

Fundação Oswaldo Aranha - FOA
Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA
Programa de Mestrado - PROMES
Mestrado Profissional em Materiais



CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLITEREFITALATO DE ETILENO

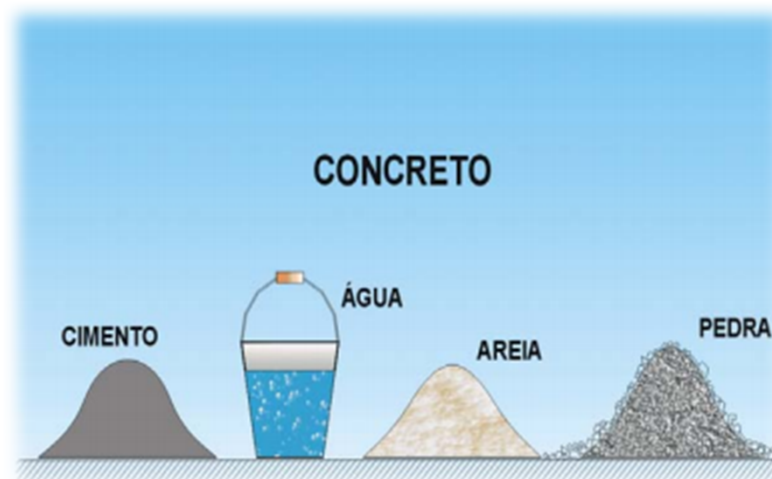
ALUNO:
RÔMULO MARCZUK SCHETTINO

ORIENTADOR:
HORÁCIO GUIMARÃES DELGADO JÚNIOR

Temas Abordados

- Introdução;
- Revisão Bibliográfica;
- Procedimentos Experimentais;
- Análise e Apresentação dos Resultados;
- Conclusões; e
- Referências Bibliográficas.

Introdução



Concreto Simples – Cimento + Água + Areia + Pedra

Introdução

- **Objetivo:**

- Estudar o comportamento físico-mecânico dos moldes de concreto de cimento "*Portland*" puro e o comportamento físico-mecânico dos moldes de concreto contendo os agregados (fibras) de PET, comparando-os, verificando-os e sugerindo possíveis melhorias bem como sua aplicabilidade à pisos de diversos ambientes, como por exemplo, estacionamentos, calçadas, etc. Além disso, estudar o ponto ideal de trabalhabilidade do compósito formado, ao adicionar ao cimento, reforço de fibras de PET.

- **Justificativa:**

- Estudos envolvendo compósitos cerâmicos com agregados (fibras) de PET se justificam pelo fato do mesmo ser utilizado em praticamente todos os produtos que vemos hoje em dia, bem como em embalagens de garrafas d'água, etc. e, aos montes, sem nenhum pudor por parte de seus usuários, são descartados, contaminando mares, rios e lagos. Além disso, ao ser lançado nas ruas, entope bueiros, causando enchentes e, servem de recipientes para insetos se proliferarem livremente trazendo doenças à população. Faz-se necessário buscar novas aplicabilidades ao PET para evitar seu descarte, principalmente à céu aberto, e evitar problemas como estes à população e amenizar danos causados ao meio ambiente reaproveitando-o.

Revisão Teórica – Concreto: Material Construtivo mais Utilizado pelo Homem

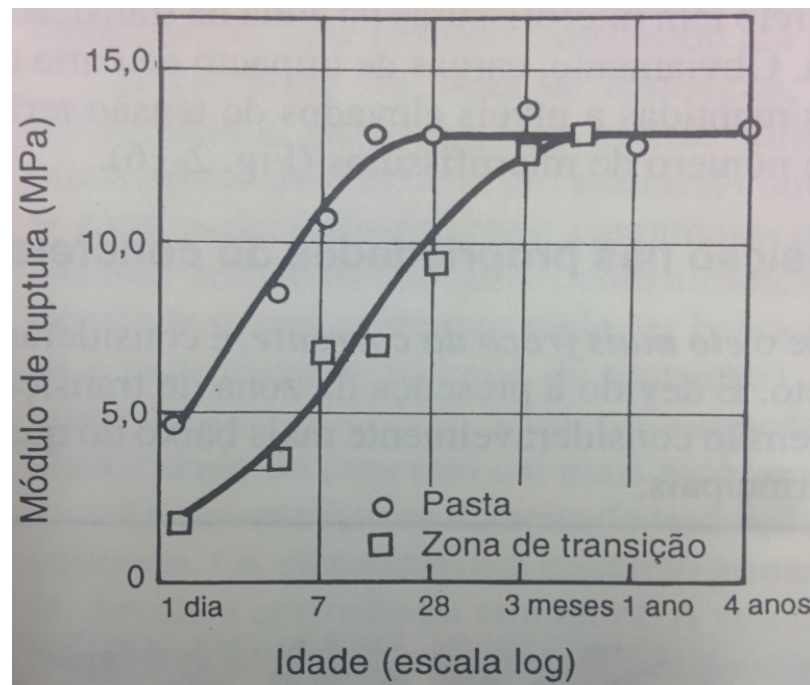
- Surgimento:
 - O cimento *Portland* surgiu no ano de 1824 quando um construtor inglês chamado Joseph Aspidin colocou fogo em pedras calcárias e argila juntas, transformando-as em um pó bem fino.



Cimento Portland

Revisão Teórica – Resistência da Zona de Transição

- A causa da adesão entre os produtos de hidratação e a partícula de agregado são as forças de atração de Van Der Waals, no caso da pasta; portanto, a resistência da zona de transição em qualquer ponto dependerá do volume e do tamanho dos vazios presentes.



Efeito da idade na resistência de aderência (zona de transição) e na resistência da matriz da pasta de cimento

Revisão Teórica – Concreto: Material Construtivo mais Utilizado pelo Homem

- Composição:
 - O cimento “Portland” é composto por clínquer, gesso e diversas outras substâncias que dão possibilidades de diferenciação entre os mais diversos tipos de cimentos “Portland” existentes, como por exemplo, o Cimento Portland CII e CPV.
- Densidade:
 - A densidade absoluta do Cimento Portland, é considerada 3,15, entretanto, esta densidade está sujeita a sofrer diversas variações de valores sutilmente inferiores, pois, nas compactações e manuseios costumeiros, sua densidade aparente é de ordem 1,5.



Cimento Portland

Revisão Teórica – Concreto: Material Construtivo mais Utilizado pelo Homem

- **Tipos de Concreto:**

- **Concreto Convencional** - é utilizado na grande maioria das obras, sejam estas, civis, industriais ou até mesmo em peças pré-moldadas.
- **Concreto Leve** - sua densidade varia entre 400 a 1800 kg/m³. Os tipos mais comuns que encontrados desse concreto são: concreto celular espumoso, concreto com isopor e concreto com argila expandida.
- **Concreto Pesado** - sua principal característica é a alta densidade que varia entre 2800 e 4500 kg/m³. Esta característica é alcançada por meio de agregados especiais, normalmente a hematita.
- **Concreto com Adição de Fibras** - em seu preparo geralmente são utilizadas fibras de nylon, polipropileno e aço, isso depende única e exclusivamente das exigências e condições de cada projeto.

Revisão Teórica – Tipos de Pavimentos de Concreto

Tabela - Tipos de pavimento de concreto em placas

Denominação	Símbolo	Principais características estruturais e construtivas
Pavimento de concreto simples	PCS	Concreto de alta resistência em relação a concretos estruturais para edifícios, que combate os esforços de tração na flexão ocasionados na estrutura, por não possuir armaduras para isso. A presença de juntas serradas de contração (para o controle da retração) pouco espaçadas é marcante.
Pavimento de concreto armado	PCA	Concreto que trabalha em regime de compressão no banzo comprimido, mas sem sofrer esmagamento. No banzo tracionado estão as armaduras resistentes aos esforços de tração, o que faz dele um concreto convencional armado. Há juntas serradas, porém de modo mais espaçado que no PCS.

Revisão Teórica – Propósitos Básicos na Abordagem da questão Tecnológica dos Concretos

Tabela - Principais características de concretos de pavimentação potencialmente sujeitas a controle estrito

Estado concreto	Características	Motivo de controle	Consequências deletérias possíveis
Fresco	Trabalhabilidade	Compatibilidade com o processo construtivo	Inúmeras imperfeições estruturais e mesmo geométricas
	Segregação/exsudação	Qualidade superficial	Lamelação, textura inadequada
	Retração plástica	Evitar fissuras de superfície	Degradação estrutural
Endurecimento	Retração de secagem	Evitar fissuras de contração não programadas	Ruptura precoce
	Resistência elástica	Adequação ao projeto estrutural	Ruptura precoce
	Módulo de elasticidade	Adequação ao projeto estrutural	Estados de tensão não previstos
	Resistência à fadiga	Adequação ao projeto estrutural	Ruptura precoce
	Porosidade/permeabilidade	Percolação de água	Empenamento higrométrico, reação álcali-agregados, corrosão de armaduras
	Expansão térmica	Efeitos relacionados a cargas ambientais	Empenamento não controlado
	Abrasividade	Qualidade superficial	Perda de qualidade funcional

Revisão Teórica – Concreto: Material Construtivo mais Utilizado pelo Homem

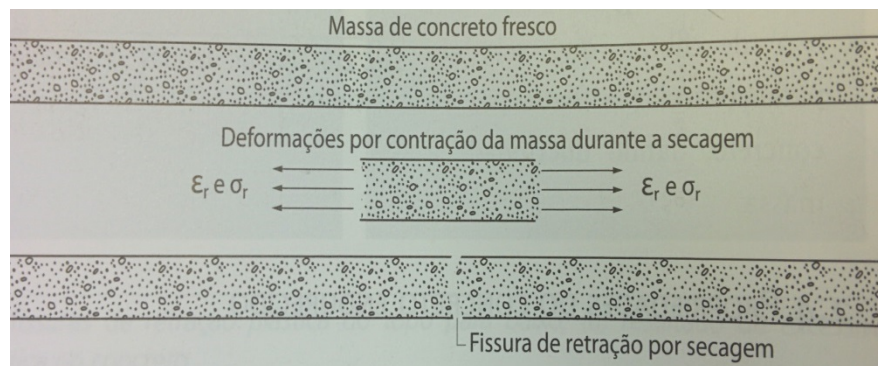
- **Consistência e Trabalhabilidade do Concreto**



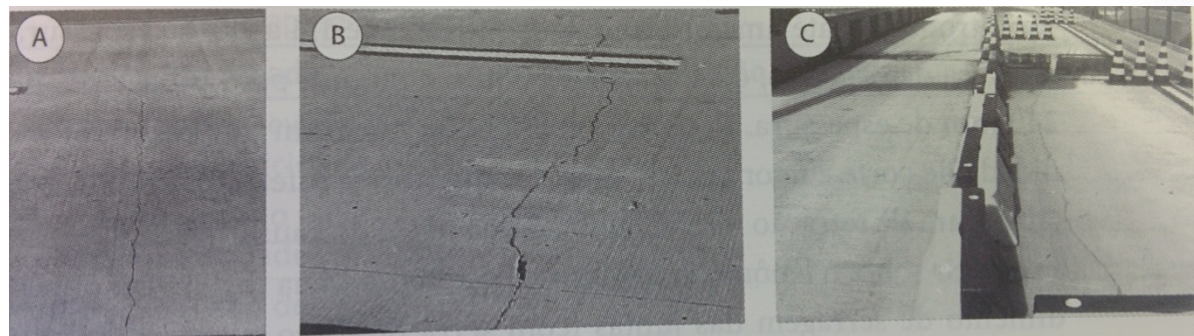
Teste Slump

Revisão Teórica – Propriedades do Concreto Fresco

- **Retração por secagem e seu controle**



Mecanismo de ocorrência de fissura de retração por secagem



Manifestação da retração por secagem (transversal, A e B; longitudinal, C)

Revisão Teórica – Propriedades do Concreto Fresco

- **Resistência a Compressão**
- **Resistência à Fadiga**
- **Tenacidade**
- **Resistência à abrasão**



Esquerda - Abrasão inicial e formação de lamelas por exsudação do concreto; Direita - Desgaste da argamassa na superfície do pavimento de concreto, com exposição dos agregados

Revisão Teórica – Gestão de Resíduos Sólidos



Gestão de Resíduos Sólidos

Revisão Teórica – Polímeros e suas Características

- **Características dos Polímeros**

- Os plásticos podem ser termoplásticos ou termofixos:
 - **Politereftalato de Etileno - PET:** é utilizado para embalagens de detergentes, óleos automotivos, sacolas de supermercados, garrafas, tampas, entre outros.
 - **Poliétileno de Alta Densidade - PEAD:** este possui as mesmas características que o PET, sendo destinado a embalagens de detergentes, óleos automotivos entre outros.
 - **Policloreto de Vinila - PVC:** é utilizado em embalagens para conter água mineral, óleos comestíveis, maioneses, sucos, perfis para janelas, tubulações de água e esgoto, mangueiras, embalagens para remédios, etc.
 - **Poliétileno de Baixa Densidade/Poliétileno Linear de Baixa Densidade - PEBD/PELBD:** são utilizados na confecção de sacolas de supermercados, filmes para embalar leite e outros alimentos, sacaria industrial, etc.
 - **Polipropileno - PP:** utilizado em filmes para embalagens e outros alimentos, embalagens industriais, cordas, tubos para água quente, etc.
 - **Poliestireno - PS:** é utilizado para confecção de embalagens de iogurtes, sorvetes, doces, frascos, bandejas de supermercados, etc.

Revisão Teórica – Polímeros e suas Características

- Comportamento Mecânico dos Polímeros

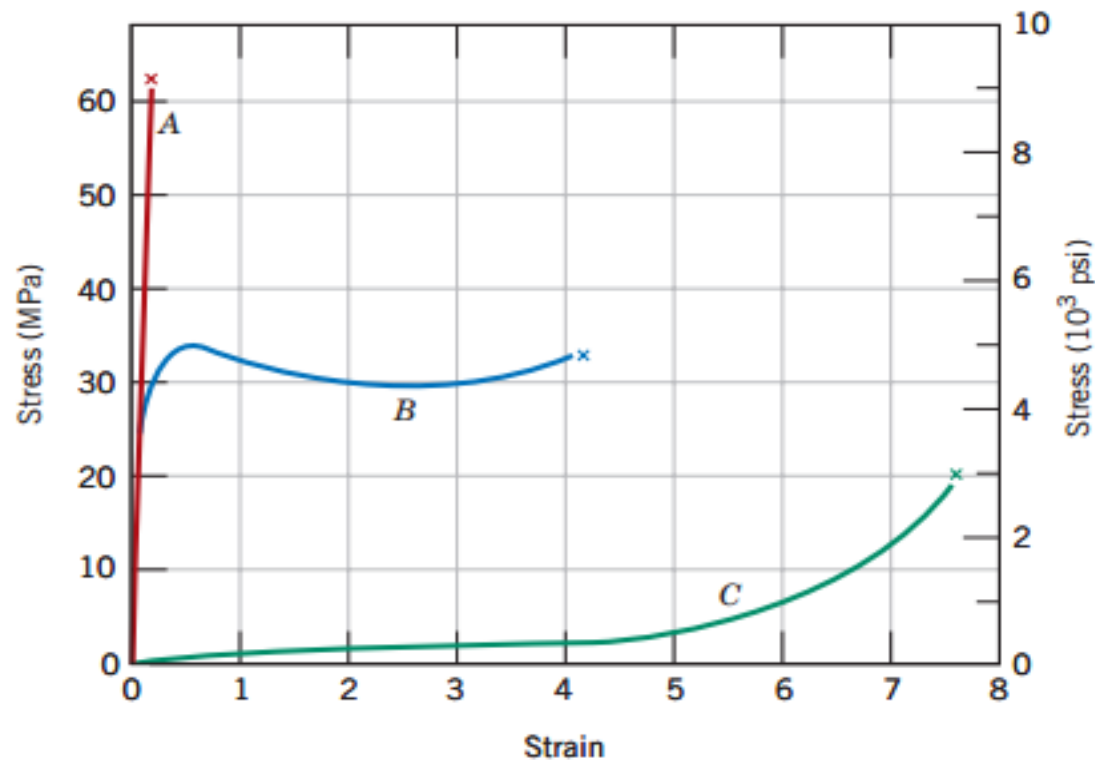
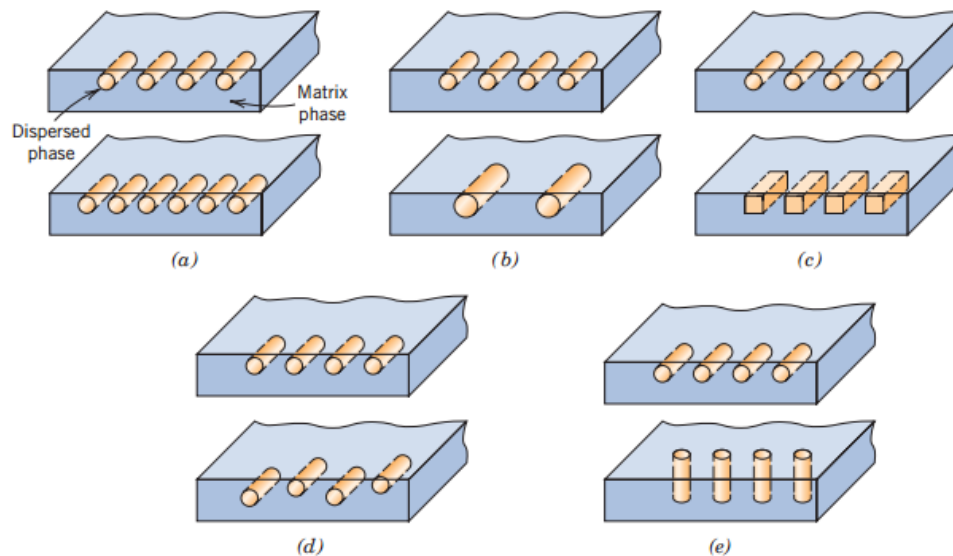


Gráfico tensão-deformação (Callister, 2002)

Revisão Teórica – Materiais Compósitos

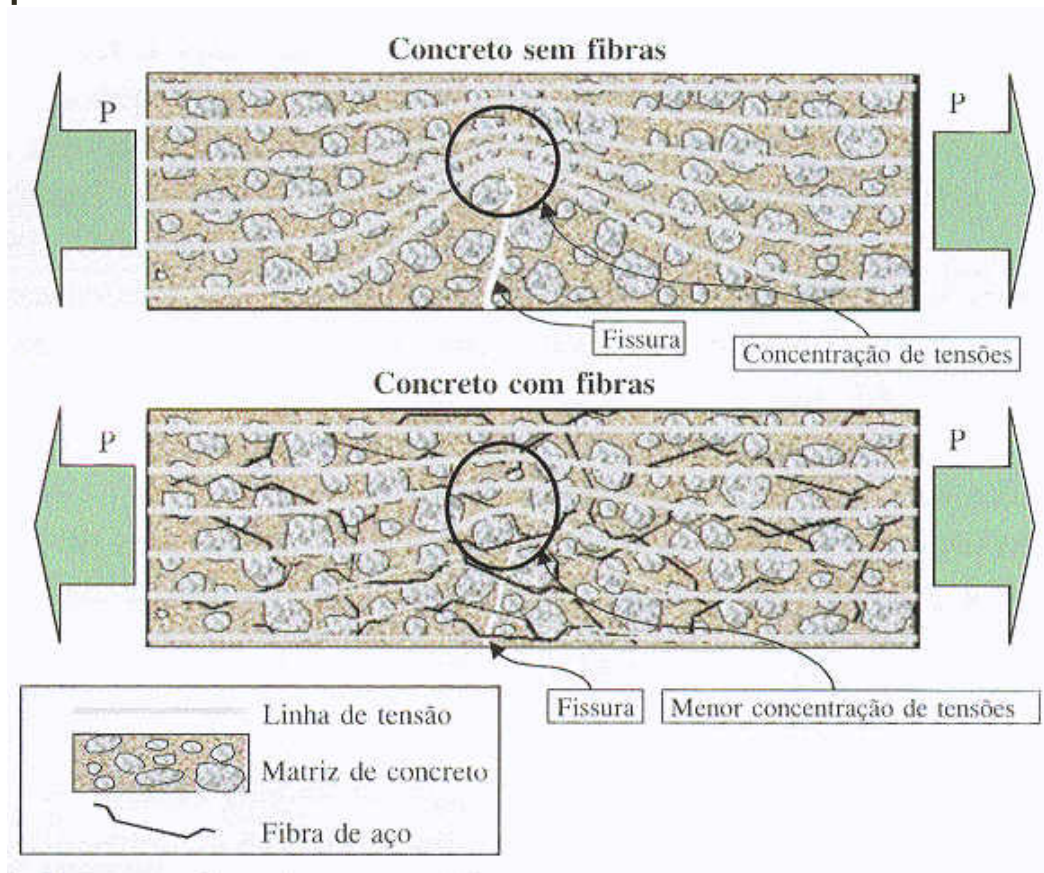
- Compósitos são materiais multifásicos feitos de forma artificial, devendo suas fases constituintes, ser quimicamente diferentes estando separadas por interfaces diferentes. Assim, grande parte das ligas metálicas e dos materiais cerâmicos não fazem parte de tal definição, pois suas múltiplas fases são formadas por meio de fenômenos naturais.



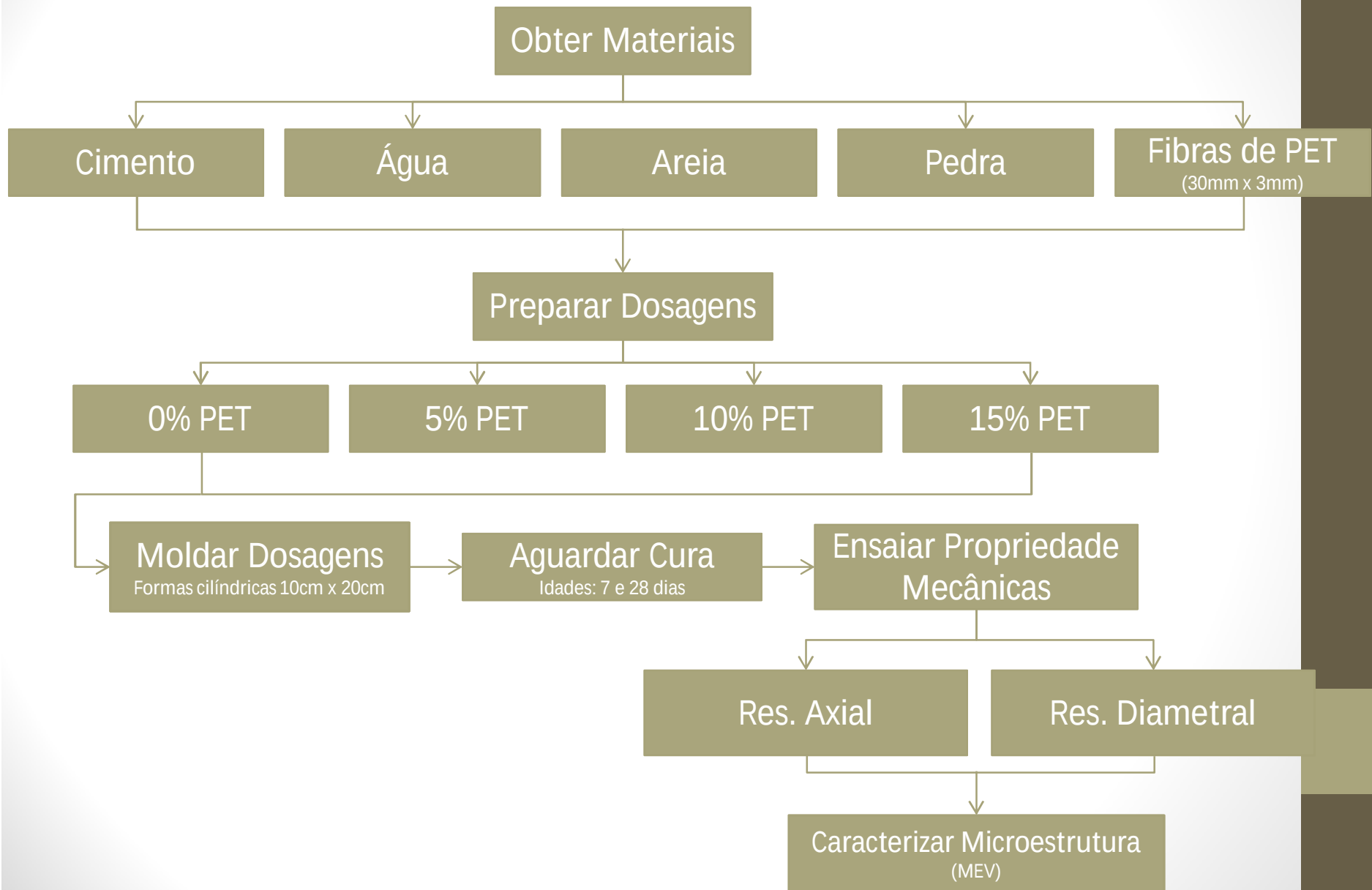
Representações esquemáticas das várias características geométricas e espaciais de partículas da fase dispersa que podem influenciar as propriedades dos materiais compósitos: (a) concentração, (b) tamanho, (c) forma, (d) distribuição e, (e) orientação

Revisão Teórica – Materiais Compósitos

- A base do desempenho dos concretos reforçados com fibras está no papel exercido pelas fibras de ponte de transferência de tensão pelas fissuras.



Procedimentos Experimentais



Procedimentos Experimentais

- Materiais Utilizados:
 - O cimento utilizado na fabricação dos CPs - Corpos de Prova - para os ensaios de Compressão Axial e Diametral foi o CP III.
- Funcionalidades do traço:
 - Envolver os agregados, preencher os vazios formados e proporcionar ao concreto maior manuseabilidade, quando recém-misturado; e
 - Aglutinar os agregados no concreto já endurecido, proporcionando ao conjunto um certo índice de impermeabilidade, resistência aos esforços mecânicos e durabilidade, face aos agentes agressivos aos quais estará exposto.

Procedimentos Experimentais

- Areia
 - A areia utilizada no processo de confecção dos CPs foi classificada como areia média, peneirada cuja granulometria máxima permitida é de 1,41 mm.
- Pedra
 - Brita I
- Politereftalato de Etileno - PET
 - Os ensaios foram realizados com fibras de PET de 30mm x 3mm.
- Água
 - Foram utilizados 28,7L de água para confecção dos traços.

Procedimentos Experimentais

Ensaio de Resistência às Compressões Axial e Diametral

Traço	Cimento (Kg)	Areia	Pedra	PET (%)	Água (L)
T1	344	622	364	0	28,7
T2	344	622	364	5	28,7
T3	344	622	364	10	28,7
T4	344	622	364	15	28,7

Sequência da Adição de cimento, areia, pedra e PET

Procedimentos Experimentais



Fibras de PET de 30mm x 3mm

Procedimentos Experimentais



slump test

Procedimentos Experimentais



Formas Cilíndricas nas dimensões 10cm x 20cm

Procedimentos Experimentais



MEV JEOL, modelo JSM 5800LV
Analisador de imagens, IMAGEJ Software Livre.
(população de 1.000 grãos por subgrupo)

Análise e Apresentação dos Resultados

CP	COMPRIMENTO INICIAL (L0) mm	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)	ÁREA (mm ²)	TENSÃO DE ESCOAMENTO (MPa)	TENSÃO MÁXIMA (MPa)	COMPRIMENTO FINAL (LF) mm	ALONGAMENTO (%)
1	30,00	3,01	0,31	0,93	59	116	45,45	51,50
2	30,00	2,98	0,31	0,92	66	78	35,15	17,20
3	30,00	2,87	0,29	0,83	55	110	43,69	45,63
4	30,00	3,07	0,32	0,98	62	109	55,10	83,67
5	30,00	2,96	0,29	0,86	62	149	47,73	59,10
6	30,00	2,86	0,28	0,80	59	110	42,06	40,20
7	30,00	2,95	0,30	0,89	54	132	50,28	67,60
8	30,00	2,88	0,28	0,81	59	138	47,95	59,83
9	30,00	3,15	0,29	0,91	55	140	49,69	65,63
10	30,00	2,93	0,31	0,91	64	118	48,76	62,53

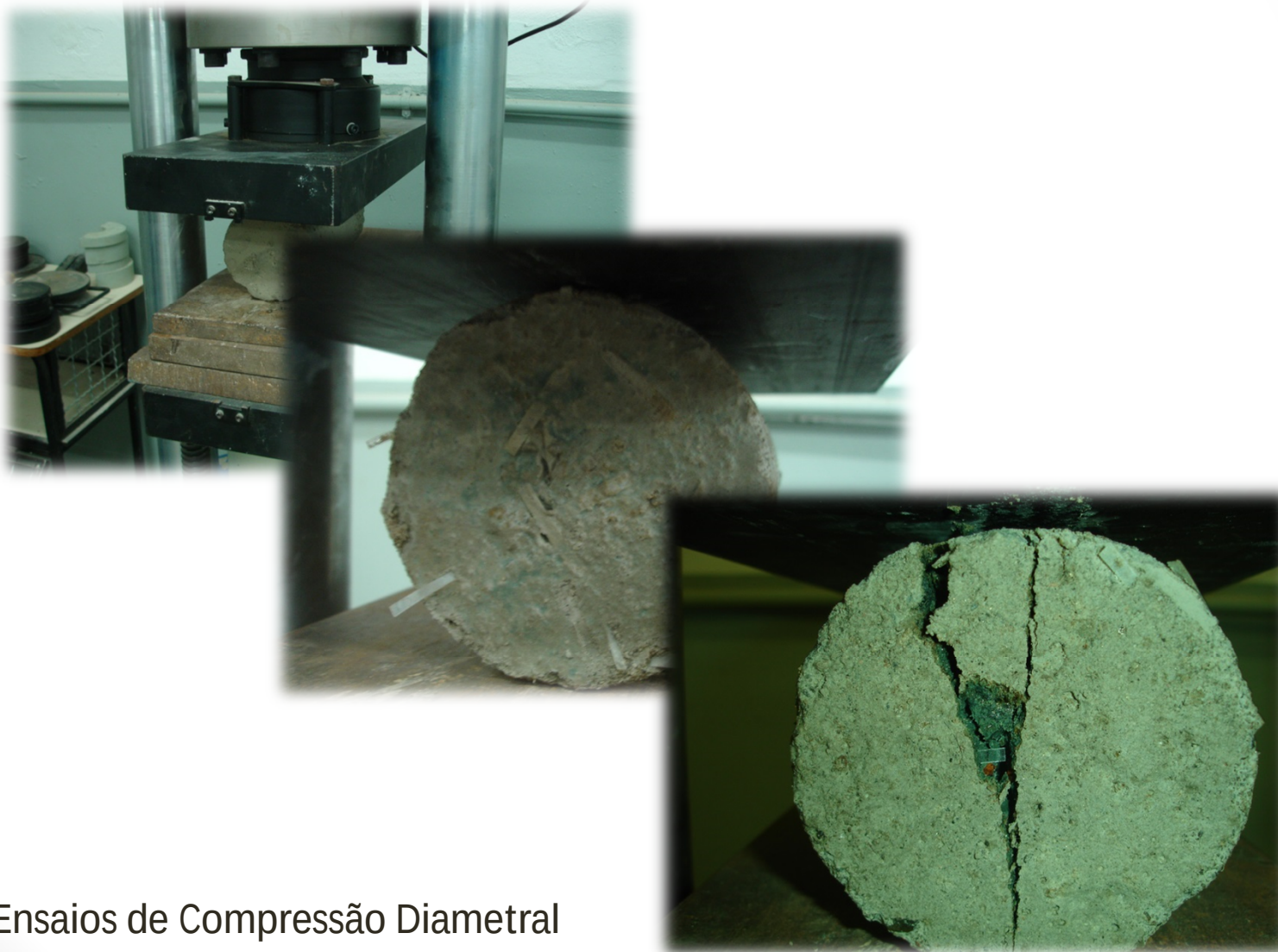
Ensaio de Resistência à Tração

Procedimentos Experimentais



Ensaio de Compressão Axial

Procedimentos Experimentais



Ensaio de Compressão Diametral

Análise e Apresentação dos Resultados

Resultado dos Ensaios de Resistência à Compressão Axial nos corpos de prova cilíndricos

Tratamento	Idade	Resistência Cps (KN)			Média (KN)
		1	2	3	
T1	7 dias	102.2	121.4	123.5	115,7
	28 dias	180.3	175.4	172.1	175,93
T2	7 dias	72.17	64.37	67.58	68,04
	28 dias	107.63	122.23	121.85	117,24
T3	7 dias	65.17	71.95	71.32	69,48
	28 dias	118.68	115.52	121.69	118,63
T4	7 dias	44.52	43.01	41.44	42,99
	28 dias	66.32	64.41	61.12	63,95

Análise e Apresentação dos Resultados

Tabela 8 - Resultado dos Ensaio de Resistência à Compressão Axial nos corpos de prova cilíndricos (com dados estatísticos)

Tratamento	Idade	Resistência Cps (KN)			Média (KN)	Desvio Padrão	Tensão	Desvio Padrão
		1	2	3				
T1	7 dias	102,2	121,4	123,5	115,7	9,58	3,68	1,29
	28 dias	180,3	175,4	172,1	175,93	3,37	5,60	
T2	7 dias	72,17	64,37	67,58	68,04	3,20	2,17	
	28 dias	107,63	122,23	121,85	117,24	6,79	3,73	
T3	7 dias	65,17	71,95	71,32	69,48	3,06	2,21	
	28 dias	118,68	115,52	121,69	118,63	2,52	3,78	
T4	7 dias	44,52	43,01	41,44	42,99	1,26	1,37	
	28 dias	66,32	64,41	61,12	63,95	2,15	2,04	

Análise e Apresentação dos Resultados

Resultado dos Ensaios de Resistência à Compressão Diametral nos corpos de prova cilíndricos

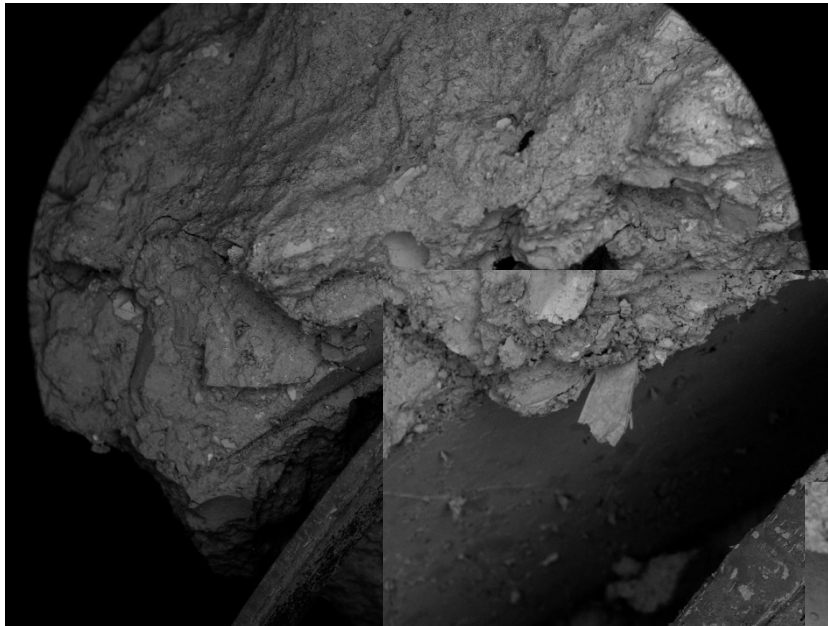
Tratamento	Idade	Resistência Cps (KN)			Média (KN)
		1	2	3	
T1	7 dias	22.2			22,2
	28 dias	33.01	31.02	33.03	32,35
T2	7 dias	19.14			19,14
	28 dias	57.01	45.45	59.73	54,06
T3	7 dias	33.44			33,44
	28 dias	54.06	60.36	55.12	56,51
T4	7 dias	34.41			34,41
	28 dias	62.08	65.07	60.44	62,53

Análise e Apresentação dos Resultados

Tabela - Resultado dos Ensaio de Resistência à Compressão Diametral nos corpos de prova cilíndricos (com dados estatísticos)

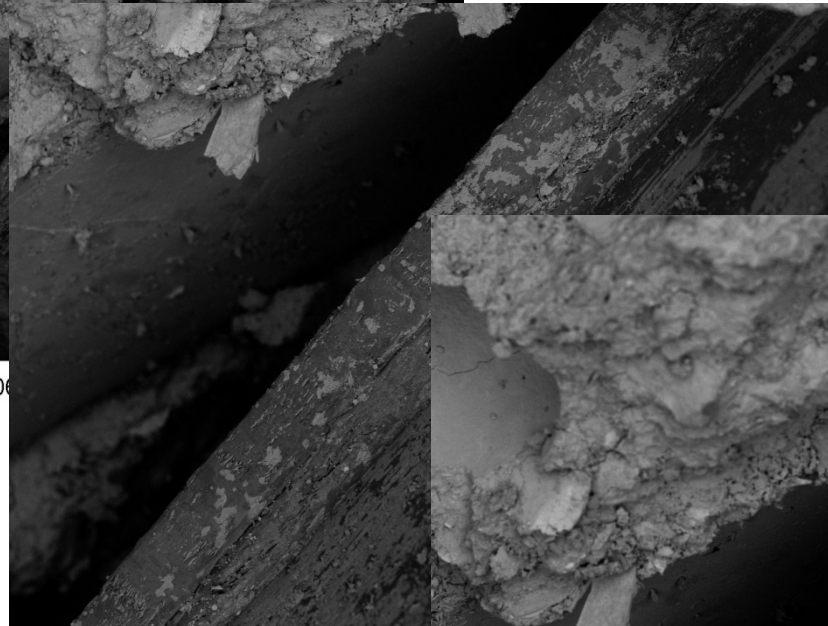
Tratamento	Idade	Resistência Cps (KN)			Média (KN)	Desvio Padrão	Tensão	Desvio Padrão
		1	2	3				
T1	7 dias	22.2			22,2	0,00	0,71	0,46
	28 dias	33.01	31.02	33.03	32,35	0,00	1,03	
T2	7 dias	19.14			19,14	0,00	0,61	
	28 dias	57.01	45.45	59.73	54,06	0,00	1,72	
T3	7 dias	33.44			33,44	0,00	1,06	
	28 dias	54.06	60.36	55.12	56,51	0,00	1,80	

Análise e Apresentação dos Resultados



0121

2014/06/26



0112

2014/06/26



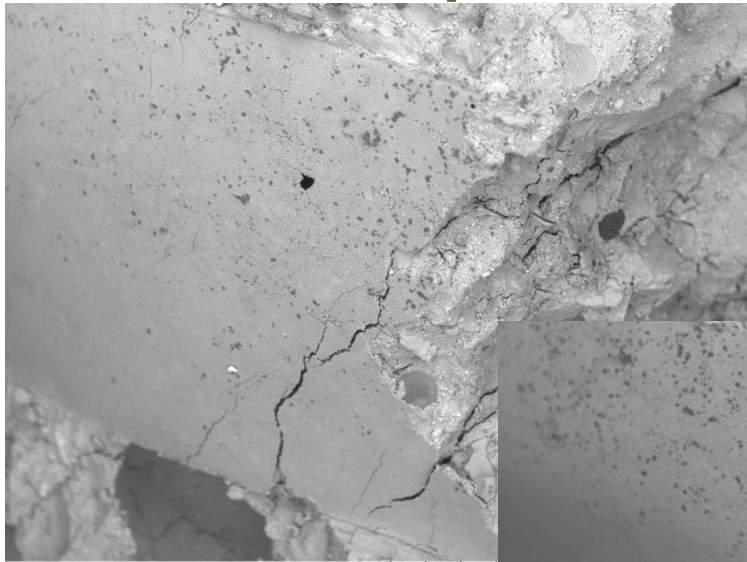
0114

2014/06/26 17:27 F

1 mm

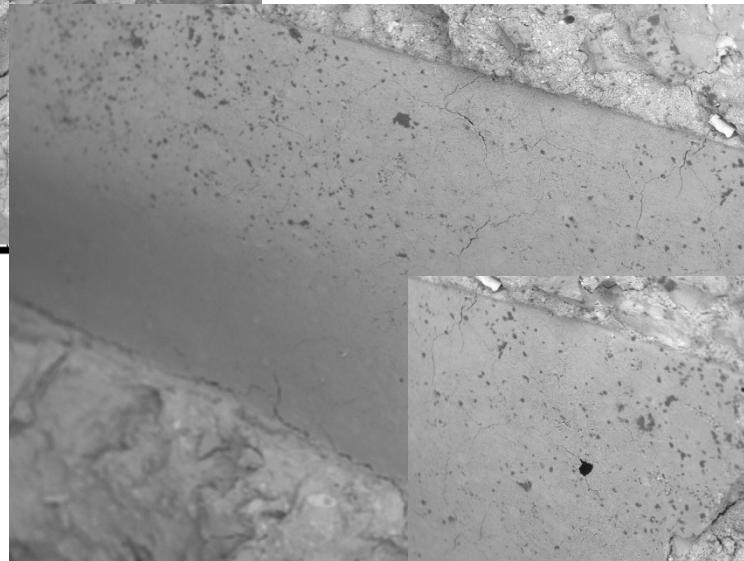
MEV 5% 28 dias

Análise e Apresentação dos Resultados



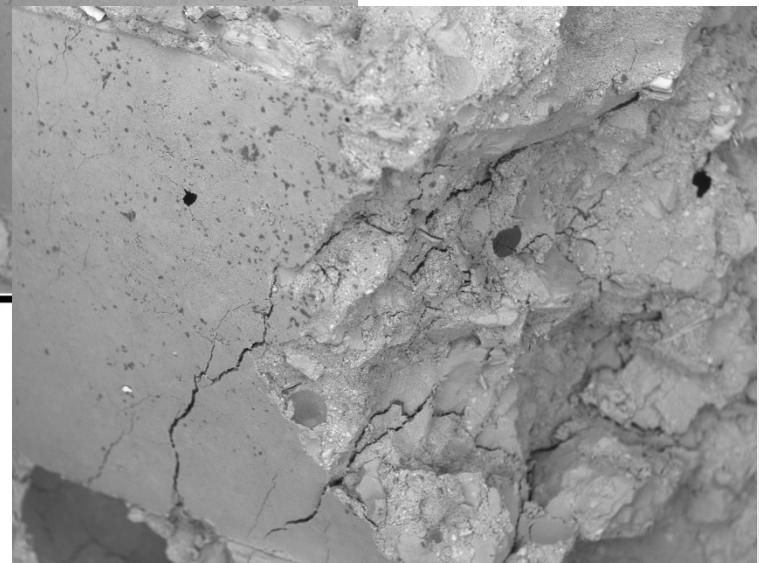
TM3000_0054

2014/05/31 09:28 H



TM3000_0060

2014/05/31



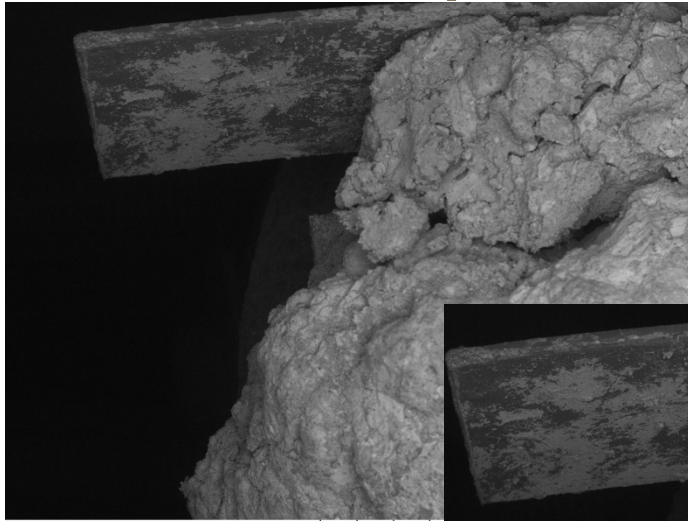
TM3000_0061

2014/05/31 09:45 H

2 mm

MEV 10% 28 dias

Análise e Apresentação dos Resultados



CONCRETO0180 2014/07/04 10:59 F



CONCRETO0179 2014/07/04 10:57 F



CONCRETO0177 2014/07/04 10:55 F 2 mm

MEV 15% 7 dias

Conclusões

- O material polimérico adicionado ao concreto proporcionou modificações nas propriedades do material (concreto sem adição de fibras).
- A adição de materiais poliméricos reduziu a resistência à compressão do concreto. Quanto maior foi o teor utilizado menor foi a resistência à compressão média. Esta redução foi identificada no concreto com resíduos poliméricos quando adicionados nos teores com 05, 10 e 15%.
- A adição de 15% de fibras de PET, mostrou-se menos adequada, pois o resultado encontrado para as idades de 7 e 28 dias nãoapresentaram aumentos significativos na resistência à compressão.
- Obtiveram-se aumentos significativos nos resultados de tração ao utilizar 5, 10 e 15% de fibras de PET ao concreto. Analisando os resultados dos ensaios de Resistências a Compressão Axial e Diametral evidencia-se que a dosagem ideal é a que possui 10% de adição de fibra de PET, pois desta forma, foi possível estabelecer uma faixa de aplicação onde resistência a tração e compressão se mostram mais equilibradas.
- Deve-se considerar a possibilidade da inclusão de polímeros (fibras de PET) no concreto para aplicações específicas, como por exemplo, calçamentos e pisos de estacionamentos, não devendo a aplicação de tais fibras buscarem uma aplicação universal de caráter estrutural, visto a redução de resistência à compressão apresentada.