



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Instituto Politécnico

Petterson Borges Machado

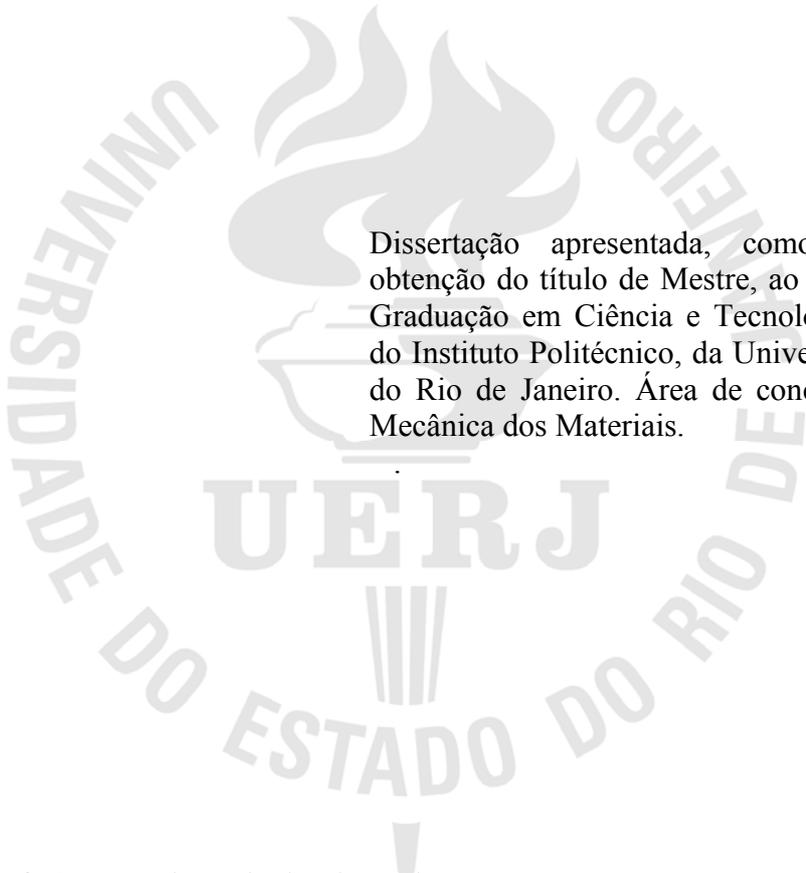
**Utilização de descarte de resíduos têxtil (poliamida/poliéster), como
agregado, em concreto**

Nova Friburgo

2015

Petterson Borges Machado

Utilização de descarte de resíduos têxtil (poliamida/poliéster), como agregado, em concreto



Dissertação apresentada, como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, do Instituto Politécnico, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração Física e Mecânica dos Materiais.

Orientadores: Prof. Dr. Joaquim Teixeira de Assis
Prof. Dr. José Renato de Castro Pessoa

Nova Friburgo

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CTC/E

M149 Machado, Petterson Borges.
Utilização de descarte de resíduos têxtil
(poliamida/poliéster), como agregado, em concreto / Petterson
Borges Machado. - 2015.
78 f. : il.

Orientadores: Joaquim Teixeira de Assis e José Renato
de Castro Pessoa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do
Rio de Janeiro, Instituto Politécnico.

1. Concreto – Reaproveitamento - Teses. 2. Cimento
Portland – Reaproveitamento - Teses. 3. Resíduos –
Reaproveitamento - Teses. 4. Indústria têxtil –
Reaproveitamento - Teses. 5. Sustentabilidade – Teses. 6.
Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.) – Teses. 7. Materiais -
Testes de compressão - Teses. I. Assis, Joaquim Teixeira de. II.
Pessoa, José Renato de Castro. III. Universidade do Estado do
Rio de Janeiro. Instituto Politécnico. IV. Título.

CDU 624.012.4: 620.173.25

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Petterson Borges Machado

Utilização de descarte de resíduos têxtil (poliamida/poliéster), como agregado, em concreto

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, do Instituto Politécnico, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Física e Mecânica dos Materiais.

Aprovada em 23 de março de 2015.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Joaquim Teixeira de Assis (Orientador)

Instituto Politécnico - UERJ

Prof. Dr. José Renato de Castro Pessôa (Co-Orientador)

Instituto Politécnico - UERJ

Prof. Dr. Gil de Carvalho

Instituto Politécnico - UERJ

Prof. Dr. Edgar Francisco Oliveira de Jesus

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Nova Friburgo

2015

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Carolina, pelo amor, carinho e apoio e aos meus pais João Batista e Selma,
pelo exemplo e pelo incentivo contínuo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pois acredito e entendo que foi Ele que me capacitou e me permitiu chegar até aqui. Agradeço também a minha família, a minha esposa Carolina, por todo seu amor, apoio, carinho e incentivo nos momentos mais difíceis, aos meus pais, João Batista e Selma, pais maravilhosos, que sempre me incentivaram e acreditaram em mim, agradeço pelo amor, cuidado e carinho. Agradeço também aos professores Joaquim Teixeira de Assis e ao professor José Renato de Castro Pessôa, que me instruíram e com paciência me ajudaram a concluir esse trabalho. Meu agradecimento também aos alunos de graduação, que direta ou indiretamente ajudaram na execução dessa tese, ao aluno Daniel Guida e a tantos outros que auxiliaram nessa jornada. Deixo aqui meu muito obrigado a todos.

O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece.

Benjamin Disraeli

RESUMO

MACHADO, Petterson Borges. *Utilização de descarte de resíduos têxtil (Poliamida/Poliéster), como agregado, em concreto*. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais) – Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, 2015.

Neste trabalho são apresentadas algumas características físicas, vantagens e viabilidade do uso do pó de tecido, proveniente do processamento de resíduos têxteis que são descartados em confecções em geral. A produção e utilização desse tipo de pó diminui o impacto ambiental e se mostra viável economicamente, pois é produzido facilmente a partir do processamento de resíduos, que seriam descartados na natureza. O presente trabalho mostra o estudo da produção do pó de tecido e a sua substituição parcial do agregado miúdo natural na produção de concretos de cimento Portland convencionais. Para comprovar a viabilidade técnica e econômica do uso do pó de tecido foram analisadas características do agregado como sua composição granulométrica, e seu comportamento nos ensaios de abatimento tronco de cone (Slump Test). Uma relação água-cimento também foi convencionalizada a um concreto usual com resistência esperada de 27MPa. Com estes dados foi definido um traço para o concreto utilizando 5% e 15% de agregado pó de tecido, substituindo a areia. A pesquisa apresenta os resultados de resistência à compressão simples dos corpos de prova cilíndricos de concreto aos 28 dias. Verificou-se que as amostras não apresentaram diferenças significativas de resistência entre si, tão pouco com relação às resistências de um concreto convencional produzido somente com agregado miúdo natural. Entretanto, houve uma melhora nos resultados dos ensaios à compressão, principalmente no concreto com 15% de pó de tecido.

Palavras-chave: Concreto verde. Sustentabilidade. Aproveitamento de resíduos. Resíduos têxteis. Agregado reciclado de concreto. Propriedades mecânicas do concreto.

ABSTRACT

MACHADO, Petterson Borges. *Use of textile waste disposal (Poliamide/Poliester), such as aggregate in concrete*. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais) – Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, 2015.

On this work are present some physical characteristics, advantages and viability of the use of the fabric dust, proceeding from the processing of textile residues that are discarded in confections in general. The production and use of this type of dust diminish the ambient impact and if it shows economically viable, therefore it is produced easily from the processing of residues, which would be discarded in the nature. The present work shows to the study of the production of the dust of tissue its partial substitution of the natural small aggregate in the production of concrete of Portland cement conventional. To prove the viability economic technique and of the use of the fabric dust they had been analyzed characteristic of the aggregate as its grain sized composition, and its behavior in the discouragement assays cone trunk (Slump Test). A relation water-cement also was stipulated to the one usual concrete with resistance waited of 27 MPa. With these data a trace for concrete using 5% and 15% of added fabric dust, substituting was defined the sand. The research presents the results of simple compressive strength of the cylindrical bodies of test of concrete to the 28 days. It was verified so little that the samples had not presented significant differences of resistance between itself, with regard to the resistance of a conventional concrete only produced with natural small aggregate. However, the compression had an improvement in the results of the assays, mainly in the concrete with 15% of fabric dust.

Keywords: Green Concrete. Sustainability. Waste recovery. Textile waste. Recycled aggregate concrete. Mechanical properties of concrete.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fibra natural: Algodão.....	29
Figura 2 – Fibras sintéticas.....	30
Figura 3 – Atividade minerária no município de Nova Friburgo.....	33
Figura 4 – Tecido Picado.....	37
Figura 5 – Tecido sendo derretido.....	37
Figura 6 – Material endurecido.....	38
Figura 7 – Processo de moagem.....	39
Figura 8 – Pó do tecido.....	39
Figura 9 – Tubo de aço 1020 reutilizado.....	40
Figura 10 – Corpo do equipamento.....	41
Figura 11 – Base do equipamento.....	42
Figura 12 – Tampa do equipamento.....	43
Figura 13 – Parafuso ISO 4762 M10x100.....	44
Figura 14 – Espaço para a fonte de aquecimento.....	45
Figura 15 – Montagem do equipamento.....	45
Figura 16 – Material para a construção do equipamento.....	46
Figura 17 - Equipamento montado.....	47
Figura 18 – Derretimento a microfibras com o equipamento.....	48
Figura 19 – Resultados e algumas placas produzidas.....	49
Figura 20 – Equipamento Mastersizer 2000, utilizado para determinação da granulometria do pó de tecido.....	51
Gráfico 1 - Distribuição do tamanho das partículas do pó de tecido.....	52
Figura 21 – Diagrama de Abrams.....	55
Figura 22 – Agregados devidamente pesados.....	56
Figura 23 – Moldes Utilizados.....	57
Figura 24 – Preparo do concreto na betoneira.....	58
Figura 25 – Ensaio de abatimento do tronco de cone conforme a norma ABNT NBR 7223, 1992.....	58
Figura 26 – Determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone.....	59
Figura 27 – Moldagem dos corpos de prova de concreto.....	59
Figura 28 – Golpeamento por camadas nos corpos de prova de concreto.....	60

Figura 29 – Corpos de prova de concreto	60
Figura 30 – Desforma dos corpos de prova de concreto.....	61
Figura 31 – Corpos de prova de concreto desformados.....	61
Figura 32 – Tanque de cura dos corpos de prova de concreto pela norma (ABNT NBR 9479, 1994).....	61
Figura 33 – Aspecto do concreto com pó de tecido, produzido no equipamento.....	62
Figura 34 – Ensaio realizado em corpo de prova.....	63
Figura 35 – Prensa utilizada no projeto	64
Figura 36 – Discos de neoprene utilizados.....	65
Figura 37 – Copos de prova com pó de tecido, produzido no equipamento.....	65
Figura 39 – Ensaio de compressão nos corpos de prova com o pó de tecido, produzido do no equipamento.....	66
Gráfico 2 – Média de resistência a compressão.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de cimento no mercado.....	22
Tabela 2 – Teores dos componentes de cimento Portland composto.....	23
Tabela 3 – Resistência à compressão de rochas americanas geralmente usadas como agregados de concreto.....	25
Tabela 4 – Limites granulométricos de agregado graúdo.....	26
Tabela 5 – Limites granulométricos de agregado miúdo.....	27
Tabela 6 – Traço utilizado para concreto de 30 Mpa.....	54
Tabela 7 – Traço utilizado para concreto com resistência de 27,7 Mpa.....	54
Tabela 8 – Traço para concreto com resistência de 27,7 Mpa (10 corpos de prova).....	56
Tabela 9 – Resultado do ensaio de compressão do concreto com reforço de 5% de tecido.....	67
Tabela 10 – Resultado do ensaio de compressão do concreto com reforço de 15% de tecido.....	68
Tabela 11 – Resultado do ensaio do concreto sem reforço de tecido.....	68
Tabela 12 - Resultados do ensaio de compressão do concreto com reforço 5% de tecido, fabricado no equipamento.....	69
Tabela 13 - Resultados do ensaio de compressão do concreto com reforço 15% de tecido, fabricado no equipamento.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A/C	Fator Água Cimento
CRF	Concreto Reforçado com Fibras
CAD	Concreto de Alto desempenho
CV	Viscose
CA	Acetato
NBR	Norma técnica brasileira
PES	Poliéster
PA	Poliamida
PAC	Acrílico
PP	Polipropileno
T _m	Temperatura de Fusão cristalina

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	15
1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
1.1	Trabalhos Anteriores	18
2	MATERIAIS CONSTITUINTES	20
2.1	Compósitos	20
2.1.1	<u>Compósito reforçado com partículas</u>	20
2.2	Concreto	20
2.2.1	<u>Cimento Portland</u>	21
2.2.1.1	Cimento Portland Composto	22
2.2.2	<u>Agregados</u>	23
2.2.2.1	Brita	25
2.2.2.2	Areia	26
2.2.3	<u>Água</u>	27
2.3	Resíduo Têxtil	28
2.3.1	<u>Tipos de fibras têxteis</u>	28
2.3.1.1	Fibras têxteis naturais	29
2.3.1.2	Fibras têxteis químicas	30
2.3.2	<u>Fibras têxteis sintéticas</u>	30
2.3.2.1	Poliéster	31
2.3.2.2	Náilon (Poliamida)	31
2.3.2.3	Acrílico	31
2.3.2.4	Microfibra	31
2.3.3	<u>Composição das fibras sintéticas</u>	32
2.4	Impactos ambientais decorrentes da extração de areia	32
3	PROPIEDADES DOS MATERIAIS	33
3.1	Resistência à compressão	33
3.2	Difração a laser para determinação da granulometria	34
3.2.1	<u>Princípios</u>	34
3.2.2	<u>Propriedades ópticas</u>	35
4	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	35
4.1	Preparação do pó	35

4.1.1	<u>O Tecido utilizado</u>	36
4.1.2	<u>Produção do Pó recipiente de alumínio</u>	36
4.1.3	<u>Desenvolvimento do equipamento</u>	39
4.1.3.1	Importância prática do equipamento desenvolvido	39
4.1.3.2	Desenvolvimento do equipamento no CAD	40
4.1.3.2.1	Corpo do equipamento no CAD	40
4.1.3.2.2	Base do equipamento no CAD	41
4.1.3.2.3	Tampa do equipamento no CAD	42
4.1.3.2.4	Parafuso DIN912/ISO 4762	43
4.1.3.2.5	Fonte de aquecimento	44
4.1.3.2.6	Montagem do equipamento no CAD	45
4.1.3.3	Construção do equipamento	46
4.1.3.4	Teste de produção	48
4.1.3.5	Resultado da queima	49
4.2	Determinação da Granulometria do Pó	50
4.2.1	<u>Equipamento</u>	50
4.2.2	<u>Distribuição granulométrica</u>	51
4.2.3	<u>Outras Técnicas</u>	52
4.2.4	<u>Determinação da granulometria</u>	52
4.3	Determinação do traço a ser utilizado	53
4.4	Preparação dos corpos de prova	55
4.4.1	<u>Preparação dos corpos de prova de concreto com pó produzido em panela</u>	55
4.4.2	<u>Preparação dos corpos de prova de concreto com pó produzido no equipamento</u>	62
4.5	Ensaio de compressão dos corpos de prova	63
4.5.1	<u>Ensaio de compressão dos corpos de prova com pó produzido na panela</u>	63
4.5.2	<u>Ensaio de compressão dos corpos de prova com pó produzido no equipamento</u>	65
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	66
5.1	Corpos de Prova com pó de tecido fabricados no recipiente de metal	67
5.2	Corpos de Prova com pó de tecido fabricados no equipamento	69
	CONCLUSÃO	71
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
	REFERÊNCIAS	74

INTRODUÇÃO

Com a perspectiva de reduzir os impactos ambientais, gerados pela extração de recursos necessários à construção civil, novas alternativas estão sendo utilizadas. A areia natural é um exemplo destes recursos não renováveis, sua extração agride a natureza, provocando a alteração da calha natural dos rios. Para isso é necessário buscar novas alternativas que substituam a areia natural, o agregado miúdo natural usado em argamassas e concretos.

O advento da revolução industrial que começou no século XIX, foi um dos grandes responsáveis pelo agravamento da poluição do meio ambiente. A crescente demanda, especialmente por bens de consumo, passou a ser responsável pelo lançamento anual de milhares de toneladas de resíduos no meio ambiente (LEITE, 2009). A questão ambiental, com toda sua complexidade, emerge como um dos mais discutidos temas contemporâneos bem como as soluções inteligentes para reduzir o impacto ao meio ambiente.

Os problemas de desperdício, sobras ou refugo são encontrados em praticamente todas as empresas fabris, quaisquer que sejam as técnicas específicas de fabricação utilizadas. Quando em volumes consideráveis, a geração resíduos não tem tratamento e destino adequado.

A relação entre resíduos e problemas ambientais é mais evidente no campo dos resíduos sólidos uma vez que seu grau de dispersão é bem menor do que o dos líquidos e gasosos (DEMAJOROVICK, 1995). Concomitantemente com o problema gerado pela produção de resíduos, há a exploração indiscriminada de recursos e matérias-primas para processos de produção que representa um percalço ao modelo sustentável de produção.

O município de Nova Friburgo, conhecido por sua produção de moda íntima, coexistindo uma importante fonte de renda da cidade com a produção de uma grande quantidade de refugos têxteis. Neste contexto, torna-se fundamental o desenvolvimento de técnicas e processos para reciclagem e reaproveitamento destes resíduos de modo a reduzir o dano ao meio ambiente e valer-se de modo sustentável deste material.

Chamar uma atividade de sustentável significa que ela pode ser continuada ou repetida em um futuro previsível (BERGON; HARPER; TOWNSEND, 2010). O conceito de sustentabilidade surge preferencialmente para melhor utilização de recursos renováveis, da preservação dos não renováveis e da reciclagem de materiais e resíduos.

Ao substituir-se parte do agregado miúdo no concreto é possível reduzir os danos ambientais causados pela extração de areia para produção de concreto. Destacam que a utilização de resíduos como matéria-prima na construção civil reduz a quantidade de recursos naturais retirados do meio ambiente (FIORITI; AKASAKI, 2004).

Isto porque os resíduos não reciclados são depositados em aterros sanitários e estes ocupam espaços cada vez mais valorizados, especialmente aqueles próximos aos grandes centros urbanos. Aterros sanitários concentram resíduos, muitos deles nocivos, e significam risco de acidentes ambientais, mesmo que tomadas todas as medidas de técnicas de segurança.

Nesse trabalho será apresentado como foi produzido o pó proveniente do resíduos têxtil, no primeiro processo foi utilizado um recipiente de alumínio e uma fonte de calor (fogareiro), no segundo foi desenvolvido uma equipamento de aço, que se mostrou mais eficiente, para derreter o material. É apresentado também o método utilizado para moagem das placas derretidas e também o ensaio que foi feito para determinar a granulometria do pó.

Num segundo momento foram produzidos corpos de prova, de concreto, com a adição do pó de tecido. Os mesmo foram submetidos a ensaio de compressão e os resultados são apresentados.

O objetivo principal dessa pesquisa é determinar a viabilidade da fabricação do pó de tecido e sua utilização em concreto.

No Capítulo 1 é feito uma revisão bibliográfica apresentando o concreto e seus constituintes o cimento, agregados graúdos, agregados miúdos e a água. É dissertado também sobre os resíduos têxteis, suas características, os tipos, a composição das fibras e especificamente é apresentado a microfibras, tecido utilizado nesse projeto.

No Capítulo 2 é discutido sobre ensaios e propriedades dos materiais, primeiramente é apresentado o ensaio de compressão, técnica empregada para determinação da resistência mecânica dos corpos de prova, posteriormente a técnica para determinação da granulometria é discutida, sendo princípios e propriedades apresentados.

O Capítulo 3 é onde é apresentado o procedimento experimental. É dissertado sobre a fabricação do pó, tanto em panela de alumínio, quanto no equipamento desenvolvido, é apresentado o desenvolvimento do equipamento, desde de sua concepção em CAD até seu desenvolvimento e seu resultado final. Através da técnica de difração a laser é determinado a granulometria do pó, além disso mostrou-se como foi a determinação do traço utilizado. Ainda nesse capítulo foi mostrado como foi a fabricação dos corpos de prova com o pó de tecido e como foi executado o ensaio de compressão nos mesmos.

No Capítulo 4 são feitas considerações e análise dos resultados obtidos no projeto.

Por fim são apresentadas as conclusões obtidas e algumas sugestões para trabalhos futuros

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O ritmo acelerado da construção civil nas últimas décadas tem feito com que aumente consideravelmente o consumo de matéria-prima para atender as necessidades construtivas.

A preocupação com as questões ambientais e as previsões de esgotamento de recursos naturais faz com que haja uma reflexão coletiva, da necessidade de se obter produtos e processos menos agressivos ao meio-ambiente, permitindo assim a sobrevivência das futuras gerações.

Muitos estudos têm sido realizados para analisar a utilização e/ou substituição de alguns componentes e materiais. Os resíduos têxteis poliméricos que muitas vezes não tem destinação correta e deposição adequada no meio-ambiente são estudados e utilizados, obtendo resultados satisfatórios em seu aproveitamento, proporcionando assim alternativas inovadoras e sustentáveis para o mercado consumidor.

Todas as inovações devem ser viáveis, portanto observando se a substituição do pó de tecido é mais econômica do que a utilização da areia natural nesse processo, além de fazer um comparativo entre os impactos que causam ao meio-ambiente.

Para a resolução dos objetivos desta pesquisa, cujo foco principal é a substituição da areia ‘natural’ pelo pó de tecido, realizou-se uma revisão sucinta a cerca dos conceitos relacionados ao tema.

1.1 Trabalhos anteriores

Figueiredo (2000) em seu trabalho mostra a influência da adição das fibras de aço e polipropileno na matriz de concreto, com diversos tipos e concentrações de fibras, mostrando diversos estudos no comportamento mecânico do concreto.

Dobbin (2011) apresentou uma proposta voltada ao método prático do uso de fibras sintéticas de polipropileno em concretos, tendo a busca de uma dosagem para ser possível chegar a um índice desejável da melhor percentagem de adição visando o controle de fissuração dos compósitos.

Costa e Silva (2011) buscou contribuir para esta discussão, de utilização de vidro moído na fabricação de concreto, através de uma avaliação comparativa de desempenho

mecânico para diferentes famílias de concreto, onde parte do agregado fino natural é substituída por pó de vidro.

Granzotto (2010) apresentou resultados experimentais de concretos de baixa resistência com diferentes taxas de adição de pó de borracha. Os resultados obtidos revelaram que é possível obter uma taxa ótima de adição sem que ocorram perdas significativas para a resistência à compressão e à tração do concreto com adições.

Campo, W; Jacintho, A (2010) estudou o comportamento frente às resistências mecânicas do concreto com adição de fibras de borracha. Para isso foram desenvolvidos traços de concreto com adição de fibras de borracha e os resultados foram comparados com o concreto de resistência convencional sem fibras.

MOLIN FILHO (2012) estudou o desenvolvimento de concreto autoadensável (CAA) com a utilização do bagaço da cana-de-açúcar (CBC). Os parâmetros autoadensáveis foram classificados pelos critérios da ABNT NBR 15823-1:2010 e de Gomes e Barros (2009). Os ensaios autoadensáveis utilizados foram: o Ensaio de Espalhamento no Cone de Abrams para avaliar a fluidez, o escoamento e a viscosidade plástica, o Ensaio do Funil-V para avaliar a viscosidade, os Ensaios da Caixa-L e do Anel-J para avaliar a habilidade passante e o Ensaio do Tubo-U para avaliar a resistência à segregação. O traço unitário, em massa, do CAA com CBC desenvolvido foi: 1: 1,8: 0,2: 2,21: 0,45: 0,40: 0,0055 (cimento: areia: CBC: brita: água: filer: superplastificante). O desenvolvimento do CAA sem CBC apresentou um traço unitário, em massa, similar de 1: 2: 2,12: 0,45: 0,40: 0,0055 (cimento: areia: brita: água: filer: superplastificante), diferente apenas em 0,09 na relação da brita e na presença parcial da CBC em substituição a areia. Ambos os traços de concretos, sem e com CBC, tiveram atendimento dos parâmetros autoadensáveis em cada ensaio avaliado, ou pela ABNT NBR 15823-1:2010 ou por Gomes e Barros (2009). Sendo que o CAA com 10% de CBC, em substituição parcial da areia, teve atendimento de todos os parâmetros dos ensaios definidos pela ABNT NBR 15823-1:2010. Os desempenhos da resistência à compressão e da resistência à tração aos 28 dias foram satisfatórios. Pela ABNT NBR 8953:1992 foi possível classificá-los como pertencentes ao grupo I e classe C35 de resistência.

A adição de componentes, seja em forma de fibras ou em forma de pó, no concreto com o propósito de melhorar propriedades sejam mecânicas, sejam em outros aspectos é algo que já vindo sendo estudado a bastante tempo, esses estudos tem permitido, cada vez mais, obter um concreto de melhor qualidade e com maior resistência.

2 MATERIAIS CONSTITUINTES

2.1 Compósitos

Os materiais compósitos estão cada vez mais presentes no cotidiano da engenharia de materiais ligado ao avanço tecnológico e a diversas aplicações no setor automobilístico, aeronáutico, aeroespacial e subaquático que não pode ser atendida por ligas metálicas, cerâmicas e materiais poliméricos. Um exemplo clássico é o setor aeroespacial que busca materiais estruturais que tenham baixa densidade, alta resistência à abrasão e impacto e sejam fortes e rígidos e não sejam facilmente corroídos. O material compósito é uma combinação de dois ou mais materiais que utilizados juntos resultam em uma combinação de propriedades que podem ser encontradas em uma única fase (CALLISTER, 2008, p. 423).

O concreto por definição é um material compósito cerâmico cimentício e as fases são denominadas fase matriz, que neste trabalho será o concreto convencional, e a fase dispersa, que é o pó de reforço.

2.1.1 Compósito reforçado com partículas

Compósitos com partículas grandes e compósitos reforçados por dispersão são duas subclassificações de compósitos reforçados com partículas. A distinção entre essas classificações se baseia no mecanismo de reforço e aumento de resistência mecânica. O termo "grande" é usado para indicar que as interações partícula-matriz não podem ser tratadas em níveis atômicos ou moleculares; em vez disso, a mecânica do contínuo deve ser empregada.

Para muitos destes compósitos, a fase particulada é mais dura e rígida do que a matriz. Estas partículas de reforço tendem a restringir o movimento da fase matriz na vizinhança de cada partícula. Em essência, a matriz transfere alguma tensão aplicada às partículas, que suportam uma fração da carga. O grau de reforço ou melhoria do comportamento mecânico depende da forte ligação na interface matriz-partícula. (CALLISTER, 2008)

2.2 Concreto

O concreto é uma mistura físico-química de cimento, agregados e água. A qualidade desta mistura dependerá da qualidade dos componentes; a água e o cimento combinam-se formando a pasta que liga os agregados entre si. Se uma pequena parte desta pasta não preencher os vazios do agregado prejudicará a qualidade do concreto. Da mesma forma o uso excessivo da água, na hidratação do cimento formará por evaporação posterior vazios, que prejudicará as propriedades mecânicas e físicas do concreto (NÁPOLES NETO et al., 1968, p. 358).

Na aplicação do concreto reforçado com partículas, existem considerações de uso comum para a aplicação de aditivos na mistura que não diferem daquelas consideradas normalmente para misturas em concreto simples. Os fluidificantes, superfluidificantes retardadores, são usados para manter a trabalhabilidade do concreto; normalmente são a base de Copolímeros de Vinil, Policarboxilatos Modificados, apresentados na forma líquida. Conseguem manter a trabalhabilidade do concreto por 2 a 6 horas, de acordo com a necessidade. Os aditivos são incorporados, uma vez elaborada a mistura, para controlar a trabalhabilidade necessária onde existam dificuldades de acesso no local de projeção, ou nos casos de percursos longos da usina até a obra. Os acelerantes de pega são incorporados na mistura quando há necessidade de rápido ganho de resistência. Normalmente, são produzidos a base de silicato e sulfato de alumínio. É importante controlar a porcentagem deste produto já que o seu uso excessivo em longo prazo pode reduzir a resistência do material. Normalmente é utilizado de 4% a 6% da fração de cimento. O formato pode ser em pó ou líquido. Os protetores de corrosão fazem parte de uma nova geração de aditivos que ativam os álcalis do concreto e agem junto a estes para gerar uma interação mais rigorosa contra a ação dos íons de cloro que induzem a oxidação (MACAFERRI, 2008, p. 74).

Os principais fabricantes de aditivos para concreto reforçado são: Sika, Mc Bauchemie, Basf, Otto Baumgart, Bautech e Weber.

2.2.1 Cimento Portland

O cimento Portland é um material constituído principalmente de material calcário, como rocha calcária ou gesso, alumina e sílica, encontrados como argilas ou xisto. Pode também ser usada a marga, mistura de materiais calcários e argilosos (NEVILLE, 1997, p. 24).

O processo de fabricação do cimento Portland, segundo (NEVILLE, 1997, p. 24), consiste essencialmente em moer a matéria prima, misturá-la intimamente nas proporções adequadas e queimar essa mistura em um grande forno rotativo até uma temperatura de cerca de 1450°C, sofrendo uma fusão incipiente formando pelotas chamadas clínquer. É resfriado e moído até um ponto bem fino com adição de um pouco de gesso.

No mercado existem diversos tipos de cimento. A diferença entre eles está na composição, mas todos atendem às exigências das Normas Técnicas Brasileiras. Cada tipo tem o nome e a sigla correspondente estampada na embalagem, para facilitar a identificação. Os tipos de cimento adequados aos usos gerais são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Tipos de cimento no mercado

Tipos de Cimento		Classe de Resistência (MPa)	Norma Brasileira
CP I	Cimento Portland Comum	25	NBR 5732
CP I – S	Cimento Portland Comum com Adição	32 40	NBR 5732
CP II –E	Cimento Portland Composto com Escória de Alto Forno	25 32 40	NBR 11578
CP II –Z	Cimento Portland Composto com Pozolana	25 32 40	NBR 11578
CP II –F	Cimento Portland Composto com Filer (Calcário)	25 32 40	NBR 11578
CP III	Cimento Portland de Alto Forno	25 32 40	NBR 5735
CP IV	Cimento Portland Pozolânico	25 32	NBR 5736
CP V ARI	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	-	NBR 5733
RS	Cimento Portland Resistente a Sulfatos	-	NBR 5737
	Cimentos Especiais		

Fonte: HOLCIM, 2011.

2.2.1.1 Cimento Portland Composto

Segundo a norma ABNT NBR 11578 (1991, p. 2), o Cimento Portland Composto é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfatos de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto forno e / ou materiais carbonáticos, nos teores especificados na Tabela 2.

Tabela 2 - Teores dos componentes do cimento Portland composto

Sigla	Classe de resistência (MPa)	Componentes (% em massa)			
		Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
CP II-E	25	94-56	6-34	-	0-10
	32				
	40				
CP II-Z	25	94-76	-	6-14	0-10
	32				
	40				
CP II-F	25	94-90	-	-	6-10
	32				
	40				

Legenda: (CP II-E) – Cimento Portland composto com escória; (CP II-Z) – Cimento Portland composto com pozolana; (CP II-F) – Cimento Portland composto com filer.

Fonte: ABNT NBR 11578, 1991, p. 2.

E as classes 25, 32 e 40 representam os mínimos de resistência à compressão aos 28 dias (ABNT NBR 11578, 1991, p 2).

2.2.2 Agregados

Segundo Petrucci (1980), entende-se por agregado o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inertes, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia. As rochas britadas (granito), os fragmentos rolados no leito dos cursos d'água e os materiais encontrados em jazidas, provenientes de alterações de rocha (gnaisse) são exemplos de agregados. Suas aplicações são variadas: servem para lastro em vias férreas, bases para calçamentos, são adicionados aos solos que constituem a pista de rolamento das

estradas, entram na composição de material para revestimentos betuminosos e são, finalmente, utilizados como material granuloso e inerte na confecção de argamassas e concreto.

Como pelo menos três quartas partes do volume do concreto são ocupadas pelos agregados, não surpreende que a sua qualidade seja de considerável importância. O agregado não só pode influenciar a resistência do concreto, pois agregados com propriedades indesejáveis podem não apenas produzir um concreto pouco resistente, mas também podem comprometer a durabilidade e o desempenho estrutural do concreto. O agregado antes era tido como um material inerte disperso por entre a pasta de cimento principalmente por razões econômicas. No entanto, é possível adotar um ponto de vista oposto e considerar o agregado como um material de construção de alvenaria. Na verdade o agregado não é inerte na exata acepção da palavra e suas propriedades físicas, térmicas e, às vezes, também químicas têm influência no desempenho do concreto. O agregado custa menos do que o cimento e, portanto, é econômico usar no concreto quanto mais agregado e menos cimento possível. Mas a economia não é única razão de se usar agregado: ele confere vantagens técnicas consideráveis ao concreto, que passa a ter maior estabilidade dimensional e melhor durabilidade do que a pasta de cimento pura (NEVILLE, 1997, p. 125).

Mas a idéia do passado de que o agregado é um material de baixo custo em relação ao cimento, não pode ser mais usado nos dias de hoje devido ao alto custo ambiental, onde a geografia do local explorado para a extração destes materiais na natureza jamais será repostos.

Um empacotamento denso do agregado e um bom contato interfacial são obtidos empregando-se partículas com dois tamanhos diferentes; as partículas finas de areia devem preencher os espaços vazios entre as partículas de brita, esses agregados compreendem entre 60% a 80% do volume total do concreto. A quantidade da pasta de cimento-água deve ser suficiente para cobrir todas as partículas de areia e de brita. De outra forma a ligação de cimentação não ocorrerá (CALLISTER, 2008, p. 426).

Os agregados podem ser classificados do ponto de vista de sua origem e, neste caso, podemos dividi-los em naturais e artificiais. Os agregados naturais são aqueles encontrados na natureza como, por exemplo: as areias de mina, as areias de cursos d'água, e os pedregulhos ou seixos rolados. Denominam-se artificiais aqueles que necessitam de um trabalho de aperfeiçoamento pela ação do homem, a fim de chegar à situação de uso como agregado, como por exemplo, as areias e pedras obtidas por moagem de fragmentos maiores (PETRUCCI, 1980).

A resistência inadequada do agregado representa um caso limite porque as propriedades físicas do agregado têm alguma influência sobre a resistência do concreto, mesmo quando o agregado é suficientemente resistente para não se romper prematuramente. Comparando concretos preparados com agregados diferentes, pode-se observar que a influência sobre a resistência do concreto é qualitativamente igual, quaisquer que sejam as proporções da mistura, tanto para o ensaio de compressão como de tração (Tabela 3). Em geral a resistência e a elasticidade do concreto dependem da sua composição, textura e estrutura (NEVILLE, 1997, p. 136).

Tabela 3- Resistência à compressão de rochas americanas geralmente usadas como agregados de concreto

Resistência à compressão, MPa				
Após eliminação dos valores extremos				
Tipo de Rocha	Nº de amostras	Valor médio	Valor Máximo	Valor Mínimo
Granito	278	181	257	114
Felsito	12	324	526	120
Basalto	59	283	377	201
Calcário	241	159	241	93
Arenito	79	131	240	44
Mármore	34	117	244	51
Quartzito	26	252	423	124
Gnaisse	36	147	235	94
Xisto	31	170	297	91

Fonte: NEVILLE, 1997, p. 136.

Os agregados são classificados por dois grupos de tamanhos, sendo as principais divisões entre agregado miúdo, que compreende material não maior do que 5 mm, ou 4,8 mm, muitas vezes denominado areia (por exemplo, na BS 882:1992), e agregado graúdo, que compreende material igual ou maior do que 5 mm, ou 4,8 mm. (NEVILLE, 1997, p. 125).

Neste trabalho não foi feito uma análise granulométrica dos agregados (miúdo, graúdo), britas e areia, que fora adquiridas no mercado já classificadas.

2.2.2.1 Brita

As pedras britadas são grãos de superfície rugosa, proveniente do britamento de rochas estáveis, o tamanho das pedras varia muito e tem influência na qualidade do concreto. Por isso, as pedras são classificadas por tamanhos medidos em peneiras pela abertura da malha, (PETRUCCI, 1980). Na tabela 4 são apresentados os limites granulométricos do agregado graúdo pela norma ABNT NBR 7211, 1983:

Tabela 4 - Limites granulométricos de agregado graúdo

Graduação		0	1	2	3	4	5
Porcentagem retida acumulada, em peso, nas peneiras de abertura nominal, em mm, de	152	-	-	-	-	-	-
	76	-	-	-	-	0	-
	64	-	-	-	-	0-30	-
	50	-	-	-	0	0-75	-
	38	-	-	-	0-30	90-100	-
	32	-	-	0	75-100	95-100	-
	25	-	0	0-25	87-100	-	-
	19	-	0-10	75-100	95-100	-	-
	12,5	0	-	90-100	-	-	-
	9,5	0-10	80-100	95-100	-	-	-
	6,3	-	92-100	-	-	-	-
	4,8	80-100	95-100	-	-	-	-
2,4	95-100	-	-	-	-	-	

Fonte: ABNT NBR 7211, 1983, p. 4.

As britas devem estar limpas antes de seu uso, sendo retirados a mão ou por lavagem o pó de britagem, galhos, folhas e raízes.

2.2.2.2 Areia

A areia natural quartzosa ou a artificial é resultante do britamento de rochas estáveis. São classificadas de acordo com a origem como natural ou artificial. A areia natural é

encontrada em minas ou no leito de rios e a areia artificial é obtida em usinas apropriadas, pelo britamento de rochas até o diâmetro máximo especificado. E, assim como a brita, ela também precisa estar limpa e livre de impurezas como: argila, matéria orgânica e pó muito fino denominado material pulverulento, antes de ser usada (PETRUCCI, 1980).

A Norma Técnica (ABNT NBR 7211, 1983, p 4) classificam a areia, segundo o tamanho de seus grãos, em: muito fina, fina, média, grossa, como mostra a tabela 5:

Tabela 5 - Limites granulométricos de agregado miúdo

Peneira ABNT	Porcentagem, em peso, retida acumulada na peneira ABNT, para a			
	Zona 1 (muito fina)	Zona 2 (fina)	Zona 3 (média)	Zona 4 (grossa)
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4,8 mm	0 a 5 ^(A)	0 a 10	0 a 11	0 a 12
2,4 mm	0 a 5 ^(A)	0 a 15 ^(A)	0 a 25 ^(A)	5 ^(A) a 40
1,2 mm	0 a 10 ^(A)	0 a 25 ^(A)	10 ^(A) a 45 ^(A)	30 ^(A) a 70
0,6 mm	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
0,3 mm	50 a 85 ^(A)	60 ^(A) a 88 ^(A)	70 ^(A) a 92 ^(A)	80 ^(A) a 95
0,15 mm	85 ^(B) a 100	90 ^(B) a 100	90 ^(B) a 100	90 ^(B) a 100

Legenda: (A) - Pode haver uma tolerância de até um máximo de cinco unidades de por cento em um só dos limites marcados com a letra A ou distribuídos em vários deles; (B) - Para agregado miúdo resultante de britamento, este limite pode ser 80.

Fonte: ABNT NBR 7211, 1983, p. 4.

2.2.3 Água

A água a ser utilizada no concreto deve ser limpa sem argila e material orgânico. Nunca deve ser usada água poluída com esgoto ou água do mar na preparação do concreto (ABNT NBR 15900, 2009).

A quantidade de água empregada no concreto tem uma grande importância, tão importante que a relação entre o volume da água e o volume do cimento dentro de uma mistura recebeu um nome: fator água cimento (A/C).

A água deve ser empregada na quantidade necessária para envolver os grãos, permitindo a hidratação e posterior cristalização do cimento.

A água é importantíssima para a cura do concreto, pois a hidratação do cimento continua por um tempo muito longo, em torno de 28 dias para o concreto atingir a sua resistência máxima (PETRUCCI, 1980).

2.3 Resíduo Têxtil

Dados do Instituto de Estudos e Marketing Industrial – IEMI (2010) evidenciam que no ano de 2009 existiam no Brasil 25.666 empresas formais no segmento de confecções, das quais 70% eram micro e pequenas empresas.

De acordo com a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN (2012b), no Estado do Rio de Janeiro existem 10 polos de moda, nos quais estão instaladas mais de 3.000 empresas que geram em torno de 51 mil empregos diretos na indústria de transformação e outros 90 mil empregos em toda a cadeia produtiva. Entre esses polos, destacam-se o da Moda Íntima de Nova Friburgo com mais de 950 confecções formais, oferecendo mais de dez mil empregos diretos.

De acordo com FREIRE; LOPES, (2013) o aumento da atividade na indústria é comumente seguido de maior exploração dos recursos naturais e, conseqüentemente uma maior geração de resíduos. Também eles concordam que a geração de resíduos pode ser analisada sob a ótica econômica como sendo indesejável porque caracteriza perda de material utilizado nos processos de transformação de insumos em bens e, por isso, devem ser incluídos nos custos dos respectivos produtos ou serviços.

Além disso sob a ótica ambiental, a geração de resíduos, bem como o destino dado a esses resíduos, pode representar um aumento do risco de contaminação do meio ambiente, principalmente quando a sua gestão é feita sem a consciência dos possíveis danos ambientais.

Por essa razão, a geração e reciclagem de resíduos sólidos pelo segmento têxtil vêm sendo objeto de estudos em diversas áreas em busca de alternativas que visam a minimização ou reaproveitamento dos refugos têxteis (FIRJAN 2012).

Foi constatado, em pesquisa de campo realizada pelo autor, que para o setor têxtil do município de Nova Friburgo a maior parte dos refugos produzidos pelas indústrias e confecções são fibras têxteis sintéticas especialmente poliéster e poliamidas (Náilon).

2.3.1 Tipos de fibras têxteis

Segundo o CONMETRO Cap.3, item 4 fibra têxtil ou filamento têxtil é toda matéria natural, de origem vegetal, animal ou mineral, assim como toda matéria artificial ou sintética, que por sua alta relação entre seu comprimento e seu diâmetro, e ainda, por suas características de flexibilidade, suavidade, elasticidade, resistência, tenacidade e finura está apta as aplicações têxteis. As fibras têxteis se dividem em dois grandes grupos: fibras naturais e fibras manufaturadas (químicas).

2.3.1.1 Fibras têxteis naturais

Fibras têxteis naturais são aquelas feitas de materiais originários de recursos naturais. Existem três fontes principais das quais podem ser obtidas para a produção deste tipo de fibra. Fibra celulósica de origem vegetal, fibra proteica de origem animal e também fibras minerais. Este tipo de fibra produz apenas fibras curtas em termos de comprimento quando comparadas àquelas sintéticas (PETTENGILL, 2013).

São classificadas quanto a sua origem:

- De origem animal: alguns exemplos são a seda (que provém da secreção glandular da larva do bicho da seda), lã, camurça, caxemira, angorá, couro e outras peles de animais;
- De origem vegetal: a mais comum é o algodão (Figura 1), a juta e o linho (extraídos do caule), o sisal e a palma (extraídos da folha) e a fibra coco (extraído do próprio fruto);
- De origem mineral: o único exemplo é o amianto, que é extraído de um mineral chamado asbesto. O tecido feito com essa fibra é usado nas roupas de bombeiros como isolante térmico e antichama.

Figura 1 – Fibra natural: Algodão



Fonte: Pettengill (Secom/MT), 2013

2.3.1.2 Fibras têxteis químicas

As fibras têxteis não naturais são aquelas formadas por macromoléculas lineares obtidas através de manipulação ou síntese química. São as chamadas fibras manufaturadas, e podem ser divididas entre fibras artificiais e sintéticas (SHENTEICER, 2014).

- Fibras Artificiais

São fibras produzidas pelo homem a partir de polímeros naturais como a celulose (fibras celulósicas). Estes polímeros são regenerados dando origem a novas fibras. As mais comuns são a viscose (CV), acetato (CA), Modal, Cupro.

- Fibras Sintéticas

Fibras sintetizadas utilizando como matéria-prima produtos químicos, especialmente da indústria petroquímica. Entre estas podemos citar o poliéster (PES), a poliamida (PA), o acrílico (PAC), o polipropileno (PP) e o poliuretano elastomérico (PUR) também conhecido como elastano.

Na figura 2 podem ser vistas as fibras sintéticas de maior interesse para este trabalho: Poliéster e Náilon (poliamida).

Figura 2 – Fibras sintéticas



Legenda: (a) – Fibra de poliéster ; (b) – Fibra de náilon

Fonte: SHENTEICER, 2014

2.3.2 Fibras têxteis sintéticas

As fibras sintéticas são produzidas a partir de resinas derivadas do petróleo. As de maior interesse têxtil são em ordem de quantidades consumidas, o poliéster, o polipropileno, o náilon e o acrílico. Há também os elastanos de características peculiares. Para o nosso interesse, o poliéster é a fibra mais encontrada nos resíduos têxteis, junto com o náilon. Geralmente estes tecidos não se encontram totalmente puros, possuindo uma porcentagem de elastano em sua composição (ROMERO, 1995).

2.3.2.1 Poliéster

É a fibra sintética de maior consumo no setor têxtil, representa pouco mais de 50% da demanda total de fibras químicas. É a mais barata de todas as fibras têxteis, químicas ou naturais (ROMERO, 1995).

2.3.2.2 Náilon (Poliamida)

Foi a primeira fibra sintética a ser produzida industrialmente, apresentando elevada resistência mecânica, baixa absorção de umidade, boa texturização e aceitação de acabamentos têxteis. Utilizado principalmente na fabricação de tecidos de malha apropriados para confecção de meias e roupas de banho, moda íntima e artigos esportivos (ROMERO, 1995).

2.3.2.3 Acrílico

Ocupa seu lugar nos confeccionados têxteis como o melhor substituto sintético da lã. Possui bom isolamento térmico, leve e muito resistente à ação solar e de agentes químicos. Larga aplicação na fabricação de artigos de inverno (ROMERO, 1995).

2.3.2.4 Microfibra

A microfibra é composta de 80% poliéster e 20% de poliamida. É composta por fios 100 vezes mais finos que o cabelo humano, o que significa que 9000 metros do fio pesam aproximadamente 1Gr. A microfibra faz parte das mais avançadas inovações tecnológicas no ramo têxtil e pode se dizer também que é reconhecido como um dos melhores produtos de limpeza do nosso século.

2.3.3 Composição das fibras sintéticas

O processo de produção das fibras sintéticas se inicia com a transformação da nafta petroquímica, um derivado petróleo, em benzeno, eteno, p-xileno e propeno, produtos

intermediários da chamada 1º geração petroquímica e insumos básicos para a produção destas fibras.

O benzeno é a matéria-prima básica da poliamida 6 (náilon 6), que, por sua vez, é obtida pela polimerização da caprolactama (único monômero), enquanto que a poliamida 6.6 consiste na polimerização de dois monômeros: hexametilenodiamina e ácido adípico, que por reação de policondensação formam o "Sal N", e em uma segunda fase a poliamida 6.6 (náilon 6.6).

O poliéster cuja matéria-prima básica é o p-xileno pode ser obtido por intermédio de duas rotas de produção: a do DMT (Dimetil Tereftalato + MEG) ou a do PTA (Ácido Tereftálico Puro + MEG: Monoetilenoglicol).

As fibras acrílicas e olefinicas (polipropileno), por sua vez, têm como principal insumo básico petroquímico o propeno. Pelas suas propriedades e presença de aminoácidos, as fibras acrílicas são comparadas à lã natural e ocuparam os segmentos de roupas de inverno e de tapeçaria, devido as suas semelhanças aos produtos de lã.

2.4 Impactos ambientais decorrentes da extração de areia

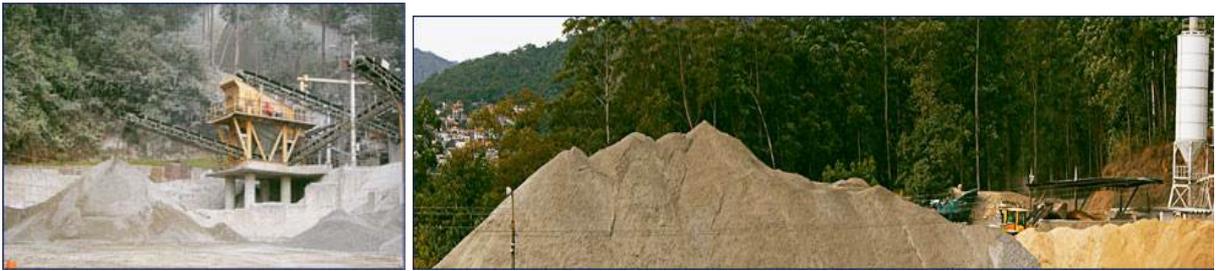
Areia e seixo são extraídos por todo o mundo e correspondem ao maior volume de material sólido globalmente extraídos. Formadas por processos erosivos durante milhares de anos, estão sendo extraídos a uma taxa nunca antes vista e muito maior que a sua reposição. Além disso, o volume extraído está causando um impacto significativo em rios, deltas e ecossistemas costeiros e marítimos, resultando em perda de terra através da erosão de rios e encostas, diminuindo a quantidade de subsídios sedimentares.

Apesar das quantidades colossais de areia e seixo sendo usadas, nossa crescente dependência e o significativo impacto de sua extração no meio ambiente, os danos ainda são muito ignorados por políticas ambientais e continua desconhecido por grande parte da população.

Segundo (RODRIGUES & FUCALE 2014), o ramo de construção civil é um dos maiores consumidores de recursos naturais de qualquer economia e a exploração de agregado miúdo cresceu de forma considerável ultimamente, trazendo consigo um aumento dos impactos ambientais.

Segundo (Griffith apud SILVA H., 1988) a atividade minerária (Figura 3) é uma das maiores responsáveis pela modificação da superfície terrestre. Esta afeta não só o local de mineração mas todo o seu entorno, provocando impactos sobre a água, o ar, o solo, o subsolo e a paisagem como um todo.

Figura 3 – Atividade minerária no município de Nova Friburgo



(a)

(b)

Legenda: (a) – Extração de areia e brita; (b) – Areia extraída pela atividade mineraria.

Fonte: Pedrinco, 2014

3 PROPIEDADES DOS MATERIAIS

3.1 Resistência à compressão

Mehta (1994), explica que na dosagem do concreto e no controle de qualidade, a resistência à compressão axial é, em geral, a única propriedade especificada, pois sua determinação é relativamente simples e também porque propriedades do concreto, como módulo de elasticidade, impermeabilidade e durabilidade, estão diretamente relacionadas com a resistência e, podem ser deduzidas a partir da mesma.

A resistência à compressão axial por ser maior que os outros tipos de resistência é aceita universalmente como um índice geral de resistência do concreto. A resistência à compressão é um parâmetro que aponta para a aceitação ou rejeição de uma estrutura de concreto armado. Este parâmetro é avaliado por meio de corpos de prova obtidos de amostras de concreto fresco, estando sujeito às variações decorrentes das etapas do processo de coleta, moldagem, dentre outros.

Para se determinar a resistência de um concreto a norma (NBR 5739 1994) prescreve o método pelo qual devem ser ensaiados à compressão dos corpos-de-prova, cilíndricos de concreto moldados, conforme o procedimento da norma (NBR 5738 1994).

3.2 Difração a laser para determinação da granulometria

A difração laser é uma técnica amplamente utilizada para determinação do tamanho de partículas para materiais que vão desde centenas de nanômetros a vários milímetros de tamanho (Malvern, 2015). As principais razões para seu sucesso são:

- Ampla faixa dinâmica - de submícrons a milímetros de tamanho.
- Medições rápidas - resultados gerados em menos de um minuto.
- Repetibilidade - grande número de partículas amostradas em cada medição.

- Resposta instantânea - monitoramento e controle do processo de dispersão de partículas.
- Alta produtividade de amostras - centenas de medições por dia.
- Calibração desnecessária - facilmente verificada com materiais padrão de referência.
- Técnica bem estabelecida - coberta pela ISO13320 (2009).

3.2.1 Princípios

A difração laser mede as distribuições de tamanho das partículas por medição da variação angular na intensidade da luz difundida à medida que um feixe de laser interage com as partículas dispersas da amostra. Partículas grandes dispersam a luz em pequenos ângulos em relação ao feixe de laser e partículas pequenas dispersam a luz em ângulos grandes. Os dados sobre a intensidade da dispersão angular são então analisados para calcular o tamanho das partículas responsáveis por criar o padrão de dispersão, com base na teoria de difusão da luz de Mie. O tamanho das partículas é indicado como o diâmetro de uma esfera de volume equivalente (Malvern, 2015).

3.2.2 Propriedades ópticas

A difração laser utiliza a teoria Mie de espalhamento da luz de para calcular a distribuição de tamanho de partículas, com base no modelo esfera de volume equivalente.

A teoria de Mie requer o conhecimento das propriedades ópticas (índice de refração e componente imaginário) tanto da amostra a ser medida quanto do dispersante. Normalmente, as propriedades ópticas do dispersante são relativamente fáceis de encontrar e são dados publicados, além disso, muitos instrumentos modernos possuem bancos de dados integrados que incluem os dispersantes mais usados. Para amostras em que as propriedades ópticas não são conhecidas, o usuário poderá medi-las ou estimá-las usando uma abordagem interativa

com base no grau de adequação entre os dados modelados e os dados reais recolhidos para a amostra.

Uma abordagem simplificada seria usar a aproximação de Fraunhofer, que não exige o conhecimento das propriedades ópticas da amostra. Esta pode fornecer resultados precisos para partículas grandes. No entanto, deve ser usada com cautela sempre que se trabalhar com amostras que possam ter partículas abaixo de 50 μm ou quando as partículas forem relativamente transparentes (Malvern, 2015).

4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1 Preparação do pó

Um dos grandes problemas observados no projeto anterior, feito por mim na graduação, que versava sobre a adição de tecido picado no concreto, foi a forma como o tecido foi incorporado ao concreto, em pedaços pequenos, mas ainda com estrutura entrelaçada, com sua trama específica.

Na época decidiu-se verificar o efeito da adição de pedaços de resíduos têxteis ao traço de um concreto com resistência mecânica a compressão de 30 MPa. Foram utilizados doze corpos-de-prova, em placa, medindo 30x14 cm e com 10 cm de espessura. Em quatro corpos-de-prova não foram adicionados o tecido para que se pudesse comparar os resultados dos ensaios realizados, segundo a norma NBR 9780 / 1987 - Peças de Concreto para Pavimentação - Ensaio Compressão, onde se verificou a resistência à compressão do concreto. O que observamos ao final do projeto foi que houve uma diminuição significativa da resistência a compressão com a adição do tecido, quanto maior foi a adição do tecido maior a perda de resistência. A partir de observações e análise dos resultados podemos perceber que algumas correções e aperfeiçoamentos poderiam nos levar a melhores resultados, motivação essa que nos levou a continuar a pesquisa durante o mestrado.

O concreto de cimento Portland é um produto que resulta do endurecimento da mistura de cimento Portland, agregado graúdo e miúdo e água, em proporções adequadas. Já os agregados são materiais granulares, com forma e volume variáveis, geralmente inerte e com dimensões e propriedades compatíveis para utilização na construção civil.

Foi observado que a forma como foi adicionando o tecido não era a forma mais adequado para agregado. Após extensa pesquisa, notou-se que o ideal seria processa-lo obtendo do tecido suas fibras ou transformando-o em pó.

Existem hoje no mercado equipamento específicos que permitem extrair as fibras dos tecidos, desfazendo suas tramas, contudo esses equipamentos são muito caros, o que inviabilizaria nossa pesquisa, portanto o pó do tecido tornou-se a opção mais acessível.

4.1.1 O Tecido utilizado

Uma das observações mais importantes feitas durante o projeto, foi em relação ao tecido que iríamos utilizar, na cidade de Nova Friburgo, local de realização da pesquisa. Após pesquisa de campo aferiu-se que cerca de 80% de todo o tecido utilizado na cidade é composto de tecido sintético, tendo em sua trama principalmente poliamida e poliéster.

Tendo conhecimento prévio das propriedades dos polímeros, como por exemplo, a temperatura de fusão (T_m) e sabendo que as mesmas não se encontravam em temperaturas muito altas, Poliamida e Poliéster 265 °C (CALLISTER 2008), tentou-se empiricamente produzir o pó.

4.1.2 Produção do Pó em recipiente de alumínio

Primeiramente, o tecido foi picotado em pedaços pequenos de forma a facilitar o manuseio e a adição em uma panela, como mostrado na figura 4.

Figura 4 - Tecido picado

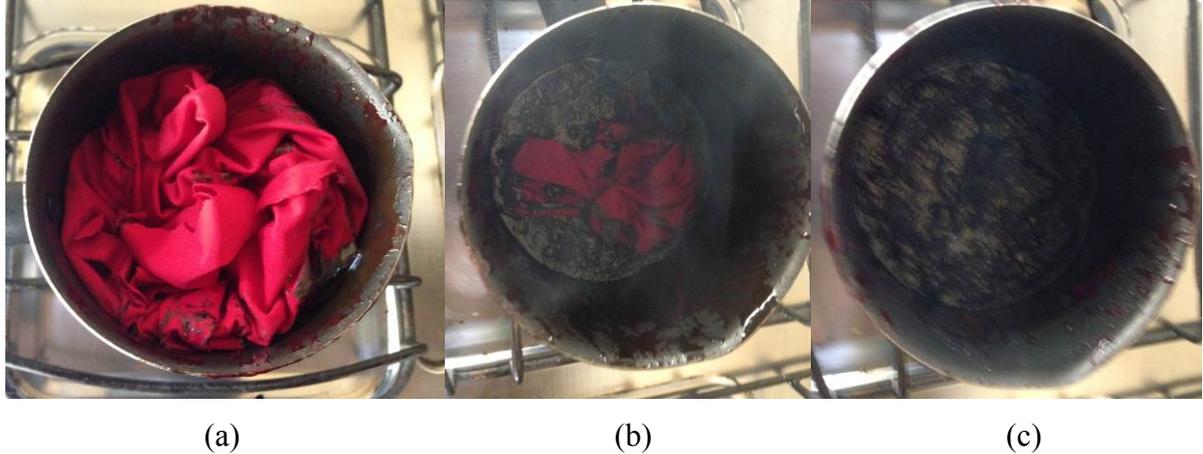


Fonte: O autor, 2015.

Em seguida colocou-se o tecido em uma panela e a mesma em uma fonte de calor, proveniente da combustão de gás de cozinha GLP. Iniciou-se o fornecimento de calor até que foi observado que o tecido começou a fundir, após passado cerca de 30 minutos atingindo sua

temperatura de fusão (T_m). Notou-se que o tecido estava completamente fundido, obtendo um aspecto pastoso e coloração amarronzada como mostrado na figura 5.

Figura 5 – Tecido sendo derretido



Legenda: (a) – Tecido (Microfibra) colocado na panela; (b) – Derretimento parcial do tecido; (c) – Tecido completamente derretido

Fonte: O autor, 2014

Após o completo derretimento do tecido o mesmo, em estado pastoso, foi imediatamente esparramado sobre uma pedra de mármore e em poucos segundos voltou a ter estrutura sólida, contudo observou-se que houve uma mudança em sua estrutura, anteriormente o material tinha um comportamento altamente elástico, passando após o resfriamento ter sua estrutura dura e quebradiça, essa mudança se deve a mudança da estrutura cristalina do material. Na figura 6 pode-se observar o aspecto do material após endurecido.

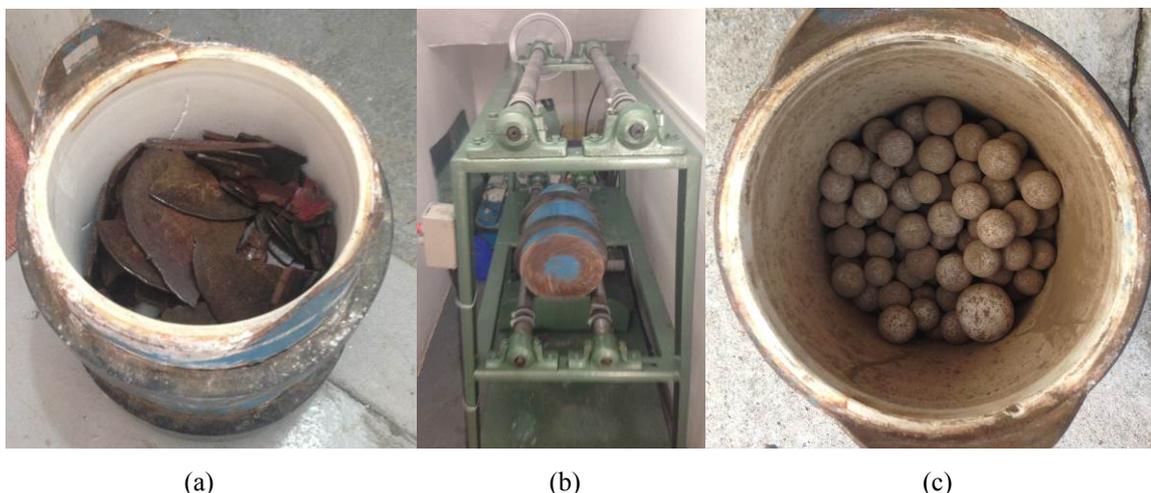
Figura 6 - Material endurecido



Fonte: O autor, 2014

Após resfriado percebeu-se que o material derretido obteve um aspecto frágil e quebradiço, o que possibilitou o processamento do mesmo. Para isso foi utilizado um moinho de bolas, que é um cilindro rotativo com esferas de alumina, que atuam como meios de moagem. O material a ser moído foi colocado dentro do tambor cilíndrico, que foi girado a uma velocidade entre 4 e 20 rotações por minuto. A rotação produziu forças centrífugas que levantou as bolas a uma dada altura levando-as a recuar para dentro do cilindro e o material a ser moído. O produto foi misturado e reduzido a pó pelos meios de moagem (bolas de alumina), como resultado da rotação. Ao final de 24 horas de moagem obtivemos um pó muito fino, com granulometria esperada, algo em torno de 65 μm . Na figura 7 podemos observar em ordem o processo de moagem.

Figura 7 - Processo de moagem



Legenda: (a) – Tecido (Microfibras) colocado no moinho; (b) – Moinho em funcionamento; (c) – Resultado da moagem

Fonte: O autor, 2014

Na figura 8 podemos perceber o aspecto final do pó após o processo de moagem e após passar por um conjunto de peneiras, grandes, para separar o produto das bolas de alumina. Um pó muito fino com aspecto semelhante a um talco.

Figura 8 - Pó do tecido



Fonte: O autor, 2014

4.1.3 Desenvolvimento do equipamento

4.1.3.1 Importância prática do equipamento desenvolvido

Durante o processamento do tecido em panela de cozinha convencional notou-se uma certa dificuldade na utilização da mesma, aliado a isso percebeu-se que com o derretimento do material foi liberado uma certa quantidade de gás. Essas observações levaram a necessidade de ser desenvolvido um equipamento para facilitar a “queima” do material. Para isso foi desenvolver um equipamento que visaria sanar as dificuldades citadas (Andrade, 2015).

4.1.3.2 Desenvolvimento do equipamento no CAD

Para o desenvolvimento do equipamento em CAD (Computer Aided Design) foi utilizado o software Autodesk Inventor Professional® 2013, com licença de estudante. Os conceitos iniciais do projeto foram baseados no conceito dos 3 R's da sustentabilidade (Reduzir, reutilizar e reciclar). Para isso foi pensado na reutilização de um tubo de aço 1020 (Figura), que se encontrava na oficina mecânica do instituto, sem nenhuma aplicação.

Figura 9 – Tubo de aço 1020 reutilizado



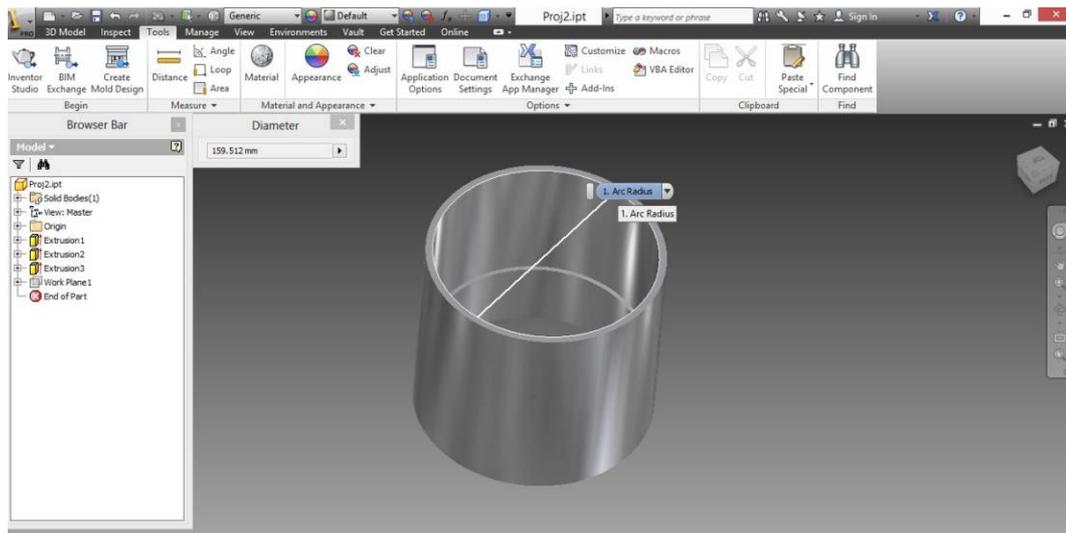
Fonte: O autor, 2014

4.1.3.2.1 Corpo do equipamento no CAD

Tendo o tubo de aço como base para o desenvolvimento de todo o corpo do equipamento, o desenvolvimento a seguir foi modelando no software (Figura 10) o conceito inicial de todo o equipamento antes de adquirir novos materiais para a construção do protótipo.

As dimensões para o desenho foram planejadas de modo a tornar o equipamento compacto. Para tanto, seria necessário reduzir a altura do tubo e usá-lo para alcançar as especificações desejadas.

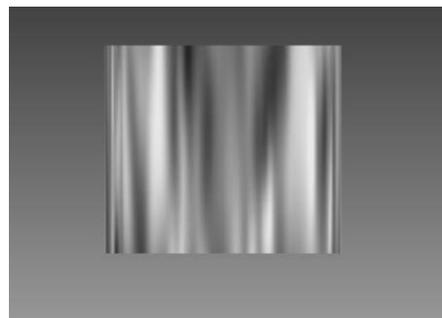
Figura 10 – Corpo do equipamento



(a)



(b)



(c)

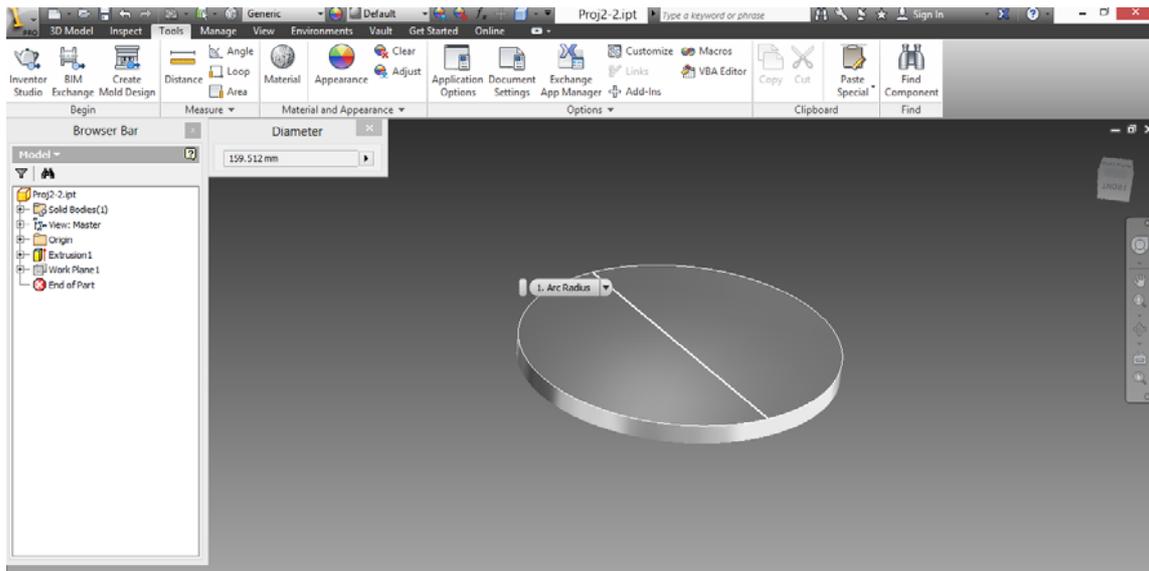
Legenda: (a) – Corpo do equipamento; (b) – Vista frontal; (c) - Vista superior
 Fonte: O autor, 2014

4.1.3.2.2 Base do equipamento no CAD

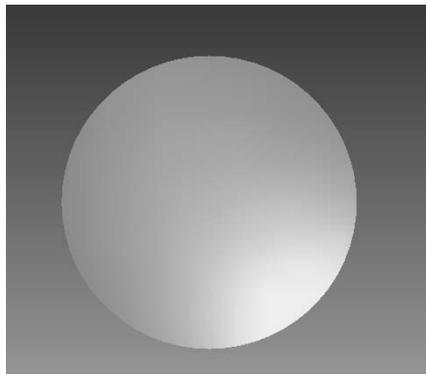
Para a montagem do dispositivo foi decidido que este teria uma base (Figura 11) não fixa, mas que se ajustasse de forma justa no corpo do equipamento. Esta base também não poderia estar no fundo do equipamento, uma vez que a priori a ideia seria a utilização de uma resistência elétrica para aquecer o fundo do dispositivo e estaria localizada no interior do dispositivo.

O rasgo no interior do corpo seria suficiente para manter a base fixa e suportar ainda a pressão aplicada sobre a tampa do dispositivo.

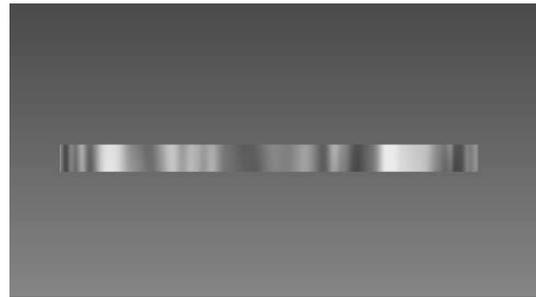
Figura 11 – Base do equipamento



(a)



(b)



(c)

Legenda: (a) – Base do equipamento; (b) – Vista superior; (c) - Vista lateral esquerda.
Fonte: O autor, 2014

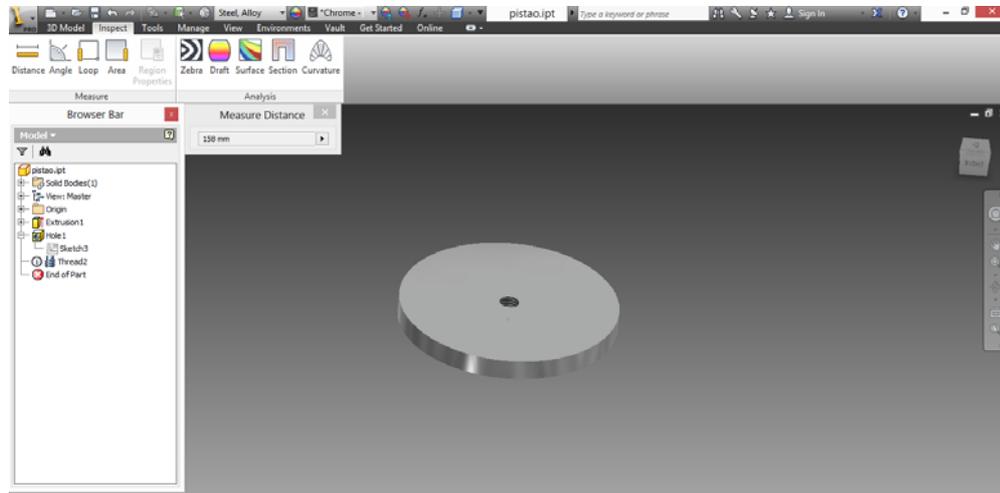
4.1.3.2.3 Tampa do equipamento no CAD

Por fim, através de queimas de tecido é notório a quantidade de fumaça e eliminação de fumos com forte odor produzida pelo derretimento do tecido sintético. Para isso, foi pensado em uma tampa que serviria como um pistão, aumentando a pressão no interior do equipamento. Com isso, a quantidade de fumaça deveria diminuir e aumentar a velocidade de derretimento das fibras.

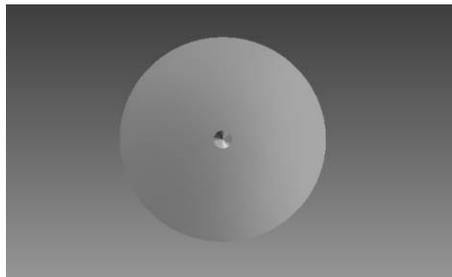
Para a tampa (Figura 12), o que se foi pensado foi especialmente que ela deveria ter um fino ajuste no corpo do equipamento com um diâmetro levemente inferior ao da base e

espessura maior. A tampa possui uma rosca para a fixação de um parafuso. Este parafuso servirá especialmente para a retirada da tampa do equipamento.

Figura 12 – Tampa do equipamento



(a)



(b)



(c)

Legenda: (a) – Base do equipamento; (b) – Vista superior; (c) - Vista lateral esquerda
Fonte: O autor, 2014

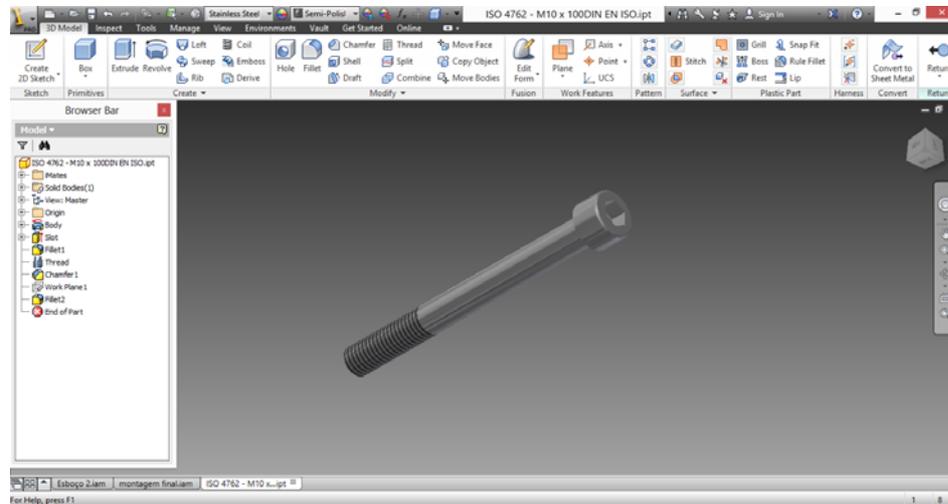
4.1.3.2.4 Parafuso DIN912/ISO 4762

Para facilitar a retirada da tampa foi projetado uma rosca com a qual um parafuso Allen (Figura 13) de cabeça cilíndrica pudesse ser afixado de modo a facilitar a remoção da tampa.

Produzido com aço-liga, enquadraram-se na Classe de Resistência 12.9, apresentando especificações adicionais às exigidas nas normas DIN 912/ ISO 4762 (Métrico) e ASME B18.3 (Polegada), tais como reduzida dispersão nos coeficientes de atrito, o que proporciona maior geração de força tensora.

Foi selecionado o parafuso com especificação M10x100 de modo a ser parafusado na tampa do equipamento.

Figura 13 – Parafuso ISO 4762 M10x100



(a)



(b)



(c)

Legenda: (a) – ISSO 4762 M10 x 100; (b) – Vista superior; (c) - Vista lateral esquerda.

Fonte: O autor, 2014

4.1.3.2.5 Fonte de aquecimento

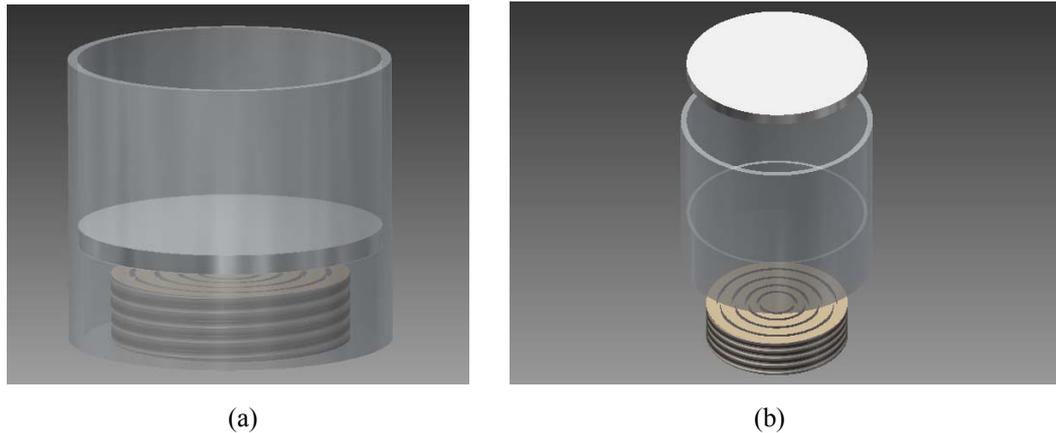
Uma parte fundamental do projeto é a fonte de aquecimento do equipamento. O desenho do equipamento foi pensado de modo a suportar duas formas de aquecimento. A forma de aquecimento para a qual a priori se foi delineada no projeto foi aquecimento por resistência elétrica do tipo espiralada. Para tanto, a base do equipamento não poderia estar em contato com a resistência, possuindo um espaço interna para o posicionamento da mesma.

Ainda na fase de projeto, foi discutida a possibilidade de a resistência elétrica, para a qual o equipamento foi planejado, não possuir uma potência térmica suficiente para derreter toda a massa do tecido.

Como uma alternativa foi pensado na possibilidade de utilizar o equipamento no fogo, ainda sim o desenho para o qual foi concebido permitiu que houvesse oxigênio para haver queima.

No final o equipamento, foi modelado para comportar a resistência do equipamento como mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Espaço para a fonte de aquecimento

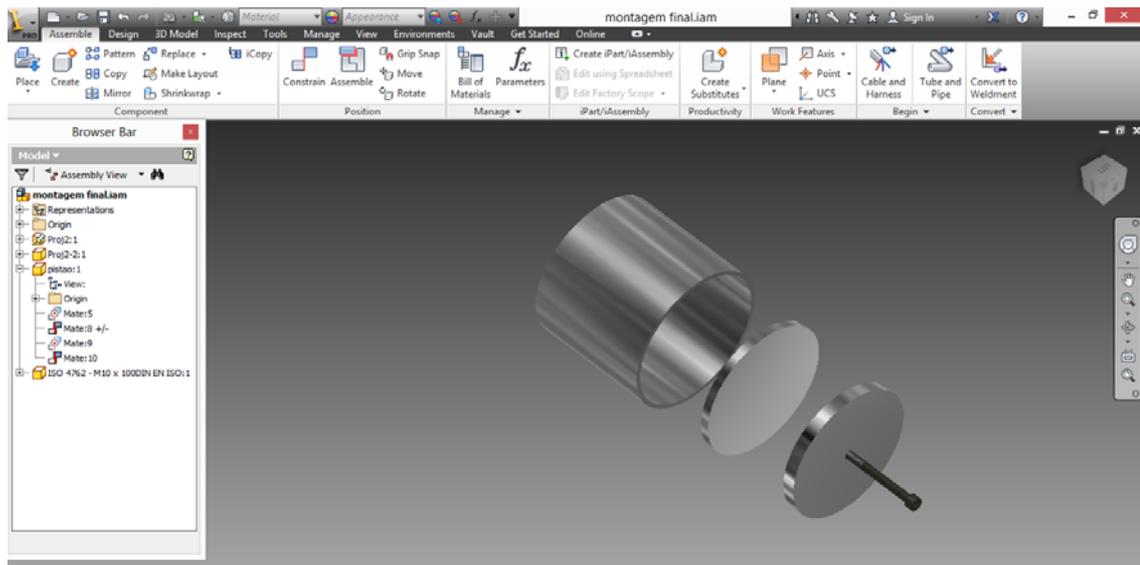


Legenda: (a) – Montagem da base com a resistência elétrica; (b) – Vista explodida
Fonte: O autor, 2014

4.1.3.2.6 Montagem do equipamento no CAD

Depois de desenhados todos os componentes do equipamento, a última etapa do desenvolvimento em CAD do equipamento foi a montagem do equipamento, como visto na Figura 15 e a produção dos desenhos das peças para a usinagem.

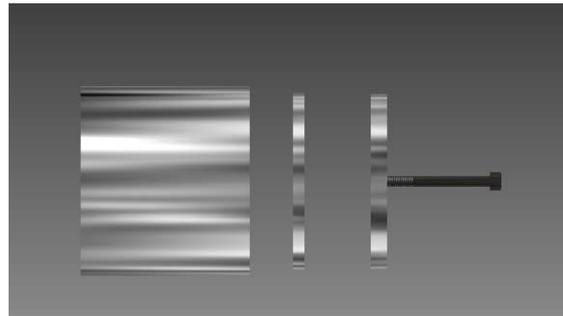
Figura 15 – Montagem do equipamento



(a)



(b)



(c)

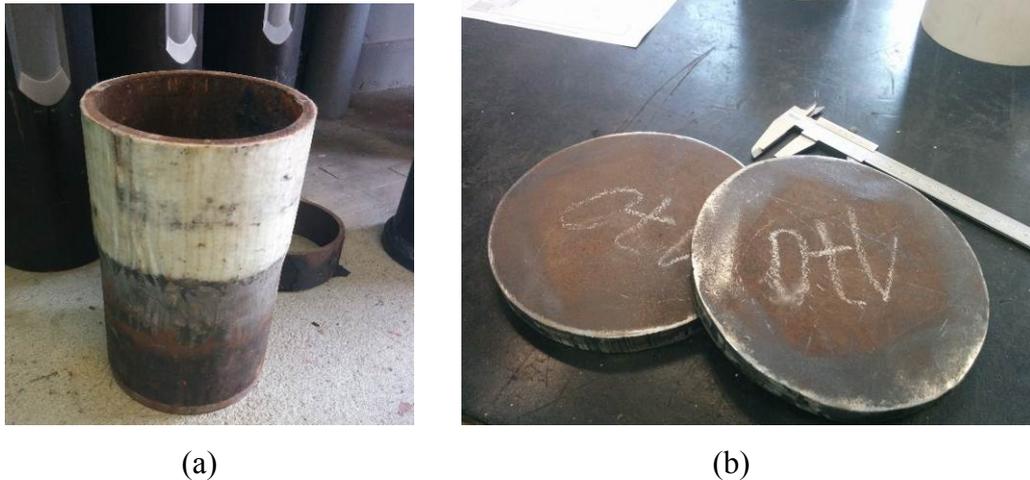
Legenda: (a) – Vista explodida do equipamento; (b) – Vista isométrica; (c) - Vista lateral esquerda explodida.

Fonte: O autor, 2014

4.1.3.3 Construção do equipamento

Para construção do equipamento, como foi mencionado anteriormente usou como base para o corpo um tubo de aço 1020. Adicionalmente, foi necessária a compra de duas bolachas metálicas também de aço 1020, como mostrado na figura 16.

Figura 16 – Material para a construção do equipamento



Legenda: (a) – Tubo de aço 1020; (b) – Bolachas de aço 1020.
Fonte: O autor, 2014

Posteriormente, houve a necessidade de usinagem das bolachas e do tubo, para que atendessem às especificações de projeto. As principais peças que foram usinadas e a que parte do equipamento correspondente estão descritas abaixo:

- Para construção do corpo do equipamento foi utilizado um tubo mecânico com diâmetro externo de 6,68”, diâmetro interno de 6,03” e comprimento de 300 mm;
- Para construção da base do equipamento foi utilizada uma bolacha com diâmetro de 6,5” e espessura de 5/8”;
- Para construção da tampa foram utilizadas uma bolacha com diâmetro de 6,5” e espessura de 5/8” e um parafuso ISO 4762 Allen M14x110.

A precisão da usinagem realizada nas peças metálicas permitiu uma vedação que, além de manter mais compacta a mistura de material, proporcionou que a fumaça e todos os fumos permanecessem dentro do equipamento.

As funções e as características das principais peças que constituem o equipamento desenvolvido estão descritas a seguir:

- Corpo do equipamento: tem como função servir de molde para a placa polimérica, além de dar suporte para a base e a tampa do equipamento.
- A base do equipamento: tem a função de manter a mistura de material dentro do corpo do equipamento e de ajudar tampa a compactar a mesma.

- A tampa do equipamento: tem a função de compactar a mistura de material e de evitar a saída de fumaça durante a queima.

O equipamento montado com as peças após serem usinadas pode ser visto na figura 17.

Figura 17 - Equipamento montado



Legenda: (a) – Equipamento montado com a resistência elétrica; (b) – Comparação com o modelo em CAD.

Fonte: O autor, 2014

4.1.3.4 Teste de produção

Para a realização da queima, em sistema de batelada, foi utilizado um fogareiro a gás. O equipamento foi pré-aquecido por 10 minutos a fogo alto. Em seguida, foi depositado o tecido no interior do equipamento, no primeiro teste o tecido estava picotado, e fechou-se a tampa do equipamento, mantendo o fogo alto.

O derretimento de toda a massa do tecido durou cerca de 40 minutos, após ter sido colocado dentro do equipamento. Após o fim da queima o fogo é apagado e a tampa é retirada. As fotos da queima podem ser vistas na Figura 18.

Figura 18 – Derretimento a microfibra com o equipamento



Legenda: (a) – Tecido (Microfibra) colocado no equipamento; (b) – Equipamento durante aquecimento com tampa; (c) – Retirada da tampa após derretimento do tecido; (d) – Massa derretida no equipamento.

Fonte: O autor, 2014.

4.1.3.5 Resultado da queima

Após terminada a queima e retirada a tampa o equipamento é deixado para ser resfriado a temperatura ambiente. Devido ao fato da pasta polimérica se solidificar muito rapidamente, sofrendo assim contração a pasta se solidifica e se solta da parede do equipamento. Na Figura 19 são mostrados algumas das placas obtidas após o processo da queima.

Figura 19 – Resultados e algumas placas produzidas



Legenda: (a) – Massa ainda líquida sob resfriamento a temperatura ambiente; (b) – Massa de tecido após resfriada; (c - d) – Placas produzidas; (e) - Espessura das placas produzidas.

Fonte: O autor, 2014.

Com o equipamento produzido foi realizado testes para produção das placas e o mesmo mostrou um resultado satisfatório em relação a redução da emissão de fumaça e na produção de placas com espessura reduzida, que facilita o processo de moagem das mesmas. O aspecto do produto produzido ficou semelhante ao feito em panela convencional, tornando este equipamento um meio eficiente para fusão do tecido.

4.2 Determinação da Granulometria do Pó

4.2.1 Equipamento

O Mastersizer 2000, figura 20, é um aparelho utilizado para medir o tamanho das partículas, ou mais especificamente, a distribuição dos diferentes tamanhos de partículas em uma amostra através da difração de raio laser, realizando uma medição rápida e confiável de ampla variedade de tipos de amostras, em um só aparelho, com alta resolução. Possui unidade de dispersão aquosa e a seco. Alguns materiais só podem ser medidos em dispersões aquosas como as argilas (esmectita, caulinita, etc), ou materiais que têm a tendência a aglomerar quando secos como o dióxido de titânio. Para as análises aquosas, o acessório utilizado foi Hydro 2000MU. O equipamento possui um sistema de detectores com luz vermelha, que detectam o espalhamento frontal, lateral e posterior. A fonte de luz vermelha é o Laser néon de Hélio, cujo comprimento de onda define a faixa de tamanho de partícula que o aparelho mede. Nesse caso, como $\lambda=632,8$ nm, o Mastersizer mede de 0,1 a 1000 microns (MALVERN, 2015).

Figura 20 – Equipamento Mastersizer 2000, utilizado para determinação da granulometria do pó de tecido



Fonte: O autor, 2015.

4.2.2 Distribuição granulométrica

Para a adequação da medida na elaboração das curvas de distribuição granulométrica podem ser utilizados dois princípios de medida denominados: Mie e Fraunhofer. A teoria de Mie descreve a medida de tamanho de partícula por esferas homogêneas de tamanho arbitrário. Para partículas não esféricas, a teoria de Mie considera o diâmetro esférico equivalente por volume-peso. É necessário que se saiba o índice de refração da partícula. Essa teoria não tem limitação quanto ao tamanho de partícula a ser medido. Assim sendo, atualmente, essa teoria é a mais rigorosa, gerando resultados bem próximos à realidade. A teoria de Fraunhofer, por ser uma aproximação, não leva em consideração o índice de refração do material. Essa teoria tem uma grande limitação, pois para partículas muito pequenas, ou seja, com tamanho muito inferior ao comprimento de onda do feixe a ser utilizado, neste caso, inferior a 632,8 nm, o resultado apresenta maior erro. Além disso, partículas planas ou transparentes não podem ser medidas através dessa teoria.

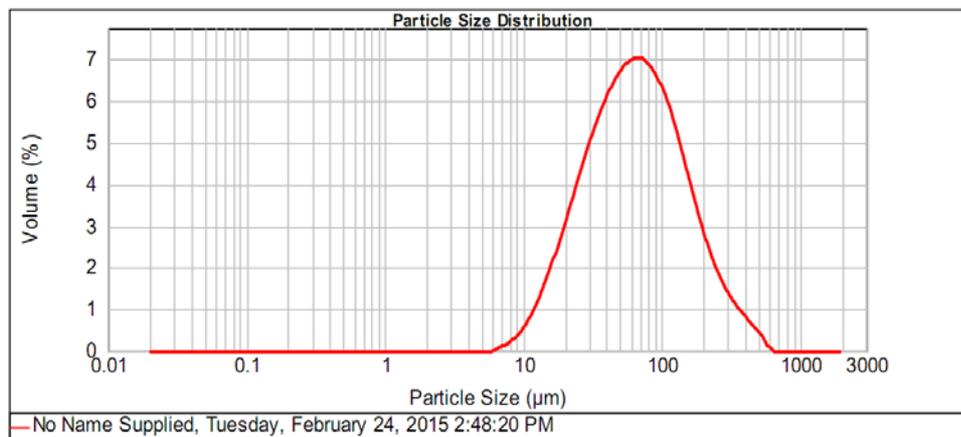
4.2.3 Outras técnicas

Além do Malvern para determinação da distribuição granulométrica de materiais em geral, encontram-se a peneira e o sedígrafo. O tamanho mínimo que pode ser medido em peneira é de 37 μm ; logo, para tamanhos abaixo de 37 μm , esse método não pode ser utilizado. O Sedígrafo mede partículas abaixo de 45 μm , porém, não é indicado para partículas muito pequenas por ter como princípio a lei de Stokes, que considera a velocidade terminal de sedimentação das partículas. Assim sendo, o tempo de análise de partículas pequenas seria enorme.

4.2.4 Determinação da granulometria

Foi utilizada uma pequena quantidade de pó de tecido, algo em torno de 10 g, para análise de tamanho de partícula. Água destilada foi usada como dispersante. Os resultados obtidos estão no gráfico a seguir:

Gráfico 1 - Distribuição do tamanho das partículas do pó de tecido



Fonte: O autor, 2015.

Do gráfico podemos aferir que existem grãos na faixa de 7 a 600 µm tendo os grãos do pó de tecido tamanho médio de 65 µm. Tamanho esse bem menor que os agregados miudos, a areia fina, por exemplo tem tamanho médio 0,15 mm (ABNT NBR 7211, 1983, p. 4.), contudo bem maior que a micro sílica ativa, muito utilizada em traços de concreto de alto desempenho, entre 60 e 150 MPa, esse pó tem tamanho médio de 150 nm.

4.3 **Determinação do traço a ser utilizado**

O traço define a proporção dos componentes do concreto e varia de acordo com a finalidade de uso e com as condições de aplicação. Um traço mal feito pode acarretar em graves defeitos à estrutura feita de concreto. Por exemplo, um traço feito com água em excesso torna o concreto menos resistente, já um traço feito com água insuficiente torna o concreto mais poroso, e conseqüentemente, mais quebradiço. (PETRUCCI, 1980).

Duff Abrams introduziu o conceito de relação água/cimento em 1918 ao publicar o primeiro método de estudo de dosagem do concreto em que a resistência não era mais explicada pela simples interação entre os grãos dos agregados, como se pensava na época, mas sim pelo espaço a ser preenchido pelos produtos da hidratação do cimento. Abrams demonstrou pelo resultado de 50.000 testes que, para um determinado cimento e conjunto de agregados, a resistência do concreto a uma certa idade é dependente essencialmente da relação água/cimento (AÏTCIN, 2000; MOKHTARZADEH e FRENCH, 2000).

Segundo Abrams, quando o concreto está plenamente adensado, considera-se sua resistência como inversamente proporcional à relação água/cimento.

O fator água/cimento deve ser sempre o mais baixo possível, dentro das características exigidas para o concreto e da qualidade dos materiais disponíveis para sua composição. Quando temos muita água na mistura, o excesso migra para superfície pelo processo e exudação. Deixa atrás de si vazios chamados de porosidade capilar. Esta porosidade prejudica a resistência do concreto, aumenta sua permeabilidade e diminui a durabilidade da peça concretada. (PETRUCCI, 1980)

Acredita-se que 95 % das variações na resistência do concreto são causadas pelo (a/c), este fator é a base para a definição de todas as misturas compostas com cimento e água (concreto, argamassa, grout, etc.) devendo ser muito bem compreendido por todos aqueles que trabalham com concreto. (PETRUCCI, 1980)

Para este projeto foi adotado um traço já existente. Inicialmente partiu-se de um traço para o concreto com 30 MPa, que segue na tabela , substituímos a areia pelo pó, levando em conta o valor de 5 e 15 % do valor do cimento.

Tabela 6 - Traço utilizado para concreto com 30 Mpa

Material	Unidade	Quantidade p/ 1 m³
Cimento	kg	380,0
Brita 0	kg	150,0
Brita 1	kg	795,0
Areia	kg	851,00
Aditivo	L	1,87
Água	L	159,0
Relação Água Cimento		0,42

Fonte: o autor, 2014.

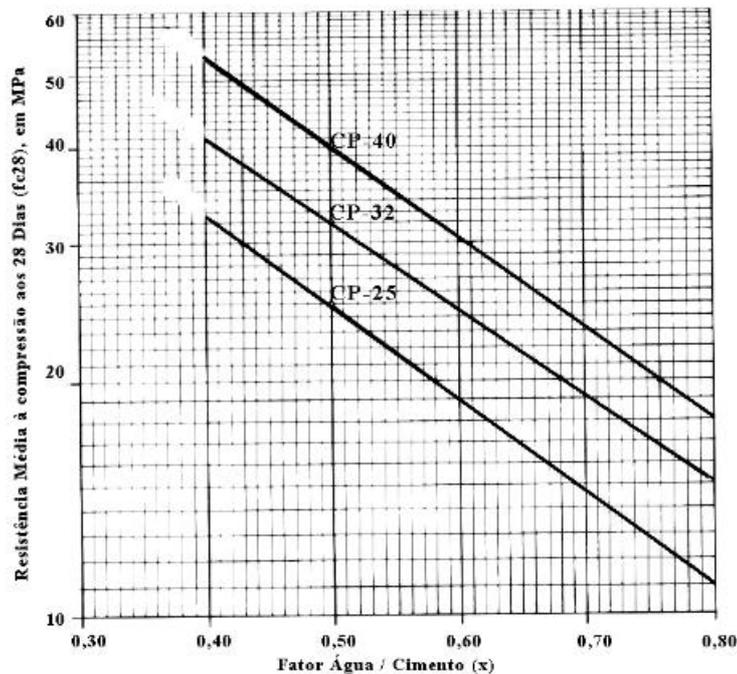
Em testes preliminares, com a substituição da areia pelo pó, houve uma diminuição significativa na trabalhabilidade do concreto, o que levou a necessidade de modificação no traço do mesmo como segue na tabela 7, para ajustarmos então a resistência esperada foi usado a lei de Abramns (ABRAMS, 1918), utilizando diagrama Figura 21 para o concreto utilizado no traço CP II 32, com esse procedimento chegamos a um traço para concreto com resistência de 27,7 MPa.

Tabela 7 - Traço utilizado para concreto com resistência de 27,7 MPa

Material	Quantidade p/ 1 m ³		
	Sem Tecido	5%	15%
Cimento	390 kg	390 kg	390 kg
Brita 0	150 kg	150 kg	150 kg
Brita 1	795 kg	795 kg	795 kg
Areia	851 kg	831,5 kg	792,5 kg
Aditivo	8,0 L	8,0 L	8,0 L
Água	180 L	180 L	180 L
Pó Tecido	-	19,5 kg	58,5 kg

Fonte: o autor, 2014.

Figura 21 - Diagrama de Abrams



Fonte: o autor, 2014.

4.4 Preparação dos corpos de prova

4.4.1 Preparação dos corpos de prova de concreto com pó produzido em panela

O traço aplicado para o preparo do concreto com uma resistência final de 27,7 MPa aos 28 dias de cura, com o uso do cimento CP II E – 32 da marca Mauá, para a quantidade de 10 corpos-de-prova, para cada grupo ensaiado, seguindo a norma (ABNT NBR 11578, 1991) e agregados seguindo a norma (ABNT NBR 7211, 1983) é o que segue na tabela 8.

Tabela 8 - Traço para concreto com resistência 27,7 Mpa

Material	Quantidade p/ 10 corpo-de-prova		
	Sem Tecido	5%	15%
Cimento	6,780 kg	6,780 kg	6,780 kg
Brita 0	2,610 kg	2,610 kg	2,610 kg
Brita 1	13,820 kg	13,820 kg	13,820 kg
Areia	14,800 kg	14,461 kg	13,780 kg
Aditivo	130 mL	130 mL	130 mL
Água	3,130 L	3,130 L	3,130 L
Pó Tecido	–	339 g	1,020kg

Nota: 10 corpos-de-prova.

Fonte: o autor, 2014.

Primeiramente foram preparados 10 corpos de prova de 10x20 cm sem o pó do tecido seguidos de 10 corpos de prova com 10x20 cm com 5% de pó em relação a massa de cimento e mais 10 corpos de prova com 10x20 cm com 15% de pó em relação a massa de cimento; totalizando um total de 30 corpos de prova. Em seguida é apresentado o preparo (Figuras 22 e 23) e moldagem destes corpos de prova.

Figura 22- Agregados devidamente pesados



Fonte: o autor, 2014.

Figura 23 – Moldes Utilizados



Fonte: o autor, 2014.

Segundo Neville (1997), quando se usam agregados leves, como os usados neste experimento, o tempo de mistura do concreto na betoneira não deve ser menor que 5 minutos e às vezes subdivididos em 2 minutos para mistura do agregado com a água, seguidos de 3 minutos depois da adição do cimento.

Os agregados foram inseridos na betoneira na seguinte ordem:

- 1 – Molhou-se a betoneira
- 2 – Colocou-se a brita + 50 % de água
- 3 – Colocou-se o cimento + o pó de tecido
- 4 – Colocou-se a areia + 40 % de água
- 5 – Colocou-se o Aditivo BAUTECH POLIFUNCIONAL 4
- 6 – Colocou-se 10 % de água

Após a colocação da areia + 40 % de água, a mistura já estava com 90 % de água de amassamento necessária. Deixou-se o mínimo dois minutos de mistura antes de colocar o aditivo afim de que o SO_4 do Sulfato de Cálcio do cimento Portland fosse liberado em tempo suficiente para reagir com o C_3A (aluminato de cálcio) desse cimento, sendo desse modo evitada a reação entre o C_3A e o Aditivo, inutilizando seu efeito na trabalhabilidade do concreto Figura 24.

Figura 24 - Preparo do concreto na betoneira



Fonte: o autor, 2014.

Neste ensaio foram postas três camadas de concreto e em cada camada foi aplicado 25 golpes com a haste de socamento e posteriormente o arremate do topo do cone com a colher de pedreiro e finalizando com a retirada do cone cuidadosamente conforme a norma (ABNT NBR 7223, 1992), (Figura 25).

Figura 25 - Ensaio de abatimento do tronco de cone conforme a norma ABNT NBR 7223, 1992



Fonte: o autor, 2014.

Foi determinado pelo abatimento do tronco de cone um valor de 160 mm para a os corpos de prova com 15% de pó em ralação a massa de cimento, de 200 mm para corpos de prova com 5% de pó em ralação a massa de cimento e de 230 mm para os corpos de prova sem tecido demonstrando que a trabalhabilidade do concreto foi diminuída proporcionalmente ao aumento de pó ao concreto conforme foi aferido no ensaio de abatimento do tronco de cone conforme a norma (ABNT NBR 7223, 1992), (Figura 26).

Figura 26 - Determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone



Fonte: o autor, 2014.

Foi observada uma redução da trabalhabilidade do concreto reforçado com pó de tecido, como previsto, pois, devido ao aumento da área específica dos grãos do pó em relação aos grãos de areia, esse pó precisa de mais água de molhagem e conseqüentemente ocorre uma redução da mobilidade do pó dentro do concreto, influenciando na trabalhabilidade.

O preparo e a moldagem dos corpos de prova de concreto seguiram a norma (ABNT NBR 5738, 1994), para um molde de diâmetro de 10 cm, foi aplicado 2 camadas de concreto e 15 golpes por camada (Figuras 27 e 28).

Figura 27 - Moldagem dos corpos de prova de concreto



Fonte: o autor, 2014.

Figura 28 - Golpeamento por camadas nos corpos de prova de concreto



Fonte: o autor, 2014.

Após o adensamento do concreto a superfície dos corpos de prova foi arrematada com uma colher de pedreiro (Figura 29).

Figura 29 - Corpos de prova de concreto



Fonte: o autor, 2014.

Após 24 horas foi feita a desforma dos corpos de prova de concreto seguindo a norma (ABNT NBR 5738, 1994), (Figuras 30 e 31).

Figura 30 - Desforma dos corpos de prova de concreto



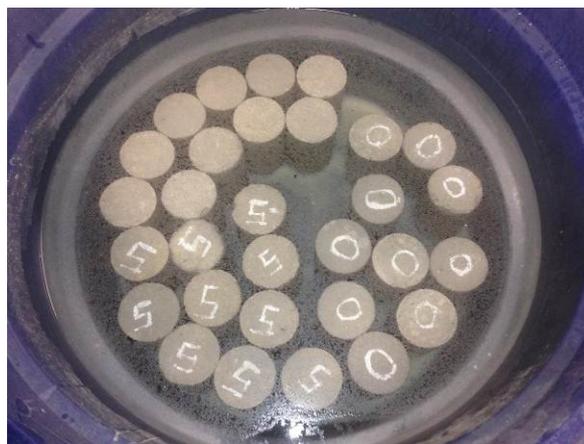
Fonte: o autor, 2014.

Figura 31 - Corpos de prova de concreto deformados



Fonte: o autor, 2014.

Figura 32 - Tanque de cura dos corpos de prova de concreto pela norma



Fonte: O autor, 2014.

Após o processo de cura os corpos de prova de concreto (Figura 32), 4 corpos de prova de concreto de cada grupo, sem pó, com 5% de pó e com 15% de pó foram encaminhados para ensaio de compressão.

4.4.2 Preparação dos corpos de prova de concreto com pó produzido no equipamento

O pó de tecido produzido na máquina, nesse projeto, apresentou algumas diferenças quando comparado com o feito em panela convencional, a principal delas foi a baixa emissão de fumaça durante o processo de derretimento do tecido, o que talvez pudesse influenciar nas

características do pó produzido. Para verificar, então, o comportamento desse pó de tecido produzido nessa máquina no concreto, decidiu-se produzir corpos de prova com esse pó e testa-los em ensaio de compressão.

Foram fabricados 6 corpos de prova, sendo 3 com adição de 5 % de pó de tecido e 3 com adição de 15 % de pó de tecido, devido a pouca quantidade de material, os mesmos foram misturados em balde de pedreiro com auxílio de uma pá de pedreiro como mostrado na figura 33, contudo seguindo, rigorosamente o passo a passo e o traço que foi especificado no capítulo “3.4 Preparação dos corpos de prova de concreto com pó produzido na panela” apresentado anteriormente.

Figura 33 – Aspecto do concreto com pó de tecido, produzido no equipamento



Fonte: o autor, 2014.

4.5 Ensaio de compressão dos corpos de prova

4.5.1 Ensaio de compressão dos corpos de prova com pó produzido na panela

Ensaio de compressão é a aplicação de carga compressiva uniaxial em um corpo-de-prova. A deformação linear obtida pela medida da distância entre as placas que comprimem o corpo versus a carga de compressão consiste na resposta desse tipo de ensaio, basicamente utilizado nas indústrias de construção civil e de materiais cerâmicos. Além do mais, fornece resultados de análise estatística, permitindo quantificar o comportamento mecânico do concreto, ou seja, material de baixa ductibilidade (frágeis). (GARCIA, Amauri et al, 2008).

Durante o ensaio, devem ser monitorizados continuamente tanto a aplicação da carga quanto o deslocamento das placas ou a deformação do corpo-de-prova. A figura 34 mostra uns dos ensaios de compressão realizados.

Figura 34 - Ensaio realizado em corpo de prova



Fonte: o autor, 2014.

Algumas precauções devem ser tomadas para a determinação correta das propriedades durante o ensaio. A principal é com relação à flambagem do corpo-de-prova, que pode ocorrer

devido à falta de uniaxialidade na aplicação da carga, comprimento excessivo do corpo-de-prova ou torção do corpo-de-prova no momento inicial de aplicação da carga.

Para que haja menor o índice de erro possível a NBR 5739/1994 determina alguns cuidados a serem tomados antes do ensaio:

- As faces de aplicação de carga dos corpos-de-prova devem ser capeadas de modo a se tornarem planas e paralelas ou poderão ser usados discos de neoprene, segundo a norma, com objetivo de uniformizar a distribuição da carga;
- As faces das placas de carga e do corpo-de-prova devem ser limpas e o corpo-de-prova deve ser cuidadosamente centralizado na placa que contém as referências-guia;
- A carga deve ser aplicada continuamente a uma velocidade de 0,3 MPa/s a 0,8 MPa/s. Nenhum ajuste deve ser feito nos controles da máquina de ensaio quando o corpo-de-prova estiver se deformando, rapidamente, aproximando-se de sua ruptura;

O ensaio foi realizado no IPRJ, em Nova Friburgo, para esse ensaio, utilizou-se uma prensa eletrohidráulica com indicador digital 100 tf Solotest, como mostra a figura 35. A velocidade de carregamento foi de aproximadamente 0,5tf/s ou 0,62 MPa/s, estando dentro da recomendada pela norma NBR 5739/1994, além disso utilizou-se discos de de neoprene, para regularizar imperfeições dos corpos de prova, sem necessidade de capeamento (Figura 36).

Figura 35 - Prensa utilizada no projeto



Fonte: o autor, 2014.

Figura 36 - Discos de neoprene utilizados



Fonte: o autor, 2014.

4.5.2 Ensaio de compressão dos corpos de prova com pó produzido no equipamento

Os copos de prova foram deformados após 24 horas como mostra a figura 37 e antes de ensaiados foram curados segundo a norma (ABNT NBR 9479, 1994) por 28 dias, após esse período os mesmos foram encaminhados para ensaio de compressão.

Figura 37 – Copos de prova com pó de tecido, produzido no equipamento



Fonte: o autor, 2014.

Os corpos de prova foram ensaiados segundo a norma NBR 5739/1994 como mostra a figura 38 seguindo, rigorosamente, o passo a passo que foi especificado no ponto “3.4 Ensaio de compressão” desta tese.

Figura 38 – Ensaio de compressão nos corpos de prova com o pó de tecido, produzido do no equipamento



Fonte: o autor, 2014.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para avaliar melhor os resultados obtidos nos ensaios é importante que seja feita uma análise estatística do experimento, onde os resultados devem seguir uma distribuição do tipo normal, variando em torno de um valor médio que quantifica numericamente a propriedade observada. (GARCIA, Amauri et al, 2008). O valor médio é expresso pela equação abaixo.

$$VM = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Onde n é o número total de elementos da amostra. O desvio-padrão, ou o grau de dispersão, é dado por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - VM)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

O desvio-padrão é a representação do erro numérico, ou a quantificação da precisão do valor experimental obtido em um determinado ensaio. Em engenharia, o valor numérico (X) de uma propriedade obtida pela análise de uma amostra é dado por:

$$X = VM \pm S \quad (3)$$

5.1 Corpos de Prova com pó de tecido fabricados no recipiente de metal

Foram determinados os seguintes limites de resistência à compressão nos doze corpos de prova de concreto sem tecido e com reforço de pó do tecido. Na tabela 9 encontra-se o valores aferidos no ensaio de compressão do concreto reforçado com quantidade 5% de pó de tecido fabricado no recipiente de metal.

Tabela 9 - Resultados do ensaio de compressão do concreto com reforço de 5% de pó de tecido

<i>Corpo de Prova</i>	Resistência (MPa)
1	26,4
2	23,9
3	24,6
4	25,5
Média	25,1
Desvio Padrão	1,11

Fonte: o autor, 2014.

Na tabela 10 encontram-se os valores aferidos no ensaio de compressão do concreto reforçado com quantidade 15 % de pó de tecido fabricado na panela.

Tabela 10 - Resultados do ensaio de compressão do concreto com reforço 15% de tecido

<i>Corpo de Prova</i>	Resistência (MPa)
1	26,7
2	26,5
3	26,4
4	25,7
Média	26,4
Desvio Padrão	0,77

Fonte: o autor, 2014.

Para referenciar os resultados dos ensaios do concreto com reforço de pó de tecido, foram realizados ensaios com quatro corpos-de-prova do concreto convencional CP II-E-32, os resultados são mostrados na tabela 11.

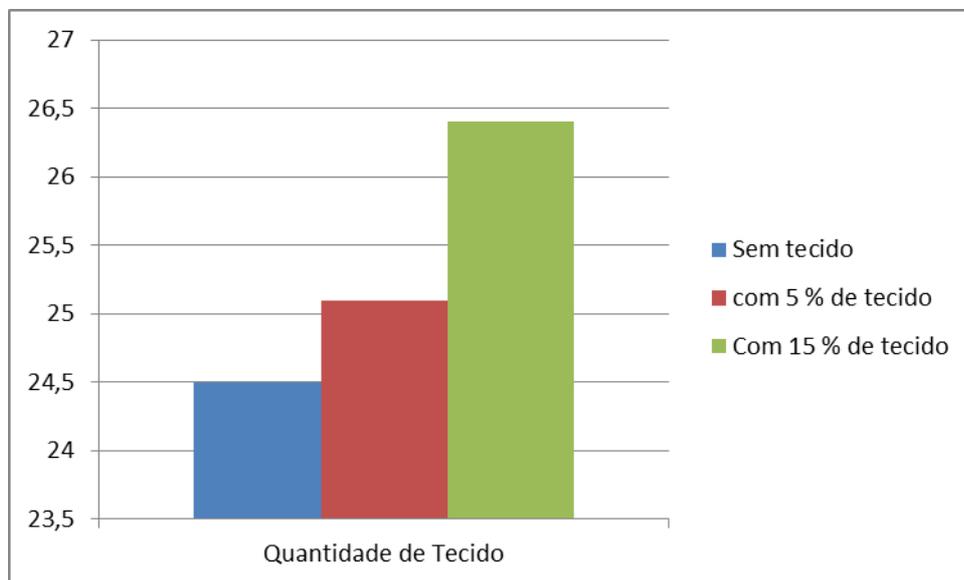
Tabela 11 - Resultados do ensaio do concreto sem reforço de tecido

<i>Corpo de Prova</i>	Resistência (MPa)
1	25,8
2	24,2
3	25,9
4	22,1
Média	24,5
Desvio Padrão	1,65

Fonte: o autor, 2014.

Quando avaliamos a média obtida pelos ensaios em cada grupo podemos observar que em relação o traço de concreto que não levou tecido houve um ganho, quando comparado com a traço que levou 5 % de pó de tecido esse ganho é algo em torno de 1,5 % e quando comparado com o que levou 15 % esse ganho é algo em torno de 6,5 %. No gráfico 2 é possível observar graficamente a diferença de resistência a compressão em cada grupo.

Gráfico 2 - Média de resistência a compressão



Fonte: o autor, 2014.

5.2 Corpos de Prova com pó de tecido fabricados no equipamento

Após ensaiados foram obtidos o valores de resistência a compressão dos três corpos com 5% de pó de tecido e dos 3 corpos de prova com 15 % de pó de tecido, produzido no equipamento, o resultados seguem na tabelas 12 e 13.

Tabela 12 - Resultados do ensaio de compressão do concreto com reforço 5% de tecido, fabricado no equipamento

<i>Corpo de Prova</i>	Resistência (MPa)
1	24,3
2	26,2
3	24,8
Média	25,2
Desvio Padrão	0,76

Fonte: o autor, 2014.

Tabela 13 - Resultados do ensaio de compressão do concreto com reforço 15% de tecido, fabricado no equipamento

<i>Corpo de Prova</i>	Resistência (MPa)
1	26,7
2	26,5
3	26,4
Média	26,4
Desvio Padrão	0,77

Fonte: o autor, 2014.

Após realização dos ensaios com os corpos de prova produzidos com o pó de tecido feito no equipamento desenvolvido neste trabalho, pode-se concluir que apesar de se esperar um comportamento diferente devido a pouca liberação de gases durante a fabricação do pó, os corpos de prova produzidos com este tiveram resultados muito semelhantes com os apresentados no capítulo 5.1 desta dissertação, sendo o material derretido no equipamento apto a ser utilizado para produção dos corpos de prova.

CONCLUSÃO

O trabalho apresentado teve como principal objetivo a análise do concreto confeccionado com amostras pó de tecido, oriundo do processamento de resíduos têxteis poliméricos, verificando a viabilidade da utilização na produção dos mesmos. As características físicas do pó de tecido utilizado, também foram analisadas, assim como o efeito de tais características no concreto; essas são importantes na sua confecção, tanto em seu estado fresco, influenciando na trabalhabilidade, quanto no seu estado endurecido, influenciando na sua resistência final. O estudo visou abranger características físicas do agregado, assim como a resistência adquirida com a sua utilização, além de analisar outros fatores de cunho econômico e ambiental.

A substituição de parte do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo artificial, pó de tecido, na produção de concretos mostrou-se viável tecnicamente e economicamente, visto que as resistências à compressão atingidas foram superiores aos valores convencionados e os custos demonstraram valores adequados.

Por possuírem a mesma relação água/cimento as amostras em estudo não apresentaram variação considerável nos valores de resistência à compressão axial, tanto pelo uso do mesmo material como agregado miúdo (substituição parcial da areia natural pela pelo pó de tecido), agregado graúdo e mesmo tipo de cimento para todas as amostras.

Um ponto importante no projeto foi a adequação no traço, partimos de um traço de 30 MPa e fator A/C 0,42, contudo com a modificação do traço para melhorar a trabalhabilidade ao final estávamos com um fator A/C 0,46, com a utilização do diagrama de Abrams podemos estabelecer a nova resistência mecânica que ficou em 27,7 MPa.

Em relação ao abatimento no ensaio do tronco de cone observou-se que houve uma perda de trabalhabilidade do concreto de 5% e 15% de pó de tecido, quando comparado ao sem tecido, contudo os corpos de prova com carga obtiveram valores satisfatórios nesse ensaio.

O pó de tecido apresenta a vantagem de se encontrar praticamente isento de impurezas de natureza orgânica e argilosa, bem como dos possíveis problemas originados pelas mesmas, uma vez que se trata de um produto obtido de forma industrial, considerado homogêneo.

Para a produção de concretos de cimento Portland a utilização do pó de tecido é uma boa alternativa econômica, devido ao elevado custo do agregado miúdo natural.

Além disso, com a utilização do pó de tecido pode-se reduzir os danos ambientais advindos da extração por meio de dragas.

Conclui-se desta forma que o pó de tecido produzido, pode ser utilizado na substituição parcial da areia natural sem perdas técnicas. Entretanto, deve-se verificar que com relação à viabilidade econômica, necessita-se de levantamentos futuros em relação à produção industrial do pó, uma vez que o mesmo foi produzido em pequena escala para fins de executar essa pesquisa.

Os estudos que envolvem a utilização de novas alternativas que beneficiem o meio ambiente e a economia, são sempre de grande valia, além de que são maneiras favoráveis de demonstrar as possíveis alternativas de substituição dos recursos não renováveis na construção civil, em função dos impactos ambientais que estes podem causar na sociedade.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Um importante questionamento seria sobre a viabilidade financeira, em se tratando de fabricação em larga escala. Para trabalhos futuros seria interessante buscar desenvolver um processo que permitisse reproduzir a fabricação do pó de tecido, mas em escala industrial.

Outro bom questionamento é se o concreto fabricado com o pó de tecido tem durabilidade, sugere-se o estudo do uso do concreto e seu comportamento com o advento do tempo, podendo assim prever se o mesmo se comporta como um concreto convencional.

Outros ensaios importantes e relevantes no concreto em trabalhos futuros seriam o do módulo de elasticidade o de porosidade, o de permeabilidade, que nos permitiriam obter a visão mais ampla do material estudado.

Em relação ao pó do tecido sugere-se caracteriza-lo, antes e depois do derretimento em ensaios térmicos com o DSC para estabelecer sua composição e assim poder prever comportamentos do mesmo.

REFERÊNCIAS

ABRAMS, D. A. Design of Concrete Mixtures. Chicago, Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, 1918. Bulletin 1.

ANDRADE, Daniel. Desenvolvimento de um equipamento para produção de placas poliméricas e reciclagem de resíduos têxteis com aplicações na produção de concreto. 2015. 62 f. Memorando (Engenharia Mecânica) Instituto Politécnico – Universidade do Rio de Janeiro – 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 1994.

_____. NBR 5739: concreto: ensaio de compressão de corpo de prova cilíndrico. Rio de Janeiro, 1994.

_____. NBR 7211: agregados para concreto. Rio de Janeiro, 1983.

_____. NBR 7223: concreto: determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 9479: câmaras úmidas e tanques para cura de corpos - de - prova de argamassa e concreto. Rio de Janeiro, 1994.

_____. NBR 9780: Peças de Concreto para Pavimentação - Ensaio Compressão Rio de Janeiro. 1987.

_____. NBR 11578: cimento portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

_____. NBR 12655: concreto: preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 15900: Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

CAMPOS, W; JACINTHO, A. Concreto com adição de fibras de borracha: um estudo frente às resistências mecânicas. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUC 2010, Campinas. Anais do XV Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas. 2010.

CALLISTER, Jr. William D. Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – CONMETRO Resolução CONMETRO nº 02/2008. Regulamento Técnico MERCOSUL Sobre Etiquetagem de Produtos Têxteis

COSTA E SILVA, Ângelo Just da, Concreto produzido com parte de resíduo de vidro na ilha de Fernando de Noronha-PE, ANAIS DO 53º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2011 – 53CBC.

DEMAJOROVIC, Jacques. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos as novas prioridades. Rev. adm. empres. [online]. 1995, vol.35, n.3, pp. 88-93. ISSN 0034-7590.

DOBBIN, Eduardo Sydney. Estudo de concreto com adição de fibra de polipropileno para controle de fissuração, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia, Belém, 2011.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Bolsa de Resíduos. 2012 a.

FIGUEIREDO, A.D. Concreto com Fibras de Aço. 69 p. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FIORITI, Cesar Fabiano; AKASAKI, Jorje Luis. Fabricação de blocos de concreto com resíduos de borracha de pneus. 2004.

FREIRE, E.; LOPES, G.B. Implicações da Política Nacional de Resíduos Sólidos para as práticas de gestão de resíduos no setor de confecções, REDIGE v. 4, n. 01, abr. 2013

GARCIA, A. ; SPIM, J. A. ; SANTOS, C. A. Ensaio dos materiais. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

GRANZOTTO, Laura. Concreto com adições de borracha: uma alternativa ecologicamente viável. Universidade Estadual do Maringá 2010. 132 f. Dissertação (Engenharia Urbana) -a da Universidade Estadual de Maringá, 2010.

HOLCIM BRASIL. Disponível em: <<http://www.holcim.com.br/pt/produtos-e-servicos/cimento/tipos-de-cimento.html>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

LEITE, P. R. Logística reversa. 2. ed. São Paulo: Peterson Prentice Hall, 2009.

MACCAFERRI: Manual Técnico, Fibras como Elemento Estrutural para Reforço de Concreto. Maccaferri do Brasil, 2008.

MALVERN. Disponível em: <<http://www.malvern.com/br/products/technology/laser-diffraction/>>. Acesso em 24/02/2015.

MEHTA, Povindar K.; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais, Editora Pini, São Paulo, 1994.

MOLIN FILHO, Rafael. Concreto autoadensável com cinza do bagaço da cana-de-açúcar. 2012. 185f. Dissertação (Mestre em Infraestrutura e Sistemas Urbanos) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2012.

NÁPOLES NETO, A.D. Manual do engenheiro Globo, v. 4, Tomo1: mecânica dos solos – fundações - materiais de construção - perspectiva e sombra-hidráulica 3.ed. Porto Alegre: Globo, 1968.

NEVILLE, A.M.; Propriedades do Concreto. 2. ed. São Paulo: Editora Pini, 1997.

PEDRINCO, 2014. Disponível em: < <http://www.pedrinco.com/infraestrutura.php>>. Acesso em 03 de dezembro de 2014.

PETTENGILL, Josi. SECOM/MT. Disponível em:
<<http://www.cbnfoz.com.br/editorial/brasil/mato-grosso/06102014-214321-mt-fecha-safra-com-2-maior-producao-de-algodao-em-caroco-da-historia>> Acesso em 01 de dezembro de 2014.

PETRUCCI, Eládio G. R. Concreto de cimento Portland. 7. ed. Porto Alegre: Globo, 1980.

RICHARDSON, Roberto Jarry. Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1989.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S. Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n.1, p. 99-111, jan./mar. 2014.

ROMERO, Luiz Lauro. Fibras artificiais e sintéticas. BNDES, 1995.

SAMPIERI, Roberto H.; COLLADO Carlos F.; LUCIO, Pilar B. Metodologia de la Investigación. México: McGraw Hill, 1994.

SHENTEICER INDUSTRIAL LIMITED, 2014. Disponível em: < <http://shenteicer.com/>>. Acesso em 10 de dezembro de 2014.

SILVA, H. V. Propostas para avaliar o impacto ambiental em mineração: primeira tentativa. Ambiente, São Paulo: CETESB, v. 2, n. 2, p. 88-90, 1988.

STRAUSS Anselm; CORBIN Juliet. Basics of qualitative research. 2.ed. London, 1998.

TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. Fundamentos em ecologia. Porto Alegre: Artmed. 2006. Pp. 438.