FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE MATERIAL RECICLADO DE PNEU AUTOMOTIVO.

Discente: RAFAEL CAMARGO CARDOSO

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral

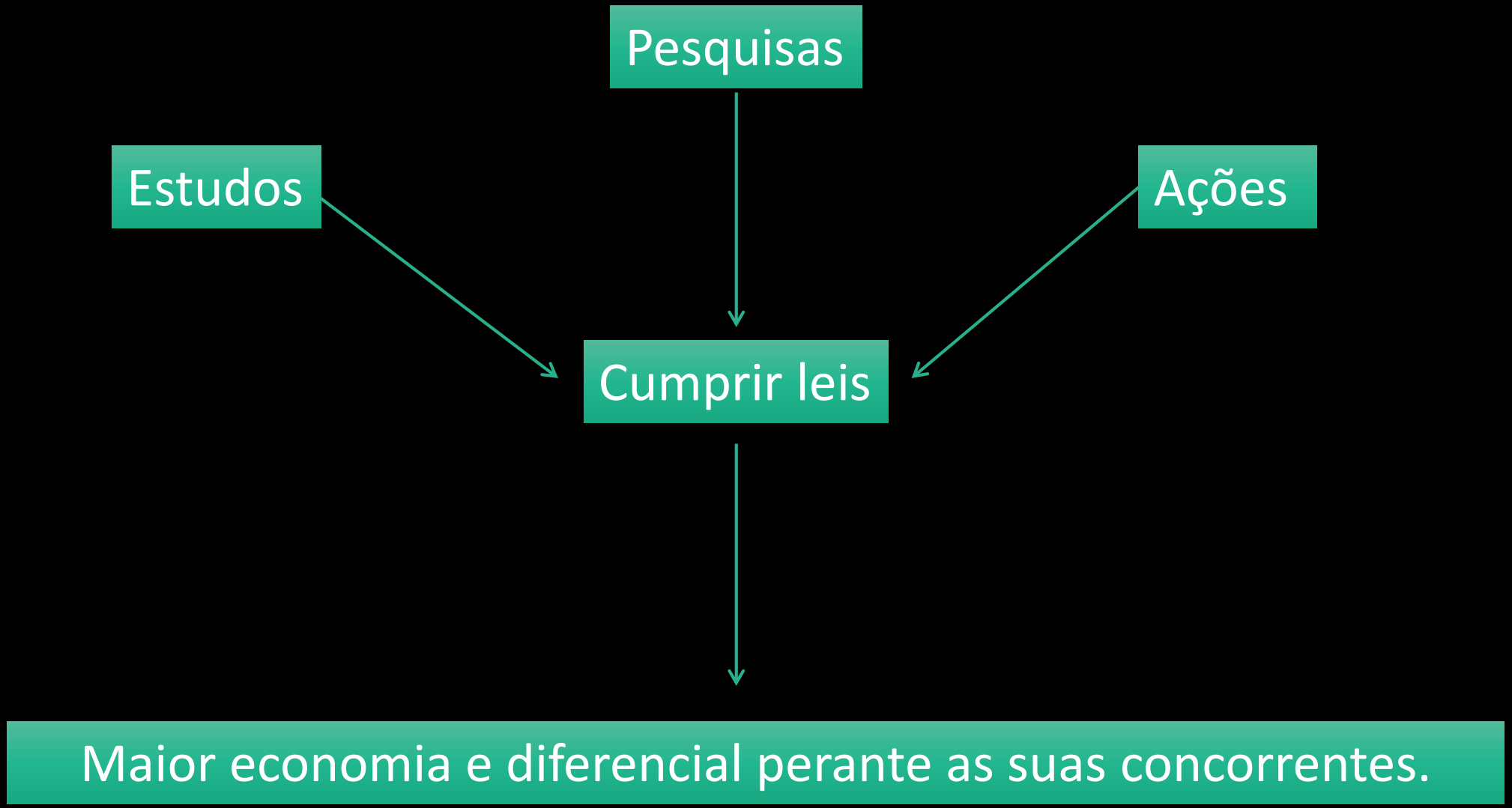
Volta Redonda, 04 de Maio de 2018

Sumário

1- INTRODUÇÃO	3
2-OBJETIVO	5
3-JUSTIFICATIVA	6
4- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
5-MATERIAIS E MÉTODOS	8
6-RESULTADO E DISCUSSÕES	20
7-CONCLUSÃO	37
8- TRABALHOS FUTUROS	42

INTRODUÇÃO

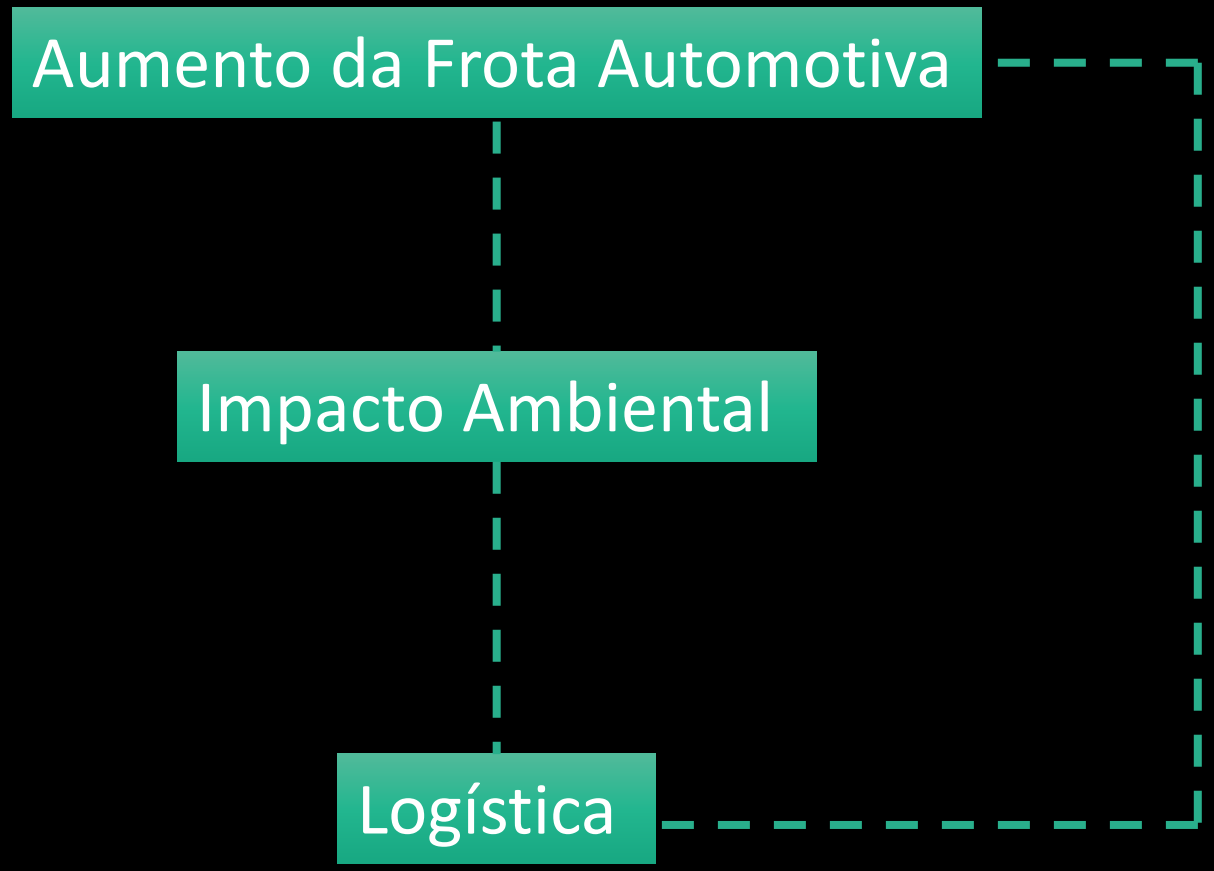
O mundo contemporâneo sofre o impacto por diversas maximizações de forma exponencial de questões ligadas a evolução da humanidade sem quaisquer medidas prévias. O desenvolvimento industrial, os aspectos econômicos, assim como o aumento dos níveis de consumo, acarreta na geração de resíduos obsoletos de diversas naturezas e de diferentes características


Pesquisas
Estudos
Ações
Cumprir leis
Maior economia e diferencial perante as suas concorrentes.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por finalidade a verificação das propriedades físicas e mecânicas de pisos de concreto agregado de resíduos de pneus reciclados. Tais agregados não substituirão quaisquer materiais necessários para a confecção dos pisos tradicionais, mas serão adicionados na composição final, em medidas previamente estabelecidas.

JUSTIFICATIVA



REVISÃO BIBLIOGRÁFIA

Sustentabilidade e Meio Ambiente

Abrasão

Materiais Constituintes

Reutilização e Reciclagem dos Pneus

Resíduos Sólidos

Materiais Compósitos

Logística

MATERIAIS E MÉTODOS

Para essa pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- **Cimento Portland CPIII**
- **Areia**
- **Brita**
- **Água**
- **Pneu moído**

Pneu moído

O pneu moído para a confecção deste trabalho foi disponibilizado por uma empresa que trabalha com recauchutagem de pneu automotivo localizado no interior do estado do Rio de Janeiro, mais precisamente na cidade de Valença.

Granulometria

- Separação das Amostras;

(Três amostras de 500 gramas)

- Pesagem dos materiais;

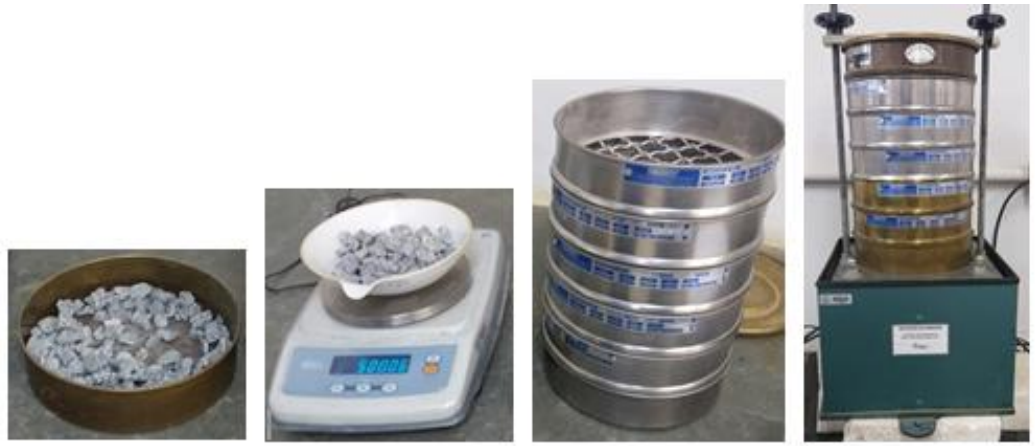
(BEL-Marck 5200- Classe 2, peso máximo 5200 g)

- Peneiramento;

(NBR 7225/ 93)

- Agitadora de peneiras;

(Lab1000/Solotest- 10 min)

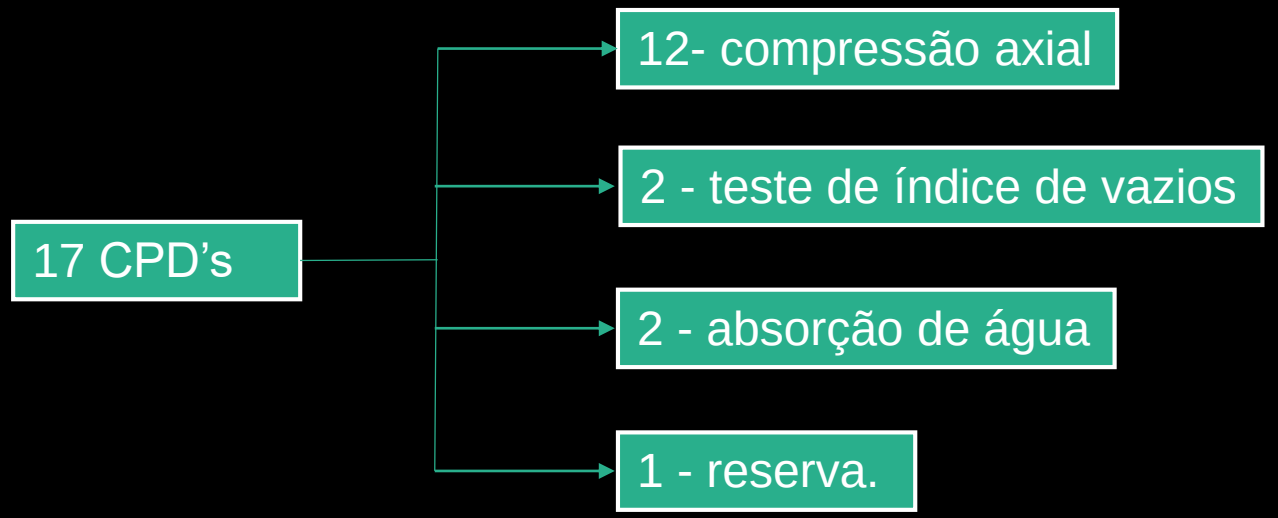


Corpos de prova

Para a confecção dos corpos de provas foram utilizados como referencias as normas regulamentadoras NBR 5738/03 e NBR 5739/09.

Corpos de prova

78,54 cm², podendo o diâmetro exceder em 1% e a altura em 2%.



Quanto ao quantitativo de pneus foram utilizados de acordo com estudos de autores que realizaram trabalhos similares aos objetivos dessa pesquisa.

Preparação do concreto.

Para a preparação do concreto foi utilizado às medias previstas na NBR 12655/06, que possuem as seguintes características de traços:1 (cimento), 2 (areia) e 3 (brita) e 3,3 litros de água.

Percentual	Cimento	Brita	Areia	Borracha
0%	5	15	10	0
5%	5	15	10	1,0
10%	5	15	10	2,0
15%	5	15	10	3,0

*Medidas em litros

Obs: Para o compósito de 15% foi necessário o acréscimo de 1,2 l de água.

Teste de Compressão Axial

Prensa EMIC modelo T1000, que possui máxima capacidade de 100 MPa, **que tem por finalidade calcular o esforço de compressão**, ou seja, determinar quantitativamente das tensões ou pressões que existe dentro de um sólido deformável ou meio contínuo. Toda sua estrutura, procedimentos e análises de resultados estão baseados conforme NBR 5739/2009.

Teste de Absorção de água por imersão.

O teste de absorção de água por imersão esta regulamentado na **NBR 9778/87**, e para a análise deste estudo foram utilizados corpos de provas de cada material seguindo os seguintes procedimentos:

- Secagem da amostra- para a realização deste foi utilizado à estufa (Odontobrás) submetida a uma temperatura de 105ºC +/- 5ºC, durante 72 horas. Após esse tempo realizou-se a pesagem das amostras balança de precisão(modelo Bel);
- Imersão das amostras em água: para esse procedimento também foi utilizado um período de 72 horas, a uma temperatura de 23ºC.

$$A_{ag} = \frac{(M_{sat} - M_s)}{(M_s)} * 100 \qquad (1)$$

Onde:

A_{ag} = índice de absorção de água;

M_s = Massa da amostra seca (g);

M_{sat}= Massa da amostra saturada (g)

Índice de Vazios

O teste de índice de vazios é subsequente ao teste de absorção de água, onde os percentuais foram extraídos a partir da pesagem das amostras secas, saturadas e imersas em água.

$$Iv = \frac{(Msat - Ms)}{(Msat - Mi)} * 100 \qquad (1)$$

Onde:

Iv = índice de vazios;

Ms = Massa da amostra seca (g)

Mi = Massa da amostra saturada, imersa (g)

Msat = Massa da amostra saturada (g)

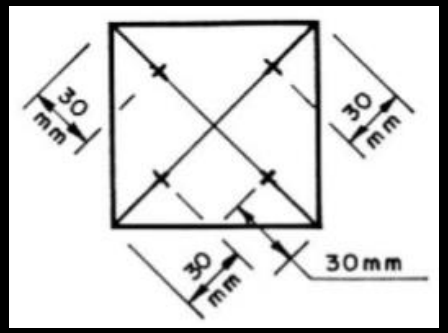
Microscópio Eletrônico de Varredura.

A análise de MEV foi realizada no Microscópio Eletrônico de Varredura, da marca Hitachi e modelo TM3000, por meio de um detector de elétrons secundários.

Resistência a Abrasão

O teste de abrasão fundamentou-se tendo a NBR 12042/92 (Materiais Inorgânicos – Determinação do desgaste por abrasão - Método de ensaio.) e a NBR 11801:2012 (Argamassa de alta resistência mecânica para pisos – Requisitos) e foi realizado pela empresa CONCREMAT, localizada na cidade de São Paulo. Para o presente teste foi enviado para a empresa 8 amostras, sendo duas amostras de cada medida.

1º passo



Marcação das amostras

2º/4º passo

Medição das amostras

3º passo

Após as medições, os CDP's foram submetidos a uma máquina, onde esta é programada para aplicar uma carga de **66 kN** em um disco de **ferro fundido**. O teste realiza-se em dois períodos programados, um de 500 metros (aproximadamente 250 voltas) e outro de 1000 metros (aproximadamente 500 voltas).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Granulometria dos Materiais.

Realizou-se o teste da granulometria dos materiais utilizando como referência a NBR 7217/1987;

AREIA

Malha	Peneira	Peneira + material	Material	Percentual	Percentual acumulado
4,75 mm	588,76 g	598,88 g	10,13 g	2,03%	2,03%
2,36 mm	390,75 g	408,25 g	17,50 g	3,50%	3,50%
1,20 mm	333,25 g	448,88 g	115,63 g	23,13%	28,65%
0,60 mm	325,92 g	608,62 g	282,70 g	56,54%	85,19%
0,30 mm	348,15 g	399,89 g	51,74 g	10,35%	95,54
0,15 mm	342,58 g	352,79 g	10,21 g	2,04%	97,58%
Fundo	397,35 g	399,73 g	2,38 g	0,48%	98,06%

79,67%

PNEU AUTOMOTIVO

60,38%

Malha	Peneira	Peneira + material	Material	Percentual	Percentual acumulado
4,75 mm	588,76 g	640,36	51,6	10,32%	10,32%
2,36 mm	390,75 g	438,35	47,6	9,52%	19,84%
1,2 mm	333,25 g	478,00	144,75	28,95%	48,79%
0,60 mm	325,92 g	483,07	157,15	31,43%	80,22%
0,30 mm	348,15 g	404,00	55,85	11,17%	91,39%
0,15 mm	342,58 g	371,63	29,05	5,81%	97,2%
Fundo	397,35 g	410,60	13,25	2,65%	99,85%

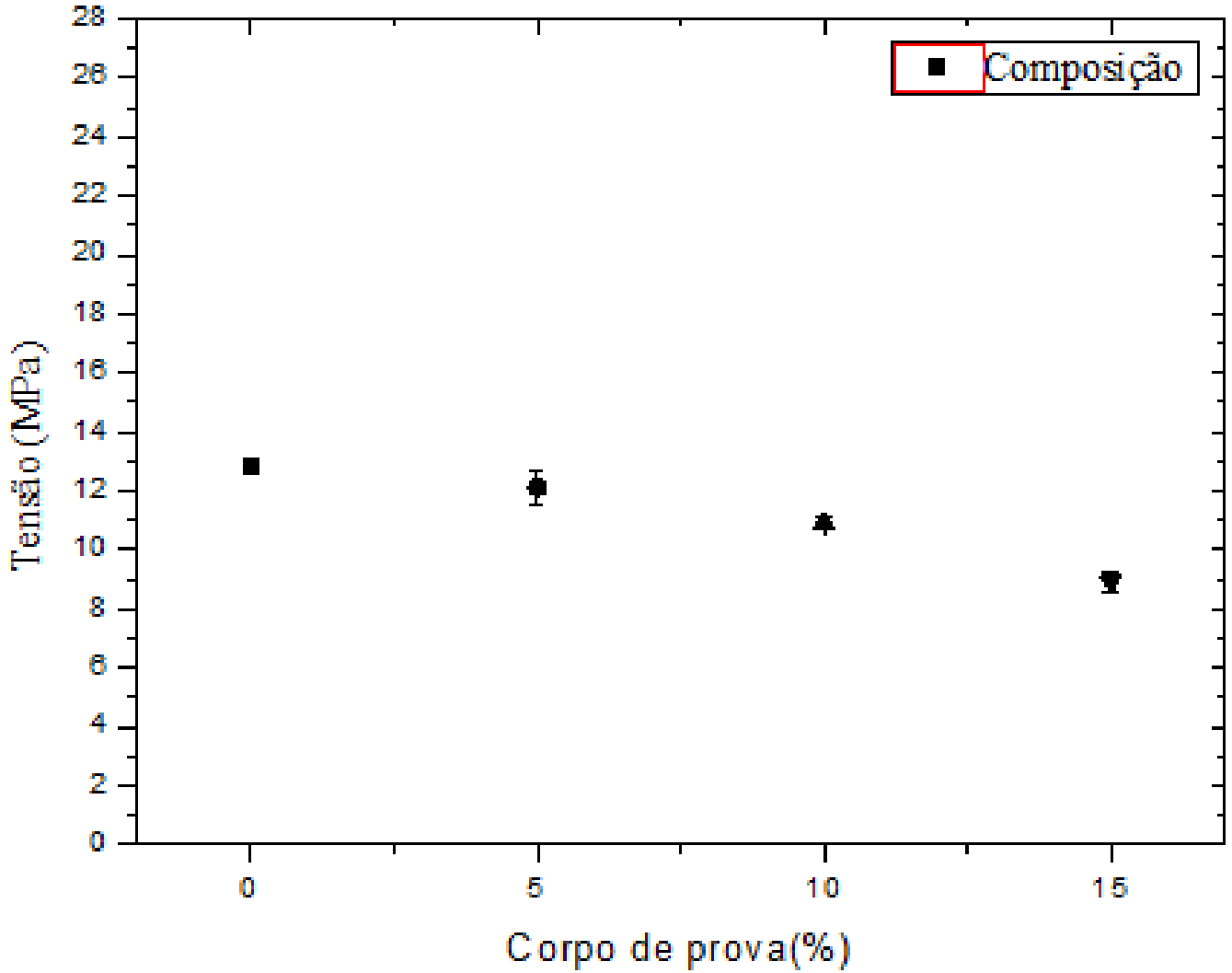
Brita

89,45%

Malha	Peneira	Peneira + material	Material	Percentual	Percentual acumulado
25 mm	406,76 g	406,76 g	-	-	0%
19 mm	420,30 g	456,17 g	35,87 g	7,17 %	7,17%
12,5 mm	449,80 g	793,17 g	343,37 g	68,67 %	75,74%
9,5 mm	404,18 g	508,09 g	103,91 g	20,78 %	96,52%
6,3mm	412,26 g	425,00 g	12,74 g	2,55%	99,07%
Fundo	379,25 g	379,26 g	0,01	0,002%	99,072%

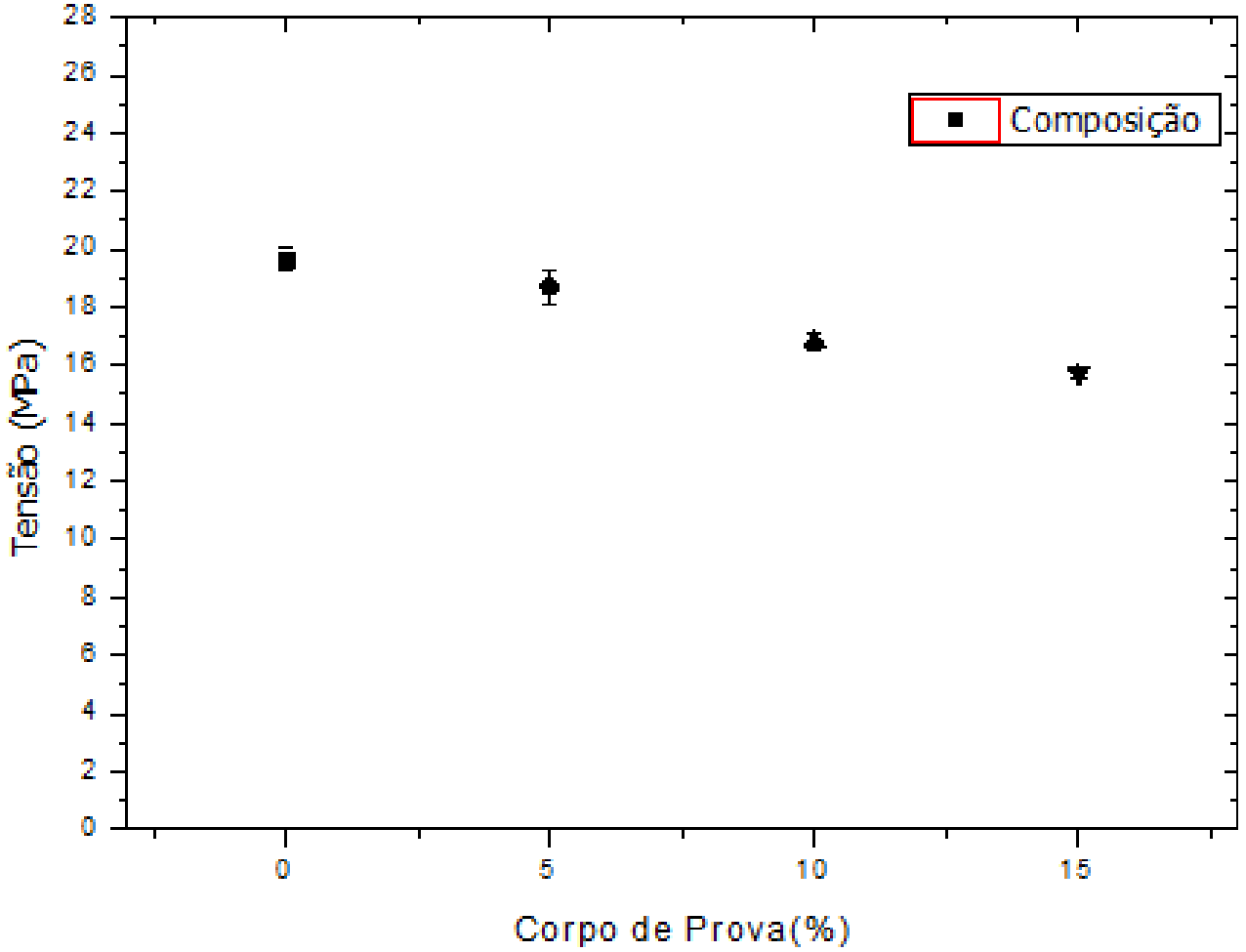
Compressão Axial

7 Dias



Valores de Tensão dos CPD's de 0% e de 5% próximos, de há uma perda de tensão de aproximadamente 6%.

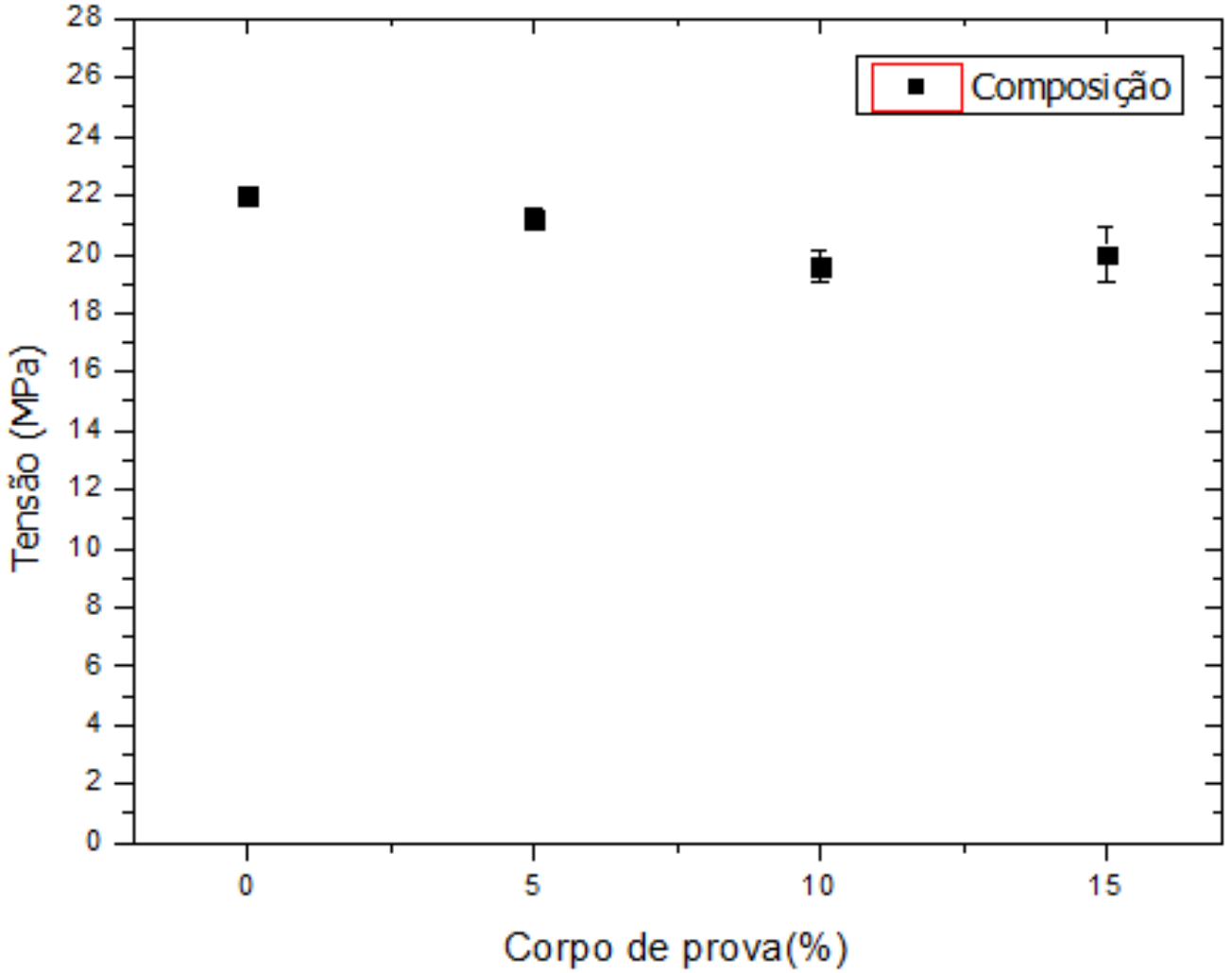
14 Dias



Houve uma redução na perda de tensão entre os corpos de provas de 0% e 5%, perda essa que girou em torne de 5%, ou seja, uma redução de 1% num período de 7 dias de vida.

Todos os CPD’s maximizaram em média 6,7 MPa em dias .

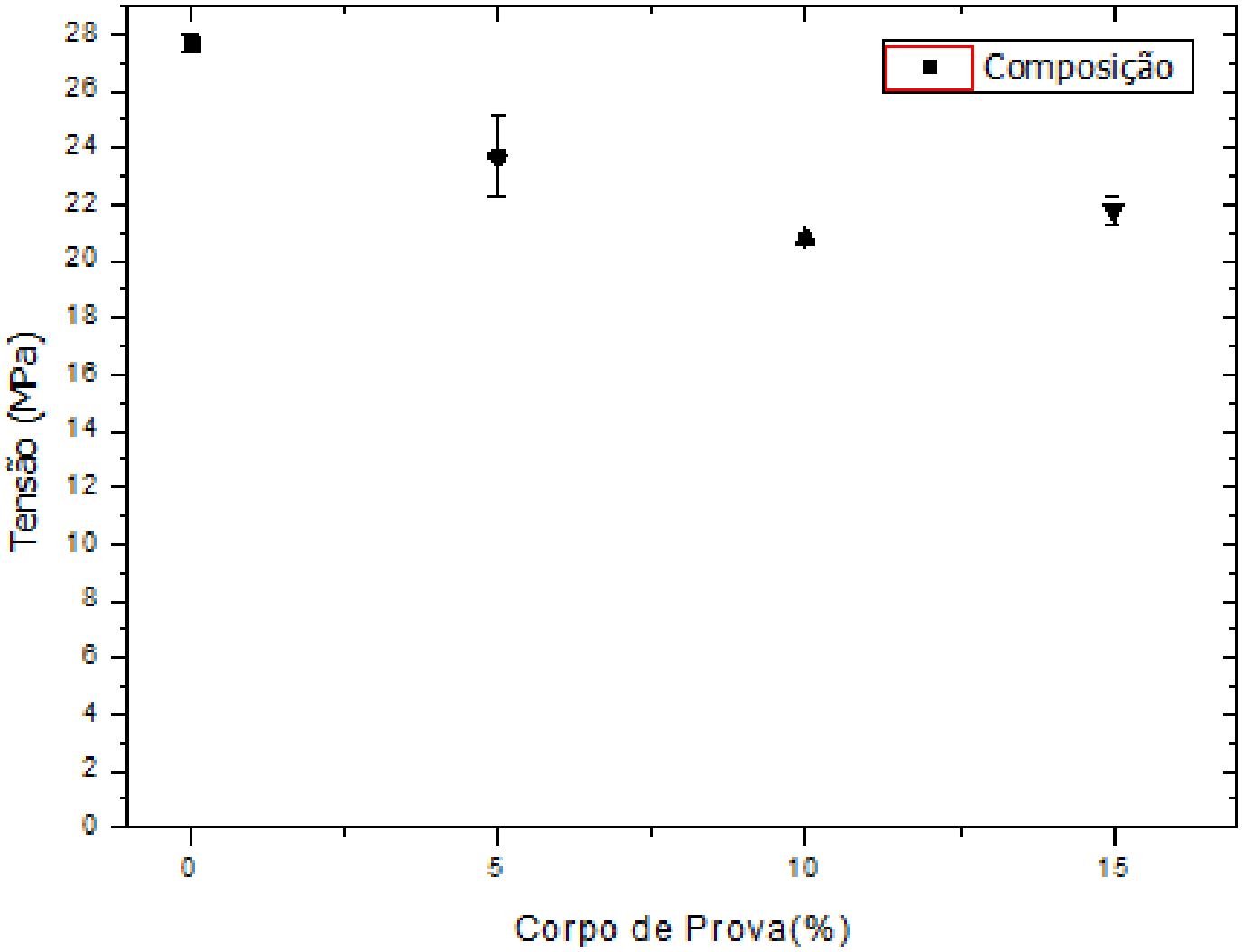
21 Dias



Houve ainda um maior ganho na tensão do CPD's de 5% quando comparado a matriz, ganho esse que girou em torno 8%.

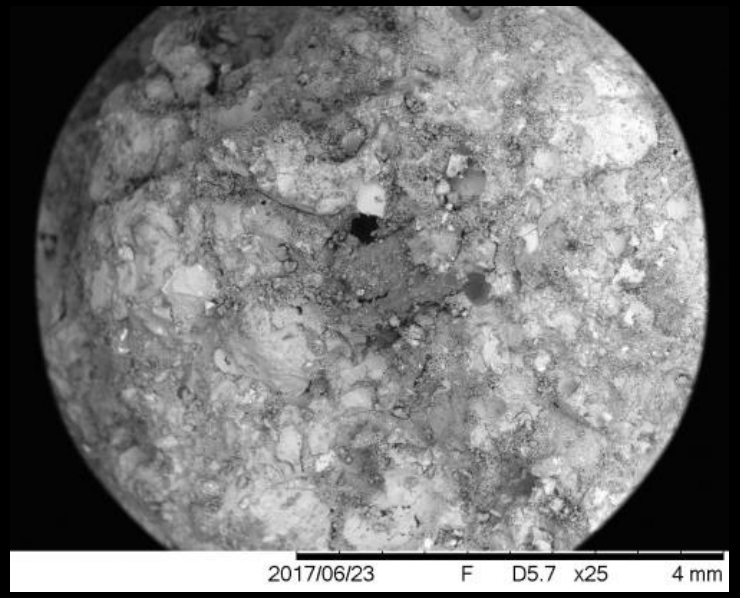
Os CPD's de 15% apresentaram valores médios bem próximos os resultados dos CPD's de 10%

28 Dias

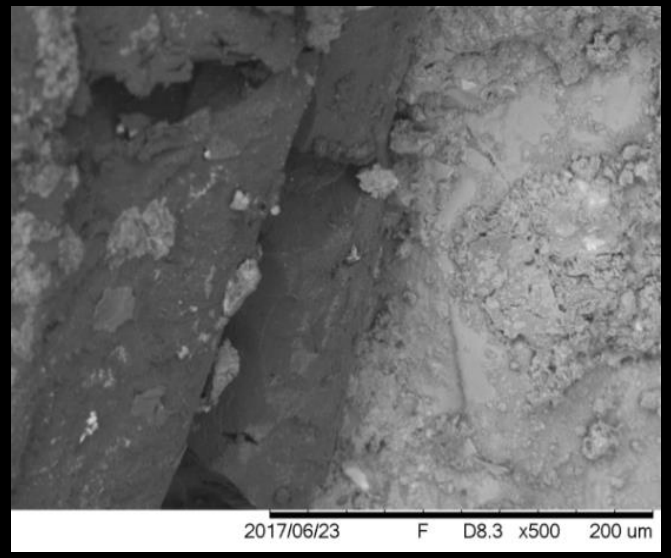


Mesmo apresentando uma perda de 8% quando comparado a matriz, o CPD's de 5% apresentou-se mais eficiente que os demais.

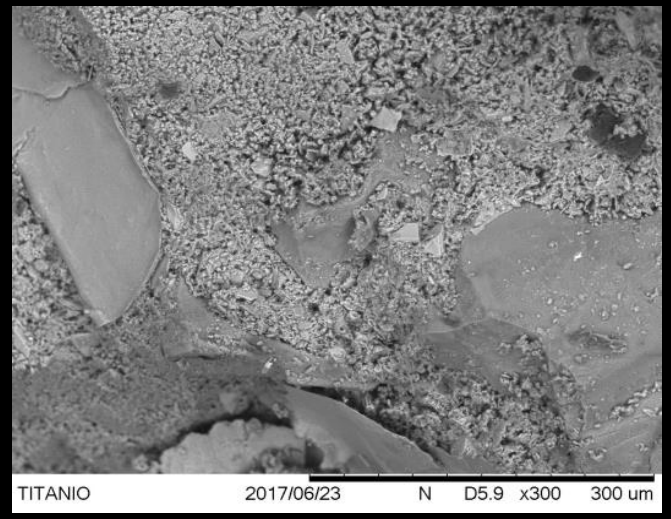
MEV



Matriz- 25x



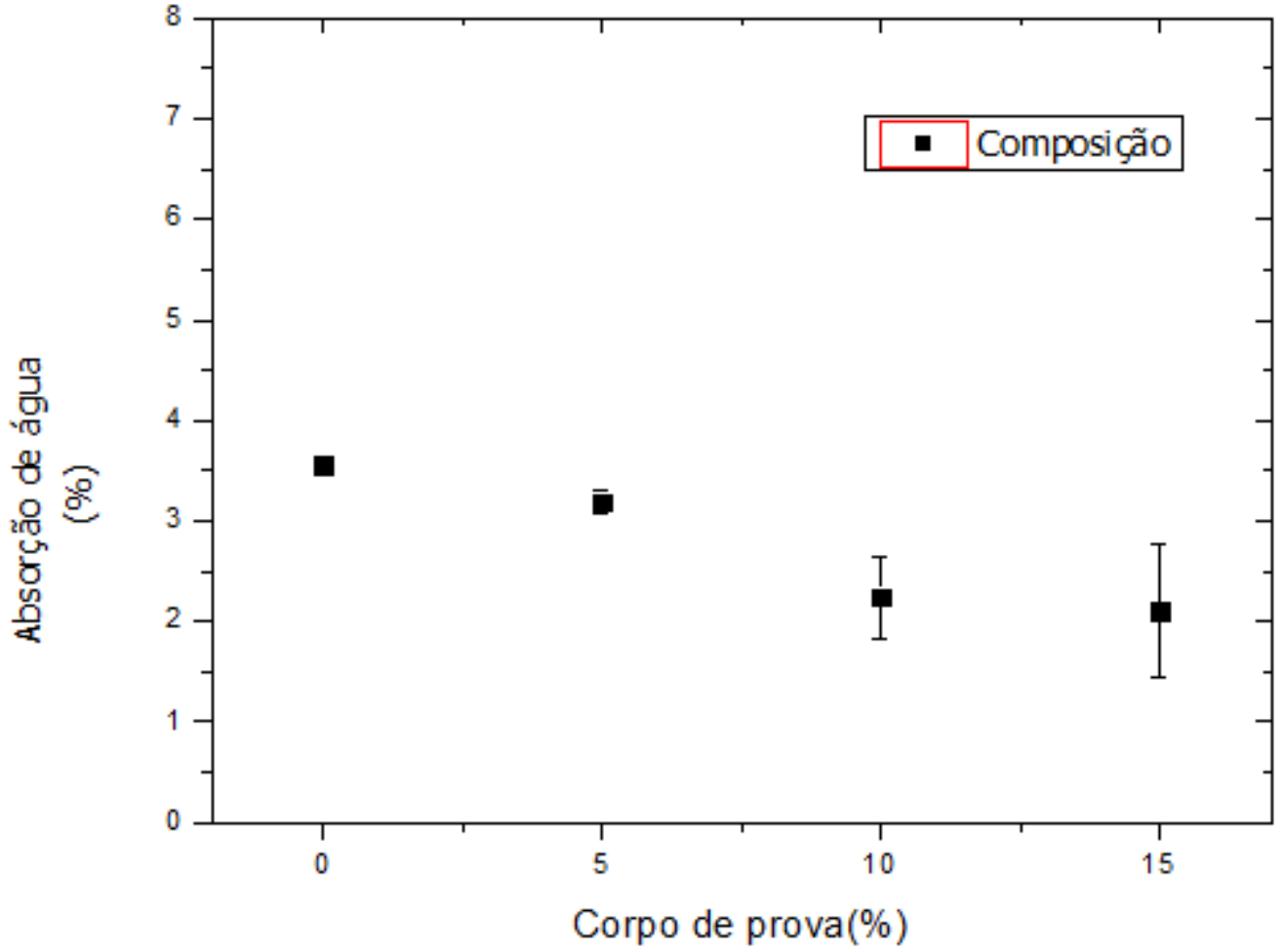
5% - 500x



10% - 300x

Percebeu-se que os corpos de provas que receberam reforços apresentaram uma **ineficiência quanto a homogeneização**, essa percepção ficou de fácil entendimento devido a uma fase mais escura do que a outra, ou seja, foi possível em alguns espaços perceber a matriz e o reforço. Observou-se também que nos corpos de provas com adição de pneu houve a presença de vazios, o que reduziu algumas propriedades desses materiais.

Absorção de Água

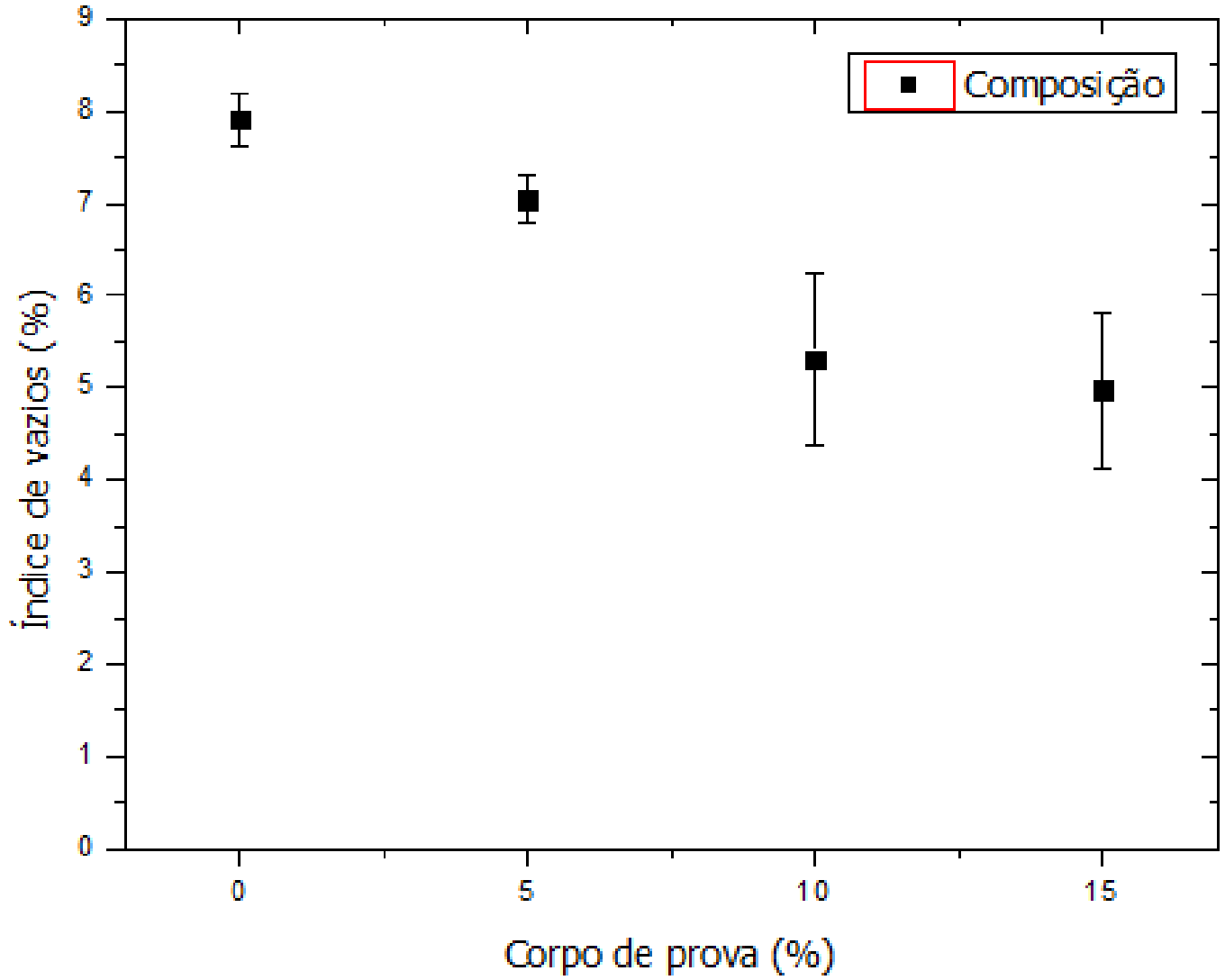


Observou-se que todos os CPD's encontraram-se de acordo com o limite pré-estabelecido por Neville (1997), onde o autor descreveu que as análises de absorção de água não podem ser caracterizadas como uma medida a fim de **definir qualidade do concreto**, porém ele relata que concretos de boa qualidade apresentam resultados de absorção inferiores a 10%.

Absorção de Água

Outra relevância que foi possível observar, é a relação entre a adição de borracha com a absorção de água, **quanto maior a adição, menor a absorção**. Isso ocorre devido a borracha ser caracterizada como um material **hidrofóbico**, ou seja, suas moléculas normalmente são polarizadas, portanto não há uma atração com as moléculas da água acarretando assim a não atração entre elas.

Índice de Vazios

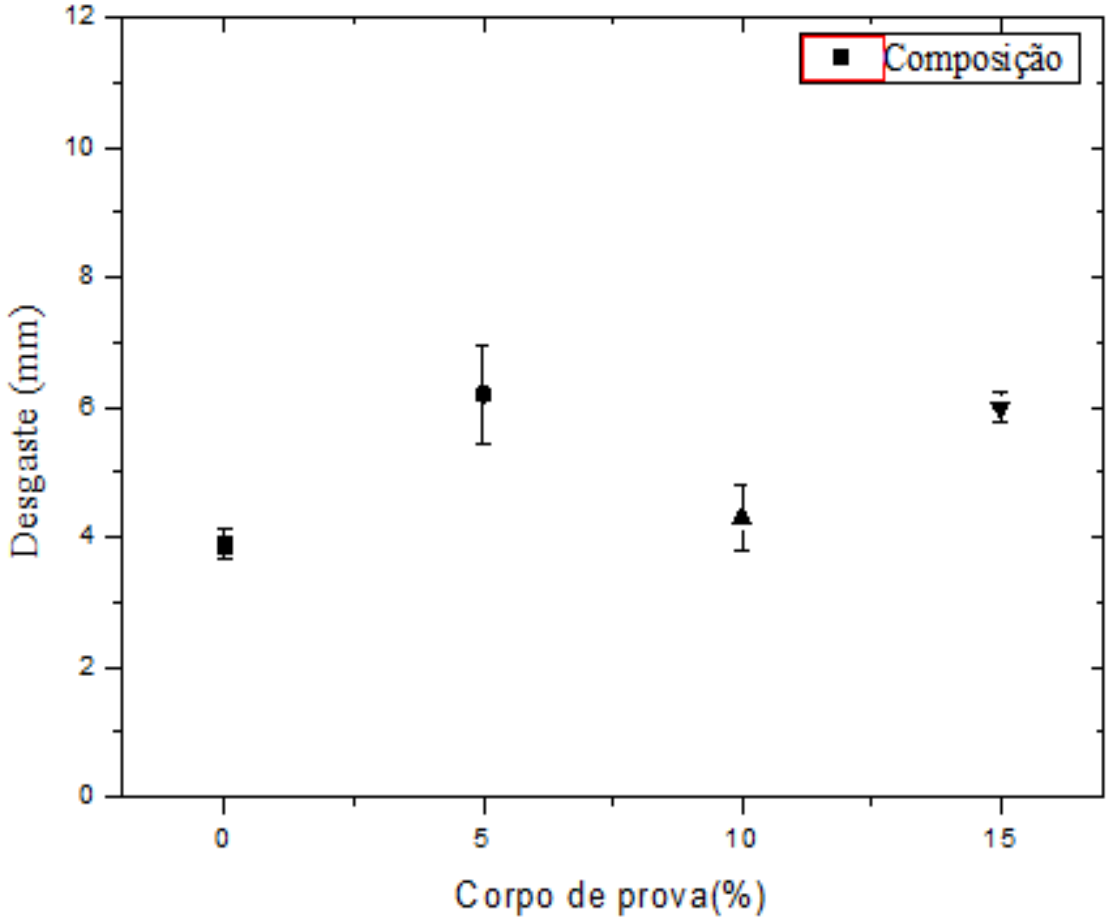


Observa-se que a redução do índice de vazios dos compósitos quando comparados com a matriz os CPD's de **5%** reduziu em torno de **11%**, **30%** os CPD's com **10%** e de **34%** com CPD's com maior percentual de adição.

Índice de Vazios

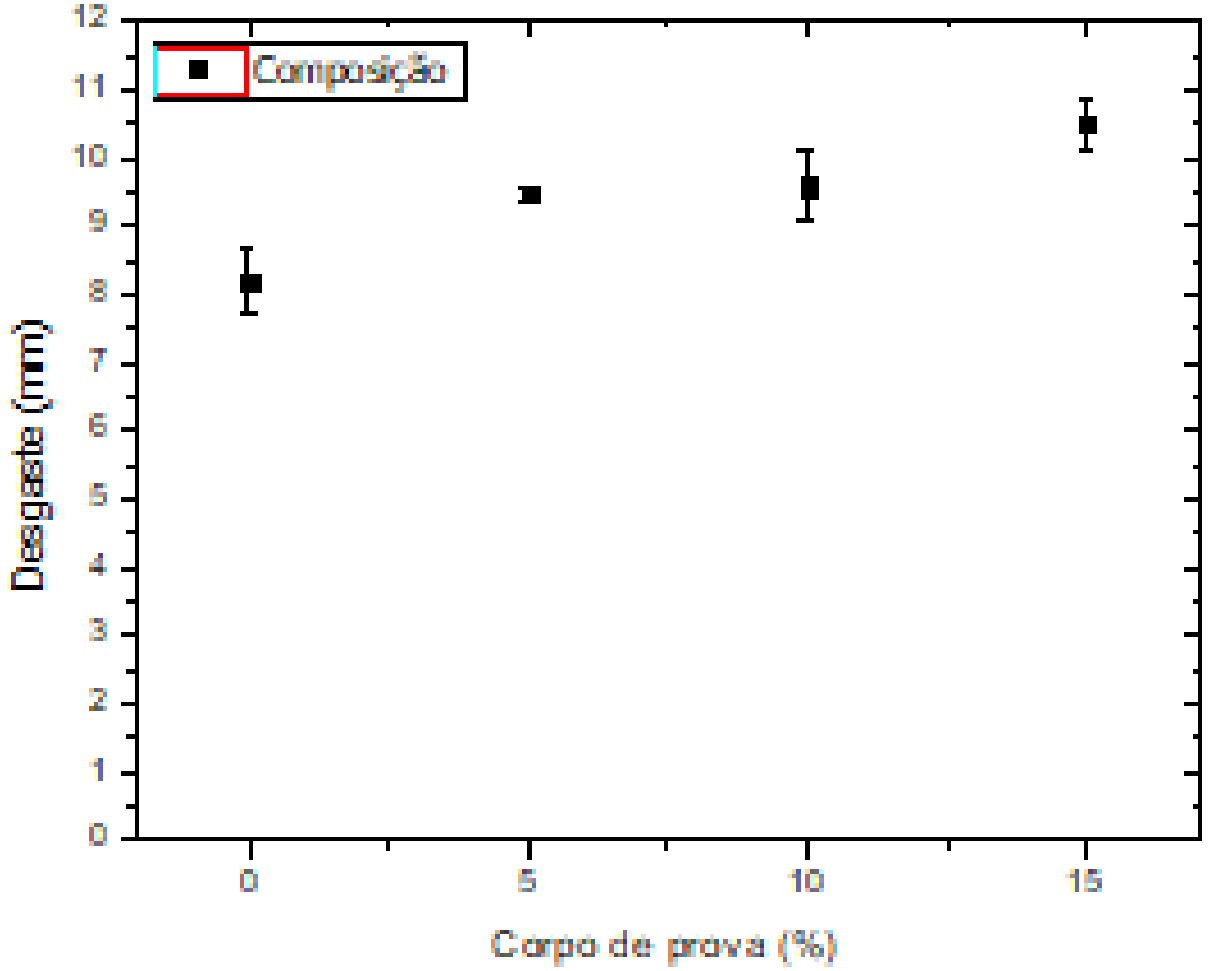
Percebeu-se também que o índice de vazios e a absorção de água estão dentro do previsto, e apresentaram uma relação de **quanto maior a presença de borracha, menor o índice de vazios e de absorção de água.** Acredita-se que os resultados encontrados podem estar diretamente ligados, ao fato de que borracha ser um material **hidrofóbica**.

Abrasão 500 metros



Quando analisado os resultados de 500 m, foi possível descrever que não há uma boa relação com os resultados esperados. Observou-se que os CPD's de 10% obtiveram valores inferiores aos CPD's de 5%, o que considera-se inviável, pois devido as características do agregado esperava-se que quanto maior o percentual do agregado maior o índice de desgaste.

Abrasão 1000 m



Diferentemente dos resultados de 500 metros, os valores obtidos com a análise 1000 metros encontraram-se coerentes a perspectiva de que, quanto maior adição de borracha maior o desgaste. Perspectiva essa pautada na concepção de que a borracha é um material a qual, de acordo com suas características, permite que o material se desgaste mais facilmente

Abrasão

Quando comparado o CPD’s que obtiveram melhores resultados (**5%**), houve uma perda de aproximadamente **16%** na propriedade do material, quando comparado a matriz.

Comparação de Resultados

Compressão	Absorção de água	Índice de vazios	Abrasão
0%	0%	0%	0%
5%	5%	5%	10%
15%	10%	10%	5%
10%	15%	15%	15%

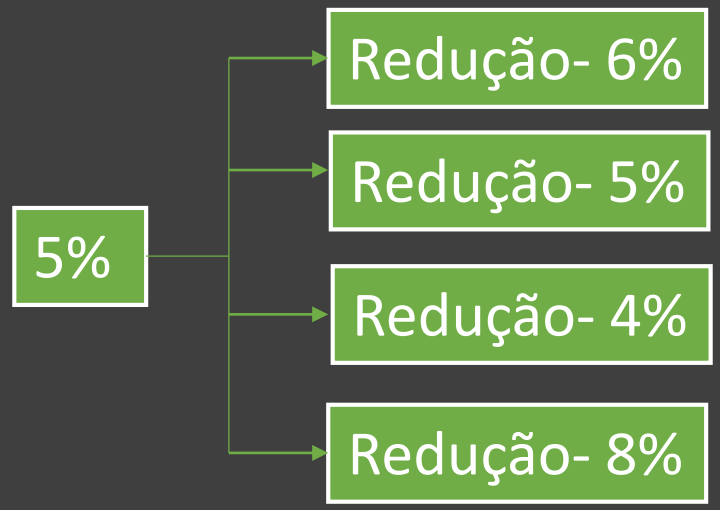
Visão Técnica

Quando analisou-se os resultados obtidos no cunho técnico, observou-se que a inserção da borracha a matriz cimentícia, apresentaram perdas relevantes desde o teste de compressão, que pode ser justificado devido a borracha ser menos resistente que o concreto, até o teste de abrasão, que também justifica-se tendo em vista a resistência do agregado.

Visão Ambiental

Já quanto a análise de cunho ambiental, mesmo em pequena escala, percebeu-se que há a viabilidade da utilização do pneu automotivo, como agregado no material cimentício mesmo depois de ter sua vida útil finalizada para seu objetivo primário.

CONCLUSÃO



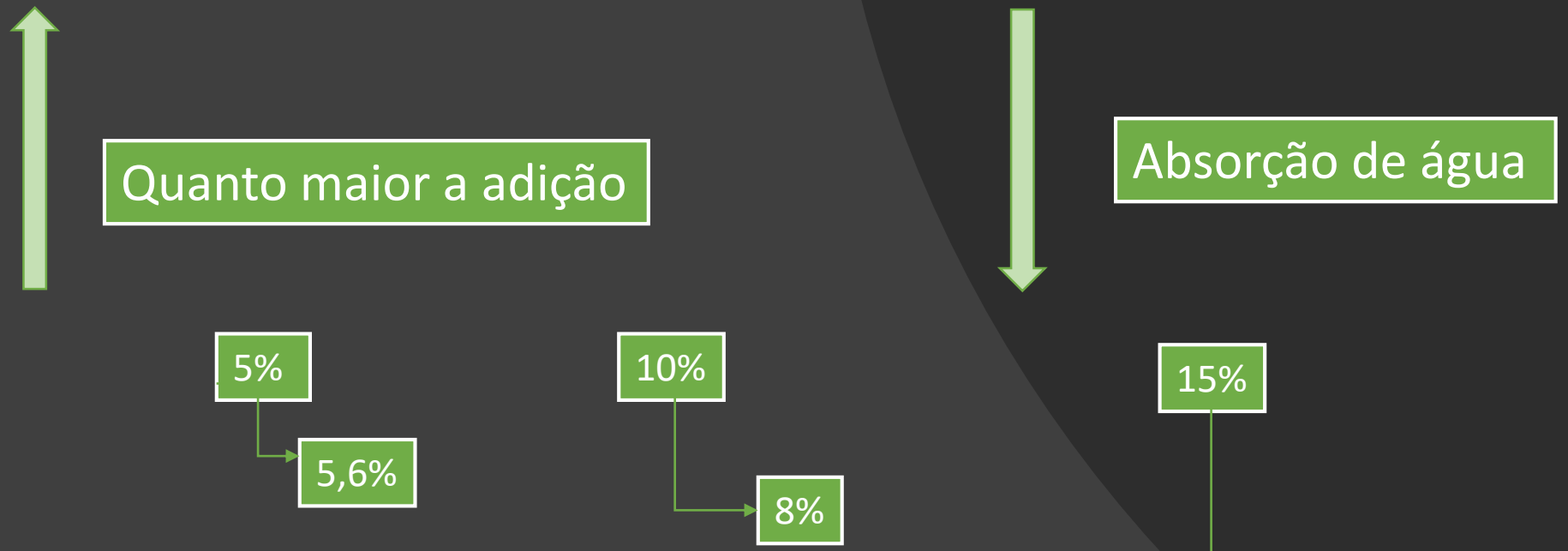
ENSAIO DE COMPRESSÃO

Outro aspecto que pode-se analisar quando ao teste de compressão é que com 21 dias os CPD's com 15% apresentaram valores próximos aos CPD's de 10%, essa variação gira em torno de 2% e quando analisado os resultados com 28 dias essa variação aumenta para 5%.

Microscópio Eletrônico de Varredura

Não há uma homogeneização completa entre os elementos da matriz e o agregado, havendo assim a **presença de vazios** na estrutura do material, pressupõem-se a partir de então que mesmo não havendo uma prefeita homogeneização entre as partes, a adição de pneu quando analisado o MEV e o ensaio de Compressão, apresenta benefícios significativos no produto final, benefícios esses que podem ser descritos com a observação dos **indicadores próximos do da matriz**.

Absorção de água



Índice de vazios

O teste de índice de vazios descreveu uma redução de aproximadamente **11%** quando comparado o compósito de **5%** com a matriz. Quando comparou-se os compósitos de **10% e 15%** obteve-se respectivamente uma redução de **30% e 34%.**

Conclui-se com base nos testes realizados que há uma possível aplicabilidade da borracha de pneu reutilizado (5%) na confecção do concreto, apesar de apresentarem perda de Tensão média total comparado a matriz de aproximadamente 9%, estes apresentam características consideráveis aplicação possíveis produtos que não apresentam principal objetivo o recebimento de cargas em pontos específicos apenas cargas distribuídas, sendo assim não terão fragilidade como a apresentada nos testes, tais produtos como, por exemplo, o produto objetivo desta pesquisa, os pisos Inter travados.

TRABALHOS FUTUROS

Como proposta de trabalhos futuros, propõe-se o estudo do **teste de densidade do material**, **análise de impacto**, assim como o quantitativo da **redução do número de pneus** com a produção dos pisos de concreto. Propõe-se estudos com granulometrias diferentes, pois com base nesta, pressupõe-se que em **menores granulometrias** haveria uma melhor homogeneização nos materiais constituintes maximizando assim as propriedades.

rafaelkamargo@hotmail.com

OBRIGADO!

“No fim todos viraremos pó, e o que fica é a lembrança de como nos relacionávamos com a vida.”

Autor Desconhecido.