

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO ENGENHARIA TÊXTIL  
ENGENHARIA TÊXTIL**

**ARISSA SUMIKAWA MIASHITA**

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE  
AGREGADOS GRAÚDOS POR RESÍDUOS TÊXTEIS NO CONCRETO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

**APUCARANA**

**2017**

**ARISSA SUMIKAWA MIASHITA**

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE  
AGREGADOS GRAÚDOS POR RESÍDUOS TÊXTEIS NO CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Têxtil, da Coordenação de  
Engenharia Têxtil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Andrea Sartori  
Jabur

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Valquiria  
Aparecida dos Santos Ribeiro

**APUCARANA**

**2017**



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Apucarana



COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil

### **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título do Trabalho de Conclusão de Curso:**

**Avaliação da capacidade de substituição parcial de agregados graúdos por  
resíduos têxteis no concreto**

por

ARISSA SUMIKAWA MIASHITA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado ao primeiro dia do mês de dezembro do ano de dois mil e dezessete, às onze horas, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Têxtil do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

PROFESSOR(A) ANDREA SARTORI JABUR – ORIENTADORA

---

PROFESSOR (A) JULIANA SGORLON – EXAMINADOR(A)

---

PROFESSOR(A) WESLEY SZPAK – EXAMINADOR(A)

\*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## RESUMO

MIASHITA, Arissa Sumikawa. **Avaliação da capacidade de substituição parcial de agregados graúdos por resíduos têxteis no concreto.** 2017. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Têxtil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2017.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de substituição parcial de agregados graúdos por resíduos sólidos provenientes da indústria têxtil na fabricação de concreto de cimento Portland. O resíduo sólido têxtil utilizado na pesquisa consiste em retalhos de tecido 100% poliéster e é fruto de doação de uma empresa da região noroeste do Paraná. O resíduo foi utilizado na mistura do concreto nas proporções de 0%, 1%, 2% e 3% em massa na substituição do agregado graúdo (brita). Foram confeccionados 4 corpos de prova de concreto com e sem resíduos têxteis e estes foram submetidos a ensaios físicos com a finalidade de avaliar a viabilidade da metodologia empregada, quanto à resistência a compressão e absorção de água. Em relação a confecção dos corpos de prova, a maior quantidade de resíduos no corpo de prova conferiu maior necessidade de quantidade de água no traço, bem como apresentou menor massa final e maior porcentagem de umidade. Foi possível analisar que o corpo de prova com 2% de resíduos apresentou um resultado próximo ao concreto tradicional. O corpo de prova que contém 3% de resíduos apresentou a menor resistência de todos os testes.

**Palavras-chave:** Resíduo sólido têxtil, concreto, sustentabilidade.

## ABSTRACT

MIASHITA, Arissa Sumikawa. **Evaluation of the partial replacement capacity of large aggregates for textile residues in concrete.** 2017. 42 p. Final Course Assignment (Bachelor of Textile Engineering) - Federal University of Technology - Paraná. Apucarana, 2017.

The present work had the objective of evaluating the partial replacement capacity of large aggregates for solid wastes from the textile industry in the manufacture of Portland cement concrete. The textile solid residue used in the research consists of 100% polyester fabric and is the result of a donation from a company located in the northwestern region of Paraná. The residue was used in the concrete mixture in proportions of 0%, 1%, 2% and 3% by weight in the replacement of the aggregate (gravel). Four body proofs of concrete with and without textile residues were made and these were submitted to physical tests with the purpose of evaluating the feasibility of the methodology used for the resistance to compression and water absorption. In relation to the preparation of the body proofs, the greater amount of residues in the body proof gave a greater need of water quantity in the trace, as well as lower final mass and higher percentage of moisture. It was possible to analyze that the specimen with 2% of residues presented a result close to the traditional concrete. The body proof containing 3% of residues had the lowest resistance of all the tests.

**Key-words:** Solid textile residue, concrete, sustainability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Setores da Indústria Têxtil.....	11
Figura 2 – Fibra de Poliéster pelo Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).....	14
Figura 3 – Encaixe (software).....	15
Figura 4 – Operador na etapa de corte. ....	16
Figura 5 – Fluxograma do processo de Confecção.....	19
Figura 6 - Resíduo têxtil triturado .....	24
Figura 7 - Peneiras para granulometria agregado miúdo .....	26
Figura 8 - Peneiras para granulometria agregado graúdo.....	26
Figura 9 - Equipamento Speedy .....	26
Figura 10 - Mistura de brita 1 com resíduos têxteis.....	28
Figura 11 – Molde corpo de prova 100 x 200 mm. ....	29
Figura 12 - Óleo mineral.....	29
Figura 13 – Máquina de ensaio universal EMIC.....	30
Figura 14 - Corpo de prova em imersão na água.....	31
Figura 15 - Corpo de prova 0% resíduo .....	34
Figura 16 - Corpo de prova 1% resíduo .....	34
Figura 17 - Corpo de prova 2% resíduo .....	35
Figura 18 - Corpo de prova 3% resíduo .....	35
Figura 19 - Compressão CP 0%.....	36
Figura 20 - Compressão CP 1%.....	36
Figura 21 - Compressão CP 2%.....	37
Figura 22 - Compressão CP 3%.....	37
Figura 23 - Corpos de prova após ensaio de compressão .....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Traços utilizados na fabricação do concreto com incorporação de resíduos têxteis. ....	27
Tabela 2 - Granulometria da areia (agregado miúdo) .....	31
Tabela 3 - Granulometria da brita (agregado graúdo) .....	32
Tabela 4 - Quantidades de materiais utilizados na fabricação do concreto .....	32
Tabela 5 - Massas dos corpos de prova úmidos e secos.....	33
Tabela 6 - Resistencia a compressão dos corpos de prova .....	35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 OBJETIVOS.....	9
1.1.1 Objetivo Geral .....	9
1.1.2 Objetivos Específicos .....	9
1.2 JUSTIFICATIVA.....	10
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA TÊXTIL .....	11
2.1.1 Fibras Sintéticas.....	12
2.1.2 Confecção Têxtil.....	14
2.2 RESÍDUO SÓLIDO TÊXTIL .....	16
2.3 CONCRETO.....	19
2.4 SOLUÇÕES PARA O RESÍDUO SÓLIDO TÊXTIL .....	20
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS .....	23
3.1.1 Resíduo Sólido Têxtil.....	23
3.1.2 Concreto.....	24
3.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	27
3.2.1 Escolha do Traço .....	27
3.3 FABRICAÇÃO DO CONCRETO .....	28
3.3.1 Ensaio no Concreto .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes alternativas de energia renovável ocorre de maneira a encontrar uma solução para frear o acelerado consumo de recursos naturais e preservar o meio ambiente (AVELINO, 2011). Visto isso, nota-se a crescente utilização de materiais compósitos em diversas áreas tecnológicas, este é um assunto que vem ganhando grandes proporções de atenção nas pesquisas acadêmicas. De um modo geral, denomina-se material compósito aquele que é constituído por dois ou mais constituintes diferentes, formando a combinação de duas fases, nomeadas matriz e reforço, e juntas, resultam na formação de um novo material com melhor desempenho e melhores propriedades mecânicas (VENTURA, 2009).

Segundo Santos (2013), é notável o investimento das indústrias modernas, que vem ampliando o uso de materiais compósitos, geralmente no ramo automotivo, esportivo e de construção civil. Ainda de acordo com o autor, a área de construção civil, a cada ano tem experimentado essa possibilidade de aprimorar propriedades de materiais de construção, pois estes materiais compósitos geralmente apresentam características de menor peso, menor densidade e a possibilidade de melhor desempenho em relação aos materiais convencionais.

Paralelamente ao estudo relacionado ao desenvolvimento de materiais compósitos, a indústria têxtil é um dos segmentos mais antigos do país e foi responsável pelo faturamento de cerca de 40 bilhões de dólares americanos somente no ano de 2016, sendo o Brasil o quinto maior produtor têxtil no mundo (ABIT, 2017). Em conjunto com a larga escala de produção do setor, gera-se uma grande quantidade de resíduos que são em sua maioria destinados à aterros e demoram muitos anos para se decompor. Contudo, com o avanço das pesquisas e o recorrente investimento em inovação na área, tornou-se possível o reuso desses resíduos de modo a encontrar uma solução alternativa e eficiente por meio de sua incorporação em materiais como o concreto, por exemplo, por se tratarem de resíduos poliméricos.

Diversos métodos de mistura de materiais em concreto têm sido desenvolvidos nos últimos anos como aditivos de reforço, principalmente com materiais poliméricos, que quando combinados com partículas rígidas aprimoram

suas propriedades mecânicas e resultam em aumento do módulo de rigidez e de resistência a propagação de trincas. Países como Estados Unidos, Alemanha e China demonstram grande interesse nessa área e segundo Santos (2013), o tamanho da partícula é de grande influência no processo, pois quanto menores as partículas, maior a abrangência da área superficial dos polímeros e assim obtêm-se melhores resultados de resistência.

No entanto, no ramo que se insere a produção do concreto, a indústria da construção civil é responsável por até 50% do consumo de recursos naturais extraídos do planeta. De acordo com Avelino (2011), o concreto de cimento Portland é o material de construção mais utilizado no mundo e é um material capaz de absorver certos tipos de resíduos e rejeitos industriais, viabilizando assim, a inserção de resíduos como matéria prima com o objetivo de substituir recursos naturais retirados do meio ambiente, tornando o processo renovável e também aprimorando as propriedades do material a baixo custo.

Diante disso, o presente estudo pretende avaliar a substituição de agregados graúdos por resíduos sólidos têxteis 100% poliéster no concreto.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em avaliar a capacidade de substituição parcial do agregado graúdo por resíduos têxteis de poliéster na fabricação de concreto.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Para que se possa atingir o objetivo geral proposto, serão necessários os seguintes objetivos específicos:

- Realizar levantamento dos resíduos têxteis de poliéster;
- Realizar a fragmentação dos resíduos de poliéster em tamanhos adequados para substituição do agregado graúdo do concreto;
- Confeccionar 4 corpos de prova cilíndricos 100 x 200 mm de concreto, com a variação de porcentagem de 0%, 1%, 2% e 3% em massa de resíduos em relação ao agregado graúdo;
- Realizar testes e ensaios de resistência a compressão e absorção de água com os corpos de prova;
- Avaliar os resultados dos testes e ensaios obtidos.

## 1.2 Justificativa

O Brasil é um dos maiores produtores de artigos do setor têxtil no mundo e existe a tendência de maior utilização de fibras sintéticas, que possibilita a modernização e o aumento da produtividade no processo de fiação. As fibras sintéticas foram desenvolvidas especialmente para atender a elevada demanda por artigos têxteis e mais de 40 toneladas de resíduos dessas fibras são geradas diariamente somente na região sul do país (ZENI *et al.* 2005).

O descarte de resíduos têxteis de fibras sintéticas e materiais poliméricos em aterros industriais tem acarretado sérios problemas ambientais nos últimos anos. Com o propósito de minimizar o impacto no meio ambiente faz-se necessária uma alternativa para a destinação desses materiais. A incorporação de fibras sintéticas como compósito já é tema de diversas pesquisas por resultar no melhor aproveitamento dos materiais convencionais, principalmente na área de construção civil.

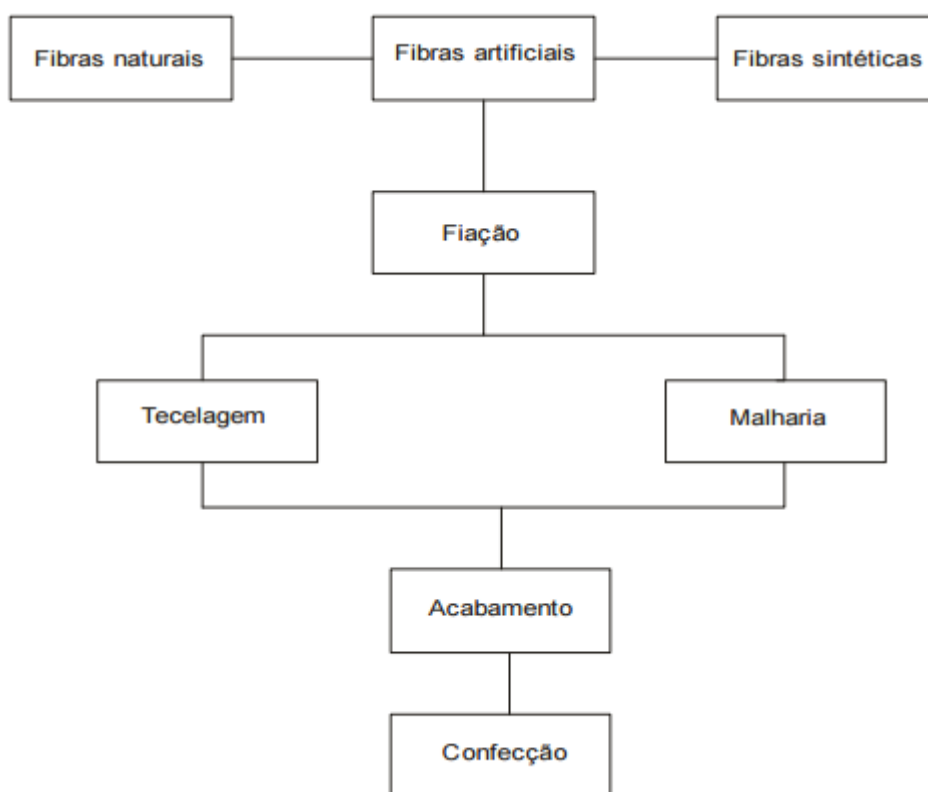
De acordo com Fioriti, Akasaki e Ino (2006), é crescente a utilização de blocos pré-moldados de concreto no mundo, e no Brasil não é diferente. Logo, a possibilidade de desenvolver materiais alternativos levando em consideração a grande demanda e a preocupação com o equilíbrio em questões ambientais, tecnológicos e econômicos, viabilizam o desenvolvimento de materiais compósitos pela praticidade e confiabilidade, uma vez que a utilização de resíduos como matéria prima na construção civil pode apresentar o melhoramento de propriedades, como durabilidade e resistência, e a possibilidade de reduzir a quantidade de recursos naturais extraídos do meio ambiente. Resíduos sintéticos da indústria têxtil incorporados na produção de concreto podem proporcionar ainda melhores resultados quanto a resistência e também menor impacto ambiental.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Caracterização da Indústria Têxtil

Bezerra (2014) explica que “a estrutura da cadeia produtiva e de distribuição têxtil e de confecção engloba desde a produção das fibras têxteis até o produto acabado e confeccionado, incluindo a distribuição e a comercialização”, afirmando que a indústria têxtil propriamente dita insere-se dentro de uma etapa da cadeia têxtil, esta, composta por diversos setores, que compreendem: fiação, tecelagem ou malharia, beneficiamento/acabamento e confecção, conforme apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Setores da Indústria Têxtil.



Fonte: Aprender a empreender: Têxtil e confecção, 2006 (apud PAIVA, 2010, p. 16).

O processo têxtil inicia-se na fiação, a partir do recebimento da matéria-prima, que são as fibras têxteis, estas, segundo Junior *et al.* (2001) são classificadas da seguinte forma:

- Fibras naturais: origem animal ou vegetal (exemplos: algodão, seda, lã, etc.).
- Fibras artificiais: obtidas pela regeneração de celulose (exemplos: viscose, acetato, etc.).
- Fibras sintéticas: derivadas de subprodutos do petróleo (exemplos: poliéster, poliamida, etc.).

As fibras são transformadas em fios no processo de fiação, que irá variar de acordo com a característica final do fio desejado. Com a formação do fio, prossegue-se com o setor de tecelagem, onde é fabricado o tecido, que pode ser tecido plano, confeccionado pelo entrelaçamento de um conjunto de fios em ângulos retos, ou malharia, onde são produzidas malhas obtidas pela passagem de uma laçada de fio através da outra, resultando em maior flexibilidade e elasticidade do tecido. Em seguida, o tecido confeccionado segue para o setor de beneficiamento, no qual passará por uma série de tratamentos químicos a fim agregar características ao produto como tingimento e acabamentos. O tecido acabado prossegue para a indústria de confecção, onde são produzidos artigos de vestuário, técnicos e cama, mesa e banho. Muitas vezes é o setor de confecção que faz a ligação final com o consumidor, que é o objetivo final do processo inteiro (GUTIERREZ, 2006 apud PAIVA, 2010, p. 17).

Bezerra (2014, p.2) diz que cada um dos setores descritos acima possui características próprias e por isso, há a existência de descontinuidade entre estes, podendo cada setor produzir o insumo principal do seguinte, gerando independência das fases principais. Esse fato resulta na possibilidade de flexibilidade na organização da produção e empresas com diferentes atualizações tecnológicas.

Na sequência serão abordados tópicos relacionados as fibras sintéticas e o segmento de confecção, os quais serão fundamentais para o desenvolvimento do presente estudo.

### *2.1.1 Fibras Sintéticas*

Entende-se por fibras têxteis, materiais de vários tipos, naturais ou não naturais, que são usadas para fins têxteis. Segundo Kuasne (2008, p.5) “[...] fibra têxtil é um material que se caracteriza por apresentar um comprimento pelo menos 100 vezes superior ao diâmetro ou espessura” e que além disso, as fibras têxteis

têm características relacionadas a resistência a tensão, absorção, alongamento, elasticidade, entre outras.

As fibras têxteis são compostas de macromoléculas, ou seja, moléculas compostas de polímeros. O comprimento da cadeia polimérica é de grande importância para as fibras, uma vez que tanto fibras naturais quanto as manufaturadas possuem cadeias poliméricas extremamente longas e a determinação de seu comprimento médio é indicado pelo Grau de Polimerização (GP). Para cada tipo de fibra, há uma grande variação do padrão de arranjo molecular, podendo as moléculas ser muito orientadas (regiões cristalinas) ou ter baixa orientação (regiões amorfas), associadas a uma elevada resistência e baixo alongamento ou baixa resistência e elevado alongamento, respectivamente (KUASNE, 2008).

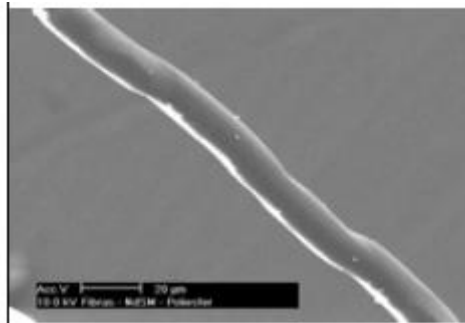
De acordo com Pereira (2009, p.14), o surgimento das fibras sintéticas ocorreu com o objetivo de copiar e melhorar as características das fibras naturais, e conforme o aumento do número de suas aplicações, este tipo de fibra tornou-se necessidade, principalmente devido ao rápido aumento populacional vinculado a uma maior demanda de vestuário a baixo custo e também a diminuição de dificuldades da produção agrícola. Ainda segundo a autora, as fibras sintéticas são obtidas pelo processo de extrusão, no qual uma resina (pastosa) é pressionada através dos furos bem finos da fieira. Imediatamente após a saída da fieira são solidificados os filamentos e em seguida estirados, processo que diminui o diâmetro da fibra e aumenta sua resistência a tração. As fibras podem ser apresentadas em forma de monofilamento, multifilamento ou fibra cortada. A primeira consiste em um filamento único e contínuo. A segunda é a união de dois ou mais monofilamentos unidos paralelamente por torção. Por fim, a terceira é o resultado do corte de um feixe de filamentos em tamanhos determinados, geralmente utilizada para mistura com fibras naturais.

As fibras sintéticas apresentam alta orientação molecular e são classificadas como orgânicas ou inorgânicas. A sintética orgânica é obtida a partir da síntese de matérias primas orgânicas (derivada do petróleo) e é a fibra de maior produção e consumo mundial, já no grupo das inorgânicas incluem-se as fibras de vidro, carbono, metais, entre outras. A fibra de poliéster (Figura 2) está inserida no grupo de fibras têxteis sintéticas orgânicas e é altamente cristalina, logo, apresenta ótima resistência mecânica, além de boa resistência a intempéries (luz, raios ultravioletas,

etc.) e a microrganismos, baixa absorção de umidade, entre outras propriedades (JUNIOR *et al.*, 2001; KUASNE, 2008).

Segundo Dolzan (2004, p. 47), a fibra de poliéster não possui grupos polares, sendo assim não pode ser tingida com corantes hidrossolúveis como o corante ácido, catiônico, direto, entre outros. Logo, é possível tingir esse tipo de fibra apenas com o uso do corante disperso, que é não iônico e praticamente insolúvel em água fria. Ainda de acordo com a autora, o tingimento com o corante disperso acontece em elevadas temperaturas (de 100 a 130°C) e o processo pode ocorrer com e sem o uso de agentes transportadores, os *carriers*, que são compostos de baixa massa molecular, responsáveis por transportar o corante para o interior da fibra. Os *carriers* são compostos altamente poluentes ao meio ambiente e por isso seu uso ocorre quando há limitações no processo (não disposição do maquinário para trabalhar sob pressão, tingimento de misturas de fibras que não suportam elevadas temperaturas, etc.).

Figura 2 – Fibra de Poliéster pelo Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).



Fonte: Junior *et al.*, (2001).

### 2.1.2 Confecção Têxtil

O segmento de confecção é responsável por fabricar artigos do vestuário, acessórios e para o lar. Segundo Pereira (2009, p.4), tal segmento reúne o maior número de empresas do setor têxtil no Brasil, estas concentradas em sua maioria na região sul e sudeste do país.



Dos anos de 2009 a 2013, quanto ao número de empresas em atividade na cadeia têxtil no segmento de confecções, a linha lar cresceu em 11,5%, acessório teve uma queda de 10,9% e o vestuário cresceu em 11% (IEMI, 2014 apud ZONATTI, 2009). No ramo do vestuário, cerca de 70% das vendas envolvem peças como jeans, camisetas, bermudas, linha social e linha esportiva, e os demais estão divididos entre linha profissional, moda íntima, praia, entre outros (PEREIRA, 2009).

O segmento de confecção, de acordo com Hirakuta *et al.* (2008, p.4), consiste no desenho, confecção de moldes, gradeamento, encaixe, corte e costura. Segundo Senai (2007), o modelista é o profissional da área de design de moda que criará os desenhos e modelos, e seus respectivos moldes. Após a confecção dos moldes, o gradeamento é realizado de modo a construí-los em tamanhos diferentes. O encaixe (Figura 3) consiste na distribuição dos moldes sobre o tecido. O método de empilhar o tecido de modo a formar camadas do mesmo para seguir para a etapa de corte, chama-se enfesto. O corte (Figura 4) é realizado nas várias camadas de tecido com uma lâmina vertical e a costura consiste na união dos moldes cortados para obtenção da peça final.

Figura 3 – Encaixe (software).



Fonte: PROTÊXTIL (2015 apud ZONATTI, 2016).

Figura 4 – Operador na etapa de corte.



Fonte: AUDACES (2015 apud ZONATTI, 2016).

## 2.2 Resíduo Sólido Têxtil

De acordo com a Norma Brasileira 10.004 (2004) são classificados resíduos sólidos, resíduos provenientes de atividades de origem doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços, de varrição e industrial, nesse último enquadra-se o resíduo sólido gerado pela indústria têxtil.

Os resíduos sólidos são classificados conforme suas propriedades físicas e químicas, que podem apresentar risco à saúde pública ou riscos ao meio ambiente. O laudo de classificação deve ser baseado conforme descrição do processo produtivo, no qual consta a origem do resíduo, processo de segregação e laudos de análises laboratoriais, todos elaborados por responsáveis técnicos habilitados (ABETRE, 2017).

Dentro da indústria têxtil, o tecido é submetido a diversos tratamentos químicos, como o tingimento e o acabamento, por exemplo, impactando diretamente no modo de destinação final desse tipo de resíduo. Segundo Zonatti (2016, p.28):

“Ao longo da cadeia têxtil existem diversas operações que geram resíduos, desde o descaroçamento do algodão até restos de fios e tecidos nas

confeções, variando estes rejeitos quanto à característica e a quantidade. Em especial, merecem destaque os resíduos perigosos oriundos de embalagem ou mesmo do uso de produtos químicos, como por exemplo, a perda de pasta na estamparia, a geração de lodos biológicos de tratamento, entre outros.”

Sabendo que ocorre a geração de resíduos ao longo de toda a cadeia têxtil, atualmente as indústrias têxteis e de confecção buscam pelo aprimoramento dos processos produtivos e minimização resíduos, aumentando a eficiência e tornando-se mais competitivas. Desperdícios e consequente geração de resíduos podem estar atrelados a falta de conhecimento de todas as etapas do desenvolvimento de novos produtos. Em uma confecção, é na etapa de encaixe que é definida a disposição dos moldes, colocados lado a lado, sobre o tecido. A falta do conhecimento prévio das larguras dos rolos de tecidos pode afetar a maneira que será realizado o encaixe dos moldes e assim provocar grande desperdício de tecido, por exemplo. Para Audaces (2015 apud ZONATTI, 2016), a etapa de encaixe é de grande importância para uma confecção, pois ao saber a melhor maneira de realizar o encaixe dos moldes no tecido é possível prever a quantidade de tempo e de tecido necessários para o processo completo, de maneira a aproveitar melhor a matéria prima e assim gerar menos resíduos. Seguido do encaixe, o tecido é enfiado, ou seja, é disposto em camadas para a realização do corte, este realizado por uma lâmina vertical. Mesmo visando a melhor maneira de aproveitar o rolo de tecido na etapa de encaixe, após a etapa de corte, os tecidos residuais provenientes dos espaços entre os moldes são gerados em volume significativo e são em sua maioria descartados incorretamente, sendo que poderiam ser reaproveitados por outras indústrias (ZONATTI, 2016).

Portanto, de acordo com Senai (2007), incluem-se como resíduos sólidos classificados conforme a NBR 10004 (2004), provenientes do segmento de confecção:

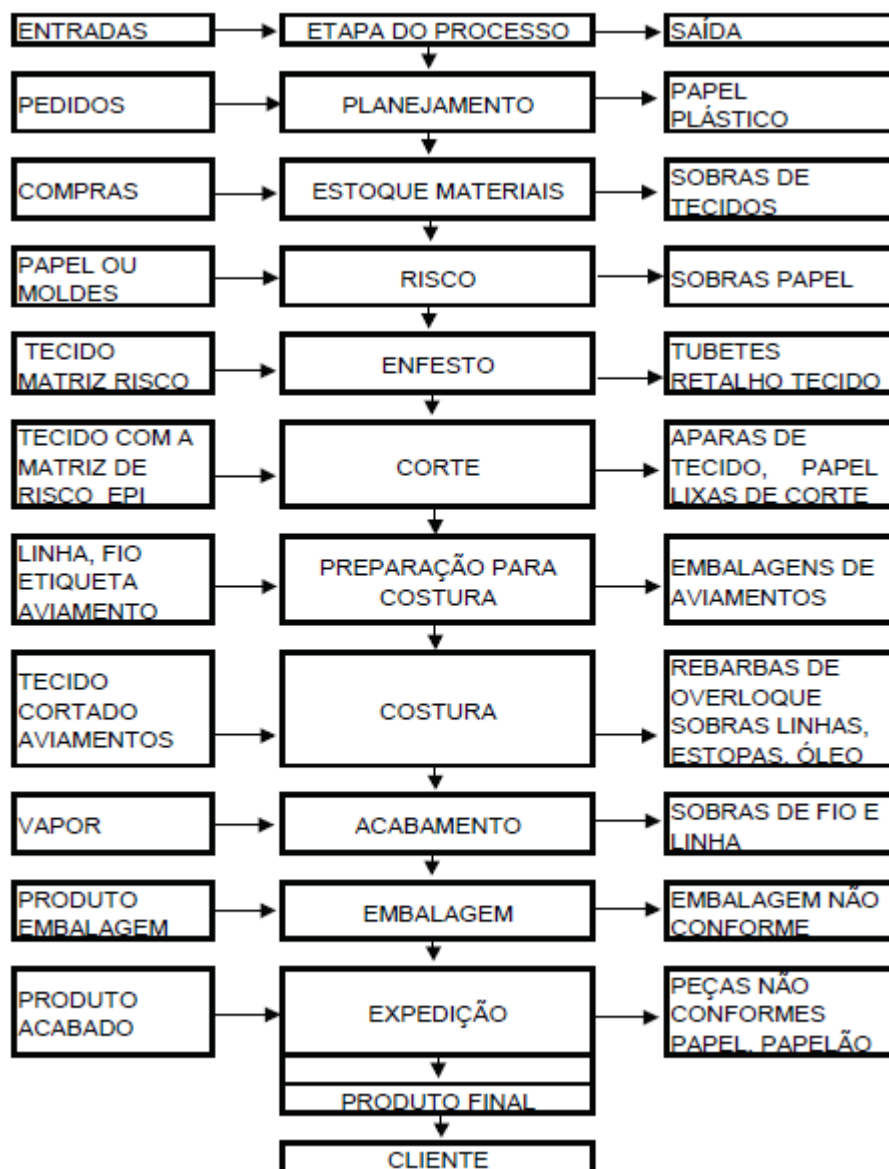
- Resíduos Classe I – Perigoso: aqueles que apresentam riscos à saúde pública (exemplos: solventes para limpeza de peças, lâmpadas, pano de estopa contaminado com óleo lubrificante).

- Resíduos Classe II A – Não Inerte: aqueles que não se enquadram nas demais classificações e apresentam propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (exemplos: retalhos e aparas de tecido, fios, linhas, plásticos, papel, papelão).
- Resíduos Classe II B – Inertes: resíduos que quando amostrados de forma representativa (conforme NBR 10007) e submetidos a contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente (conforme NBR 10006), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água (exemplos: resíduos de vidro, sobras de botões).

Segundo Marteli (2011, p.66), resíduos de fibras sintéticas muitas vezes são considerados como inertes (classe II B) pelos geradores. Ainda de acordo com o autor, os resíduos sólidos têxteis são de origem industrial e mesmo quando compostos de fibras naturais, devem ser descartados em aterros industriais uma vez que não há destinação para reaproveitamento.

Para melhor visualização do conteúdo citado até o momento, a Figura 5 demonstra o fluxograma das principais etapas do processo de confecção, juntamente com as matérias primas utilizadas e principais resíduos gerados no processo.

Figura 5 – Fluxograma do processo de Confeção.



Fonte: SENAI (2007).

### 2.3 Concreto

Segundo Modro (p.12, 2008), o concreto é um material muito utilizado na indústria da construção civil e é composto por cimento, agregados e água.

Existem alguns fatores que interferem diretamente na resistência do concreto, como o tipo de cimento, relação água/cimento, idade, temperatura, relação agregado/cimento e tamanho máximo do agregado, principalmente, e que os componentes e suas proporções dentro da mistura do concreto são de suma

importância para atender as especificações do produto final desejado (AVELINO, 2011).

O estudo da relação de quantidades e proporções de materiais na mistura de concreto de cimento Portland é denominado traço (TUTIKIAN e HELENE, 2011). E essa proporção dos componentes deve atender às condições requeridas de resistência mecânica, trabalhabilidade e durabilidade, que são as propriedades fundamentais do concreto (MODRO, 2004). E ainda segundo Modro (p.12, 2008) a resistência mecânica normalmente fornece uma indicação geral da qualidade do concreto, uma vez que está diretamente relacionada com a microestrutura da pasta de cimento endurecida.

O processo de cura do concreto ocorre em etapas, tendo que ser hidratado com água para evitar possíveis trincas no futuro. O processo de hidratação é exotérmico, que libera calor enquanto a reação ocorre. E parte deste calor é absorvido pelo próprio concreto, podendo elevar a temperatura da mistura em até 85°C (CARNEIRO, GIL, NETO, 2011).

## **2.4 Soluções para o Resíduo Sólido Têxtil**

No mundo em que se vive hoje, com a crise do aumento de consumo acelerada e a maior exploração de recursos naturais, entram em discussão as questões relacionadas a sustentabilidade e o melhor aproveitamento dos materiais utilizados na produção de bens e serviços. Logo, entende-se por sustentabilidade a capacidade de se sustentar, ou seja, de se manter. Dizendo melhor, uma atividade sustentável compreende em poder ser mantida para sempre, assim como a exploração de recursos naturais de forma sustentável nunca se esgotará, pois respeita a capacidade de produção dos ecossistemas no planeta (MIKHAILOVA, 2004).

Seguindo essa linha de pensamento, encontrar soluções sustentáveis para materiais residuais da indústria têxtil faz-se necessário. Uma vez que esta área é uma das maiores geradoras de resíduos líquidos, tendo como exemplo as lavanderias, que geram uma grande quantidade de efluente, e sólidos, como é o caso das confecções e demais segmentos têxteis, onde este resíduo sólido consiste

em sobras de tecidos, agulhas quebradas, botões entre outros. Tendo conhecimento desse fato, ao abordar a questão ambiental em estudos, as empresas sentem a necessidade de reorganizar seus métodos de produção, associadas a aspectos e pressões legais e sociais, bem como alternativas para reutilizar ou reciclar materiais, prolongando seu ciclo de vida (MILAN, VITORAZZI e REIS, 2010; CAMARGO *et al.*, 2015).

Segundo Camargo et al. (2015), o desenvolvimento de práticas sustentáveis e reuso de materiais descartados pela indústria de confecção, diminui a extração de novos materiais e conseqüentemente a degradação do meio ambiente. Leite (2009 apud MILAN, VITORAZZI e REIS, 2015, p.3) diz que o segmento de confecção do vestuário é o principal produtor de bens finais da área têxtil e que seu produto final tem um ciclo de vida comercial curto, justamente por se tratar de um produto de moda e também guiado por fatores culturais, como conforto, estética e escolha individual, fazendo com que a indústria colabore para a elevada utilização de recursos naturais e posterior geração de resíduos, colocando em discussão modelos e processos de produção e consumo responsável.

De acordo com Mehler (2013, p.2) “a indústria têxtil brasileira possui importante potencial de expansão, devido ao tamanho do mercado de consumo e à inserção de milhões de novos consumidores [...]” de fato relacionado às transformações econômicas do país, que refletem na transição de consumidores no mercado. Porém, a expansão do mercado provocou um grande incentivo para a modernização das indústrias e juntamente estímulos para o desenvolvimento de atividades que envolvem padrões de sustentabilidade. Ou seja, atualmente, empresas que adotam o crescimento sustentável em sua organização, “[...] equilibrando aspectos econômicos, sociais e ambientais, tendem a ganhar vantagem competitiva no ambiente que está se formando” (MEHLER, 2013, p.2). E esse novo ambiente está relacionado a consumidores que estão interessados em interagir com empresas éticas e que atuam de forma ecologicamente responsável (TACHIZAWA, 2003 apud MEHLER, 2013, p.2).

Visto que atualmente as empresas estão procurando adaptar-se à procedimentos sustentáveis e manter seus clientes satisfeitos, estudos na área de reaproveitamento de resíduos passaram a ter grande popularidade. Como é o caso da crescente quantidade de pesquisas que abordam a incorporação de resíduos de diversos segmentos em concreto, uma vez que paralelamente à geração de

resíduos, há a extração de grandes quantidades de recursos naturais para a produção de concreto. Em seu estudo, Avelino (2011, p.17) diz que pesquisas de incorporação de resíduos estão sendo desenvolvidas em torno do concreto de cimento Portland por este ser o material de construção mais consumido no mundo e por ser um material capaz de absorver diversos tipos de resíduos e rejeitos industriais, como: corte de botão, pó de pedra, borracha do pneu, PET, entre outros. E que além de oferecer uma solução alternativa de destinação final ao resíduo, que antes iria para o aterro sanitário, testes comprovam que a incorporação do resíduo pode aumentar a resistência à tração do concreto. Complementando, em relação aos materiais que estão presentes na composição do concreto, Avelino (2011, p.19) afirma:

Em virtude desses componentes apresentarem, para obras específicas, algumas deficiências quanto à resistência, peso e fissuras, foram sendo desenvolvidos concretos com alterações de materiais. No primeiro caso, a resistência pode ser aumentada produzindo concreto de alta resistência pela adição de superplastificante ou aditivos redutores de água. No segundo caso, a densidade do concreto pode ser reduzida pela substituição de parte do agregado convencional pelo agregado leve, [...]. Já no terceiro caso, a fissura pode ser amenizada pela adição de fibras no concreto, produzindo com isso um concreto reforçado com fibras (METHA; MONTEIRO, 2008). Com o conhecimento que se tem hoje sobre o concreto e seus materiais é possível executar grandes estruturas com segurança e economia (GIAMUSSO, 1992).

Logo, muito embora os materiais que compõem o concreto possam apresentar algumas deficiências em relação às propriedades como resistência, peso, fissura entre outras, quando reforçados com materiais que suprem esses pontos fracos, estes apresentam melhores desempenhos. E o fato de conseguir incorporar fibras no concreto abre então um leque de novas possibilidades de testes e estudos, pois além da interessante possibilidade de melhorar e reforçar o concreto, reduz a quantidade de resíduos sólidos têxteis em aterros sanitários. Ainda sobre a incorporação de fibras em materiais de construção, Cunha (2012, p.11) diz:

[...] as fibras vêm sendo, cada vez mais, incorporadas em matrizes frágeis, na tentativa de melhorar as propriedades do compósito, através da



redução do número de fissuras, da abertura das mesmas e da sua velocidade de propagação. Dependendo da função do material ou do componente da construção, os desempenhos térmicos e acústico, assumem grande importância no contexto das edificações e também poderiam ser melhorados com a incorporação de fibras.

Ou seja, vários são os benefícios para os materiais de construção que recebem a incorporação de fibras têxteis. Logo, para atender a esses fatores faz-se necessário analisar e estudar as proporções dos materiais na receita do concreto, bem como o tamanho do resíduo sólido que também será introduzido com outros materiais, uma vez que um dos principais objetivos da inserção dos resíduos no concreto é a substituição de agregados (AVELINO, 2011).

### **3 METODOLOGIA**

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos no presente trabalho, inicialmente realizou-se levantamento do resíduo sólido têxtil estudado e levantamento bibliográfico sobre o tema para que fosse possível definir a porcentagem de resíduos incorporados no concreto, para posterior avaliação do desempenho dos corpos de prova de concreto fabricados com os mesmos.

O desenvolvimento experimental compreendeu a caracterização dos resíduos sólidos têxteis, a fim de verificar suas propriedades físicas e avaliar sua capacidade de inserção no concreto como substituto parcial de agregados, por meio de ensaios de caracterização do concreto produzido.

#### **3.1 Caracterização dos Materiais**

##### *3.1.1 Resíduo Sólido Têxtil*

Os resíduos sólidos utilizados na substituição ao agregado graúdo nos corpos de prova de concreto apresentavam composição 100% poliéster e foram adquiridos por meio de doação de uma indústria de confecção de vestuário localizada na região noroeste do Paraná.

Com o auxílio de uma tesoura os resíduos foram triturados manualmente de tamanho aproximado a brita substituída, número 1, de dimensão aproximada a 24 mm, conforme Figura 6. Não houve a necessidade de triturar o material de maneira que cada parte triturada fosse idêntica a outra, uma vez que a própria brita apresenta superfície irregular. Os resíduos triturados passaram pelo teste de granulometria, objetivando a regularidade do tamanho do material e foram armazenados em um recipiente até a hora da fabricação dos corpos de prova.

**Figura 6 - Resíduo têxtil triturado**



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

### *3.1.2 Concreto*

Segundo Modro (2008, p.27), o concreto é obtido pela composição de cimento, água e agregados. Portanto, para a confecção do concreto utilizou-se água, cimento Portland, brita e areia.

O cimento Portland utilizado na fabricação do concreto atuou como aglomerante e é da marca Votoran.

Os agregados utilizados para a confecção do concreto foram: areia média para fina, esta passou pela análise de granulometria segundo norma NBR NM 248

(2003), referente a agregados e sua composição granulométrica, brita número 1 que também passou pelas mesmas análises acima citadas. Para os ensaios de granulometria da areia e brita (Figura 7 e 8), as peneiras foram encaixadas e colocadas sobre o agitador de peneiras, contendo 1kg do material e vibração 0, aumentada gradualmente. Realizou-se também o *Speedy test* (Figura 9), para verificar o teor de umidade da areia, que fornece o resultado no manômetro do equipamento em kgf/cm<sup>2</sup> para ser comparado em uma tabela que acompanha o equipamento, para assim obter resultado em relação a umidade do material analisado. A água utilizada na prática foi a disponível pelo município de Apucarana/PR.

A confecção dos corpos de prova de concreto ocorreu em temperatura ambiente, por esse motivo um teste de lixiviação (para detectar possíveis contaminantes) não foi realizado. Uma vez que o corante disperso (utilizado em fibras de poliéster) age apenas com a presença de elevadas temperaturas (acima de 100°C) e a temperatura de hidratação do concreto, segundo Carneiro, Gil e Neto (p.17, 2011), oscila de 0 a 85°C, até se estabilizar com a temperatura ambiente.

Figura 7 - Peneiras para granulometria agregado miúdo



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

Figura 8 - Peneiras para granulometria agregado graúdo



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

Figura 9 - Equipamento Speedy



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

## 3.2 Planejamento Experimental

### 3.2.1 Escolha do Traço

Sgorlon (2014) diz que o traço é como uma receita para indicar as proporções entre as matérias-primas inseridas na produção do concreto ou argamassa, e que em sua maioria a determinação do traço é realizada de maneira empírica, ou seja, com base em tentativas e erros. Segundo a autora citada, por não existir um meio consagrado de dosagem para concretos com consistência seca, que foi o caso do presente estudo, pode-se optar por adotar como base das escolhas do traço um autor de referência. Sendo assim, foi utilizado o traço referência conforme o estudo de Avelino (2011), 1:1,33:2,45:0,50 (cimento:areia:brita:água). Avelino (2011), estudou a incorporação de resíduo de corte de botão de poliéster nas proporções de 0%, 5%, 10% e 20%, obtendo bons resultados de resistência à flexão para os traços de 5% e 10% em relação ao concreto de cimento Portland sem resíduos. A partir do traço referência, foram propostos novos traços conforme a porcentagem de substituição de resíduos sólidos têxteis de poliéster em relação a massa da brita para possível substituição de agregados. As proporções de substituição de resíduos têxteis foram 1%, 2% e 3% em relação a massa, para que fosse possível analisar o comportamento do concreto. A Tabela 1 apresenta a proporção dos materiais utilizados para o presente trabalho.

Tabela 1 – Traços utilizados na fabricação do concreto com incorporação de resíduos têxteis.

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Resíduo (kg)	Água/Cimento (kg)
Referência	1,00	1,33	2,45	0,00	0,50
1%	1,00	1,33	2,43	0,02	0,50
2%	1,00	1,33	2,40	0,05	0,50
3%	1,00	1,33	2,38	0,07	0,50

Fonte: Autora (2017).



### 3.3 Fabricação do Concreto

Para a fabricação do concreto com incorporação de resíduos têxteis, primeiramente realizou-se a pesagem de todos os materiais utilizados, conforme proporções apresentadas na Tabela 1.

Segundo Avelino (2011, p.76) o concreto pode ser misturado manualmente, em betoneiras ou em central de concreto. Para esse trabalho, o concreto foi misturado manualmente, devido à pouca quantidade produzida. As etapas de fabricação do concreto consistiram em misturar parte da água ao agregado graúdo (brita), em seguida cimento, agregado miúdo (areia) e o restante da água. Para os traços que incluíram resíduos, estes foram homogeneizados com a brita anteriormente (figura 10).

Figura 10 - Mistura de brita 1 com resíduos têxteis.



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

Após a produção do concreto, foram moldados 4 corpos de prova cilíndricos de 100 x 200 mm (diâmetro x comprimento) indicados na Figura 11, previamente revestidos com uma camada fina de óleo mineral neutro para máquinas (Figura 12). Os corpos de provas fabricados tiveram a primeira cura do concreto na sombra, para que depois de 24 horas ocorresse a desforma. Após este procedimento, os corpos

de prova ficaram em um tanque de imersão para a cura lenta do concreto por 6 dias. O tanque de imersão consiste em um tanque com água, para hidratar os corpos de prova de concreto durante o tempo de cura e assim evitar posteriores rachaduras nos mesmos. Após sete dias de cura, os corpos de provas foram retirados, para secagem final na sombra por mais 21 dias, completando um total de 28 dias de processamento (cura/secagem) do concreto, conforme a NBR 5738 (2003).

Figura 11 – Molde corpo de prova 100 x 200 mm.



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

Figura 12 - Óleo mineral.



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

### 3.3.1 Ensaios no Concreto

Com os corpos de prova fabricados foram realizados os ensaios para a caracterização do concreto produzido, realizou-se o teste de resistência a compressão, com auxílio da máquina de ensaio universal da marca EMIC (Figura 13) para medir a resistência à compressão (realizado após os 28 dias de cura) conforme NBR 5739 (2007) e teste de absorção de água com o tanque de imersão para conferir a quantidade de água absorvida pelo concreto com e sem incorporação de resíduos têxteis após imersão em água por 24 horas (Figura 14). Para calcular a quantidade de água (em gramas) que o corpo de prova absorveu, realizou-se o cálculo de subtração das massas, massa seca (antes da imersão) menos o massa

úmida (após a imersão). E para calcular a porcentagem de absorção de água ( $\omega$ ) realizou-se a divisão da diferença de massas pela massa seco. O cálculo da massa específica do concreto foi obtido por meio da divisão da massa (kg) pelo volume do corpo de prova ( $m^3$ ).

Figura 13 – Máquina de ensaio universal EMIC.



Fonte: Autora. Acervo pessoal.



Figura 14 - Corpo de prova em imersão na água



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise granulométrica da areia e brita, estão ilustrados nas Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2 - Granulometria da areia (agregado miúdo)**

Diâmetro peneira (mm)	Massa retida (g)
6,60	0
4,75	0
2,40	5,1
1,20	23,7
0,6	154,8
0,3	653,5
0,15	148,5
Fundo (pó pulverulento)	10,3

Fonte: Autora (2017).

**Tabela 3 - Granulometria da brita (agregado graúdo)**

Diâmetro peneira (mm)	Massa retida (g)
100	0
50,8	0
30	0
19,1	0
6,35	953,2
Fundo (pó pulverulento)	46,8

Fonte: Autora (2017).

Foi possível analisar que as peneiras que concentraram maior massa de material, tanto de areia como brita, confirmaram as dimensões destes conforme a norma. Logo, por meio da análise granulométrica foi possível comprovar as especificações de dimensão dos agregados utilizados no experimento.

Ao realizar o *Speedy test*, obteve-se um resultado igual a 0 kgf/cm<sup>2</sup> no manômetro do equipamento. Ao comparar este resultado com a tabela que acompanha o equipamento, analisou-se que a areia apresentou zero umidade. Uma possível explicação seria referente ao clima no dia da realização do teste, ou seja, um dia com baixo teor de umidade do ar que implicou em uma radiação solar bastante forte, somado ao fato da areia estar diretamente exposta ao tempo e mais de 10 dias sem chover, resultou em um material sem umidade.

Os corpos de prova foram planejados para serem confeccionados segundo o traço referência citado 1:1,33:2,45:0,5 (cimento:areia:brita:água). Porém, para a fabricação dos corpos de prova as reais quantidades de materiais utilizadas estão descritas na Tabela 4.

**Tabela 4 - Quantidades de materiais utilizados na fabricação do concreto**

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Resíduo (kg)	Água (kg)
Referência	1,00	1,33	2,45	0,00	0,50
1%	1,00	1,33	2,43	0,02	0,70
2%	1,00	1,33	2,40	0,05	0,70
3%	1,00	1,33	2,38	0,08	0,80

Fonte: Autora (2017).

Por meio da Tabela 4, foi possível observar que na prática a quantidade de água utilizada teve que ser diferente da quantidade proposta conforme a Tabela 1. Invés de todos os corpos de prova receberem quantidade fixa de água de 500 ml (0,5 kg), os traços 1% e 2% tiveram que receber 200 ml a mais que o estipulado inicialmente, e o de 3% precisou, além dos 200 ml adicionais, mais 100 ml, totalizando 300 ml a mais que o proposto. A quantidade de água adicionada além do esperado pode ser explicada pelo fato de que mesmo que o fio de poliéster apresente baixíssima porcentagem de absorção de água, o resíduo foi utilizado em forma de tecido e que devido a sua estrutura, apresentou uma superfície capaz de reter água. Portanto, pode-se perceber que conforme o aumento da porcentagem de resíduo no concreto houve uma maior necessidade de adição de água justamente devido a absorção da mesma pelo tecido. Ou seja, quanto maior a quantidade de tecido na mistura, maior a necessidade de água a ser adicionada. Esse fato também pode ser comprovado de acordo com os resultados obtidos no teste de absorção de água, das massas registradas, bem como a quantidade de água absorvida e a porcentagem de umidade ( $\omega$ ), conforme Tabela 5.

**Tabela 5 - Massas dos corpos de prova úmidos e secos**

Traço	Massa seco (g)	Massa úmido (g)	Água (g)	$\omega$ (%)
Referência	3546	3650	104	2,93
1%	3604	3746	142	3,94
2%	3438	3618	180	5,24
3%	3186	3426	240	7,53

Fonte: Autora (2017).

Por meio dos resultados obtidos com o teste de absorção de água, foi possível observar que com o aumento da quantidade de resíduos no concreto conferiu uma maior absorção de água do corpo de prova. Logo, o teste demonstrou que a maior porcentagem de tecido absorveu maior quantidade de água, e essa quantidade de água a mais no traço pode afetar a resistência do material posteriormente.

Outro fator observado na tabela 5 são as massas dos corpos de prova com resíduos, que tenderam a ser mais leves em comparação ao concreto sem resíduos. Apenas o corpo de prova com 1% estabeleceu uma massa superior ao corpo de prova de 0%. Em relação a absorção de água ser superior conforme a adição dos

resíduos têxteis, estes ainda estabeleceram um valor inferior de massa, em comparação ao corpo de prova 0% úmido. E o corpo de prova 3% apresentou um valor de massa inferior ao corpo de prova seco e úmido à 0%.

Considerando a massa do corpo de prova seco com 0% (referência), os corpos de prova 2% e 3% apresentaram respectivamente 3% e 10% à menos. Em relação a quantidade de absorção da água, os corpos de provas 2% e 3% ficaram 0,8% e 3% mais leves em comparação ao corpo de prova 0%.

Nas figuras 15, 16, 17 e 18, a seguir, podem-se observar os corpos de prova confeccionados com 0%, 1%, 2% e 3% de resíduo, respectivamente.

Figura 15 - Corpo de prova 0% resíduo



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

Figura 16 - Corpo de prova 1% resíduo



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

Figura 17 - Corpo de prova 2% resíduo



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

Figura 18 - Corpo de prova 3% resíduo



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

A massa específica do concreto com 0% de resíduos foi de  $2257,4 \text{ kg/m}^3$ , que coincide com o valor referência de  $2000 \text{ a } 2800 \text{ kg/m}^3$  (PINHEIRO, MUZARDO, SANTOS, 2004). As massas específicas dos corpos de prova 1%, 2% e 3% apresentaram respectivamente os valores de  $2294,37 \text{ kg/m}^3$ ,  $2188,7 \text{ kg/m}^3$  e  $2028,3 \text{ kg/m}^3$ .

Quanto a realização do teste de resistência a compressão, os resultados obtidos podem ser observados na tabela 6.

**Tabela 6 - Resistência a compressão dos corpos de prova**

Traço	Força máxima aplicada (kN)	Resistência a compressão (MPa)
Referência	58,44	7,44
1%	51,24	6,52
2%	55,62	7,08
3%	49,59	6,31

Fonte: Autora (2017).



Como observado na tabela 6, foi possível analisar que os resultados de resistência a compressão no geral foram semelhantes, porém pode-se observar que o corpo de prova com 2% de resíduos apresentou um resultado próximo ao concreto tradicional (referência) e melhor que 1%, indicando que possivelmente a substituição poderia ocorrer sem causar uma diferença considerável de resistência a compressão. O corpo de prova que contém 3% de resíduos apresentou a menor resistência de todos os testes. Os corpos de prova com resíduos, ao iniciarem o compressão se despedaçaram, porém houve a acomodação dos agregados com o tecido, como uma liga, que os mantiveram presos capacitando os corpos de prova a suportarem a força (ensaio de resistência à compressão) aplicada. Os corpos de prova após os ensaios de resistência a compressão podem ser conferidos nas Figuras 19, 20, 21, 22 e 23.

**Figura 19 – Ensaio de Resistência à Compressão CP 0%**



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

**Figura 20 - Ensaio de Resistência à Compressão CP 1%**



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

**Figura 21 - Ensaio de Resistência à Compressão CP 2%**



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

**Figura 22 - Ensaio de Resistência à Compressão CP 3%**



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

**Figura 23 - Corpos de prova após ensaio de compressão**



Fonte: Autora. Acervo pessoal.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de substituição parcial de agregados graúdos por resíduos sólidos 100% poliéster, provenientes da indústria têxtil, na fabricação de concreto de cimento Portland. O resíduo foi utilizado na mistura do concreto nas proporções em massa de 0%, 1%, 2% e 3% na substituição do agregado graúdo (brita), totalizando 4 corpos de prova. Os corpos de prova confeccionados de concreto com e sem resíduos têxteis foram submetidos a ensaios físicos com a finalidade de avaliar a viabilidade da metodologia empregada, quanto à resistência a compressão e absorção de água.

Em relação a confecção dos corpos de prova, a maior quantidade de resíduos no corpo de prova conferiu maior necessidade de quantidade de água que o planejado conforme o traço referência. Isso pode ser explicado devido a substituição da brita pelo resíduo de tecido, sendo este capaz de reter água, que implicou na maior quantidade de água na receita, que possivelmente interferiu nos resultados de resistência.

Quanto a realização do ensaio de resistência a compressão, foi possível observar que as bases do corpo de prova foram as áreas mais comprometidas com o ensaio e que o resíduo auxiliou os agregados a se acomodarem, criando uma liga. Os resultados de resistência a compressão obtidos foram semelhantes entre os corpos de prova com e sem resíduos, porém por tratar-se de um estudo inicial não foi possível afirmar o sucesso da substituição. Para isto, devem ser realizados novos testes com corpos de prova para realizar um levantamento estatístico do estudo em questão.

Durante o desenvolvimento do trabalho, um dos obstáculos enfrentados foi o curto prazo para conclusão do trabalho, logo não foi possível confeccionar maior número de corpos de prova. Houveram dificuldades em relação a etapa de triturar o resíduo, justamente por ser resíduo e este apresentar tamanhos e formas irregulares. Também foi possível observar a importância da etapa de vibração na confecção do concreto, uma vez que essa etapa é responsável pela homogeneidade do concreto e por encaixar todos os componentes do concreto de maneira a ocupar todo o espaço do molde do corpo de prova, evitando deixar ar na mistura, que pode gerar consequente perda de resistência.



Embora seja um estudo inicial os resultados obtidos podem ser considerados um avanço, uma vez que até o momento não há disponíveis estudos que abrangem esse tema. Como sugestão para pesquisas futuras, seria interessante continuar o presente estudo confeccionando novos corpos de prova, para efeitos de comparação de resultados. Também seria interessante aumentar a porcentagem da substituição do resíduo em relação ao agregado graúdo, estudar adotando outro traço de referência e até mesmo a viabilidade da substituição do agregado miúdo.

## REFERÊNCIAS

ABETRE. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos.

**Classificação de Resíduos Sólidos.** Disponível em:

<<http://www.abetre.org.br/estudos-e-publicacoes/publicacoes/publicacoes-abetre/classificacao-de-residuos>>. Acesso em 20 abr. 2017.

ABIT. **Perfil do Setor.** Disponível em: <<http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>.

Acesso em: 30 mar. 2017.

AVELINO, V. K. G. R. **ESTUDO DO COMPORTAMENTO NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO DO CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE CORTE DE BOTÃO.** 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

BEZERRA, F. D. Análise Retrospectiva E Prospectiva Do Setor Têxtil No Brasil E No Nordeste. **Informe Macroeconomia, Indústria e Serviços, Fortaleza,** Ano VIII, n. 2, 2014.

CARNEIRO, G. V. H. S.; GIL, L. K. S.; NETO, M. P. C. **Calor de Hidratação no Concreto.** 2011. 66 f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

CUNHA, P. W. S. **ESTUDO SOBRE AS POTENCIALIDADES DE COMPÓSITOS À BASE DE GESSO E FIBRAS DE COCO SECO PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2012. 120 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação do Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

DOLZAN, N. **TINGIMENTO DE FIBRAS SINTÉTICAS COM CORANTES DISPERSOS.** 2004. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação no Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

FIORITI, C.F.; AKASAKI, J. L.; INO, A., Fabricação de pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de recauchutagem de pneus. **XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído,** 2006.

HIRAKUTA, C.; VIANA, C.; ARAÚJO, R. D.; MELLO, C. H.; ULHARUZO, C. G.; Relatório de Acompanhamento Setorial Têxtil e Confecção, Volume I, **Campinas,** 2008.

JUNIOR, W. K.; CASSEL, G. P.; KUNZLER, L. S. Q.; CHYTRY, S. Revisão das principais propriedades das fibras têxteis e compilação de inovações geradas devido ao uso de novos materiais no design de moda, **Rio Grande do Sul,** 2001.

KUASNE, A. Fibras Têxteis. Curso têxtil em Malharia e Confeção 2º Módulo. Centro Federal De Educação Tecnológica De Santa Catarina, **Araranguá**, 2008.

MARTELI, A. J. S. **ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE TECIDOS SINTÉTICOS NAS EMPRESAS DE CONFECÇÕES DO MUNICÍPIO DE CIANORTE**. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MEHLER, J. R. Desafios da Indústria Têxtil e as Demandas de Sustentabilidade. **Revista Diálogos Interdisciplinares**, vol. 2, nº.2. São Paulo, 2013.

MENEGUCCI, F.; MARTELI, L.; CAMARGO, M.; VITO, M. Resíduos têxteis: Análise sobre descarte e reaproveitamento nas indústrias de confecção. **XI Congresso Nacional De Excelência Em Gestão**, 2015.

MENEGUCCI, F.; MARTELI, L.; CAMARGO, M.; VITO, M. Abordagem Prática Sobre Descarte De Resíduos Têxteis Em Indústrias De Confeção. **11º Colóquio de Moda – 8ª Edição Internacional 2º Congresso Brasileiro de Iniciação Científica em Design e Moda**, 2015.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: Evolução Dos Conceitos Teóricos E Os Problemas Da Mensuração Prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, nº 16, 2004.

MILAN, G. S.; VITORAZZI, C.; REIS, Z. C. A Redução De Resíduos Têxteis E De Impactos Ambientais: Um Estudo Desenvolvido Em Uma Indústria De Confeções Do Vestuário. **XIII Semead Seminários Em Administração**, 2010.

MODRO, N. L. R. **Desenvolvimento e caracterização de concreto de cimento portland contendo resíduos poliméricos de pet**. 2008. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade de Região de Joinville, Joinville, 2008.

PAIVA, R. S. A. **MODELO PARA OBSERVAÇÃO DAS ETAPAS PRODUTIVAS EM EMPRESAS DE CONFECÇÃO**. 2010. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Moda, Cultura de Moda e Arte, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

PEREIRA, G. S. Materiais e Processos Têxteis. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, **Araranguá**, 2009.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. **Estruturas de concreto**. Capítulo 2, Departamento de Engenharia de Estruturas, EESC. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

SANTOS, J. C. Compósitos laminados têxteis de vidro e carbono em matriz epóxi reforçada com micro e nano sílica. **São João del-Rei**, 2013.

SENAI. **PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM CONFECÇÕES**. Departamento Regional do Rio Grande do Sul – Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, Porto Alegre, 2007.

SGORLON, J. G. **Utilização de resíduos da indústria galvanotécnica no desenvolvimento e fabricação de blocos de concreto para pavimentação intertravada**. 2014. 206 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. Concreto: Ciência e Tecnologia, **IBRACON**, 2011.

VENTURA, A. M. F. M. Os Compósitos e a sua Aplicação na Reabilitação de Estruturas Metálicas. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, Vol. 21, nº 3/4, 2009.

ZENI, M.; FLINKER, M.; SCAPINI, P.; FREIRE, E.; ZATTERA, J. Compósitos de HDPE com Resíduos de Fibras Têxteis. Parte I: Caracterização Mecânica, **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 15, nº 3, p. 171-175, 2005.

ZONATTI, W. F. **Geração de resíduos sólidos da indústria brasileira têxtil e de confecção: materiais e processos para reuso e reciclagem**. 2016. 251 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade de São Paulo, 2016.