



VIII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE BORRACHA

ANALYSIS OF MECHANICAL CONCRETE PROPERTIES WITH ADDITION OF RUBBER FIBERS

RODRIGO ROGÉRIO CERQUEIRA DA SILVA
UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

THABATA CHRYSTINE SOARES DA SILVA
UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

Nota de esclarecimento:

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o VIII SINGEP e a 8ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **01, 02 e 03 de outubro de 2020**.



VIII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE BORRACHA

Objetivo do estudo

O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento das fibras de borracha adicionadas em concreto a fim de definir as vantagens e desvantagens da adição destas, através da avaliação das propriedades de resistência à compressão axial, diametral e módulo de elasticidade.

Relevância/originalidade

No presente trabalho são apresentados resultados de ensaios laboratoriais para slump test, resistência à compressão axial, resistência à compressão diametral e módulo de elasticidade para concreto convencional e com adição de 2% em fibras de borracha em relação ao peso do cimento.

Metodologia/abordagem

A amostragem foi composta no total de 48 corpos de prova de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, em conformidade com a norma ABNT NBR 5738 (2015), confeccionando 24 repetições para dois traços com as seguintes características: sem adição de fibras (CPS) e com adição de fibras de borracha (CPFB), considerando a mesma proporção de agregados (grãos e miúdos) e relação a/c (água/cimento). A variação da amostragem com e sem fibra permitirá obter a contribuição mecânica ao concreto através do desempenho de cada tipo de fibra. Os ensaios foram realizados em máquina hidráulica, seguindo as especificações de acordo norma brasileira (NBR 5739, 2018), sendo realizado para cada 12 amostras o ensaio de resistência à compressão (NBR 5739, 2018) e ensaio de resistência à tração por compressão diametral (NBR 7222, 2011). Sendo que a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) calculado utilizando o desvio padrão igual a 4,0 MPa, devido aos materiais serem dosados em massa e a água de amassamento ser corrigida em função da correção da umidade dos agregados. Os corpos de prova foram instrumentados com extensômetros de resolução de 0,01 mm, para a determinação do módulo de elasticidade calculado de acordo com a norma brasileira (NBR 8522, 2017).

Principais resultados

Através da análise dos resultados obtidos nos ensaios realizados e comparando com estudos anteriores, pode-se observar que as fibras de borracha atuam de maneira satisfatória quando se deseja aumentar a resistência à tração do concreto. Pode-se verificar através dos ensaios que as fibras de borracha de modo geral previnem a ruptura repentina do concreto, auxiliando no espriamento das tensões e aumentando em cerca de 11% a resistência à tração por compressão diametral em relação ao concreto simples.

Contribuições teóricas/metodológicas

O mercado da construção civil encontra-se em constante evolução e a utilização de materiais alternativos na composição do concreto está se tornando cada vez mais frequente. A adição de fibras pode evitar que patologias surjam ou que se propaguem ao longo da peça devido às tensões que não são distribuídas de maneira equilibrada, fazendo com que diminua a vida útil e comprometa toda a estrutura.

Contribuições sociais/para a gestão

A reutilização de pneus é de suma importância para o meio ambiente, já que se trata de um material cujo tempo de decomposição se encontra indeterminado e sua poluição se dá não só por seu descarte inadequado como por sua queima liberando toxinas altamente poluentes. A inserção de fibras de pneu em concretos é uma opção alternativa da utilização do material sem que haja a queima do mesmo, e podendo contribuir significativamente com o destino de pneus inservíveis, auxiliando também na redução do uso de materiais naturais para a produção de concreto. Sendo a indústria da construção civil uma das engrenagens da economia mundial, e a utilização de recicláveis em seu meio é fundamental para um equilíbrio sustentável.

Palavras-chave: Resistência à compressão, Resistência à tração por compressão diametral, Módulo de elasticidade, Concreto com fibras de borracha



VIII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



ANALYSIS OF MECHANICAL CONCRETE PROPERTIES WITH ADDITION OF RUBBER FIBERS

Study purpose

The present work aims to analyze the behavior of rubber fibers added in concrete in order to define the advantages and disadvantages of adding them, through the evaluation of the properties of resistance to axial compression, diametral and modulus of elasticity.

Relevance / originality

In the present work, results of laboratory tests for slump test, resistance to axial compression, resistance to diametrical compression and elasticity modulus for conventional concrete are presented, with the addition of 2% in rubber fibers in relation to the weight of the cement.

Methodology / approach

The sample consisted of a total of 48 specimens of 100 mm in diameter and 200 mm in height, in accordance with ABNT NBR 5738 (2015), making 24 repetitions for two strokes with the following characteristics: without adding fibers (CPS) and with the addition of rubber fibers (CPF), considering the same proportion of aggregates (large and small) and a / c ratio (water / cement). The variation of sampling with and without fiber will allow to obtain the mechanical contribution to the concrete through the performance of each type of fiber. The tests were carried out on a hydraulic machine, following the specifications in accordance with the Brazilian standard (NBR 5739, 2018), with the compression strength test (NBR 5739, 2018) and the tensile strength test by diametrical compression (for each 12 samples) (NBR 7222, 2011). Since the characteristic compressive strength of concrete (fck) calculated using the standard deviation equal to 4.0 MPa, due to the materials being dosed in mass and the mixing water is corrected according to the correction of the humidity of the aggregates. The specimens were instrumented with 0.01 mm resolution strain gauges to determine the modulus of elasticity calculated according to the Brazilian standard (NBR 8522, 2017).

Main results

Through the analysis of the results obtained in the tests carried out and comparing with previous studies, it can be observed that the rubber fibers act satisfactorily when it is desired to increase the tensile strength of the concrete. It can be verified through the tests that the rubber fibers in general prevent the sudden rupture of the concrete, helping in the spreading of the stresses and increasing the tensile strength by diametrical compression in relation to the simple concrete.

Theoretical / methodological contributions

The civil construction market is constantly evolving and the use of alternative materials in the composition of concrete is becoming more and more frequent. The addition of fibers can prevent pathologies from appearing or spreading along the part due to stresses that are not evenly distributed, causing it to shorten its service life and compromise the entire structure.

Social / management contributions

The reuse of tires is of paramount importance for the environment, since it is a material whose decomposition time is undetermined and its pollution occurs not only due to its improper disposal but also due to its burning, releasing highly polluting toxins. The insertion of tire fibers in concrete is an alternative option for the use of the material without burning it, and can significantly contribute to the destination of waste tires, also helping to reduce the use of natural materials for the production of concrete. As the construction industry is one of the gears of the world economy, the use of recyclables in its environment is essential for a sustainable balance.

Keywords: Compressive strength, Strength traction by diametral compression, Elasticity modulus, Concrete with rubber fibers



1. Introdução

A sustentabilidade nos tempos atuais tem se tornado não só uma opção, mas uma necessidade, em toda e quaisquer práticas atualmente vem desenvolvendo-se cada vez mais estudos sobre métodos alternativos para reduzir o impacto ambiental. No setor da construção civil as buscas e atenção para com o meio ambiente se tornaram foco a fim de reverter os danos causados pela área, já que as atividades de construção são consideradas como um dos principais contribuintes para a poluição ambiental (Teixeira et al., 2016). O consumo consciente consiste em manter o equilíbrio entre as necessidades humanas eliminando o exagero e o desperdício, aproveitando o reuso de materiais e reciclagem de lixo (Pereira, 2019). As contribuições ao meio ambiente por meio de pesquisas, esta atrelada ao aproveitamento de materiais recicláveis para a redução de resíduos e poluição ambiental, evitando assim o consumo de recursos naturais como extrações de britas e areia. A adaptação de métodos sustentáveis na construção civil não é apenas uma maneira ética de se tratar do desenvolvimento humano e da sociedade em que vivemos, mas também de grande vantagem econômica, gerando menos gastos com transportes e mineração (Cunha et al., 2016).

Segundo estudos realizados por Macêdo e Martins (2015) com base nos dados do Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE), o setor da construção civil apresenta chances de crescimento com a adoção de práticas sustentáveis, gerando o aumento da qualidade de vida, incentivos fiscais e econômicos.

Com o avanço da tecnologia, facilmente perceptível em muitos campos, novos métodos e materiais são desenvolvidos conforme o passar do tempo. A construção civil necessita de adaptações frequentes para que a obra como um todo atue de maneira eficiente e tenha um período de construção reduzido sem que haja perda de qualidade.

A adição de fibras ao concreto surge como uma boa alternativa para controle das patologias. Pesquisas realizadas por Oliveira (2014), Goes et al. (2016), Lucena (2017), Ehrenbring et al. (2018) e Herscovic et al. (2019), demonstram que uma das características atribuídas das fibras é o aumento da ductilidade do concreto, reduzindo o comportamento frágil em relação a trincas e fissuras, além de proporcionar melhorias na absorção de impactos em zonas de fissuração.

Bentur e Mindess (2007), Battagin (2007) afirmam que as fibras possuem relação direta com o ganho de resistência à tração e aumentam a capacidade de deformação, além de atuarem no controle das fissuras e distribuição equilibrada de tensões.

De acordo com Meta e Monteiro (2008) os tipos de fibras e sua fração interferem diretamente nas propriedades do concreto e para uma proporção de 50 Kg de cimento a adição de fibras menor que 1%, atua com o objetivo apenas de reduzir a fissuração da peça. Adições de fibra entre 1% e 2%, elevam de forma considerável o módulo de ruptura, dureza e resistência ao impacto da peça. Para adição de valores superiores à 2%, há endurecimento da peça por deformação dos compósitos e aumento do índice de vazios, o que reduziria a resistência do concreto.

O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento das fibras de borracha adicionadas em concreto a fim de definir as vantagens e desvantagens da adição destas, através da avaliação das propriedades de resistência à compressão axial, diametral e módulo de elasticidade.



2. Referencial Teórico

A produção de materiais não biodegradáveis no Brasil e no resto dos países é de valor exponencial, sendo que, grande parte desses materiais não tem tempo determinado para sua decomposição, como por exemplo, o pneu. A borracha matéria prima do pneu é fabricada em toneladas anualmente, segundo os dados do Association of Natural Rubber Producing Countries (ANRPC, 2019), a produção mundial de borracha natural no primeiro semestre de 2019 foi de 7,039 toneladas, correspondente em 12% da composição dos pneus. Apesar das dificuldades para reciclar um pneu, de acordo com Veloso (2010) 40% da composição de um pneu são altamente tóxicas, contendo Dioxinas, e existem apenas 2 laboratórios em território nacional capazes de tratar desses compostos químicos tóxicos. A Resolução nº 416/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA (2009), predispôs a devida responsabilidade das indústrias produtoras e comerciantes pneumáticos do devido descarte do material, seguindo a questão produção, consumo e descarte, onde, para cada pneu comercializado um pneu inservível deve ser descartado de maneira correta. Em 2017 o número de pneus inservíveis destinados foi de quase 100%, onde foram recicladas 458 toneladas de material pneumático no Brasil. A reutilização de pneus é favorável para que previna incêndios, doenças geradas por acúmulo de água, poluição de rios e mares.

De acordo com Reciclanip, entidade criada pela Indústria Nacional de Pneus (INP), atualmente os pneus inservíveis têm diversos meios de destinações, sendo que 70% são destinados para cimenteiras. Os pneus nas cimenteiras são utilizados como combustível, substituindo o petróleo, outro rumo dos materiais pneumáticos na indústria da construção civil é para a utilização em asfalto, dando para a massa asfáltica um tempo de vida útil de maior duração, além de ser mais segura para sua inserção em ciclovias.

O reuso e a reciclagem de pneus usados é algo que se encontra em avanço no Brasil e no mundo. Em 2004, a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) estimava que no Brasil, havia cerca de 100 milhões de pneus velhos espalhados em terrenos baldios, rios, lagos e aterros. A matéria prima borracha vulcanizada é mais resistente do que a borracha natural, porém sua degradação necessita de um maior período de tempo, contribuindo com a poluição do meio ambiente.

O descarte incorreto de pneus também é tratado como um caso de saúde pública, visto que principalmente em períodos chuvosos do ano, o acúmulo de água é muito comum, fazendo com que esse ambiente seja propício para a criação de focos de mosquitos que propagam doenças como dengue e febre amarela.

A resolução 258/99 do CONAMA (1999) indicava que a cada quatro pneus novos que eram produzidos, um deveria ser reciclado, em 2005, a resolução foi alterada e atualmente aponta que para cada quatro pneus novos fabricados, cinco devem ser reciclados (Lagarinhos & Tenório, 2008).

2.1. Concreto com fibras de borracha de pneu

Na última década, as fibras vêm sendo objeto de estudo para serem empregadas nas mais diversas aplicações do concreto, fibras podem modificar tanto as características mecânicas do concreto, tornando-o mais resistente à flexão, compressão e elasticidade, como características físicas, absorvendo temperatura, sons e não propagando umidade.

As características do concreto com adição de borracha se alteram conforme o formato do material. De acordo com Chun (2007), adicionar borracha em forma de grãos, de diferentes dimensões, pode modificar de várias formas as características do concreto. Grãos menores



umentam o ar incorporado na mistura, o que pode diminuir a resistência à compressão axial em aproximadamente 20%, enquanto com grãos maiores a resistência pode decair entre 10% e 13%, sem que a mistura das fibras de borracha ao concreto afete a resistência à abrasão. Segundo Akasaki (2001) fibras alongadas aumentam a resistência quando o concreto é submetido à fadiga, visto que pode absorver e espalhar as tensões de forma mais equilibrada através da borracha.

De acordo com estudos realizados por Segre (1999) a borracha de pneu é um material de pouca aderência à matriz do concreto, de forma que não crie ligações com a pasta de cimento, então, onde a borracha se encontra, pode-se considerar como vazios dentro da peça de concreto e isso afeta diretamente a resistência mecânica. Para tentar obter melhora na aderência, a borracha foi submetida a diversos tratamentos superficiais e foi possível observar as Figuras 1 (a e b) que houve uma maior aderência da massa à borracha quando a mesma foi tratada com hidróxido de sódio (SEGRE et al. 2002).

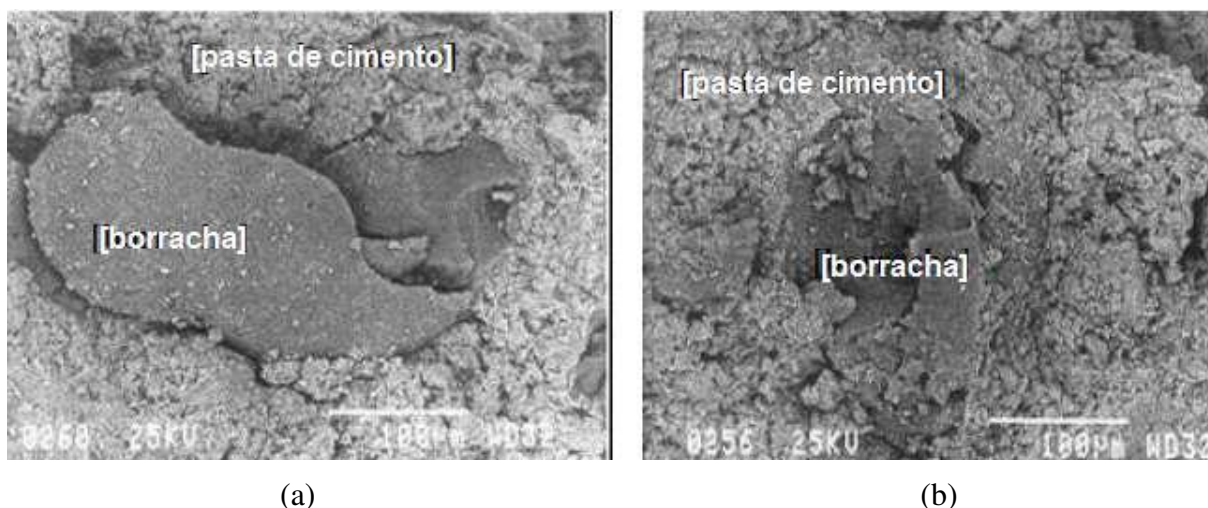


Figura 1. Diferença de aderência entre borracha não tratada (a) e borracha tratada (b).
Fonte: Segre, 1999.

Através da adição de fibras de borracha no concreto (Segre, 1999; Akasaki, 2001; Segre et al., 2002; Albuquerque et al., 2002, 2004, 2005; Chun, 2007; Albuquerque 2009), verificaram que a adição não causa modificações significativas nas resistências mecânicas, porém contribui para que as tensões se distribuíssem de maneira equilibrada, controlando a fissuração.

A utilização de adições de fibras de borrachas de pneus inservíveis em concreto mostra ser um mercado muito promissor mediante as condições atuais do meio ambiente e a quantidade de produção e descarte desse material, segundo Romualdo et al. (2011), uma das aplicações de concreto com adições de fibras de borrachas de pneus é em ciclovias, essa adição é uma das alternativas para melhorar a durabilidade e elasticidade do concreto. O estudo dessa adição de fibras de pneu em concreto vem se desenvolvendo de tal forma que seja substituído o agregado natural por fibras de pneus inservíveis, entretanto, a adição dessas fibras pode reduzir significativamente a resistência à compressão do concreto, mas em uma dosagem correta o concreto obtém melhora em algumas outras características (Silva, 2017). Silveira et al. (2016) faz menção ao estudo de Eiras et al. (2014) sobre a substituição de agregados miúdos por fibras de borracha, onde a mistura resultou em um concreto que alcançou os requisitos mínimos de resistência mecânica para aplicação em alvenarias, se tornando um material promissor para construções onde são requisitados isolamentos térmicos



e acústicos. Apesar de uma diminuição em sua resistência a compressão, o concreto com adição de fibras de pneus ainda é utilizável em diversas formas na construção civil, gerando uma contribuição para a diminuição de poluição e consumo de materiais naturais, como os agregados.

3. Materiais e Métodos

A amostragem foi composta no total de 48 corpos de prova de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, em conformidade com a norma ABNT NBR 5738 (2015), confeccionando 24 repetições para dois traços com as seguintes características: sem adição de fibras (CPS) e com adição de fibras de borracha (CPF), considerando a mesma proporção de agregados (grãos e miúdos) e relação a/c (água/cimento). A variação da amostragem com e sem fibra permitirá obter a contribuição mecânica ao concreto através do desempenho de cada tipo de fibra.

3.1 Características dos corpos de prova

Para confecção dos traços foi utilizada água potável, cimento Portland do tipo CP II-Z-32, comumente utilizado em elementos estruturais, agregado miúdo natural quartzoso (areia média lavada), fibra de borracha, e agregado grão britado (pedrisco) mineralogia do tipo granito. O traço básico definido possui as proporções entre os materiais de 1:2,5:3,5 (cimento, areia, pedrisco) sendo o cimento em massa, e os agregados em volume, com adição das fibras com porcentagem correspondente a 2% do peso do cimento e relação água/cimento (0,6).

As fibras de borracha acrescentadas ao concreto foram obtidas através do processo de frisão de pneus, o que as deixam com um comprimento irregular, porém foram cortadas para possuir comprimentos entre 4 e 6 cm e espessuras de 5 mm (Figura 2).



Figura 2. Detalhe da fibra de borracha adicionada ao concreto.

Fonte: Os Autores.

Não foi utilizado nenhum tipo de aditivo durante a confecção dos traços experimentais, sendo que, após a confecção os corpos de prova de concreto, os mesmos foram curados ao ar livre, protegidos contra ações climáticas, e foram desmoldados após 24 horas e colocados em câmara úmida até 28 dias.



3.2 Slump e Densidade

Logo após a produção do concreto executaram-se os ensaios slump (Figura 3) realizados conforme NM 67 (1998). Após 28 dias, a massa de cada corpo de prova foi determinada por pesagem em balança de precisão com resolução de 0,1 g e, para cálculo do volume e densidade das amostras, as dimensões foram determinadas com o auxílio do paquímetro digital.



Figura 3. Slump test das amostras de concreto, (a) sem adição fibras, (b) com adição de fibras de borracha.

Fonte: Os Autores

3.3 Ensaios estáticos de compressão

Os ensaios foram realizados em máquina hidráulica, seguindo as especificações de acordo norma brasileira (NBR 5739, 2018), sendo realizado para cada 12 amostras o ensaio de resistência à compressão (NBR 5739, 2018) e ensaio de resistência à tração por compressão diametral (NBR 7222, 2011). Sendo que a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) calculado utilizando o desvio padrão igual a 4,0 MPa, devido aos materiais serem dosados em massa e a água de amassamento ser corrigida em função da correção da umidade dos agregados. Os corpos de prova foram instrumentados com extensômetros de resolução de 0,01 mm, para a determinação do módulo de elasticidade calculado de acordo com a norma brasileira (NBR 8522, 2017).

4 Resultados e Discussão

Os valores de Slump e as densidades médias dos concretos produzidos variaram de acordo com a adição fibras (Tabela 1). Apesar das variações, os valores de todas as densidades estão dentro dos limites considerados normais para o concreto, de 2000 kg.m^{-3} a 2800 kg.m^{-3} , segundo norma brasileira (ABNT NBR 9778, 2015), porém a adição de fibras de borracha diminuiu a trabalhabilidade conforme a Figura (3).

De acordo com Figueiredo (2011), a ausência de homogeneidade na distribuição das fibras e do percentual em cada corpo de prova, gera o efeito de ouriços, fenômeno provocado pela aglomeração e embolamento das fibras que está diretamente relacionado ao tamanho e



processo durante a mistura. Deve-se ter cautela na mistura entre os agregados e as fibras, sendo estas lançadas em pequenas quantidades e aos poucos para evitar o efeito ouriços. Quanto maior a fibra, maior será seu embutimento no concreto reduzindo sua trabalhabilidade, o que implicará na necessidade de adição de plastificantes ou na redução do tamanho da fibra.

Tabela 1:

Valores médios de *slump* e densidade das amostras de concretos produzidos com agregados de diferentes origens mineralógicas e fatores água-cimento.

Tipo de fibra	Slump médio (mm)	Densidade média (kg.m ⁻³)
CPS - Sem fibra	20±2	2617
CPFB - Fibra de borracha	17±2	2602

Fonte: Autores (2020).

4.1 Ensaios de compressão

A Tabela 2 apresenta a resistência característica (*fck*), resultados médios da resistência à compressão (*fc*), resistência à tração por compressão diametral (*ft,D*) e módulo de elasticidade (*Eci*) das amostras sem adição e com adição de fibras.

Tabela 2:

Valores médios (*fck*), (*fc*), (*ft,D*) e (*Eci*) pra corpos de prova sem adição de fibras (CPSF) e com adição de fibras de borracha (CPFB) e fibras de polipropileno (CPFP).

Amostra	<i>fck</i> (MPa)	<i>fc</i> (MPa)	<i>ft,D</i> (MPa)	<i>Eci</i> (GPa)
CPSF	15	21,6 (6)	6,80 (8,6)	22,80 (4,8)
CPFB	12,6	19,2 (9)	7,60 (14)	20,4 (6,3)

Fonte: Autores (2020).

Notas: Valores em parênteses representam o coeficiente de variação das amostras.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão e tração diametral, pela análise de médias, indica que a adição do teor de 2% de fibras de borracha na mistura não obteve influencia na resistência à compressão em relação as amostras sem adição de fibras. A baixa densidade da borracha proporciona aumento em sua quantidade na confecção dos traços, fazendo com que se dispersem e incorpore ar durante o processo de moldagem gerando a perda de resistência. Porém em relação à resistência à tração por compressão diametral, as fibras de borracha atuaram de maneira mais efetiva na distribuição das tensões e junção dos agregados após os ensaios mecânicos em relação às amostras sem adição de fibras.

De acordo com estudos realizados por Segre (1999) a borracha de pneu é um material de pouca aderência à matriz do concreto, de forma que não crie ligações com a pasta de cimento, então, onde a borracha se encontra, pode-se considerar como vazios dentro da peça



de concreto e isso afeta diretamente a resistência mecânica. O menor valor encontrado pelo módulo de elasticidade (E_{ci}) das amostras com fibras de borracha é devido sua baixa resistência e característica elástica, ou seja, há uma baixa deformação seguida de um rápido rompimento. Seu formato não beneficia, pois não há uma boa aderência a matriz de concreto e seu material não agrega resistência, resultando em um material enfraquecido nos pontos onde a borracha se encontra, rompendo as amostras com baixos deslocamentos.

De acordo com Bentur e Mindess (2007) e Medeiros (2012), pra concretos com teor de fibras menores que 2%, o comportamento da resistência à compressão e módulo de elasticidade, não são alterados quanto o comportamento a tração, não passando de 25% em relação a amostras sem adição de fibras.

A Figura 4 demonstra o comportamento de rupturas das amostras, no caso de concreto sem adição de fibras, quando as tensões aplicadas superam a resistência da matriz de concreto, ocorre o fenômeno de ruptura brusca. Foi observado que as fibras de borracha contribuíram para diminuir a fissuração e deslocamento de fragmentos das amostras de concreto. Segundo Medeiros (2012), as fibras se comportam como inclusões inativas, produzindo melhorias periféricas das propriedades mecânicas.



(a)

(b)

Figura 4. Tipos de ruptura dos corpos de prova, (a) amostra de concreto sem fibras, (b) amostra de concreto com fibras de borracha.

Fonte: Autores (2020).

5. Conclusões

A reutilização de pneus é de suma importância para o meio ambiente, já que se trata de um material cujo tempo de decomposição se encontra indeterminado e sua poluição se dá não só por seu descarte inadequado como por sua queima liberando toxinas altamente poluentes. A inserção de fibras de pneu em concretos é uma opção alternativa da utilização do material sem que haja a queima do mesmo, e podendo contribuir significativamente com o destino de pneus inservíveis, auxiliando também na redução do uso de materiais naturais para a produção de



concreto. Sendo a indústria da construção civil uma das engrenagens da economia mundial, e a utilização de recicláveis em seu meio é fundamental para um equilíbrio sustentável.

Através da análise dos resultados obtidos nos ensaios realizados e comparando com estudos anteriores, pode-se observar que as fibras de borracha atuam de maneira satisfatória quando se deseja aumentar a resistência à tração do concreto.

As características das fibras de borracha como peso, formato e comprimento podem influenciar diretamente nos resultados dos ensaios. As fibras não podem possuir diferentes pesos, o que altera o volume de fibras na mistura, influenciando a resistência do concreto devido à incorporação de ar na mistura, o que cria pontos de instabilidade na matriz de concreto.

Quanto ao módulo de elasticidade, o resultado inferior da adição de fibras de borracha em relação ao traço de concreto comum, devido a sua baixa aderência com a mistura do concreto, ponto já fixado como uma das principais causas de perda de resistência e módulo de elasticidade.

Os ensaios de resistência à compressão diametral com auxílio das fibras de borracha, apresentaram resultados satisfatórios, chegando a 11% maior quando comparado a resistências do concreto comum. A quantidade de fibras de borracha incorporadas ao concreto é considerada alta por conta de sua baixa densidade, auxiliando na junção dos agregados quando se iniciou a fissuração, mantendo-os próximos e fazendo com que os corpos de prova não se rompessem de maneira repentina.

A questão do tratamento das fibras de borracha ainda deve ser revista e estudada de forma mais profunda, talvez alguns tratamentos para que seja melhorada sua aderência ao concreto possa trazer um resultado mais convincente de que esse material pode ser usado em outros campos além de pisos e pavimentações de rodovias, visto que seus resultados, por mais que sejam mais baixos, não estão tão fora da média de valores encontrados na literatura quando comparado a outros tipos de fibras, considerando a borracha adequada, porém, ainda necessitando de melhorias para um melhor desempenho do material.

REFERÊNCIAS

Akasaki, J.L., Fioriti, C.F., & Nirchl, G.C. (2001). *Análise experimental da resistência à compressão do concreto com adição de fibras de borracha vulcanizada*. In: 43º Congresso Brasileiro do Concreto.

Albuquerque, A.C. (2009). *Estudos das propriedades do concreto massa com adição de partículas de borracha*. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRS. Porto Alegre, RS.

Albuquerque, A.C., Andrade, M.A.S., Neto, M.M.S., Correa, M.I.F., Cardoso, C.G., & Macedo, D.C.B.; Calmon, J.L. (2002). *Concreto com borracha de pneu: uma revisão bibliográfica*. 43º Congresso Brasileiro de Concreto - IBRACON. Belo Horizonte, MG.

Albuquerque, A.C., Hasparyk, N.P., Andrade, M.A.S., & Andrade, W.P. (2005). *Polymeric admixtures as bonding agent between tire rubber and concrete matrix*. ACI – American Concrete Institute. Michigan, Estados Unidos.

Albuquerque, A.C., Hasparyk, N.P., Andrade, M.A.S., Correa, M.I.F., Neto, M.M.S., Macedo, D.C.B., & Cardoso, C. G. (2004). *Investigation of different treatments in tire rubber*



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



with a view to concrete application. Conference on use of the recycled materials in building and structures. RILEM. Barcelona.

Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. NBR NM 67. (1998). *Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.* Rio de Janeiro.

_____. NBR 5739. (2018). *Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto.* Rio de Janeiro.

_____. NBR 8522. (2017). *Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação a compressão.* Rio de Janeiro.

_____. NBR 5738. (2016). *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.* Rio de Janeiro.

_____. NBR 7222. (2011). *Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos.* Rio de Janeiro.

_____. NBR 9778. (2005). *Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica.* Rio de Janeiro.

Association of Natural Rubber Producing Countries. (2019). *ANRPC Releases Natural Rubber Trends & Statistics July 2019.* Recuperado em 16 de Janeiro, 2020, de <http://anrpc.org/html/news-secretariat-details.aspx?ID=9&PID=39&NID=3558>

Battagin, I.L.S. (2007). *Módulo de Elasticidade do concreto: como analisar e especificar.* Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da ABNT. São Paulo, SP.

Bentur, A., & Mindess, S. (1990). *Fiber reinforced cementitious on durability of concrete.* Barking: Elsevier.

Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA. (1999). *Resolução CONAMA Nº 258 de 26 de agosto de 1999.* Diário Oficial da União.

Chun, Y., Claisse, P., Naik, T.R., & Ganjian, E. (2007). *Sustainable Construction Materials and Technologies.* p. 87 - 1ª Edição, Taylor & Francis. Milton Park, Oxfordshire, Reino Unido.

Cunha, J. C. S., Júnior, H. G. D., & Lacerda, C. (2016). *Traços de Concreto Sem Função Estrutural com Adição de Entulho.* *Cadernos UniFOA*, 11(32), 35-45.

Ehrenbring, H. Z., Tutikian, B. F., & Medeiros, U. C. Q. (2018). *Análise comparativa da retração por secagem de concretos com fibras novas e recicladas de poliéster.* *Ambiente Construído*, v. 18, n. 3, p. 195-209.

Figueiredo, A. D. (2011). *Concreto reforçado com fibras.* *Tese Livre Docência.* Universidade de São Paulo.



Goes, C. M. W., Fontani, P. S. P., Pimentel, L. L., & Avila, A. E. P. G. (2016) *Análise da aplicação de concreto com adição de microfibras estruturais sintéticas e microfibras de vidro anti-crack ar e pisos*. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 12, n. 1.

Herscovici, H. L., Roehl, D., & Sánchez filho, E. S. (2019). *Estudo experimental de vigas curtas de concreto com fibras de aço sujeitas à flexão*. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 12, n. 2, p. 288-307.

Lagarinhos, C. A. F., & Tenório, J. A. S. (2008). *Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil*. Polímeros, 18(2), 106-118.

Lucena, J.C.T. (2017). *Concreto reforçado com fibras de polipropileno: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo USP – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP.

Macêdo, A., & Martins, M. (2015). *A Sustentabilidade Urbana sob a Ótica da Construção Civil: Um Estudo nas Empresas Construtoras de Campina Grande-PB*. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 4(1), pp.139-157.

Medeiros, A. (2012). *Estudo do comportamento à fadiga em compressão do concreto com fibras*. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. P.201.

Metha, P., & Monteiro, P.(2008) *Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais*. 3ª edição, Ed Ibracon.

Oliveira, N.P. (2014). *Concreto de cimento Portland reforçado com fibras de aço e de polipropileno*. Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário de Formiga UNIFOR. Formiga, MG.

Pereira, J. S. S. (2019). *Sustentabilidade na construção civil*. Gestão de Empresas-Unisul Virtual.

Reciclanip. (n.d). *Principais Destinações - RecicLANIP*. Recuperado em 16 de julho, 2020 de <http://www.reciclanip.org.br/formas-de-destinacao/principais-destinacoes/>.

Romualdo, A., Santos, D., Castro, L., Menezes, W., Pasqualetto, A., & Santos, O. (2011). *Pneus inservíveis como agregados na composição de concreto para calçadas de borracha*. In 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production-Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World (pp. 18-20).

Segre N.; Monteiro, P.J.M., & Sposito, G. (2002) *Surface characterization of recycled tire rubber to be used in cement paste matrix*. Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 248. Rússia.

Segre, N. (1999). *Reutilização de borrachas de pneus usados como adição em pasta de cimento*. Tese de doutorado – Universidade Estadual de Campinas UNICAMP. Campinas, SP.



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



Silva, F. M. (2017). *Avaliação da resistência mecânica de pisos Intertravados de concreto sustentáveis (PICS)*. Revista Matéria, 22(1).

Silveira, P. M., Albuquerque, M. D. 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.

Teixeira, M. G., Zamberlam, J. F., dos Santos, M. B., & Gomes, C. M. (2016). *Processo de Mudança para uma Orientação Sustentável: Análise das Capacidades Adaptativas de Três Empresas Construtoras de Santa Maria-RS*. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 5(1), 45-60.

Veloso, Z. M. F. (2010). *Ciclo de Vida dos Pneus*. Brasília: MMA, 24 p.