

# Recifes artificiais marinhos de concreto com adição de raspa de pneus.

Lídia Ineia Krefer<sup>1</sup>, Laura Duda Lourenço<sup>1</sup>, Regiani Cristina Menegheli<sup>1</sup>,  
Wellington Mazer<sup>2</sup>

(1) Tecnóloga em Construção Civil – modalidade Concreto – Univesidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

(2) Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR / doutorando Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, [wmazer@cefetpr.br](mailto:wmazer@cefetpr.br)

## RESUMO

Atualmente a questão ambiental é uma preocupação mundial, inclusive no que se refere ao ambiente marinho. Devido à pesca de arrasto indiscriminada, está ocorrendo a escassez de muitas espécies marinhas nas proximidades da costa. Uma das formas de diminuir a pesca de arrasto e de atrair as espécies marinhas para as proximidades da costa é através da utilização de Recifes Artificiais Marinhos. A produção de Recifes Artificiais Marinhos de Concreto (RAM) fabricados com a adição de determinada porcentagem de raspa de pneus vêm a contribuir nesta questão ambiental. Além de contribuir para a redução da pesca predatória e atrair as espécies marinhas para as proximidades da costa, os Recifes Artificiais Marinhos ainda podem contribuir para o desenvolvimento do turismo subaquático. Ensaios acelerados indicam que um concreto corretamente dosado pode ser utilizado na produção de RAM.

**PALAVRAS-CHAVE:** recifes artificiais marinhos, concreto com pneus, durabilidade do concreto.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma das principais fontes de renda e alimentação do país provém do mar, porém a pesca predatória está degradando os recursos marinhos, fazendo com que as embarcações se aproximem da costa e capturem indivíduos jovens, em fase de desenvolvimento. Um método que está sendo utilizado para minimizar a pesca predatória consiste na utilização de Recifes Artificiais Marinhos (RAM).

Brandini et al. [5] descrevem Recifes Artificiais Marinhos (RAM), como sendo estruturas rígidas de grande porte, normalmente em concreto ou de restos industriais (pneus, carcaças de navio, plataformas de petróleo desativadas, etc.) que, quando submersos, propositadamente ou por acidente, no meio aquático marinho, servem de substrato para o desenvolvimento da fauna e flora algal típicas dos ambientes rochosos.

No Japão por volta do século XVII pescadores observaram que havia uma maior quantidade de peixes próximos a embarcações naufragadas. Quando tais embarcações eram retiradas esse número diminuía. A partir dessa observação começaram a introduzir no mar pequenas estruturas de madeira para atrair as espécies.

Na década de 50 iniciaram a produção de recifes de concreto, que hoje é utilizado em vários países do mundo, inclusive no Brasil. Sendo o concreto uma pedra artificial que mais se assemelha com uma rocha, permite a conservação da biodiversidade e a recolonização dos ambientes por organismos como: lagosta, polvo, camarão, peixes, mexilhões e outros. Além do desenvolvimento marinho, os recifes artificiais possibilitam a utilização da área como local de estudo, lazer e exploração racional dos recursos.

Em todo o país existem programas de implantação de RAM's, em particular no Paraná, desde 1997, estão sendo instalados RAM's de concreto, assim sendo optou-se por pesquisar o desenvolvimento de concreto para Recifes Artificiais Marinhos utilizando as raspas de pneu para estudar seu desempenho e sua vida útil.

A presente pesquisa é parte integrante do trabalho de conclusão de curso de graduação das tecnólogas em construção civil.

## **2. O USO DE PNEUS NO CONCRETO**

A utilização de pneus em concreto não é uma técnica nova, no entanto vem adquirindo maior destaque nos últimos anos devido à resolução 258 do CONAMA, de 26 de agosto de 1999, que atribui às empresas fabricantes e importadoras de pneus a responsabilidade por dar uma destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis. Muitas pesquisas estão sendo feitas no intuito de verificar o comportamento do concreto com a adição de pneus.

Ribeiro et al. [9] analisaram a influência da adição de pneus na deformação do concreto onde observaram que uma substituição de 5% de agregado graúdo por pneus de graduação equivalente à brita 0 (19mm de diâmetro) conduz a um aumento de 48% na deformação do concreto; já uma substituição de 10% do agregado graúdo eleva a deformação em 147%.

Meneguini [6] da Universidade Estadual de Campinas, num estudo sobre o comportamento de argamassa com o emprego de pó de borracha, concluiu que a adição de 10% de pó de borracha de pneus tratados com hidróxido de sódio comercial na argamassa aumenta a resistência ao desgaste por abrasão, para um traço rico de cimento e pó de borracha. Também pôde observar um maior fechamento do pacote granulométrico, no traço 1:3 que contém maior adição de cimento e borracha, vindo aumentar a resistência à abrasão.

Nirschj et al. [7] realizaram um estudo de viabilidade técnica para a produção de blocos de concreto com substituição cimento e areia por resíduos de pneus com granulometria inferior a 3mm. Os autores observaram que uma substituição de 10% de resíduos preserva uma resistência e uma absorção satisfatórias, porém o aumento do percentual de resíduos de borracha conduz a uma diminuição da resistência e um aumento da absorção.

Segre [10] analisou a diferença entre a utilização de borracha tratada com  $\text{Na}(\text{OH})_2$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para a limpeza do material e da borracha sem tratamento em algumas propriedades do concreto. No ensaio de microespectroscopia no infravermelho, o autor não encontrou diferenças significativa entre a borracha tratada e não tratada. No ensaio de absorção a adição de 5% de borracha absorveu mais água que no de 10%. No ensaio de verificação de ataque por ácidos (HCl 5%), a perda de massa foi maior na pasta com adição de 5% de borracha e a borracha sem tratamento foi menos atacada. E no ensaio de resistência à compressão, o tratamento superficial da borracha não afetou significativamente a resistência à compressão na pasta de cimento.

## **3. PROGRAMA EXPERIMENTAL**

### **3.1. Considerações iniciais**

Este trabalho tem por objetivo descrever os ensaios realizados para analisar o comportamento do emprego de raspas de pneu para fabricação de recifes artificiais marinhos (RAM). No ano de 1997 o Centro de Estudos do Mar (CEM) e a Organização Não Governamental, Instituto ECOPLAN lançaram ao mar 200 RAM de concreto produzidos em sua fábrica, no município de Guaratuba, no litoral do Paraná. Em 2005, foi coletada uma amostra de um dos recifes, para ser feita uma inspeção visual do estado de conservação do concreto dos RAM. Toda borracha utilizada neste estudo, como substituição do agregado miúdo no concreto, foi obtida através dos rejeitos da fabricação de pneu e fornecida pela empresa BS Colway.

### 3.2. Desenvolvimento do traço

A partir de um traço estabelecido por Portella et al. [8], calculou-se um novo traço substituindo parte da areia por raspas de pneu, estabelecendo porcentagens diferentes do material reciclado para verificar o comportamento dos ensaios realizados no concreto.

O traço utilizado foi: 1 : 1,54 : 1,54 : 0,48, e a quantidade de material por m<sup>3</sup> de concreto está apresentada na Tabela 1:

Tabela 1 – Quadro de insumos

INSUMOS	QUANTIDADE (kg/m <sup>3</sup> )
CIMENTO	481
AREIA	741
BRITA	741
ÁGUA	232
SÍLICA ATIVA - 15%	85
ADITIVO – 0,3%	1,71
RASPAS DE PNEU	5%, 10%, 15%, 20%

### 3.3. Produção do concreto

Foram pesados todos os insumos e a seqüência de colocação dos mesmos na betoneira foi conforme recomendações da ABCP. Após a confecção do concreto, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm e placas de 30x30x2,5cm. Em 24 horas os corpos-de-prova e as placas foram desmoldados. Cinquenta por cento deles foram submetidos à cura em câmara úmida por 28 dias e os outros 50% permaneceram com cura ao ar livre. O motivo deste procedimento foi analisar as diferenças no comportamento do concreto ao término da experiência e também porque os RAM produzidos na fábrica do ECOPLAN sofrem cura ao ar livre.

### 3.4. Ensaios

#### 3.4.1. Ensaio de granulometria da raspa de pneu

A análise granulométrica da raspa de pneu baseou-se na NBR 7217/87 – Determinação de Composição Granulométrica dos Agregados [2], porém com algumas adaptações, pois a borracha não passou por nenhum tratamento para eliminação de materiais orgânicos, como óleos e graxas, assim sendo não foi utilizada a estufa para secar o material.

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise granulométrica e a Figura 1 mostra o traçado da curva granulométrica da raspa de pneu.

Tabela 2 – Composição granulométrica das raspas de pneus

# PENEIRA (mm)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
4,8	0,7	1
2,4	3,8	4
1,2	14,6	19
0,6	52,9	72
0,3	0,3	72
0,15	27,1	99
Fundo	0,7	100
Total	100,00	

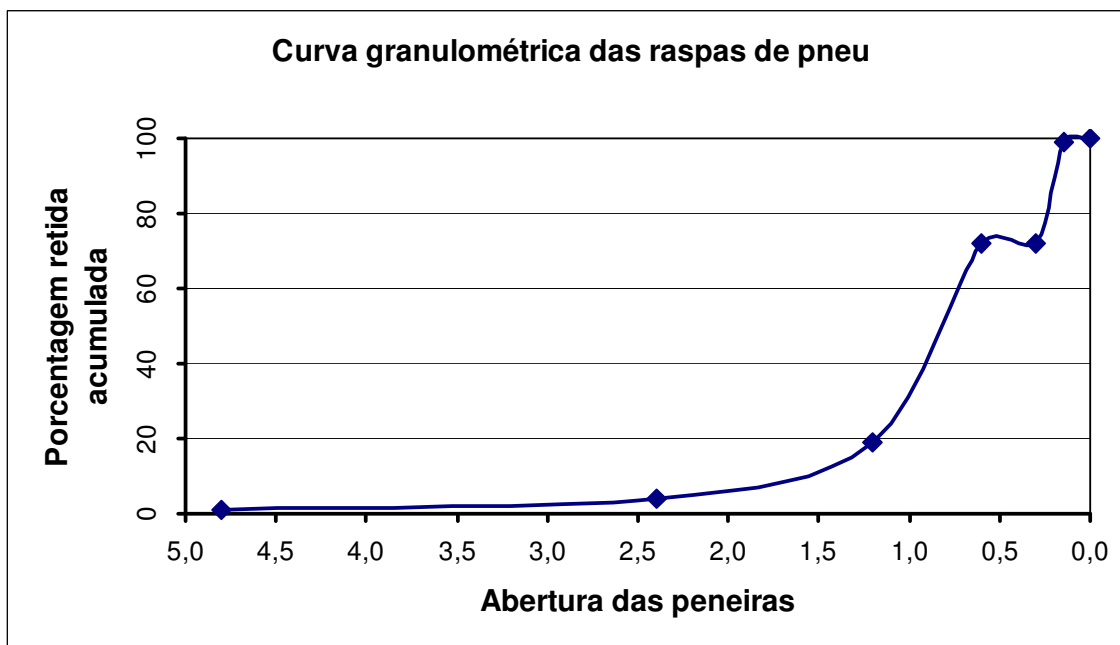


Figura 1 – Curva granulométrica das raspas de pneus.

#### 3.4.2. Determinação da massa específica aparente

Este ensaio seguiu a norma NM 23 – Determinação de Massa Específica [4], onde foram moldados 8 corpos-de-prova cilíndricos de 10x20cm com quatro porcentagens diferentes de substituição de parte do agregado miúdo por raspas de pneu. Em 24 horas foram desmoldados e colocados em câmara úmida. Após 28 dias os CP foram retirados e mantidos por 24 horas em ambiente normal. Efetuada a pesagem, os CP foram submetidos a uma temperatura de 180°C em estufa, onde permaneceram por 24 horas. Retirados, esperou-se atingir a temperatura ambiente para novamente registrar sua massa. O cálculo da massa específica é realizado conforme a Equação (1):

$$\gamma = \frac{M}{V} \quad (1)$$

onde:  $\gamma$  = massa específica;  $M$  = Massa (kg); e  $V$  = Volume (dm<sup>3</sup>).

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos através do ensaio de Massa Específica realizado no concreto com substituição de parte do agregado miúdo por raspas de pneu.

Tabela 3 – Média das massas específicas

RASPAS DE PNEU (%)	MASSA ESPECÍFICA (kg/dm <sup>3</sup> )
5	2,14
10	2,08
15	2,01
20	1,92

A Figura 2 mostra, graficamente, o comportamento da massa específica do concreto com substituição de raspas de pneu.

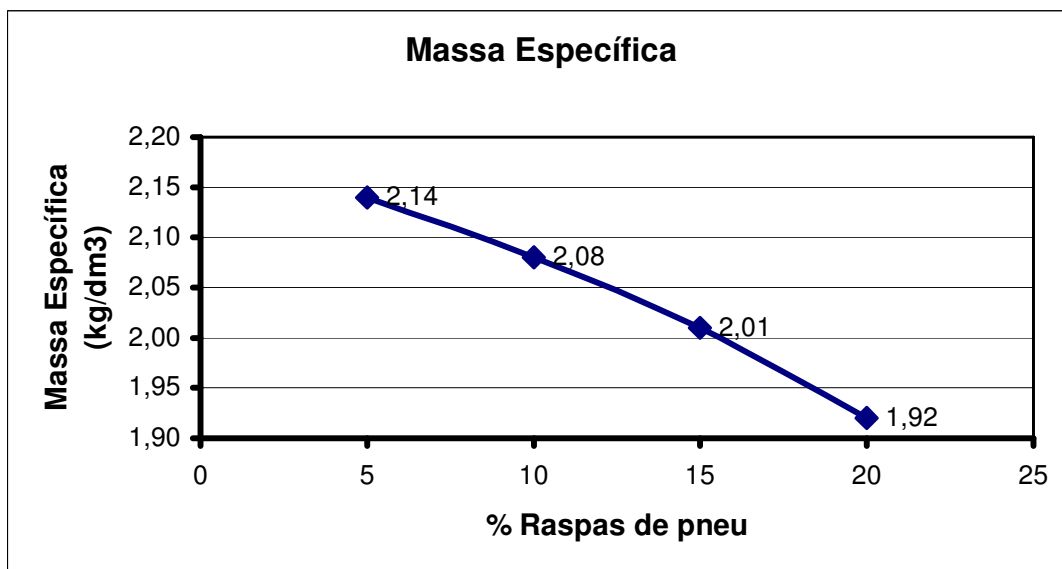


Figura 2 – Massa específica do concreto

### 3.4.3. Determinação da absorção por imersão

Este ensaio foi realizado conforme a norma NBR 9778/87 – Determinação da Absorção de Água por Imersão [3]. Após o período de imersão, determinou-se a absorção do concreto conforme a Equação (2):

$$A_b = \frac{P_1 - P_2}{P_2} * 100 \quad (2)$$

onde:  $A_b$  = Absorção;  $P_1$  = Peso úmido;  $P_2$  = Peso seco.

A Tabela 4 e a Figura 3 apresentam os resultados obtidos no ensaio de absorção do CP.

Tabela 4 – Absorção média dos corpos-de-prova

RASPAS DE PNEU (%)	ABSORÇÃO (%)
5	5,05
10	3,56
15	3,45
20	3,60

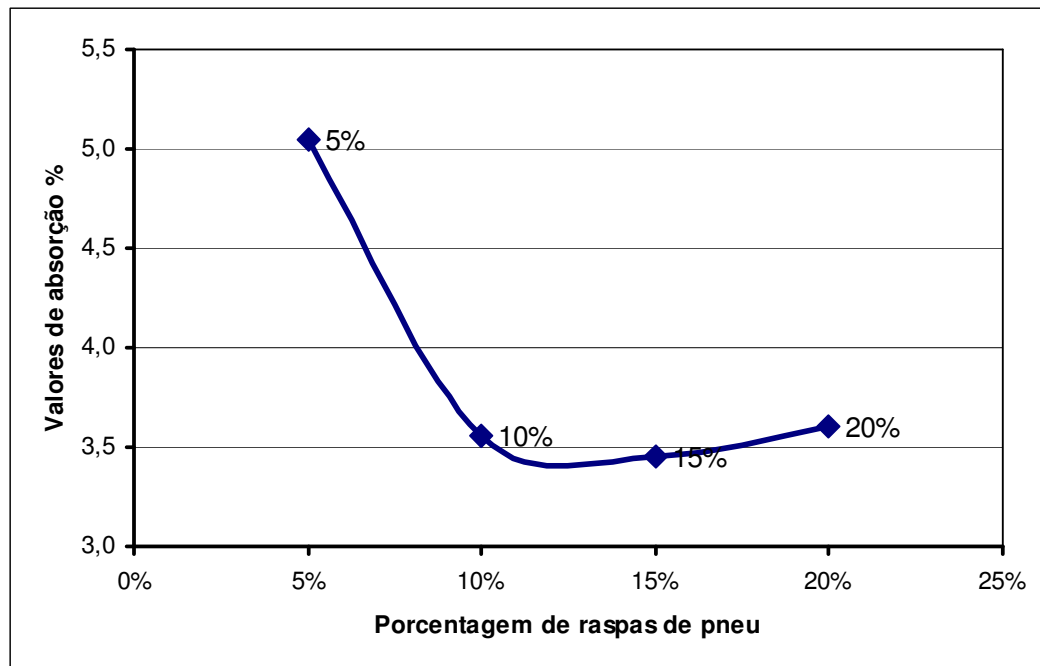


Figura 3 – Curva de absorção

#### 3.4.4. Determinação da resistência à compressão axial

Conforme a norma NBR 5739/94 – Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos [1], procedeu-se a ruptura dos corpos-de-prova, cujos resultados estão apresentados na Tabela 5 e na Figura 4.

Tabela 5 – Resistência à compressão axial dos corpos-de-prova

% PNEU	RESISTÊNCIA (MPa)	MÉDIA (MPa)
5	43,66	41,85
5	40,85	
5	41,04	
10	31,95	31,98
10	30,83	
10	33,15	
15	20,09	19,53
15	17,69	
15	20,80	
20	13,71	13,67
20	13,03	
20	14,26	

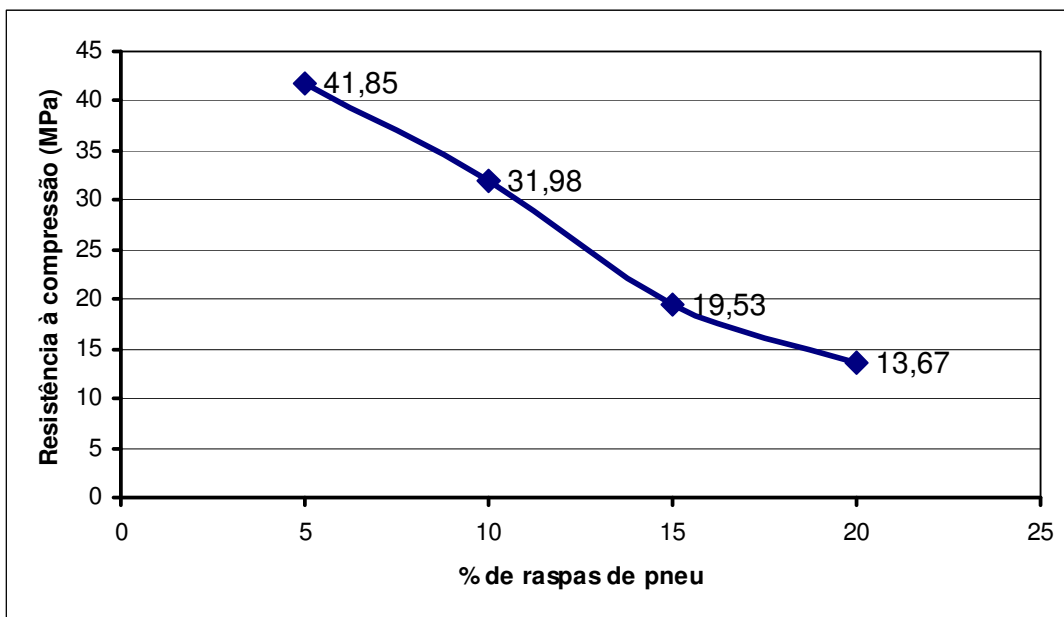


Figura 4 – Curva do ensaio de resistência à compressão axial

#### 3.4.5. Verificação da durabilidade

Utilizando um recipiente de tamanho adequado, fez-se uma solução de água com 5% de NaCl. Para agilizar o processo de reações químicas se manteve a solução a uma temperatura entre 30°C e 35°C, pela utilização de um aquecedor com termostato. Após a água atingir a temperatura desejada, os corpos-de-prova foram imersos nesta solução com sua massa inicial registrada, onde permaneceram por oito semanas. Durante este período, os corpos-de-prova eram pesados três vezes por semana para verificar a possível perda de massa. Para que a água não entrasse em processo de apodrecimento, uma bomba proporcionou sua constante agitação. Lembrando que foram executados corpos-de-prova cilíndricos e placas, onde metade deles passaram por um processo de cura úmida e outra metade tiveram cura ao ar livre (sem cura).

A Tabela 6 apresenta os resultados das medições das massas dos CP antes da imersão.

Tabela 6 – Massa inicial dos corpos-de-prova

ENSAIO DE DETERIORAÇÃO POR IMERSÃO – INÍCIO 13.09.05					
CP SEM CURA			PLACA COM CURA		
Nº CP	% PNEU	MASSA INICIAL (g)	Nº PLACA	% PNEU	MASSA INICIAL (g)
1	5	3.359	1	5	6.108
2	10	3.260	2	10	5.850
3	15	3.155	3	15	6.312
4	20	2.987	4	20	4.698
CP COM CURA			PLACA SEM CURA		
Nº CP	% PNEU	MASSA INICIAL (g)	Nº PLACA	% PNEU	MASSA INICIAL (g)
5	5	3.475	5	5	5.629
6	10	3.400	6	10	5.576
7	15	3.264	7	15	5.278
8	20	3.152	8	20	5.149

A Tabela 7 apresenta os resultados das massas dos corpos-de-prova após as oito semanas de imersão na solução de água com NaCl.

Tabela 7 – Massa final dos corpos-de-prova

ENSAIO DE DETERIORAÇÃO POR IMERSÃO – INÍCIO 23.11.05					
CP SEM CURA			PLACA COM CURA		
Nº CP	% PNEU	MASSA FINAL (g)	Nº PLACA	% PNEU	MASSA FINAL (g)
1	5	3.428	1	5	6.191
2	10	3.325	2	10	5.886
3	15	3.218	3	15	6.317
4	20	3.074	4	20	4.724
CP COM CURA			PLACA SEM CURA		
Nº CP	% PNEU	MASSA FINAL (g)	Nº PLACA	% PNEU	MASSA FINAL (g)
5	5	3.468	5	5	5.830
6	10	3390	6	10	5.742
7	15	3.252	7	15	5.429
8	20	3.151	8	20	5.339

#### 4. RESULTADOS

Os resultados da análise granulométrica das raspas de pneu indicam que a Dimensão Máxima Característica (DMC) é 2,40 e o Módulo de Finura (MF) é 2,67, caracterizando-as como agregado miúdo de granulometria média, compatível com a areia.

A adição da raspa de pneu conduziu a uma diminuição da massa específica aparente do concreto, podendo proporcionar uma maior facilidade no transporte e manuseio dos recifes artificiais de concreto, ainda assim, a densidade do concreto produzido é alta o suficiente para a produção dos Recifes Artificiais Marinhos de concreto.

Quanto ao ensaio de absorção, observou-se que com o aumento da porcentagem de raspas de pneu, a absorção diminuiu. Mas o resultado do ensaio mostrou que até 15% de substituição, este fato ocorreu, e acima desse valor (20% de raspas de pneu) houve um aumento na absorção. Este fato ocorreu porque o concreto ficou menos trabalhável com uma porcentagem alta de raspa de pneus, proporcionando um mau adensamento e maior índice de vazios, conseqüentemente deixando o concreto mais poroso.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão axial foram compatíveis com a redução da massa específica. O concreto com 5% e 10% de adição de raspas de pneu apresentaram uma resistência elevada, comparada com a convencional. O concreto com 15% de raspa de pneu atingiu uma resistência considerada moderada, e o concreto com 20% de raspa de pneu apresentou uma resistência abaixo da média esperada.

Os resultados verificados para a durabilidade apresentam uma constância de massa, indicando uma pequena absorção, fato que contribui para o aumento da durabilidade do concreto.

#### 5. CONCLUSÕES

O objetivo da pesquisa é verificar o desempenho de um concreto executado com a adição de raspa de pneus para a produção de recifes artificiais marinhos de concreto. A pesquisa visa apresentar uma contribuição para alternativas de resolver problemas ambientais.



De acordo com os resultados obtidos observa-se que um percentual de 15% de adição de raspa de pneus no concreto pode ser utilizado para a produção de recifes artificiais marinhos, pois este percentual apresenta uma absorção baixa, uma massa específica que o caracteriza como concreto leve e uma resistência à compressão axial moderada.

No entanto estes resultados não podem ser considerados conclusivos, pois ainda existe a necessidade de executar ensaios de maior duração e de verificar o desempenho deste concreto frente à ação de sulfatos, assim como expor corpos-de-prova ao oceano e monitorar seu desempenho. Também existe a necessidade de verificar o assoreamento nos recifes artificiais marinhos.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Determinação de composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro, 1982.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 23**: Determinação de Massa Específica. Rio de Janeiro.

[5] BRANDINI, F., SILVA, A. S., BARACHO, R., **Recifes artificiais marinhos: Uma proposta de conservação da biodiversidade e desenvolvimento da pesca artesanal**, disponível em [www.brasilmergulho.com.br/port/artigos/2003/002.shtml](http://www.brasilmergulho.com.br/port/artigos/2003/002.shtml).

[6] MENEGUINI, E. C. A. **Comportamento da argamassa com emprego de pó de borracha**. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, 2003.

[7] NIRSCHL, G.C., FIORITI, C. F., AKASAKI, J. L., Influência da granulometria das fibras de borracha vulcanizada em dosagens de concreto. **44º Congresso Brasileiro do Concreto**. IBRACON, Belo Horizonte, 2002.

[8] PORTELLA, K.F., KORMANN, A.C., NOGUEIRA, J.R.G., BARON, O., CANTÃO M.P., HENKE, S.L., JOUKOSKI, A., KENNY, E.D., SILVA, A. S., CERON, C., Estudo de dosagem e desempenho de concreto para a construção de recifes artificiais marinhos. Um ano de envelhecimento natural a 17m de profundidade na costa do Estado do Paraná. **43º Congresso Brasileiro do Concreto**. IBRACON, Foz do Iguaçu, 2001.

[9] RIBEIRO, F.C.V., BOLORINO, H., FERNANDES, S.A., Análise da influência da adição de pneu na deformabilidade do concreto. **44º Congresso Brasileiro do Concreto**. IBRACON, Belo Horizonte, 2002.

[10] SEGRE, N. C. **Reutilização de borracha de pneus usados como adição em pasta de cimento**. Tese de Doutorado, UNICAMP, Instituto de Química, Campinas, 1999.