - 60 mm.

A Tabela 1 apresenta o proporcionamento dos materiais utilizado para produção dos corpos de prova utilizados neste estudo.

**Tabela 1:** Proporção dos materiais utilizados neste estudo

Percentual	Cimento	Ag. Graúdo	Ag. miúdo	Resíduo
0%	7,788kg	46,464kg	27,3kg	0kg
10%	7,788kg	46,464kg	20,47kg	6,82kg
25%	7,788kg	46,464kg	13,65kg	13,65kg

**Fonte:** Dados da Pesquisa (2017)

Sequencialmente, na terceira etapa, determinaram-se as idades de cura que serão utilizadas para determinação das propriedades físicas do concreto, sendo utilizados 7, 14, 21. E por fim, foram determinados os teores de substituição do agregado miúdo por resíduo de borracha de pneu pós-consumo de 10% e 25%.

Moldagem dos corpos de prova: Foram moldados corpos de prova nas dimensões de 10cm x 20cm com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de borracha de pneus nos percentuais de 10% e 25%. Após 24 horas da moldagem, estes foram desmoldados e imersos em água para realização da cura.

Determinação das propriedades físicas do concreto simples incorporado com resíduo de borracha pneus pós-consumo: Foi realizado o ensaio de absorção de água, que tem como objetivo a determinação da absorção de água, através de imersão, do índice de vazios e massa específica de argamassa e concreto endurecidos, é prescrito pela norma da ABNT NBR 9778/2009.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o concreto de referência, têm-se os seguintes valores do ensaio de absorção:

**Tabela 2:** Absorção do concreto de referência a 7 dias

Concreto de Referência – 7 dias		
Peso Bruto Úmido (g)	Peso Bruto Seco (g)	Diminuição do teor de água (%)
1245,8	1175,0	5,6
1184,12	1116,6	5,7

**Tabela 3:** Absorção do concreto de referência a 14 dias

<b>Concreto de Referência – 14 dias</b>		
Peso Bruto Úmido (g)	Peso Bruto Seco (g)	Diminuição do teor de água (%)
1813,4	1714,2	5,4
1336,6	1266,0	5,2

**Tabela 4:** Absorção do concreto de referência a 21 dias

<b>Concreto de Referência – 21 dias</b>		
Peso Bruto Úmido (g)	Peso Bruto Seco (g)	Diminuição do teor de água (%)
947,0	901,6	4,7
665,3	629,0	5,4

Para o concreto com adição de 10% de adição de borracha de pneu, tem-se os seguintes valores:

**Tabela 5:** Absorção do concreto com 10% de resíduo de pneus a 7 dias

<b>Concreto com adição de 10% de resíduo de pneu – 07 dias</b>		
Peso Bruto Úmido (g)	Peso Bruto Seco (g)	Diminuição do teor de água (%)
1236,4	1162,4	5,9
835,4	807,6	3,3

**Tabela 6:** Absorção do concreto com 10% de resíduo de pneus a 14 dias

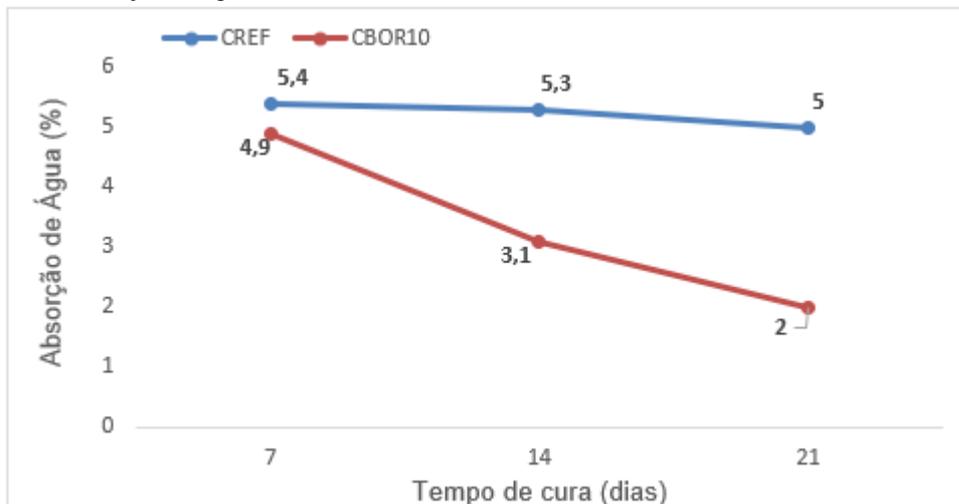
<b>Concreto com adição de 10% de resíduo de pneu – 14 dias</b>		
Peso Bruto Úmido (g)	Peso Bruto Seco (g)	Diminuição do teor de água (%)
1500,5	1465,2	2,3
627,2	598,7	4,5

**Tabela 7:** Absorção do concreto com 10% de resíduo de pneus a 21 dias

<b>Concreto com adição de 10% de resíduo de pneu – 21 dias</b>		
Peso Bruto Úmido (g)	Peso Bruto Seco (g)	Diminuição do teor de água (%)
710,2	689,2	5,3
801,2	792,3	6,6

A Figura 2 ilustra os resultados obtidos para a absorção de água do concreto de referência e do concreto contendo 10% de resíduo de borracha.

**Figura 2:** Absorção de água do concreto de referência e do concreto contendo 10% de resíduo de borracha



O aumento na capacidade de absorção do concreto pode ser atribuído à fraca ligação entre o resíduo de borracha e a pasta de cimento, que permite a entrada de líquidos através dos vazios existentes entre o resíduo de borracha e a pasta de cimento.

Segundo Ozbay et al., (2010) a utilização do resíduo de borracha em materiais à base de cimento, permite a utilização de resíduos reciclados nas seguintes granulometrias: Entre 13mm e 76mm - partículas de borracha de pneu em lascas, funcionando como agregado graúdo; Entre 0,075mm e 4,75mm - partículas de borracha de pneu em migalha, funcionando como agregado miúdo; Partículas finas de borracha (tamanho variando entre 0,15 mm e 1,9 mm).

Conforme os resultados obtidos verifica-se que houve um aumento na absorção de água com a incorporação do resíduo de borracha para idade de cura de 28 dias, onde o concreto com teor de 10% de RBP teve um aumento de 50% da absorção.

O aumento na capacidade de absorção do concreto pode ser atribuído a fraca ligação entre o resíduo de borracha e a pasta de cimento, que permite a entrada de líquidos através dos vazios entre o RBP e a pasta de cimento.

Conforme estudos realizados por Selung et al. (2013), ao realizarem os ensaios de absorção em blocos de concreto verificaram que para os teores de 15%, 25% e 35% os valores médios de absorção de água foram de 4,7%, 6,1% e 6,4%. No entanto, Fioriti et al. (2010), apontaram que o uso de resíduos de pneus não interfere de forma significativa na absorção de água do concreto.

Para o concreto com adição de 25% de adição de borracha de pneu, tem-se os seguintes valores:

**Tabela 8:** Absorção do concreto com 25% de resíduo de pneus a 7 dias

**Concreto com adição de 25% de resíduo de pneu – 07 dias**

Peso Bruto Úmido (g)	Peso Bruto Seco (g)	Diminuição do teor de água (%)
768,9	691,0	10,1
719,0	668,9	7,0

**Tabela 9:** Absorção do concreto com 25% de resíduo de pneus a 14 dias

**Concreto com adição de 25% de resíduo de pneu – 14 dias**

Peso Bruto Úmido (g)	Peso Bruto Seco (g)	Diminuição do teor de água (%)
100,8	84,5	16,1
668,7	592,0	11,4

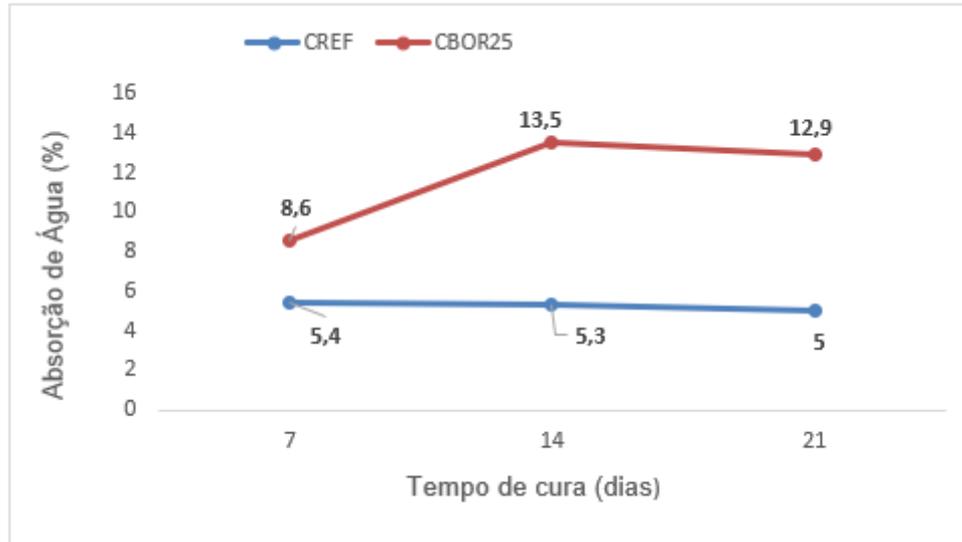
**Tabela 10:** Absorção do concreto com 10% de resíduo de pneus a 21 dias

**Concreto com adição de 25% de resíduo de pneu – 21 dias**

Peso Bruto Úmido (g)	Peso Bruto Seco (g)	Diminuição do teor de água (%)
926,5	831,2	10,2
537,4	453,2	15,6

A Figura 3 ilustra os resultados obtidos para a absorção de água por imersão do concreto produzido com substituição do agregado miúdo convencional por resíduo de borracha de pneus no teor de 25%.

Figura 3: Absorção de água por imersão do concreto produzido com 25% de borracha de pneus triturada



De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que houve um aumento da absorção de água com o aumento do teor de substituição do agregado miúdo (areia quartzosa) por resíduo de borracha de pneus. Para idade de cura de 28 dias, o concreto com teor de 25% apresentou aumento de 65% da absorção, em relação ao concreto de referência.

Shen et al. (2013) afirma que há um teor de substituição ideal do agregado natural por resíduo de borracha de pneus, de modo que a utilização de teores abaixo do nível ótimo resulta em má distribuição do resíduo no concreto, reduzindo os valores de resistência à compressão. Desse modo, o uso da quantidade ótima de borracha no concreto, proporciona uma distribuição uniforme do resíduo na mistura, fazendo com que a força de carregamento se distribua uniformemente, aumentando a resistência. No entanto, o uso de teores acima do nível ótimo, resulta em aumento da fragilidade do composto, devido ao resíduo de borracha tornar a estrutura do concreto mais porosa, reduzindo a resistência.

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se a ocorrência de elevação da absorção com o aumento do teor de substituição do agregado graúdo convencional por borracha de pneus pós-consumo, este fato deve-se a borracha possuir uma maior absorção de água, bem como a mesma apresentar elasticidade impedindo um perfeito empacotamento dos grãos do agregado.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foi comprovado, pela redução da massa específica do concreto, que quanto maior o teor de resíduo de borracha incorporado ao concreto, menor será sua massa específica e, conseqüentemente, proporcionará uma redução do peso próprio do concreto.

Nos ensaios de absorção de água dos blocos, constatou-se que os valores obtidos no traço sem resíduo de borracha e nos traços com resíduo, não apresentam diferenças significativas e os valores obtidos em todos os traços atendem as especificações.

Por fim, conclui-se que os resultados e as análises realizadas apresentam em alguns casos interferência significativa quando incorporamos o resíduo de borracha de pneu ao concreto, porém todos os traços produzidos para a confecção dos blocos de concreto atenderam as especificações descritas na ABNT NBR 6118/2014. Vale destacar que apesar do comportamento e dos resultados satisfatórios apresentados pelos blocos de concreto, outros estudos devem ser realizados com o intuito de confirmar a viabilidade da utilização do mesmo.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778** – Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica, 1987.

\_\_\_\_\_. NBR 6118/2018

DAL MOLIN, D.C.C. **Adições Minerais para Concreto Estrutural**. In: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. p. 345-379.

FEBRABAN. Construção Sustentável. In: **Café com sustentabilidade**, 17, 2010, São Paulo.

OZBAY, E.; LACHEMI, M.; SEVIM, U. K. Compressive strength, abrasion resistance and energy absorption capacity of rubberized concretes with and without slag. *Materials and Structures*, London, v. 44, n. 7, p. 1297-1307, 2010.

SELUNG, C. S.; MENEGOTTO, M. L.; MENEGOTTO, A. G. F.; PAVAN, R. C. Avaliação de blocos de concreto para alvenaria com adição de resíduos de borracha de pneus. *Holos Environment*, Rio Claro, v. 13, n. 2, p. 212-223, 2013.

SHEN, W., SHAN, L., ZHANG, T., et al., “Investigation on polymer – rubber aggregate modified porous concrete”, *Construction and Building Materials*, v.38, p. 667-674, 2013.