

## ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO FABRICADO COM BORRACHA DE PNEU INSERVÍVEL NA SUBSTITUIÇÃO DE AREIA NATURAL

Cabral, S.C. <sup>(1)</sup>; Rocha Filho, G.M. <sup>(1)</sup>; Santos, D.M. <sup>(1)</sup>; Ignácio, C. <sup>(1)</sup>; Silva, S.N. <sup>(2)</sup>; Skury, A.L.D. <sup>(3)</sup>; Monteiro, S.N. <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM;

<sup>(2)</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET;

<sup>(3)</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF;

<sup>(4)</sup> Instituto Militar de Engenharia – IME

Campus do Mucuri - Teófilo Otoni/MG, Rua do Cruzeiro, nº 01 - Jardim São Paulo - CEP 39803-371, Telefone:+55(33) 3522-6037 / 3522 4873 / 3522 3523

### 1 - RESUMO

*O presente trabalho propõe a substituição de parte da areia do concreto convencional por borracha de pneu inservível, aqueles que tão comumente vemos jogados por toda parte das cidades, provocando uma grande poluição ambiental e visual, além de ter grande potencial para o desenvolvimento de doenças. Também é objetivo do trabalho determinar as propriedades mecânicas do concreto formado com borracha, sobretudo a resistência à compressão. Na busca também de obter resultados quanto às propriedades mecânicas do concreto, e de se trabalhar de forma global as questões sociais, de cidadania e de preservação do meio ambiente, que o presente trabalho busca, de forma econômica e criativa, desenvolver um novo compósito, usando a borracha como agregado no concreto. O presente trabalho pôde verificar que a adição de borracha de pneu inservível no concreto convencional reduz significativamente sua resistência à compressão, o que não implica na sua não utilização no concreto.*

*PALAVRAS-CHAVE: concreto; propriedades mecânicas; borracha.*

### 2 - INTRODUÇÃO

O ser humano, desde os tempos mais remotos, sempre utilizaram a natureza a seu favor, ora com recursos renováveis, outrora com recursos não renováveis. Com o passar dos anos, junto com o avanço tecnológico, vieram também desequilíbrios ambientais jamais vistos. Tudo isso causado pelo comportamento do próprio homem com a natureza, degradando-a sem se preocupar com a renovação desses recursos, criando, com isso, um desequilíbrio ambiental evidente. Dessa forma, percebe-se um desenvolvimento não sustentável, criado pela própria necessidade do homem utilizar a natureza para obter recursos necessários à sua sobrevivência e bem estar.

Como forma de minimizar esse desenvolvimento não sustentável, vem aumentando o número de pesquisas na área da construção civil relacionadas ao uso de agregados alternativos no concreto. Na busca por esses agregados, a borracha de pneu surge como valioso objeto de pesquisa, vários pesquisadores estão procurando uma forma de aproveitar os pneus descartados no meio ambiente e transformar a borracha em um material que pode ser reaproveitado.

Ainda não se tem um método eficaz para o descarte de pneu, por causa da destinação inadequada surgem graves problemas ambientais. De acordo com Monteiro et al (2001), são muitos os problemas ambientais gerados pela destinação inadequada dos pneus. Se deixados em ambiente aberto, sujeito a chuvas, os pneus acumulam água, servindo como local para a proliferação de mosquitos. Se encaminhados para aterros convencionais, provocam "ocos" na massa de resíduos, causando a instabilidade do aterro. Se destinados a unidades de incineração, a queima gera enormes quantidades de material particulado e gases tóxicos, necessitando de um sistema de tratamento dos gases extremamente eficiente e caro.

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), de 1999 até o presente ano foram coletados apenas 536 milhões de pneus, porém, segundo a própria ANIP, de 2007 a 2013 foram produzidos 436,8 milhões de pneus, isto excluindo-se a produção de 1999 a 2006 e a importação de pneus. Vê-se desta forma uma produção muito maior que a coleta, acarretando com isso um grande impacto ambiental causado pelo descarte inadequado dos pneus inservíveis.

A reutilização da borracha pneus como agregado no concreto pode ser importante para a preservação do meio ambiente, além da retirada de pneus descartados no meio ambiente, também haverá uma diminuição na extração de recursos naturais, como a areia e a brita, e ainda, podendo diminuir o acúmulo desses resíduos nas áreas urbanas.

### 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo sugerido neste trabalho, foram confeccionados corpos de prova de concreto com diferentes percentuais de borracha de pneus inservíveis, que substituirão em parte o agregado miúdo, no caso a areia.

Os materiais utilizados na parte prática da pesquisa foram fornecidos pelas empresas da região de Teófilo Otoni - MG. A JR Pneus forneceu resíduos de borracha de pneu. Já o cimento foi adquirido pelos componentes do grupo areia e brita, foram cedidas pela empresa Pedreira Mix Mattar. O experimento foi realizado na Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), que nos auxiliou e disponibilizou todos equipamentos para a realização do mesmo.

#### Planejamento dos ensaios

Quando abordado o tema construção civil em engenharia, em especial o concreto, vários são os fatores que podem influenciar direta ou indiretamente sobre as propriedades do mesmo. Alguns destes fatores podem ser expressos em função dos materiais a serem utilizados no concreto, no nosso caso o material que terá relevância será a borracha, que irá substituir um percentual do agregado miúdo.

Diante dos experimentos realizados, é desejável que o concreto com adição de borracha apresente propriedades mecânicas próximas do concreto convencional, ou seja, resistência à compressão elevada e durabilidade.

Como o intuito do trabalho é avaliar as propriedades do concreto com adição de borracha, foram definidas algumas características desejáveis que representassem o seu desempenho mecânico: resistência à compressão; resistência à tração e módulo de elasticidade.

A partir destas características, foram definidas algumas variáveis que poderiam influenciar significativamente nos resultados, e procurou-se aperfeiçoar as mesmas para que pudessem atender as propriedades desejadas do concreto. A saber:

Percentuais de resíduos de pneus: definiu que os percentuais a serem utilizados não seriam os mais satisfatórios como os retratados na bibliografia, mas outros que pudessem mostrar novos resultados e ser mais aparentes nos gráficos. Os percentuais de borracha para os corpos de prova definidos foram: 10 %, 20 % e 30 % (em massa com relação à areia), em combinações que tiveram como base a dosagem padrão para cada concreto.

Quantidade de água: Para ficar mais perceptível as variações apresentadas pelos materiais, mantivemos o mesmo slump, assim cada dosagem para percentual diferente de borracha, apresentou diferentes teores de água com intuito de criar uma massa homogênea.

Deste modo foram realizadas as dosagens do concreto padrão e do concreto com adição de borracha de pneu inservível com diferentes percentuais, com suas respectivas relações de água/cimento previamente definidas. Com isso o experimento contou com um total de quatro dosagens realizadas para a confecção de 24 corpos de prova.

Após definidas as características desejáveis e as variáveis que poderiam interferir no experimento, foram determinados os fatores que deveriam ser mantidos constantes durante a execução do procedimento. Os fatores fixados foram:

Idade do concreto: Com o propósito de atender as normas e aproximar da literatura, foram estabelecidas para os ensaios resistência à compressão em traços padrões e de substituição parcial da areia pela borracha, as idades de 7, 28 dias que são uma das mais usuais.

Tipo de cura: ficou estabelecido que os corpos de prova recebessem o ciclo de cura natural, por um período de 24 horas, conforme a norma ABNT NBR 5738: 2003 recomenda para corpos de prova cilíndricos, onde a cura consistiu na sua realização em condições ambientes. Posteriormente, os corpos-de-prova foram colocados em uma câmara úmida à temperatura de  $(23 \pm 2)$  °C e umidade relativa do ar superior a 95%, respeitando a mesma norma, onde permaneceram até as datas dos ensaios;

Trabalhabilidade (“slump-test”): foi fixado que o abatimento do concreto (slump), após a retirada do cone seria  $(40 \pm 10)$  mm, procurando padronizá-lo. Utilizamos toda a aparelhagem e respeitando todo o procedimento para a realização do ensaio conforme a NBR NM 67: 1996.

#### Massa específica

Foram coletadas amostras dos agregados e secadas em temperatura ambiente por um período de 72 horas. Logo após a secagem foram separadas as amostras para os devidos procedimentos experimentais.

Para as amostras de agregado miúdo areia industrializada foram coletadas amostras de 500 g já para o agregado graúdo coletou-se 2500 g todas devidamente pesadas em balança de precisão de 1 g.

De acordo a NBR NM 52: 2002 para ensaio de massa específica da areia utiliza-se recipiente graduado chamado de frasco de Chapman no mesmo foi adicionada água até a medida de (200 cm<sup>3</sup>) e em seguida adicionou 500 g de agregado seco (areia industrializada), sempre movendo para eliminar as bolhas de ar, de acordo com a figura 1.



FIGURA 1 - Ensaio de massa específica.

Os materiais ensaiados apresentaram os resultados conforme segue na tabela abaixo:

TABELA I – Ensaio de massa específica.

ENSAIO	MASSA ESPECIFICA (kg/m <sup>3</sup> )
AREIA INDUSTRIALIZADA. MÉDIA	2668
BRITA 0	2770
BRITA 1	2800

Pela análise dos resultados verifica-se que os materiais possuem praticamente as massas específicas, isso se deu pelo fato dos materiais serem do mesmo produto bruto, rocha gnaisse, porém, é verificada uma diminuição da massa específica da maior granulometria para a menor devido ao processo de quebra da rocha.

#### Composição granulométrica

Segundo Granzotto (2010) uma das razões para a especificação de limites granulométricos e da dimensão máxima dos agregados é a sua influência na trabalhabilidade do concreto. Este procedimento é normatizado pela ABNT NBR NM 248: 2003.

Como procedimento padrão todas as peneiras, foram devidamente limpas e encaixadas de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo (4,8 mm - 2,4 mm - 1,2 mm - 0,6 mm -

0,3mm - 0,15mm e fundo). Dando seguimento ao ensaio as amostras foram depositadas sobre a peneira superior do conjunto e foram agitadas manualmente com mostra a figura 2.



FIGURA 2 - Peneiras e ensaio de granulometria.

As análises finais dos agregados apresentaram-se os seguintes resultados conforme ilustrados na tabela 6.

TABELA II - Resultado dos ensaios.

PROPRIEDADE	AREIA INDUSTRIALIZADA	BORRACHA	BRITA 0	BRITA 1
Diâmetro Máximo	4,8 mm	2,4 mm	12,5 mm	19 mm
Módulo de finura	2,72	2,69	5,74	8,75
Classificação (NBR 7211)	Média	Média	Brita 0	Brita 1

A distribuição granulométrica da areia industrializada está caracterizada de acordo com o resultado obtido em ensaio e representado na figura 3. Os resultados estão dentro dos limites da NBR 7211:2005.

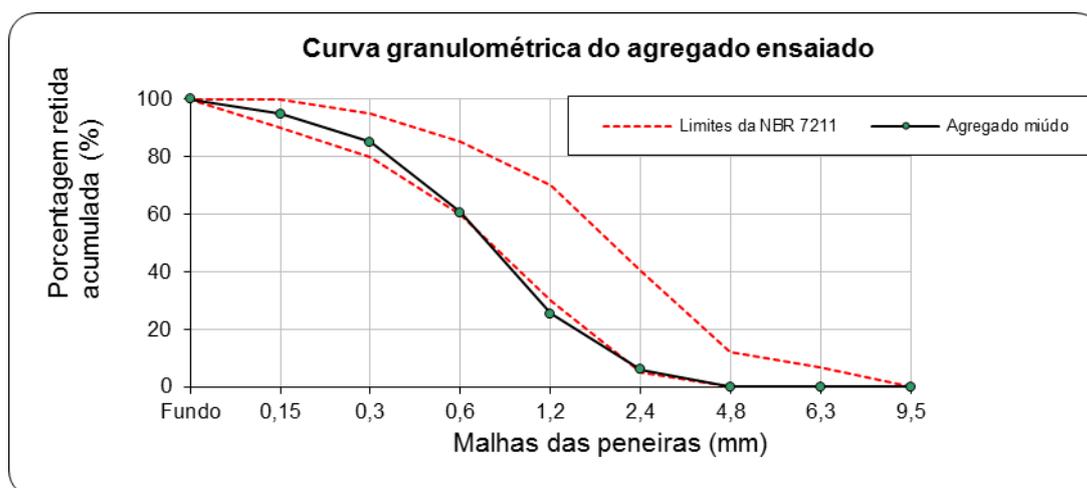


FIGURA 3 - Curva granulométrica da areia.

Em seguida é representada na figura 4 a curva granulométrica do resíduo de borracha usada para o teste.

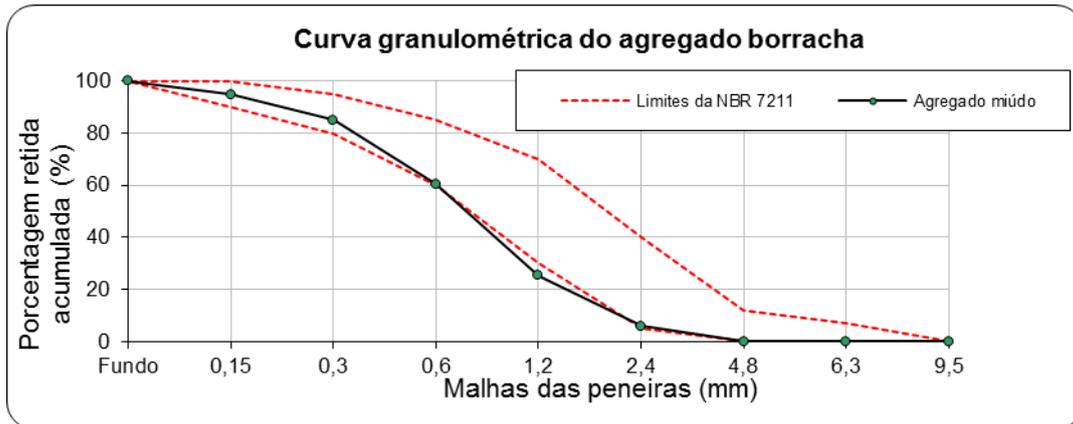


FIGURA 4 - Curva granulométrica da borracha.

#### Dosagem, produção e moldagem dos corpos-de-prova

O método de dosagem utilizada no trabalho foi o sugerido pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 1980). Segundo a ABCP, a dosagem do concreto é o proporcionamento adequado de três constituintes básicos: o cimento Portland, agregados e água. Para poder realizar a dosagem racional de determinado concreto é necessário percorrer uma série de etapas sucessivas, desde o levantamento dos agregados disponíveis até a composição definitiva do concreto.

Para utilizar o método da ABCP deve-se seguir basicamente quatro passos, a saber: fazer um levantamento das características dos materiais, fixar a relação água/cimento ( $a/c$ ), determinar o consumo dos materiais e apresentação da quantidade de cada material, isto é, o traço. Para o trabalho realizou-se um traço padrão para uma resistência de 25 MPa (250 kgf/cm<sup>2</sup>) aos 28 dias. A partir deste traço padrão, substituiu-se 10%, 20% e 30% (em massa com relação à areia) de resíduos de borracha de pneus moída e peneirada no traço padrão, totalizando-se assim 4 traços, 1 padrão e 3 com adição de borracha. Para cada traço confeccionou-se 6 corpos de prova, resultando em um total de 24. Para este trabalho optou-se por realizar os ensaios de resistência à compressão nas idades de 7 e 28 dias, sendo 3 corpos de prova para 7 dias e 3 para 28 dias, para cada traço.

#### Produção e moldagem dos corpos de prova

O primeiro traço produzido foi denominado concreto padrão, isto é, traço de concreto que não possui borracha em sua composição, com resistência de 25 MPa estimada aos 28 dias de idade, este traço serviu como base para os outros três traços com adição de borracha, traço com 10 %, 20% e 30% de borracha, substituída em massa no lugar da areia.

Após o preparo do concreto, foi avaliado a trabalhabilidade da mistura através do ensaio de abatimento de tronco de cone, o “slump-test”, mostrado na figura 5. O processo seguido para encontrar o “slump” foi o mesmo descrito na NBR NM 67:1998.



FIGURA 1 - Slump test do concreto padrão.

Depois do slump test, o concreto foi colocado em fôrmas cilíndricas com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, devidamente verificados e untados com óleo mineral para facilitar a retirada após secagem. O processo de adensamento foi realizado de forma mecânica com 12 “golpes” com uma haste metálica em duas diferentes camadas, conforme NBR 5738:2008. Na figura 6 apresenta-se formas vazias e, depois de confeccionar todos os traços, cheias.



FIGURA 6 - Fôrmas antes e depois da moldagem dos corpos de prova.

O mesmo processo foi repetido para os outros traços com 10, 20 e 30 % de borracha, a figura 7 a seguir mostra a confecção destes traços.



FIGURA 2 - 1: Borracha sendo colocada com o agregado miúdo na balança; 2: Mistura da borracha com o agregado miúdo na betoneira; 3: Aspecto do concreto pronto; 4: Slump test.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

As dosagens para a realização dos ensaios seguem o método de dosagem ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), a borracha é adicionada na mistura substituindo o agregado miúdo (areia) de acordo com os testes seguintes. A

quantidade aplicada de materiais para as dosagens dos traços segue ilustração na tabela 3.

TABELA III – Dosagem.

CONCRETO	CONSUMO POR (kg/dm <sup>3</sup> )					
	CIMENTO	AREIA	BRITA	BRITA	BORRACHA	a/c
CPP	1	2,48	0,91	2,13	0,000	0,61
CP-10	1	2,23	0,91	2,13	0,248	0,64
CP-20	1	1,98	0,91	2,13	0,490	0,69
CP-30	1	1,73	0,91	2,13	0,740	0,72

Massa aparente

Logo após serem retirados do processo de cura os corpos de prova foram secados por aproximadamente uma hora na sombra e antes dos ensaios os materiais foram pesados. Na tabela IV estão apresentados as massas dos CP's.

TABELA IV - Massa dos CP's.

CONCRETO	MÉDIA DA MASSA DOS CORPOS-DE-PROVA (KG)
CPP	3,60
CP-10	3,27
CP-20	3,08
CP-30	3,06

Ensaio no estado fresco

O traço padrão respeitou a trabalhabilidade estabelecida em projeto fixado inicialmente, entre 40 a 60 mm. Porém, o uso da areia industrializada e a incorporação do resíduo de borracha necessitando aumentar a incorporação de água no processo de amassamento para que o material atingiu-se o mesmo apresentado pelo traço padrão, sendo 40 mm de acordo com a figura 8.



FIGURA 3 – Slump test do concreto com borracha.

O traço CP-10 apresentou a melhor coesão entre os traços estudados, a perda de trabalhabilidade pode ser explicada pela maior área de contato apresentada pelo resíduo de borracha em relação à areia substituída. Como citado anteriormente foi aumentado o fator a/c da mistura para atingir a trabalhabilidade necessária na mistura. O mesmo poderia ser feito com a adição de algum aditivo.

#### Resistência à compressão

Antes da realização dos ensaios de resistência à compressão, seguindo as recomendações da ABNT NBR 5738: 2008 para evitar imprecisões nos resultados os corpos-de-prova foram capeados em suas extremidades com enxofre, como ilustrado na figura 9, criando assim uma superfície mais lisa aumentando a área de contato entre o corpo-de-prova e máquina de ensaios.



FIGURA 4 – Capeamento.

Os corpos-de-prova foram submetidos a forças de compressão nas suas superfícies até o instante da ruptura, de acordo com a figura 10. A realização do ensaio seguiu as recomendações da NBR 6156.



FIGURA 5 - Rompimento do corpo de prova.

Após o rompimento foram apresentados os dados em Kgf/cm<sup>2</sup> e logo em seguida convertido para Mega Pascal (MPa).

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial simples aos 7 e 28 dias estão ilustrados na Tabela V e na Figura 11.

TABELA VI - Resistência a compressão dos corpos de prova.

IDADE	CONCRETO	CARGA DE RUPTURA (tf)	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
7 DIAS	CPP	13,00	16,55
	CP-10	7,60	9,67
	CP-20	3,40	4,33
	CP-30	2,40	3,56
28 DIAS	CPP	20,80	26,48
	CP-10	11,20	14,26
	CP-20	6,00	7,64
	CP-30	3,20	4,07

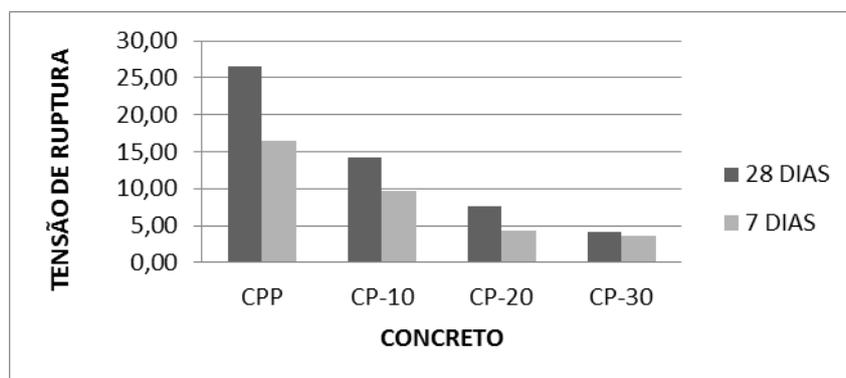


FIGURA 6 - Comportamento do concreto aos 7 e aos 28 dias.

Os ensaios com o traço padrão CPP de 7 e 28 dias respectivamente apresentaram um resultado de resistência a compressão aceitável de acordo com sua classe C25. A figura 12 ilustra o comportamento do material de acordo com seu tempo de cura.

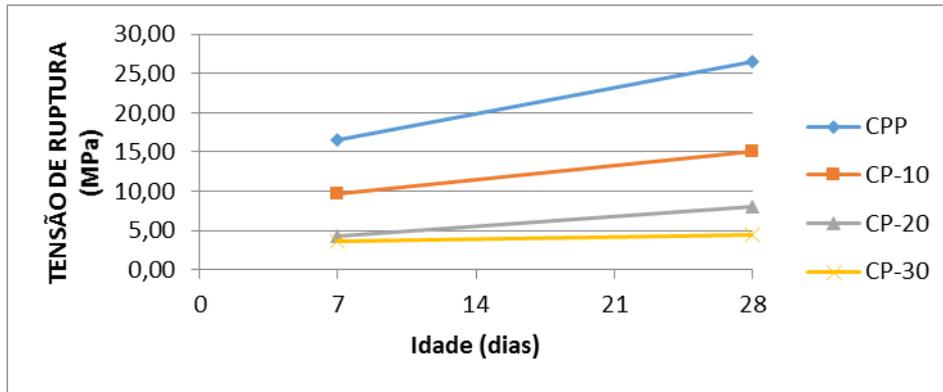


FIGURA 7 - Evolução da resistência à compressão.

A Tabela VI apresenta os resultados dos ensaios das propriedades mecânicas dos traços de concreto, além de mostrar a perda apresentada dos traços com borracha em relação ao traço padrão. A Figura 13 apresenta um comparativo do comportamento de cada dosagem e sua respectiva resistência.

TABELA VI1 - Resistência à Compressão e perdas de resistência.

CONCRETO	Resistência à Compressão (Mpa)			
	28 DIAS	Perdas	7 DIAS	Perdas
CPP	26,48	0,00 %	16,55	0,00 %
CP-10	14,26	46,15 %	9,67	41,57 %
CP-20	7,64	71,15 %	4,33	73,84 %
CP-30	4,07	84,63 %	3,56	78,49 %

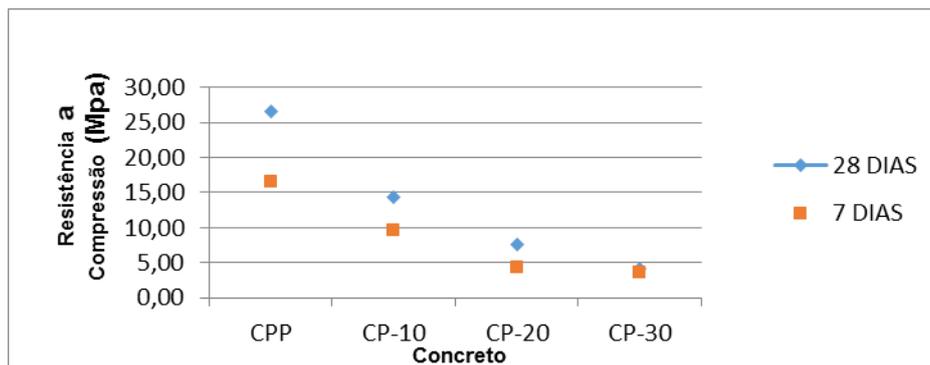


FIGURA 8 - Comparativo de perdas.

Analisando a Figura 13, nota-se uma queda nos resultados de resistência à compressão após 28 dias comparando o traço referência com o traço que foi substituído o agregado miúdo por borracha de pneu. Houve uma perda bastante significativa além do esperado, para o traço de CP-10 que foi substituído 10% de agregado miúdo pelo resíduo de borracha. Fato este já abordado na literatura percebe-se então que o concreto com a adição de resíduo de borracha altera as características mecânicas do compósito se comparado com traço usual no caso o

padrão (CPP), quanto aos motivos que causaram essa diminuição na resistência a compressão do concreto será abordada seguir.

Considerando o fato de que todo o experimento foi feito usando areia artificial, um material que possui uma área maior para ser molhada, o que aumenta a quantidade de água na mistura para se obter uma melhor trabalhabilidade, com isso obtivemos um resultado de abatimento de tronco cone fora do esperado o que interferiu diretamente no resultados de resistência a compressão tanto para os traços padrão quanto para os traços com substituição do agregado miúdo pelo resíduo de borracha.

Alguns autores fizeram observações sobre o que leva a essa queda na resistência levando em consideração o que poderia ser feito com a borracha para que adicionada ao concreto não perdesse resistência.

De acordo com Granzotto (2010) a má aderência entre o cimento e o concreto e o módulo de deformação elástica contribuíram para perda de resistência do concreto com a incorporação da borracha de pneu.

Albuquerque et al (2004) observou que após a adição de borracha no concreto houve uma queda na resistência à compressão e concluiu que nada pode ser afirmado em relação à aderência entre a mistura e a borracha, sendo que a adição de borracha substituindo parte do agregado aumenta o teor de ar incorporado no compósito.

Topçu (1995) afirma que os resultados podem ser influenciados pelo tamanho do resíduo utilizado. O uso da borracha com granulometria maior afeta negativamente as propriedades mecânicas, com isso menor granulometria, a menor perda na resistência.

Segundo Segre (1999), o tratamento do resíduo de borracha não interfere significativamente a resistência à compressão do material. Ele relata em sua pesquisa que a relação água/cimento influencia diretamente a resistência do concreto. Com o aumento do teor de água, aumenta a porosidade havendo um enfraquecimento progressivo da matriz. Marques (2005) relatou a partir dos resultados obtidos na sua pesquisa, que o tratamento dos resíduos de borracha com NaOH não influenciou na resistência à compressão das misturas.

Em nossa pesquisa a borracha foi simplesmente lavada, não passou por nenhum tratamento à base de NaOH por isso não é possível chegar a uma conclusão com nossos dados sobre a eficiência dos tratamentos do resíduos de borracha.

## 5 - CONCLUSÃO

É valido ressaltar que as conclusões a seguir referem se ao emprego de materiais com características peculiares da região usados na produção de concretos em proporções e técnicas tradicionais. É interessante novos estudos serem implementados sobre o assunto tanto para confirmar os resultados aqui obtidos, quanto para ampliar os conhecimentos sobre o tema.

Na pesquisa foram avaliadas as características mecânicas do concreto com a adição de diferentes teores de borracha feito à substituição do agregado miúdo natural por reciclados. Analisando as propriedades do concreto no estado endurecido resistência à compressão.

A partir dos resultados obtidos experimentalmente foi possível concluir:

Para produzir o concreto reciclado pode-se seguir o mesmo método de produção adotado para os concretos convencionais;

Os processos de adensamento e cura de concreto reciclado é o mesmo usado nos concretos convencionais;

As propriedades mecânicas avaliadas no concreto apresentaram valores mais baixos após a adição da borracha de pneu;

A perda maior na resistência à compressão foi na ordem de 85% com uma substituição de 30% do agregado miúdo;

Verificou-se que a quantidade de borracha em relação às propriedades mecânicas comporta-se de forma não linear. Isso se deve ao fato das relevantes variações de resistência conforme é aumentado o teor de borracha. Ocorreram perdas na resistência mecânica do concreto com adição de borracha (CAB), esta perda foi proporcional ao teor de borracha adicionada à mistura.

O uso da areia industrializada já faz com que o concreto retenha água, e observou-se que à medida que o teor de borracha aumenta, a capacidade de retenção de água do concreto aumenta ainda mais. Mesmo seguindo os procedimentos de secagem que constam na norma, o CP 30% apresentou água em excesso no seu interior após o rompimento do corpo de prova.

De maneira geral, conclui-se que o uso da borracha é perfeitamente viável para produção de concretos, pelo menos do ponto de vista da propriedade mecânica avaliada. O traço com teor de borracha 10% em substituição ao agregado miúdo é o mais satisfatório. Advertindo que a presente pesquisa trabalhou com apenas uma faixa granulométrica de resíduos de borracha incorporado ao concreto. Por isso é necessário uma pesquisa envolvendo várias faixas granulométricas para chegar a uma granulometria ideal, levando em conta os artigos publicados até hoje que divergem sobre o assunto.

É possível confeccionar concretos com adição de borracha com maiores valores de resistência a compressão do que os apresentados no trabalho, para isso basta apenas que se faça um traço mais rico que o proposto.

Por fim, há muito que se aprofundar no estudo sobre o concreto com borracha. Essa pesquisa indica que pode ser usado sim o concreto com borracha no lugar do concreto comum, em situação que não exija tanto da sua resistência, como o caso de calçadas. Outra vantagem é o custo-benefício do concreto com borracha, aliado ao ganho ambiental que a cidade e a população terão ao longo dos anos.

## 6 - AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a FAPEMIG pela ajuda para apresentação do trabalho.

## 7 - REFERÊNCIAS

ABCP – **Associação Brasileira de Cimento Portland**. <[www.abcp.org.br](http://www.abcp.org.br)>. Acesso em: 10 Out. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto, cilíndricos ou prismáticos; procedimento – NBR 5738**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Concreto. Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, NBR 5739.** Rio de Janeiro.1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Argamassa e Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos; procedimento – NBR 7222.** Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR 7223.** Rio de Janeiro, 1992.

ANIP - **Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos.** disponível em: < <http://www.reciclanip.org.br/v3/releases/balanco--reciclanip-coletou-e-destinou-ais-de-404-mil-toneladas-de-pneus-inserviveis-ate-o-4o-trimestre-de-2013/58/20140206/> >. Acesso em: 20 Jan. 2014.

BAZUCO, R. S. **Utilização de agregados reciclados de concreto para a produção de novos concretos.** Florianópolis, 1999. 100 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

GRANZOTTO, Laura. **Concreto Com Adições De Borracha: Uma Alternativa Ecologicamente Viável.** Maringá: UEM, 2010. Dissertação (Pós Graduação) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá, Maringá 2010.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto.** Ed. Pini; Brasília, DF: SENAI, 2001.

LEITE, M. B.; **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** 2001. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2001.

MARQUES, A. C.; **Estudo da influência da adição de borracha vulcanizada em concreto à temperatura ambiente e elevada temperatura.** Dissertação de mestrado (Vinculada ao programa de pós-graduação em engenharia civil da UNESP). Ilha solteira/SP, 114p, 2005.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estruturas, propriedades e materiais.** São Paulo: IBRACON, 2008.

PINHEIRO, J. H. M.; **Incorporação de Borracha de Pneu em Misturas Asfálticas de Diferentes Granulometrias (Processo Úmido e Seco).** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

SANTOS, A. C. **Avaliação do comportamento do concreto com adição de borracha obtida a partir da reciclagem de pneus com aplicação em placas pré-moldadas.** Maceió, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, 2005.

## STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE MANUFACTURED WITH RUBBER TIRE UNSERVICEABLE REPLACEMENT OF NATURAL SAND

### ABSTRACT

*The present work proposes to replace part of the conventional concrete sand by waste tire rubber, those we see so commonly played throughout the cities, causing great environmental and visual pollution, and has great potential for the development of diseases. Another objective of the study was to determine the mechanical properties of concrete made with rubber, especially the compressive strength. In the search results as well as to obtain the mechanical properties of concrete, and working globally social issues, citizenship and preservation of the environment, which the present work, economically and creatively develop a new composite using rubber as aggregate in concrete. This study was able to verify that the addition of waste tire rubber in conventional concrete significantly reduces the compressive strength, which does not imply the non-use in concrete.*

**KEYWORDS:** *concrete, mechanical properties, rubber*