

ESTUDO DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DE TECIDO EM CONCRETO*

Alessandra Savazzini-Reis¹

Karla Fadini Fiorot Bussular²

Fernanda Dalarme Gomes Galvão³

André Pinto dos Santos³

Bruno da Silva Assis⁴

Resumo

Com a preocupação de tornar os setores produtivos mais sustentáveis, tem sido estudado o reaproveitamento de resíduos sólidos gerados nas indústrias, e um setor adequado a receber esses resíduos para aplicação em novos materiais é a construção civil. O resíduo da indústria têxtil se insere nessa problemática em função do alto volume gerado, cerca de 170 mil toneladas por mês no Brasil. Os resíduos da indústria do vestuário são gerados nas várias etapas do processo de fabricação, tais como, retalhos (ou trapos) de malha, jeans e tecido produzidos na etapa do corte das peças. Espera-se que o resíduo de tecido se comporte como uma fibra e diminua a formação de fissuras no concreto. Foram feitos testes com concreto de cimento Portland, areia e brita com adição de resíduo de tecido nos teores de 0%, 1%, 3% e 5% em relação à massa de cimento. O resíduo de tecido na forma de retalhos promoveu diminuição da resistência mecânica e da consistência; e aumento da absorção de água no concreto. Mas, pôde-se observar que houve uma tendência de atenuação da fragilidade do concreto na ruptura, o que pode ter sido promovido pelo resíduo.

Palavras-chave: Resíduo de tecido; Concreto com fibras; Retalho de tecido.

STUDY OF THE ADDITION OF TISSUE WASTE IN CONCRETE

Abstract

With the concern of making the productive sectors more sustainable, the reuse of solid waste generated in the industries has been studied, and a suitable sector to receive such waste for application in new materials is the construction industry. The waste of the textile industry is part of this problem due to the high volume generated, about 170 thousand tons per month in Brazil. The clothing industry wastes are generated at various stages of the manufacturing process, such as knitted patchwork (cloth retail), jeans and fabric produced in the cutting step of the parts. It is expected that the tissue waste behaves as a fiber and will reduce the formation of cracks in the concrete. Tests with Portland cement, sand and gravel concrete with addition of tissue waste in the contents of 0%, 1%, 3% and 5% in relation to the mass of cement were performed. The tissue waste in the form of cloth retail promoted a decrease in mechanical strength and consistency; and increase of water absorption. But, it could be observed that there was a tendency of attenuation of the brittleness of the concrete in the rupture, which may have been promoted by the waste.

Keywords: Tissue waste; Concrete with fibers; Cloth Retail.

¹ Engenheira Civil, Doutora, professora, Coordenadoria de Edificações, IFES, Vitória, ES, Brasil.

² Engenheira Civil, Mestre, professora, Coordenadoria de Edificações, IFES, Colatina, ES, Brasil.

³ Alunos Arquitetura e Urbanismo, Coordenadoria Arquitetura e Urbanismo, IFES, Colatina, ES, BR.

⁴ Engenheiro Civil, Técnico Laboratório, Coordenadoria de Edificações, IFES, Colatina, ES, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil está presente em todos os países por conta de uma necessidade humana de vestuário e usos utilitários variados [1]. Neste cenário, o Brasil em 2017 apresentou uma produção média têxtil de 1,3 milhão de toneladas [2], sendo o 2º setor maior gerador de empregos na indústria de transformação brasileira com investimentos anuais de R\$ 3,1 milhões. Os resíduos têxteis gerados no Brasil somam 175 mil toneladas a cada ano e 80% dessa produção é disposta em aterros necessitando de centenas de anos para sua decomposição, podendo gerar emissão de gases tóxicos, CO₂ e contaminação de solo [3].

A cidade de Colatina, denominada “Capital do Polo de Confeções do Estado do Espírito Santo” [4] conta com 345 empresas, 11 mil empregos diretos e produção de 30 milhões de peças ao ano [5], atraindo compradores atacadistas e de varejo de todo o país [6]. Contudo, o setor de confecção gera muitos resíduos, podendo chegar a 54 tipos, entre eles os mais específicos são os retalhos, provenientes principalmente do setor de corte. Em 2008, foram geradas 5,8 toneladas de trapos nas fábricas de roupa de Colatina, sendo que 90% desses resíduos foram dispostos em aterro [7].

Os resíduos têxteis podem ser incorporadas como fibras em matrizes cimentícias do concreto compensando algumas limitações quanto a fragilidade da peça. A fibra aumenta a capacidade do concreto em sofrer deformação antes da ruptura quando submetido a esforços de tração diminuindo o surgimento de fissuras [8], além de diminuir a sua suscetibilidade a ataques corrosivos [9]. Com isso, a pesquisa teve como objetivo incorporar resíduo de confecção têxtil (retalho de tecido) em concreto de forma a atuar nos esforços de tração e diminuir fissuras.

1.1 Concreto com fibras

O concreto com fibras pode ser usado para atenuar as fissuras que se formam principalmente quando o concreto é solicitado à tração, as quais podem gerar um caminho fácil para penetração de agentes agressivos [10]. Essa reduzida capacidade de resistência à tração do concreto também pode ser associada à sua grande dificuldade de interromper a propagação de fissuras quando submetido a tensões de tração [11]. As fibras adicionadas ao concreto fazem a redistribuição e diminuição das tensões nas zonas de falha, além do incremento da tenacidade do concreto, o que torna o concreto com fibras indicado para uso como pavimento. Com isso, a adição de fibras ao concreto tem a finalidade de melhorar a resistência à tração e diminuir a fragilidade frente a esforços incidentes [8,12] formando assim um compósito que impõe obstáculo à propagação de fissuras [13].

1.2 Resíduo da indústria têxtil

Toneladas de retalhos de tecidos são descartadas em aterros sanitários contribuindo para o acúmulo de resíduos no Brasil e representam grande problema para as empresas, principalmente na etapa de corte do tecido nas confecções [14, 15]. Os resíduos têxteis não são biodegradáveis e quando queimados podem liberar vapores tóxicos prejudicando o meio ambiente [16]. Eles também podem contaminar efluentes líquidos, pois os tecidos passam por inúmeros processos de tingimento e tratamento com substâncias antifúngicas; e para que volte a ser fio novamente, o resíduo têxtil deve ser separado por matéria-prima e comprimento de fibra, o que

torna o processo complexo [17]. Por outro lado, tem-se a vasta utilização de resíduos industriais na construção civil, tal como, o reaproveitamento de resíduos têxteis na confecção de concretos. O reforço com fibras é particularmente interessante em elementos de baixa espessura ou elementos sujeitos a grandes cargas ou deformações localizadas, como o caso de piso de pavimentação [18]. As fibras têxteis foram testadas em argamassa cimentícia substituindo areia em até 15% [19] ou como adição em até 5% [20] ocasionando pequena perda de resistência à compressão. Já, em reboco de argamassa com fibras têxteis em até 4%, após 4 meses, a resistência mecânica teve discreto aumento [21]. Em blocos estruturais de concreto com fibras em 1% do volume total, a densidade e a resistência à compressão diminuíram e a absorção de água aumentou [13]. As fibras também foram testadas no concreto polimérico em até 10% (massa) [16, 22] ocasionando diminuição da resistência mecânica. Em relação à classificação ambiental, segundo o Anexo H da NBR 10004/2004 [23], os resíduos de materiais têxteis são identificados como A010 e considerados pertencentes a Classe II, ou seja, resíduos “não perigosos”.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Resíduo de tecido

O resíduo de tecido, chamado de “retalho” ou “trapo”, foi coletado em fábrica de confecções de camisaria masculina situada em Colatina-ES e é constituído de 100% algodão, que é uma fibra têxtil natural de origem vegetal constituída por celulose, ceras naturais e proteínas com capacidade de absorver água até cerca de 50% de seu peso [15]. Os retalhos, com diversos tamanhos, foram recortados para atingir dimensões de $\pm 5 \text{ mm} \times \pm 60 \text{ mm}$ (Figura 1). Com isso, o fator de forma calculado do retalho foi 12, um valor abaixo do fator de forma usual das fibras de aço de 30. E, no caso do resíduo de tecido não há um valor padrão para o fator de forma, devendo ser considerado que um alto valor do fator de forma melhora o desempenho da fibra, porém diminui a trabalhabilidade da mistura fresca, não sendo recomendado valores maiores que 100 [24].



a) Retalhos coletados

b) Retalho após recorte

Figura 1. Resíduo de tecido

2.2 Caracterização dos materiais

A caracterização da areia natural de rio, das britas 0 e 1 provenientes de britador da região e do cimento Portland CPIII 40 RS foi feita conforme as normas da

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1 e mostram que os materiais são adequados para uso em concreto.

Tabela 1. Ensaios de caracterização dos materiais

Material	Ensaio	Norma	Resultado
Areia	Granulometria	NBR NM 248/2003 [25]	MF=2,43 DMC=2,36mm
	Massa específica	NBR 9776/1987 [26]	2,63 g/cm ³
	Massa unitária	NBR NM 45/2006 [27]	1,57 kg/dm ³
Brita 0	Granulometria	NBR NM 248/2003 [25]	MF=0,93 DMC=9,5mm
	Massa específica	NBR NM 53/2009 [28]	2,59 g/cm ³
	Massa unitária	NBR NM 45/2006 [27]	1,51 kg/dm ³
Brita 1	Granulometria	NBR NM 248/2003 [25]	MF=2,03 DMC=37,5mm
	Massa específica	NBR NM 53/2009 [28]	2,74 g/cm ³
	Massa unitária	NBR NM 45/2006 [27]	1,55 kg/dm ³
Cimento Portland CIII	Finura #200	NBR 11579/2012 [29]	0,18%
	Massa específica	NBR 16605/2017 [30]	3,06 g/cm ³
	Consistência normal	NBR 16606/2017 [31]	34%

Nota: MF=módulo de finura; DMC=dimensão máxima característica

2.3 Moldagem dos corpos de prova de concreto

Os corpos de prova de concreto foram conformados segundo a NBR 5738/2015 [32], em moldes cilíndricos de 10 cm x 20 cm (diâmetro x altura) com incorporação de resíduo nos teores de 0%, 1%, 3% e 5% em relação à massa de cimento.

O traço adotado como referência para moldagem dos corpos de prova foi 1:2:1:1,5:0,5 (cimento:areia:brita0:brita1:água) em massa, foi usado também aditivo plastificante, na proporção de 3 ml para cada 1 Kg de cimento. A Tabela 2 apresenta os traços usados para moldagem dos corpos de prova.

Tabela 2. Dosagem do concreto

	Teor de resíduo (%)	cimento	areia	brita 0	brita 1	resíduo	água
Traços (massa)	0	1,0	2,0	1,0	1,5	0	0,50
	1	1,0	2,0	1,0	1,5	0,01	0,50
	3	1,0	2,0	1,0	1,5	0,03	0,55
	5	1,0	2,0	1,0	1,5	0,05	0,60

A mistura do concreto foi feita de forma manual e em seguida foi lançado no molde cilíndrico em duas camadas aplicando 12 golpes em cada camada com uma haste de adensamento de aço cilíndrica. Os moldes foram submetidos à cura inicial ao ar por 24 h. Após isso, foram desmoldados e submetidos a cura submersa em água saturada com cal a temperatura de (23 ± 2)°C até a idade de 28 dias. A Figura 2 apresenta alguns detalhes do preparo e moldagem dos corpos de prova de concreto.



a) Adição do retalho



b) Mistura



c) Corpo de prova

Figura 2. Preparo do concreto e moldagem dos corpos de prova

2.4 Análise do desempenho dos corpos de prova de concreto

Os corpos de prova foram caracterizados quanto a consistência medida no ensaio de slump test seguindo a NBR NM 67/1998 [33], absorção de água de acordo com os procedimentos da NBR 9781/2013 [34]. O teste de resistência à compressão axial seguiu a NBR 5739/2007 [35] e o teste de resistência à tração por compressão diametral seguiu a NBR 7222/2011 [36], ambos foram executados em prensa hidráulica manual marca Contenco com capacidade de 120000 Kgf.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados do slump test

A Tabela 3 apresenta os dados obtidos no slump test. Pode-se observar que na relação água cimento (a/c) de 0,70, o aumento do teor de resíduo têxtil promoveu a diminuição nos valores do abatimento medido. Tal fato pode ser explicado, pois em geral, a geometria da fibra requer maior quantidade de água e produz perda de mobilidade do concreto no estado fresco [8], além de ser constituído por 100% algodão. Essa tendência de diminuição da trabalhabilidade em concretos com fibras também pode ser baseada nas condições estáticas do método do ensaio de slump test, o que pode fazer com que as fibras não se espalhem melhor na massa, efeito que poderia ser atenuado submetendo o concreto a vibração [37].

Tabela 3. Resultados do slump test

Relação água/cimento	Abatimento (mm)			
	0% resíduo	1% resíduo	3% resíduo	5% resíduo
0,50	50	15	0	0
0,60	175	55	0	0
0,70	230	135	15	0
0,80	n.d.	220	30	0
0,90	n.d.	n.d.	70	35

Nota: n.d.=não determinado

3.2 Resultados da determinação das propriedades do concreto

Os valores médios obtidos da determinação de absorção de água, resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados da análise das propriedades do concreto

Resíduo (%)	AA (%)	RT (MPa)	RC (MPa)
0%	2,81	2,87	17,29
1%	5,15	2,02	11,19
3%	5,22	1,85	9,64
5%	7,03	1,53	7,13

Nota: AA=absorção de água; RT=resistência à tração por compressão diametral; RC=resistência à compressão axial

Observa-se que com o aumento do teor de resíduo de tecido no concreto a resistência à compressão axial e a resistência à tração por compressão diametral apresentaram-se diretamente proporcionais entre si e tenderam a diminuir os valores enquanto a absorção de água teve seus valores aumentados. Essa tendência de queda da resistência mecânica com o aumento do teor das fibras em matrizes cimentícias também foi observada em outras pesquisas [13,16,19,20], entretanto tem sido observado uma ruptura mais suave nas peças de concreto com fibras, ao contrário do comportamento frágil do concreto convencional [8,16].

Além disso, o comportamento do concreto com o resíduo de tecido pode estar associado ao valor baixo de abatimento apresentado nesse concreto o que pode ter provocado o adensamento ineficiente dos corpos de prova (Figura 3a) e formação de aglomerados de retalhos e de poros. Em geral, concretos com fibras vegetais tem sua resistência à compressão diminuída, além disso, há uma tendência de aumento da incorporação de ar durante a mistura quando se adiciona fibra em concretos, o que acarreta aumento na absorção e no índice de vazios [38]. Detalhes do ensaio de resistência mecânica são apresentados na Figura 3.



a) Corpo de prova com 3% de resíduo



b) Resistência à compressão axial



c) Resistência à tração por compressão diametral

Figura 3. Corpo de prova e rompimento

4 CONCLUSÃO

O resultado do slump test indica que o resíduo de tecido diminui a consistência do concreto prejudicando sua trabalhabilidade. Com isso, a relação a/c deve ser aumentada no concreto com a adição do resíduo. Tal fato pode ter influenciado na diminuição da resistência mecânica dos corpos de prova com maior teor de resíduo juntamente com a falta de interação entre o resíduo de tecido e a pasta cimentícia. Assim, a adição do resíduo têxtil na forma de retalhos promoveu diminuição da resistência mecânica e da consistência; e aumento da absorção de água. Mas pôde-

se observar que houve uma tendência de atenuação da fragilidade do concreto quando submetido a ruptura, o que pode ter sido promovido pelo resíduo.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Ifes.

REFERÊNCIAS

- 1 Fujita RML, Jorente MJ. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. *Moda Palavra e-Periodico*. 2015; 8(15):153-174.
- 2 ABIT – Associação Brasileira da Indústria Textil e de Confecção. Perfil do setor. 2019. [acesso em 03 mai. 2019]. Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>.
- 3 SEBRAE. Relatório de inteligência. Sebrae inteligência setorial. 2014.
- 4 Espírito Santo. Lei estadual nº. 9.786 de 18 de janeiro de 2012. Vitória-ES.
- 5 SINVESCO – Sindicato das Indústrias de Vestuário de Colatina e Região. Características do polo de vestuário de Colatina. [acesso em 03 mai. 2019]. Disponível em: <http://www.sindicatodaindustria.com.br/sinvescoes/quemsomos/>.
- 6 Textile Industry. Colatina – O polo de vestuário do Espírito Santo. 2019. [acesso em 04 mai. 2019]. Disponível em: <http://textileindustry.ning.com/forum/topics/colatina-o-polo-de-vestu-rio-do-esp-rito-santo>.
- 7 Alencar RCS, Assis SF, Souza JF. Gestão dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias de confecção de Colatina-ES. Instituto IDEIAS/IFES-Colatina.
- 8 Figueiredo AD. Concreto reforçado com fibras. [Tese Livre Docência]. São Paulo: EPUSP; 2011.
- 9 Denardi A. Concreto têxtil: uma revisão bibliográfica sobre desenvolvimentos, aplicações e perspectivas de estudos e empregos no Brasil. [TCC Graduação]. Porto Alegre: UFRGS; 2016.
- 10 Carmona FA, Carmona T. Grietas em estruturas de hormigon. *Boletim Tecnico. Asociacion Latinoamericana de Control de Calidad, Patologia y recuperacion de la construccion – ALCONPAT Int*. 2013. 18p.
- 11 Mehta PK, Monteiro PJ M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3ª Edição, São Paulo: IBRACON, 2008.
- 12 Isaia GC. Concreto – Ensino, Pesquisa e realizações. Capítulo 1 - Concreto: da era clássica à contemporânea. 2005.
- 13 Isquierdo, IS. Utilização de pós residuais e fibra de sisal em blocos de concreto. [Tese]. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos; 2015.
- 14 Menegussi F, Marteli L, Camargo M, Vito M. Resíduos têxteis: Análise sobre descarte e reaproveitamento nas industrias de confecção. In: Congresso Nacional de Excelência em gestão; Rio de Janeiro: 2015.
- 15 Marteli AJS. Análise do gerenciamento de resíduos de tecidos sintéticos nas empresas de confecções do município de Cianorte. [Dissertação]. Curitiba: UFPR; 2011.
- 16 Reis J. M.L. Effect of textile waste on the mechanical properties of polymer concrete. *Materials Research*. 2009; 12(1): 63-67.
- 17 Ricchini R. Reciclagem de tecido. Setor reciclagem. 2019. [acesso em 04 mai. 2019]. Disponível em: <http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-tecido/reciclagem-de-tecido/>.
- 18 Bentur A, Mindness S. Fibre reinforced cementitious composites. United Kingdom: Elsevier, 2nd edition, 2007. 601p.
- 19 Andrade DG, Machado PB, Carvalho JRCPG. Utilização de descarte de resíduos têxteis (poliamida/poliéster) como agregado em concreto. In: I Congresso de

- Engenharia, Ciencia de Materiais e Inovação do Estado do Rio de Janeiro; 2015; Nova Friburgo-RJ: UERJ; 2015.
- 20 Pereira CG, Martins AI, Faria P, Frangeiro R. Avaliação da introdução de resíduo da industria textil em argamassas. In: 4º Congresso Portugues de Argamassas e ETISC (APFAC); Portugal; 2012. [acesso em 3 mai. 2019]. Disponível em: <http://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/6553>.
 - 21 Peixoto A et al. Argamassa de reboco reforçada com resíduos da industria textil do tipo fio. RepositorUM. Editora APFAC. Portugal. 2012. [acesso em 3 mai. 2019]. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/22033>.
 - 22 Haque MS, Sharif A. Processing and characterization of waste denim fiber reinfordec polymer composites. International Journal of Innovative Science and Modern Engineering (IJISME). 2014; 2(6):24-28.
 - 23 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004/2004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro. 2004.
 - 24 Gois, FAP. Avaliação experimental do comportamento de concreto fluido reforçado com fibras de aço: Influência do fator de forma... [Dissertação]. Maceió: UFAL; 2010.
 - 25 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248/2003: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
 - 26 _____. NBR 9776/1987 Agregado miúdo: Determinação da massa específica por meio do frasco de Chapman Rio de Janeiro, 1987.
 - 27 _____. NBR NM 45/2006: Agregado miúdo: Determinação da massa unitária e do volume de vazios em agregados. Rio de Janeiro, 2006.
 - 28 _____. NBR NM 53/2009: Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
 - 29 _____. NBR 11579: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.
 - 30 _____. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.
 - 31 _____. NBR 16606: Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2017.
 - 32 _____. NBR 5738/2015: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
 - 33 _____. NBR NM 67/1998: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
 - 34 _____. NBR 9781/2013: Peças de concreto para pavimentação-Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
 - 35 _____. NBR 5739/2018: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
 - 36 _____. NBR 7222/2011: Argamassa e Concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2011.
 - 37 Resende FM. Influência das fibras de aço, polipropileno e sisal no amortecimento de concretos de alta resistência normal e de alto desempenho. Dissertação (Mestrado) Engenharia Civil – UFRJ. Rio de Janeiro. 98p. 2003.
 - 38 Borges APSN. Estudo das propriedades de concretos com adição de fibras vegetais e polipropileno para uso em paredes estruturais. [Dissertação]. Uberlândia:UFU; 2017.