

# 10 - UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE RECAPAGEM DE PNEUS PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO LEVE ESTRUTURAL

<http://gmga.com.br/10-utilizacao-de-residuos-de-recapagem-de-pneus-para-producao-de-concreto-leve-estrutural/>



[10.31419/ISSN.2594-942X.v52018i1a10LGG](https://doi.org/10.31419/ISSN.2594-942X.v52018i1a10LGG)

GOMES, Laércio Gouvêa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal do Pará, IFPA-Campus Belém, Prof. Dr., Curso de Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais-PPGEMAT.  
[laercio.gomes@ifpa.edu.br](mailto:laercio.gomes@ifpa.edu.br)

## ABSTRACT

One of the factors that led to the development of this research is the possibility of reusing the waste disposed of by the tire retreading industries, once this product is disposed in the environment, allowing the proliferation of vectors and environmental degradation. Tire waste appears as a viable option, economical, wholesome and environmentally sound. These studies aim to analyze the composite's morphological strength, as well as fracture surface of the concrete with waste tires. In the production of the composites, rubber waste from the tire picking industry was replaced in the proportion of 5.0wt% and 10.0wt% on the fine aggregates (natural sand) and fine residues from the extraction of pebbles. For the materials, particle size and morphological analyzes were performed. For the composite, the water absorption and fracture morphology analysis were evaluated by SEM. The results show that the specific mass of the concrete decreased, 14.44%, with the partial substitution of the natural sand for the rubber residue. The water absorption increases, 16.25%, by replacing the particles and waste tires in the concrete. Through the micrographs, some regions of poor adhesion of the fibers of the residues incorporated with the matrix of the concrete are verified. The results obtained allow us to conclude on the feasibility of some applications in prefabricated elements and components for civil construction.

**Keywords:** Fibers; sustainability; properties of materials.

## INTRODUÇÃO

O concreto é constituído por uma mistura de cimento, água e agregados inertes, em partículas de diversos tamanhos. O cimento é denominado aglomerante, quando recém misturado com a água, forma uma pasta que com o passar do tempo se endurece adquirindo resistência mecânica. Sua adesão às partículas dos agregados, formam uma mistura com alguma homogeneidade, que depois de seca, torna-se sólida como uma rocha artificial.

Encontrar materiais alternativos que substituam os materiais tradicionais constituintes do concreto, além de sustentável ambientalmente, é um dos grandes desafios lançados aos engenheiros de materiais. Buscar combinação de resíduos industriais com propriedades físicas e mecânicas distintas a fim de produzir novas compósitos, mais econômicos e duráveis, são fundamentais para redução no consumo das fontes naturais.

Verifica-se na literatura que a combinação de materiais vem sendo desenvolvida para a produção de concreto, argamassas e compósitos cimentícios, utilizando uma diversidade de materiais, desde fibras (Gomes *et al.* 2015, Brandão 2012, Vasconcelos 2012, Carnio 2009, Heinrichs *et al.* 2000, Agopyan 1991, Rilen 1984) até resíduos provenientes da própria indústrias da construção (Fonseca 2006, Dias 2004, Dias *et al.* 2001, Bazuco 1999), visando agrupá-los de acordo com sua forma, processo, tipo de matriz, tipo de reforço, entre vários outros critérios, ou seja, temos uma variedade considerável de combinações com classes distintas entre si. Entretanto, são escassos os trabalhos relacionados à utilização dos resíduos de pneus. Sosfi (2017) fez uma revisão sobre o efeito dos resíduos da borracha nas propriedades mecânicas e de durabilidade do concreto. Blessen e Ramesh (2016) realizaram estudos abrangente sobre as aplicações de resíduos de borracha de pneus em concreto de cimento. Fioriti *et al* (2010) analisou experimentalmente blocos intertravados de concreto com adição de resíduos de pneus e verificou a possibilidade de utilização deste material em ambientes de solicitações baixas.

## RESÍDUOS DE PNEUS

O processo industrial de recapagem ou recauchutagem é uma alternativa de prolongamento da vida útil dos pneus. Este processo pode prolongar a vida útil dos pneus em até 3 vezes, entretanto, tal processo só gera resíduos (Figura 1) que quase sempre também não tem uma destinação correta.



Figura 1 - Resíduo da recapagem (SANTOS, 2016).

Este resíduo é proveniente da raspagem da banda de rodagem durante o processo de recapagem. A banda de rodagem do pneu é submetida a um processo de desgaste superficial com o objetivo de retirada da camada de borracha remanescente e regularização da superfície para adequá-lo à nova camada. O resíduo gerado possui dimensões variáveis, desde material microscópico até lascas. Também são observados alguns tipos de aço, provenientes da estrutura do pneu aderidos ao mesmo. O resíduo de borracha de pneus utilizado nesta pesquisa provém do processo de recapagem de pneus. Neste processo é realizada uma raspagem mecânica da banda de rodagem até que seja retirada a camada remanescente do pneu, adequando-o para aplicação de uma nova camada, e então retorne à sua finalidade. Durante a etapa de raspagem da banda de rodagem são gerados resíduos de borracha de formas variadas, variando desde pó, forma de pequenas fibras, até partículas, como mostra a Figura 2.

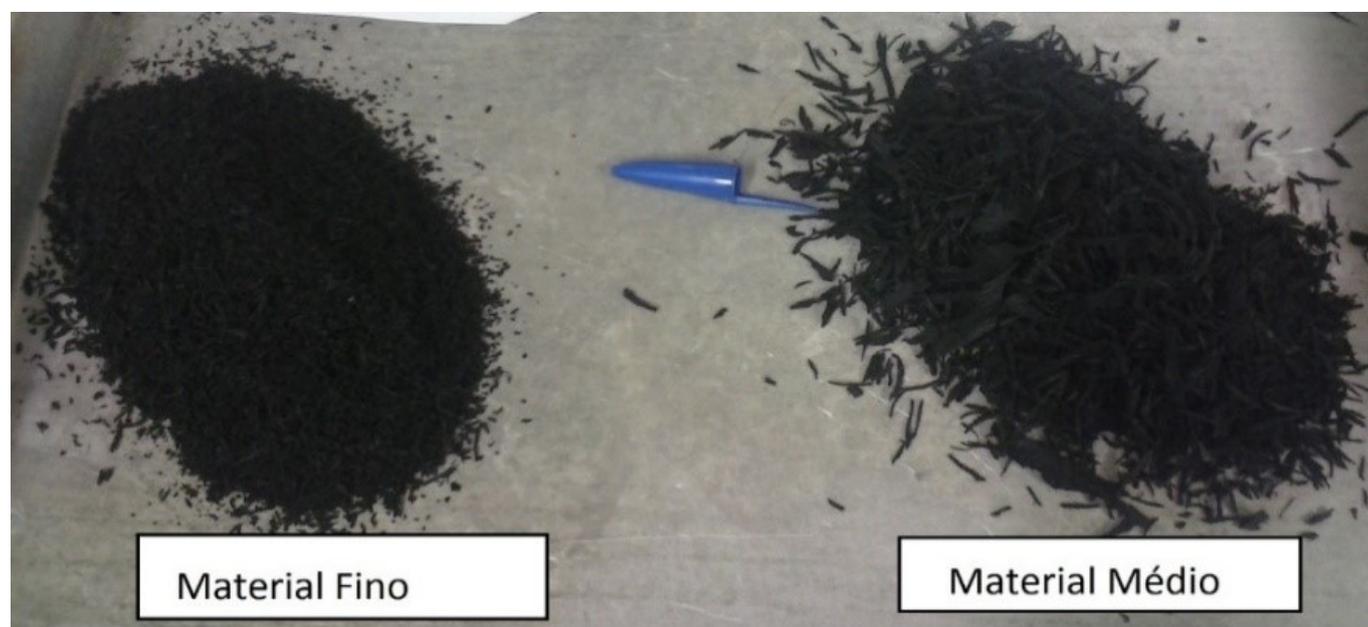


Figura 2 - Resíduo fino de borracha de pneu (a) tamanho real (b) aumento 100X microscópio ótico.

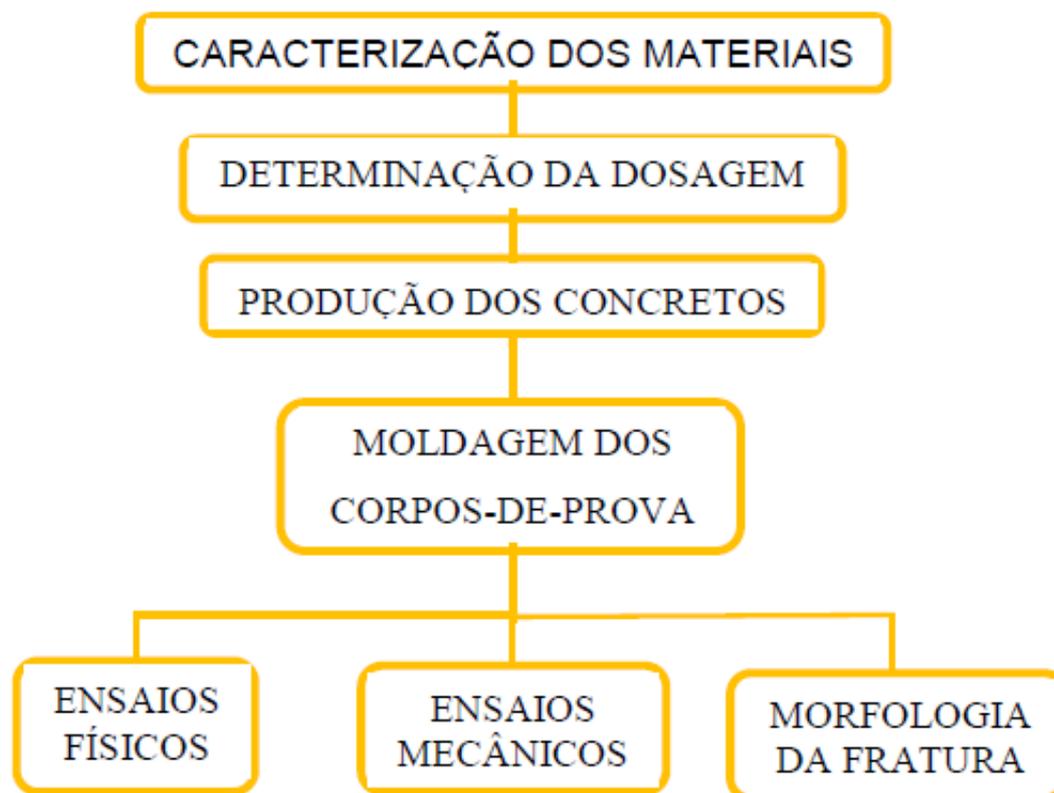


Figura 3 -

Fluxograma dos procedimentos experimentais.

## PRODUÇÃO DO CONCRETO

Os materiais utilizados para a produção de concreto foram separados nas suas quantidades de acordo com o traço calculado. A betoneira foi inicialmente umedecida para que não houvesse perda de água no concreto. Logo em seguida, foram adicionados de forma gradual os materiais, seguindo a seguinte ordem: metade do seixo, metade da areia, todo o cimento Portland CP-32-Z, metade da água, restante dos materiais e água. Este procedimento foi adequado para o concreto com borracha, neste caso foi sendo adicionado resíduo de pneus inutilizados. A mistura do concreto foi por 3 minutos após adição de todos os constituintes. Após a mistura dos componentes de cada composição em betoneira estacionária foram elaborados 4 lotes, sendo o primeiro lote de concreto de referência (RF), um lote com 5% de substituição de agregado miúdo por raspas de borracha (RB), para o primeiro traço e outro de referência e um com 10% de substituição de agregado miúdo por resíduo para o segundo traço. Além disso, para o concreto de 5 % de resíduo foram produzidos 4 corpos de prova prismáticos.

Após a mistura e homogeneização do concreto na betoneira foi retirada uma amostra de concreto, procedeu-se com o ensaio de abatimento pelo tronco de cone (*slump test*), (Figura 4 (a)). O procedimento do ensaio da consistência foi segundo a norma ABNT NBR NM 67:2010. Com o traço utilizado, obteve-se um *slump* de 140 mm (com resíduo) e 150 mm (sem resíduo), conforme Figura 4 (b) e (c), para que ocorresse um completo adensamento manual dos corpos de prova.



Figura 4A: Equipamentos do "Slump Test".



resíduo igual 150mm.

Figura 4B: “Slump test” concreto sem



Figura 4C: concreto com resíduo  
igual 140mm.

Foram utilizados corpos de prova cilíndricos 100mm x 200mm para ensaio de compressão axial e diametral, e corpos de prova prismáticos 100 mm x 100 mm x 300 mm para ensaio de flexão, conforme ilustrado na Figura 5 (a). Na moldagem dos corpos-de-prova e cura do material seguiu-se segundo a norma NBR 5738:2003 (ABNT, 2003). Uma Betoneira, Figura 5 (b), também foi utilizada nos experimentos.



Figura 5A: Moldes de corpos de prova utilizados.



Figura 5B:

betoneira.

Após a mistura, o concreto foi moldado nos moldes cilíndricos, Fig. 6a, e em moldes prismáticos, Fig. 6b, com auxílio de uma haste metálica. Após 24 h os corpos de provas de prova foram desmoldados.

A absorção de água no concreto, e índice de vazios são diretamente proporcionais a quantidade de resíduo de pneus substituído na matriz do concreto, enquanto a massa específica real é inversamente proporcional à quantidade do mesmo presente na matriz.



corpos de prova cilíndricos de 100x200 mm.

Figura 6A: Moldes dos



Figura 6B: Prismáticos 100x100x300 mm.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Granulometria dos Materiais

Para caracterização do resíduo de recapagem de pneus foi realizado os mesmos procedimentos para ensaio de caracterização granulométrica, Figura 7. Sampaio *et al.* (2017) mostra a formulação e caracterização de concreto leve estrutural contendo resíduos de polimento de porcelanato, borracha de pneus e calcário. Pelisser *et al.* (2016) realizou uma revisão abrangente sobre as aplicações de resíduos de borracha de pneus em concreto de cimento.

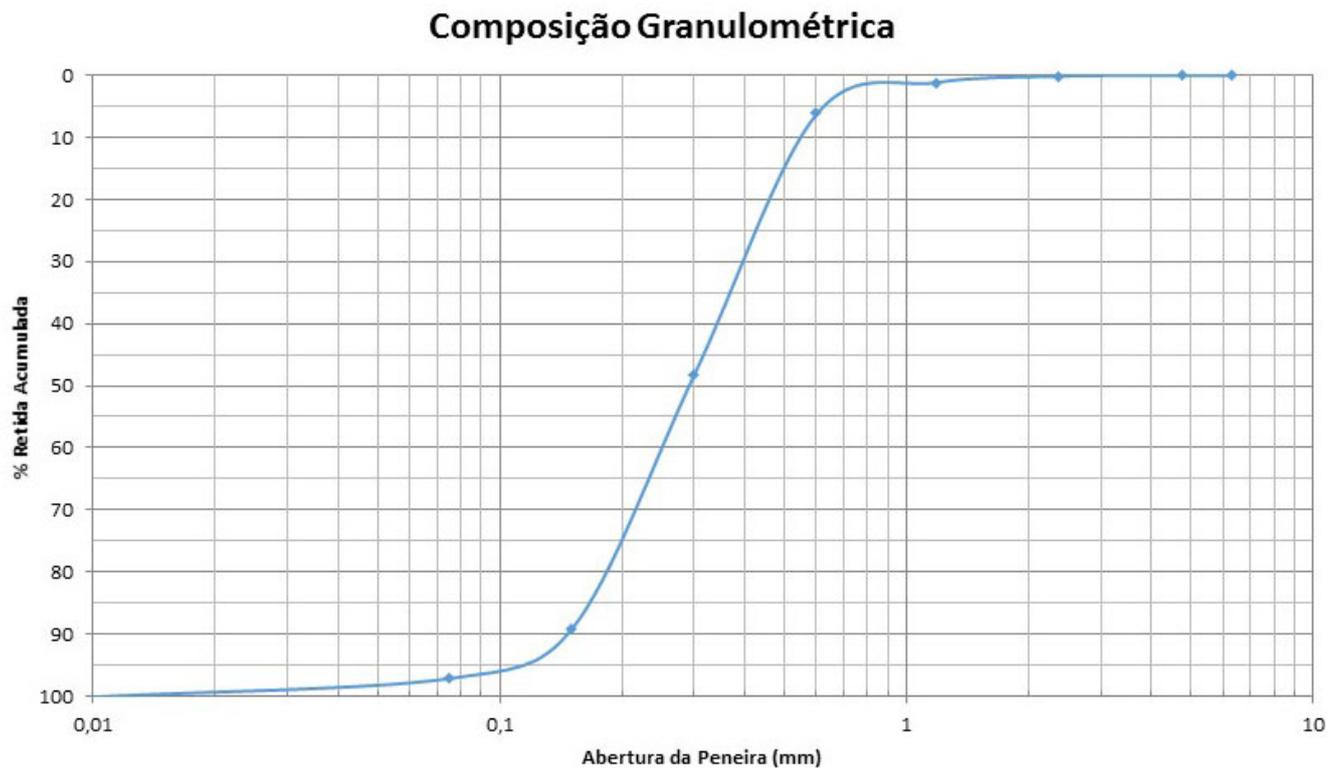


Figura 7A: Caracterização granulométrica dos materiais constituintes do concreto e dos resíduos de pneus. Areia grossa.

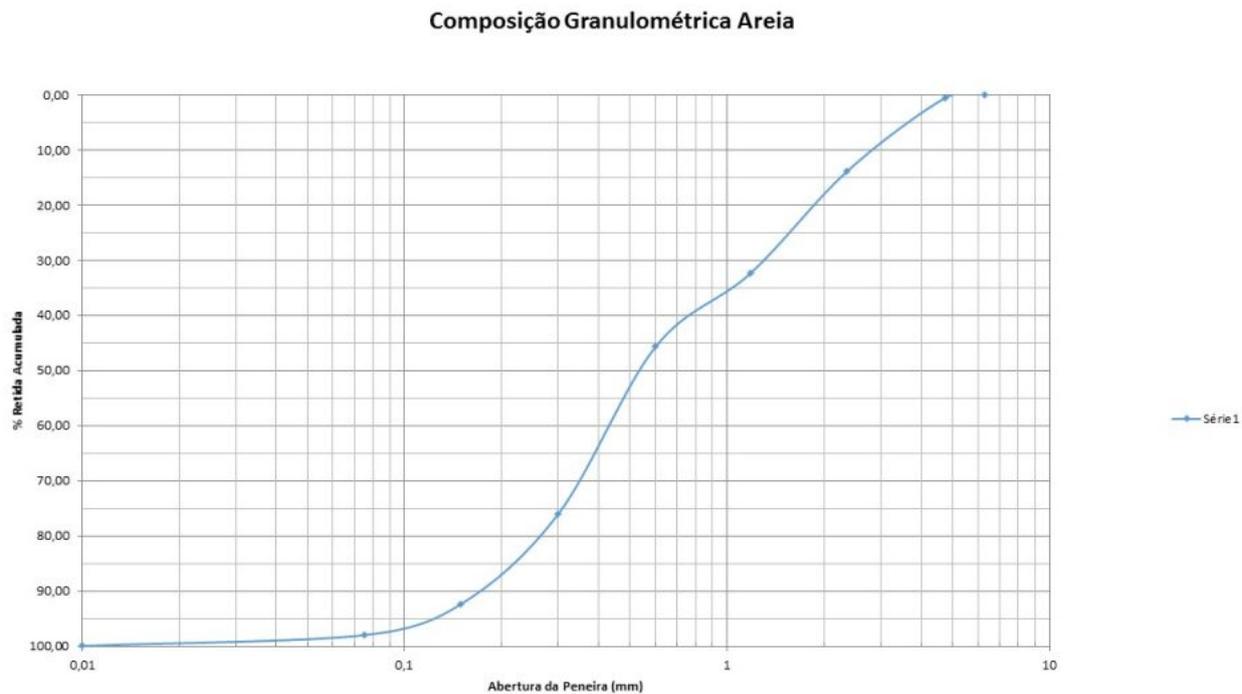


Figura 7B: Caracterização granulométrica dos materiais constituintes do concreto e dos resíduos de pneus. Areia Fina.

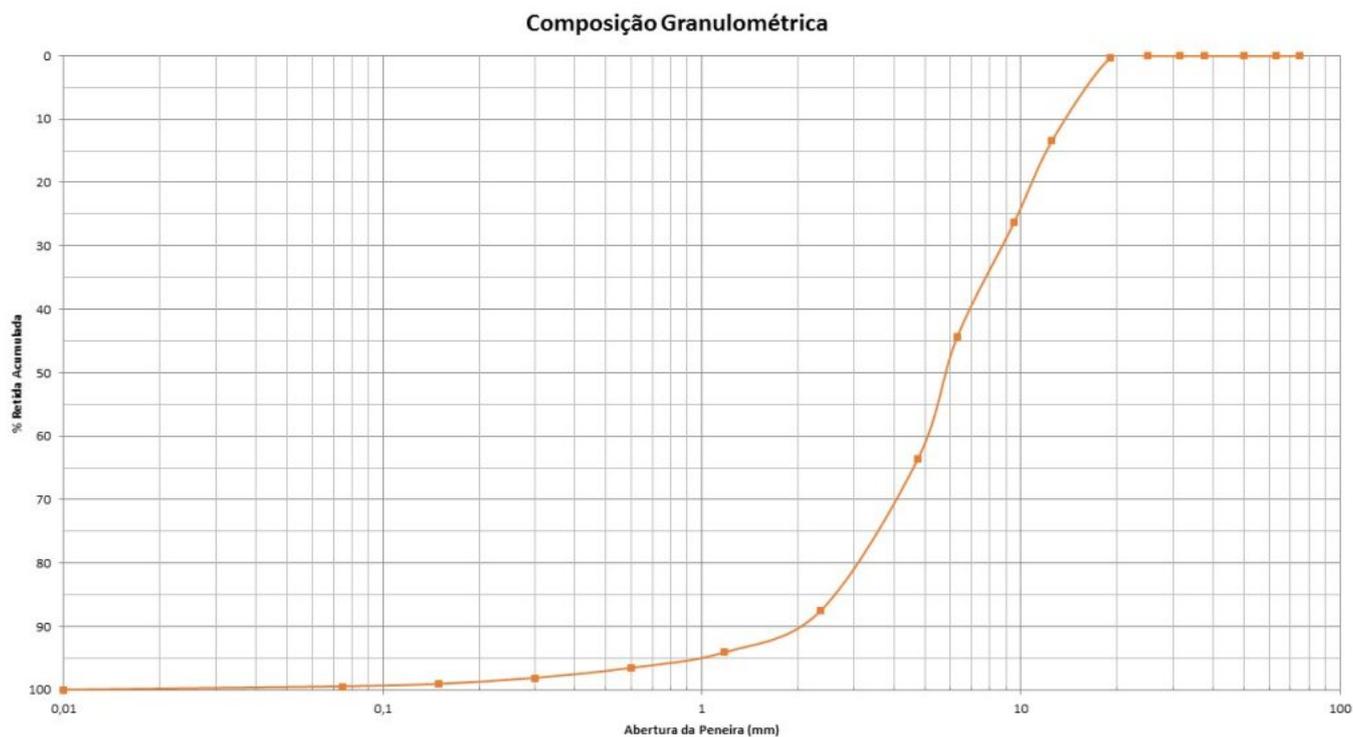


Figura 7C: Caracterização granulométrica dos materiais constituintes do concreto e dos resíduos de pneus. Seixo Fino.

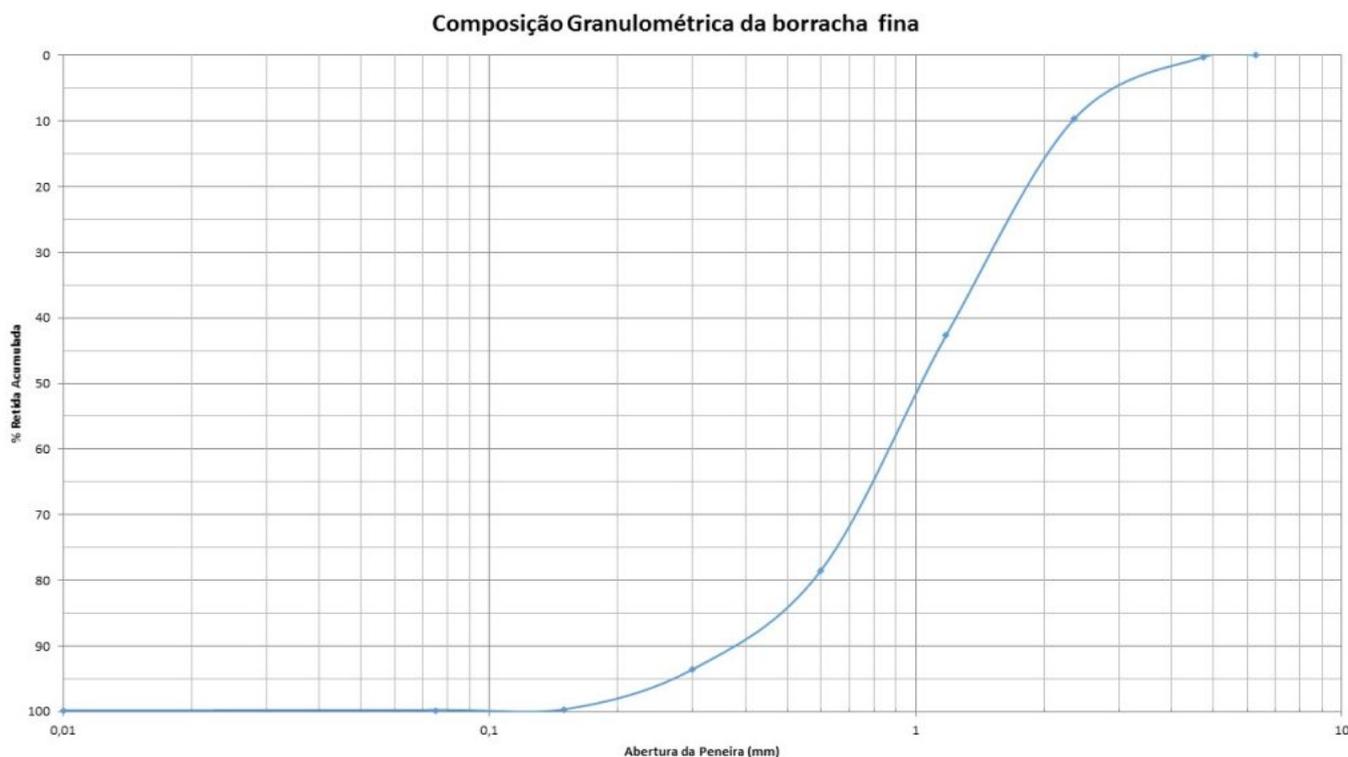


Figura 7D: Caracterização granulométrica dos materiais constituintes do concreto e dos resíduos de pneus. Resíduos de pneus.

## PROPRIEDADES FÍSICAS DO CONCRETO

### Massa Específica, Absorção de Água e Índice de Vazios

Para concreto com 5% de substituição de areia por resíduos de pneus, tem-se os valores de absorção passando de 8,16%, com índice de vazios de 16,15% e massa específica de 2,283 kg/dm<sup>3</sup>. Para concretos com 10% de substituição de areia por resíduos de pneus, os valores de absorção, e índice de vazios aumentam para 16,25% e 28,64%, respectivamente, já a massa específica decresce para 2,079 kg/dm<sup>3</sup>. Verifica-se um aumento na absorção de água e índice vazios de aproximadamente 16,24% e 8,03% do concreto com resíduos de pneus (com 5% com resíduo de pneus) para o concreto de referência (sem resíduo de pneus), e houve uma diminuição na massa específica entorno de 8,93% entre os mesmos. O concreto com 10% comparado com o concreto de referência apresentou um aumento na absorção de água e no índice de vazios de 44,19% e 25,45%, respectivamente. Além disso, houve diminuição da massa específica real de 14,44% entre estes concretos o que pode ser notado através da Figura 8.

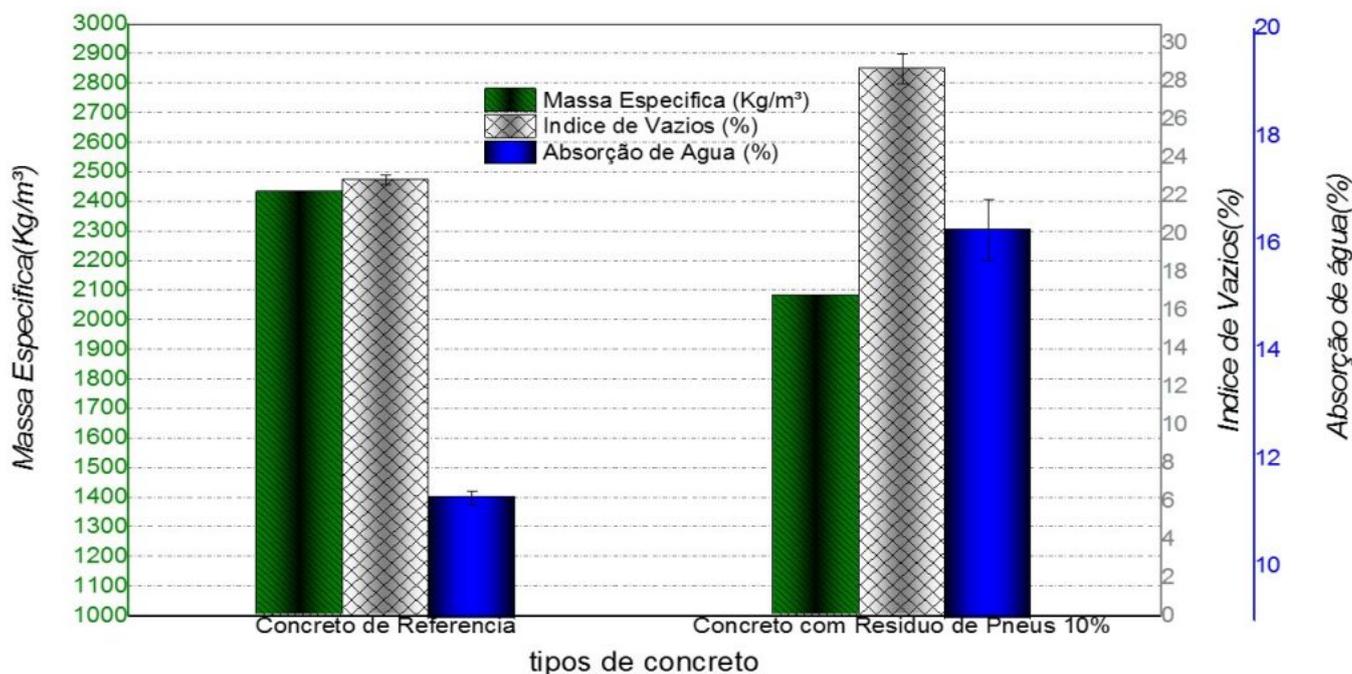


Figura 8 - Propriedades físicas do concreto sem e com substituição de 10% da areia por resíduos de pneus.

Em relação aos concretos de 5% e 10% de substituição houve um aumento percentual de 99,14% na absorção de água. O mesmo acontece com o índice de vazios que ocorreu um aumento percentual de aproximadamente 77,34% entre o concreto com 5% e 10% de substituição de resíduo de pneus, esse fato é em decorrência tanto do índice de vazios gerados ser menor com menores percentuais de substituição, e este índice de vazios juntamente com a baixa massa específica do resíduo influenciaram na massa específica do concreto com resíduo de borracha de pneus que apresentou um decréscimo de 8,93% ao aumentar de 5% para 10% a substituição, conforme a Figura 9. Este fato também é em decorrência tanto da massa específica da borracha de pneu ser menor do que a areia quanto ao volume ocupado pelas partículas de borracha na matriz, já que a substituição foi em massa, e a massa específica da areia é maior que a massa específica da borracha.

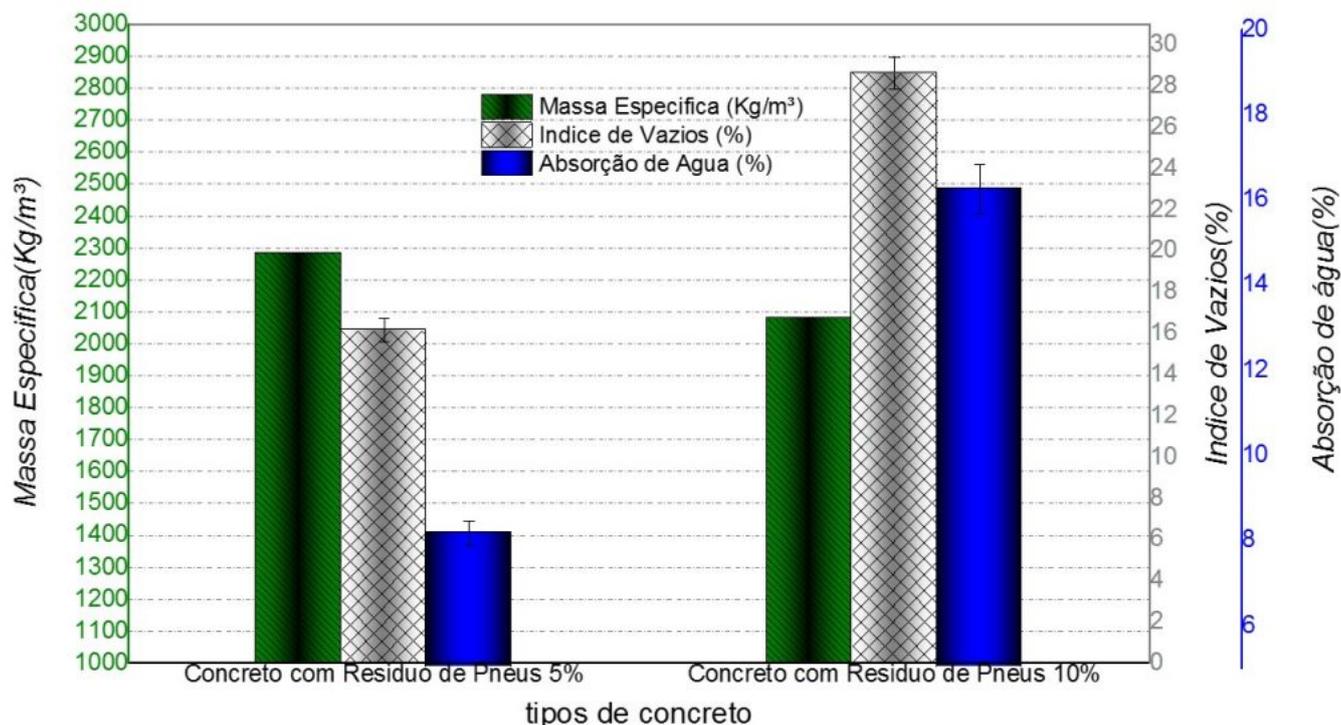


Figura 9 - Propriedades físicas do concreto com 5 % e 10% substituição de areia. por resíduos de pneus.

A absorção de água aumenta com a utilização das partículas e fibras de borracha no concreto. O aumento da absorção está diretamente relacionado com a porcentagem de resíduo, à medida que aumenta a porcentagem de substituição há um aumento na absorção de água, conforme pode ser observado na figura 9. Além disso, o teor de ar incorporado à mistura aumenta com o aumento de borracha, isso é devido ao aspecto irregular das partículas que durante a mistura ocasionam esta situação. A condição dos vazios internos poderá ser visualizada por MEV.

Concretos de boa qualidade apresentam absorção de água inferior a 10%, os traços com substituição 5% de borracha apresentaram absorção inferior a 10% podendo ser, portanto, considerados de boa qualidade quanto à absorção. Já o concreto com substituição parcial da areia por resíduo de borracha em 10%, apresentaram absorção superior a 10% podendo ser, portanto, considerados de baixa qualidade quanto à absorção. Fioriti et al. (2007) ao propor a substituição parcial da areia por resíduo de borracha em 8%,10% e 12%, em volume, constataram que absorção de água que essa propriedade não é afetada de maneira significativa.

## PROPRIEDADES MECÂNICAS

### Resistência à Compressão Axial

Analisando os resultados de compressão axial do concreto de referência e comparando com os resultados

do concreto com resíduo de borracha, verifica-se uma queda da resistência à medida que o teor de resíduo aumenta. Para o traço de 5% de resíduo, o concreto de referência e o concreto com borracha apresentaram resistência a compressão, aos 7 dias de cura, de 16,97 MPa e 11,95 Mpa, respectivamente. Estes resultados mostram uma queda da resistência a compressão axial de aproximadamente 30%, aos 7 dias. Além disso, para este mesmo traço, aos 28 dias de cura, a resistência do concreto de referência e o concreto com borracha apresentaram resistência a compressão de 28,36 MPa e 14,53 MPa, respectivamente. Estes resultados mostram uma queda da resistência a compressão axial de aproximadamente 51%. A Tabela 1 resume os resultados dos ensaios mecânicos.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas dos concretos (compressão axial, diametral e flexão).

| Ensaio | 5% de substituição<br>Concreto de referência (RF) | Concreto com resíduo (RB) | 10% de substituição |
|--------|---|---------------------------|---------------------|
|--------|---|---------------------------|---------------------|