

INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EM COMPÓSITO DE CONCRETO

Gabriela Tavares Santiago (gtsantiago@ucs.br); Iago Pelegrini (ipelegrini@ucs.br); Matheus Vosgnach (mvosgnach@ucs.br); Mára Zeni (mzandrad@ucs.br); Vinicio Cecconello (vceconello@ucs.br)

Universidade de Caxias do Sul (UCS) - Brazil

Palavras chave: Polipropileno; Reciclagem; Concreto; Construção civil.

A produção de resíduos poliméricos sem o descarte adequado servem de base para pesquisas voltadas para a reutilização desses materiais na construção civil, que se destaca pela reutilização de resíduos em processos produtivos que buscam reduzir custos e preservar recursos naturais não renováveis. Neste artigo, as propriedades entre um concreto convencional e um concreto com fibras de PP pós-consumo são comparadas, injetadas para aumentar a resistência mecânica no compósito. Os ensaios de compressão axial, compressão diametral e resistência à flexão foram realizados. Utilizando uma relação água-cimento de 0,53 e um teor de argamassa de 55%, as fibras produzidas a partir de materiais reciclados apresentam potencial para uso na construção civil para elementos que não exigem alta resistência.

1. INTRODUCTION

A reciclagem de materiais poliméricos destaca-se como um promissor campo socioeconômico, o qual apresenta crescente demanda por produtos e por apelos ambientais. O destino de resíduos poliméricos para outras finalidades que não sejam os aterros sanitários caracteriza-se como uma importante medida de valorização de resíduos e aproveitamento de materiais como matéria prima.

Embora pouco empregados no Brasil, o uso de argamassas e concretos contendo fibras poliméricas vêm sendo largamente ampliado nos países desenvolvidos, com efeitos benéficos para a melhoria da qualidade e do desempenho das construções de um modo geral, abrindo um novo campo de aplicação na Construção Civil.

O emprego de fibras de polipropileno (PP) como elementos de reforço no concreto vem tornando-se crescente nos últimos anos. No plano econômico, o aumento do uso de fibra polimérica se justifica não apenas pelo baixo custo, mas também pela fácil disponibilidade do produto. O compósito de concreto com a incorporação de fibras de PP reciclado evidência o ganho na resistência à tração, resistência química e resistência ao fogo, conforme descrito por Piazza et al. (2017).

Assim, este trabalho tem como objetivo comparar as propriedades do concreto convencional com compósito de concreto com a incorporação de fibras de PP pós-consumo.

2. METODOLOGIA

Para o presente estudo, os resíduos de PP são obtidos da reciclagem em forma de *pellets*, foram extrasados, em uma extrusora monorosca marca Seibt ES-35FR, com perfil de temperatura de 140 a 160°C, assim obtendo-se as fibras com espessura média de 2,22 mm. Elas foram cortadas com comprimento de 4 cm (Fig. 1) pois as fibras devem ter, pelo menos, o comprimento de duas vezes a dimensão máxima do agregado graúdo conforme Figueiredo (2000).



Figura 1 – Fibras de PP extrusadas com 4 cm de comprimento

A caracterização dos materiais foi feita em triplicata, através dos ensaios de granulometria, massa unitária e massa específica, esses ensaios seguiram as diretrizes das ABNT NBR7211:2005, ABNT NBR NM 45 e ABNT NBR NM 52, respectivamente. Assim, o compósito foi desenvolvido utilizando o traço de 1:2,3:2,7, com a relação água cimento (a/c) de 0,53 e teor de argamassa de 55%. Os ensaios foram realizados utilizando corpos de prova do concreto sem incorporação da fibra polimérica e com teores de 0,9, 1,8 e 2,7 kg.m⁻³.

A mistura foi realizada em uma betoneira de 200 litros de capacidade, os materiais foram adicionados na seguinte ordem: brita, 1/3 do total de água, cimento CPIV-32, 1/3 do total de água, areia média, o restante d'água junto com 0,3% da massa do cimento de aditivo super plastificante Glenium 51 e por fim as fibras de polipropileno recicladas - FPR.

Após o processo de preparação foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone, segundo a norma ABNT NBR NM67:1998, com abatimento previsto de 100 ± 20mm. Segundo a norma ABNT NBR 5738:2015, foram moldados 10 corpos de prova de 10x20cm, e, após, foram moldados mais 4 corpos de prova de 50x15x15cm. Após 24 horas os corpos de prova foram desmoldados e colocados em cura submersa com hidróxido de cálcio até as idades de rompimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 encontram-se os resultados obtidos para os ensaios de massa unitária e massa específica realizados para os agregados utilizados, também, para o cimento CPIV foi encontrada uma massa específica de 2,83 g.cm⁻³ e módulo de finura de 0,12%, segundo ABNT NBR 11579:2012.

Tabela 1 – Caracterização dos materiais

MATERIAL	MASSA UNITÁRIA (KG.M ⁻³)	MASSA ESPECÍFICA (G.CM ⁻³)
Areia média	1547,43	2,62
Brita I	1365,55	–

Para o ensaio de granulometria dos agregados foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 2, dessa forma, foram obtidos para a areia média um módulo de finura de 1,53 e diâmetro máximo de 1,2mm, já a brita contém módulo de finura de 4,61 e diâmetro máximo de 19mm.

Tabela 2 – Granulometria dos agregados

GRANULOMETRIA – AREIA MÉDIA			
Peneiras (abertura em mm)	Massa retida da amostra (g)	% retido	% retido acumulado
4,8	0,47	0,09	0,09
2,4	3,69	0,74	0,83
1,2	17,71	3,55	4,38
0,6	40,98	8,21	12,59
0,3	159,71	31,99	44,58
0,15	228,09	45,69	90,27
FUNDO	48,58	9,73	100,00

GRANULOMETRIA – BRITA I			
Peneiras (abertura em mm)	Massa retida da amostra (g)	% retido	% retido acumulado
19	14,05	0	0
12,5	640,34	67,14	67,14
9,5	291,84	27,01	94,15
6,3	52,40	5,72	99,87
4,8	0,32	0,00	99,87
2,4	0,00	0,00	99,87
FUNDO	1,16	0,10	99,98

Dessa forma, no estado fresco do concreto foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone os valores obtidos são apresentados no gráfico 1 e estão em conformidade com o esperado do concreto convencional sem adição de fibra.

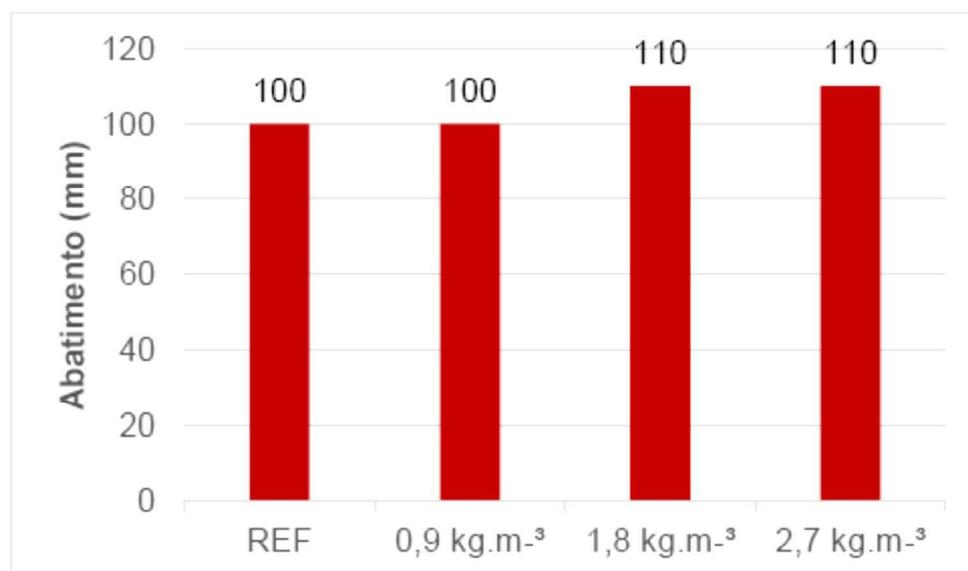


Figura 2 – Resultados do ensaio de abatimento de tronco de cone

Podemos avaliar que a produção de concretos com adição de FPR não afetou a trabalhabilidade das misturas, isso para os diferentes teores analisados. Na figura 3 são apresentados os valores de resistências à compressão axial aos 7 e 28 dias, realizadas conforme norma ABNT NBR 5739:2007.

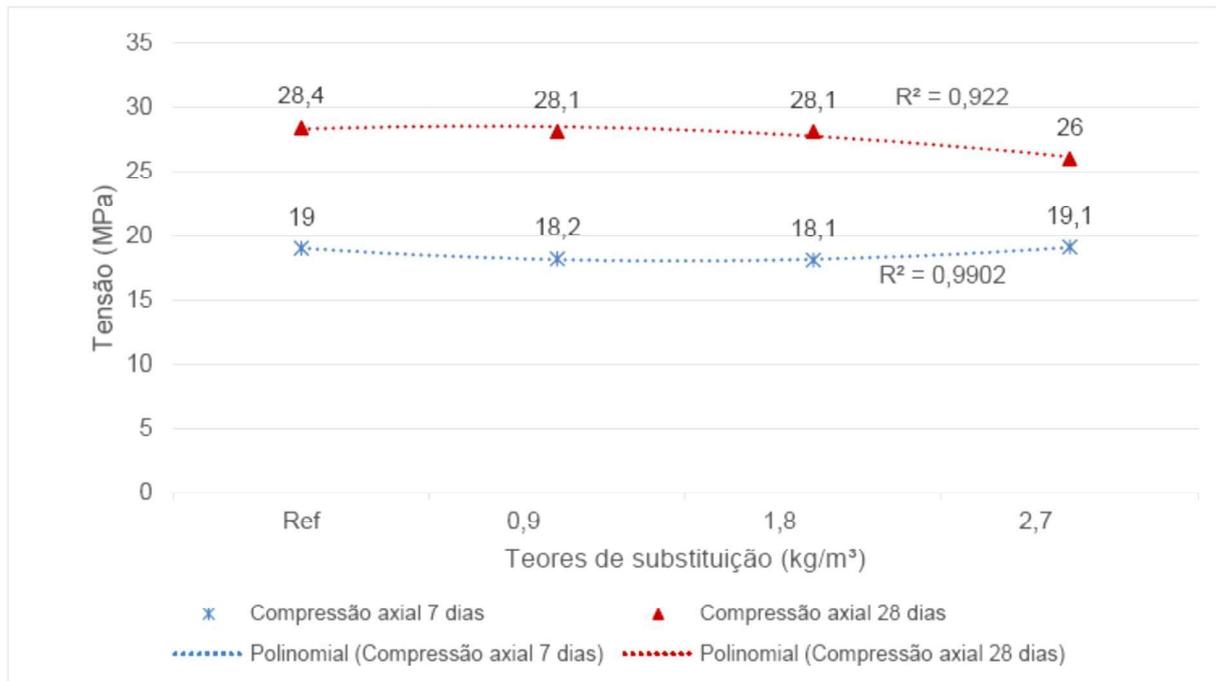


Figura 3 – Ensaio de compressão axial dos compósitos

No estado endurecido, as resistências à compressão aos 7 dias, referente as dosagens de 0,9 e 1,8 kg.m⁻³ obtiveram uma perda de 4,2 e 4,74% de resistência e a dosagem 2,7 kg.m⁻³ um aumento de 0,53%, respectivamente em relação ao traço referência conforme Fig.3. Aos 28 dias, as dosagens de 0,9 e 1,8 kg.m⁻³ tiveram uma perda de 1,06% de resistência, enquanto a dosagem 2,7 kg.m⁻³ apresentou uma redução de 8,45% de resistência.

Ainda a Figura 3 apresenta um comportamento similar no desenvolvimento da resistência a compressão ao longo das adições para as diferentes idades, apresentando um coeficiente de determinação próximo. De uma maneira geral nota-se a redução da resistência a compressão ao passo que são adicionadas as FPR.

Na figura 4 são apresentados os valores de resistência à tração na flexão, segundo norma ABNT NBR 12142:2010.

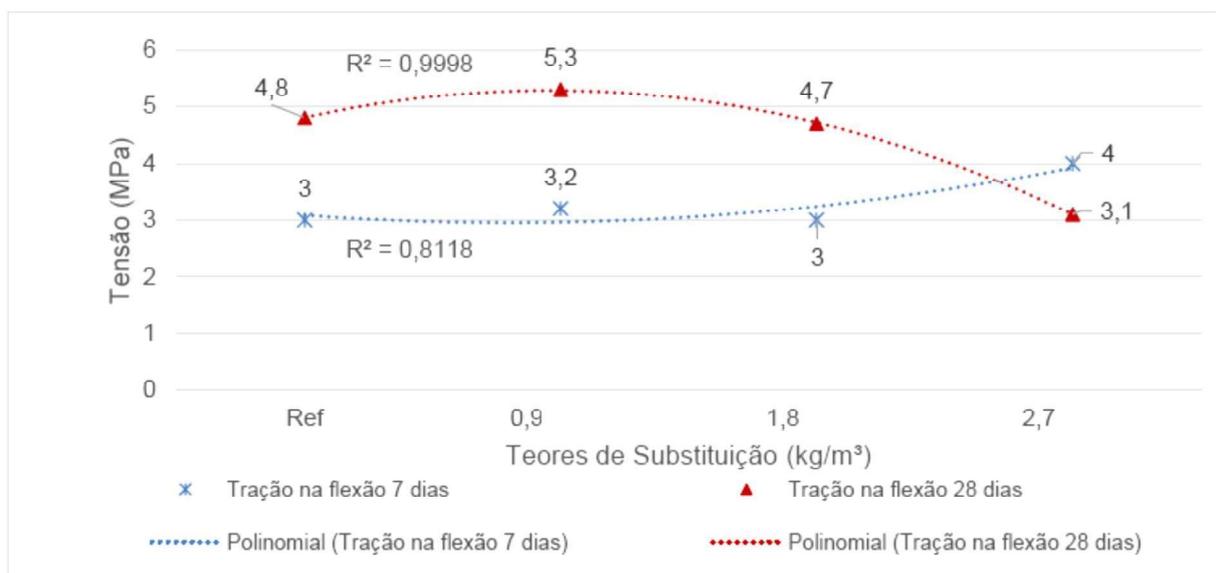


Figura 4 – Ensaio de tração na flexão dos compósitos

Os resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão aos 7 dias, referentes às dosagens de 0,9 e 2,7 kg.m⁻³ foram positivos, houve aumento de 6,67% de resistência no traço de 0,9 kg.m⁻³ e de 33,33% no de 2,7 kg.m⁻³ em relação ao traço referência (Fig.4), enquanto no ensaio de tração por flexão na dosagem de 0,9 kg.m⁻³ aos 28 dias, houve um ganho de 10,42% de resistência, porém nas dosagens de 1,8 e 2,7 kg.m⁻³ também aos 28 dias, houveram perdas de 2,08 e 35,42% de resistência, respectivamente.

A figura 5 apresenta os valores da resistência à tração na compressão diametral, segundo norma ABNT NBR 7222:2011.

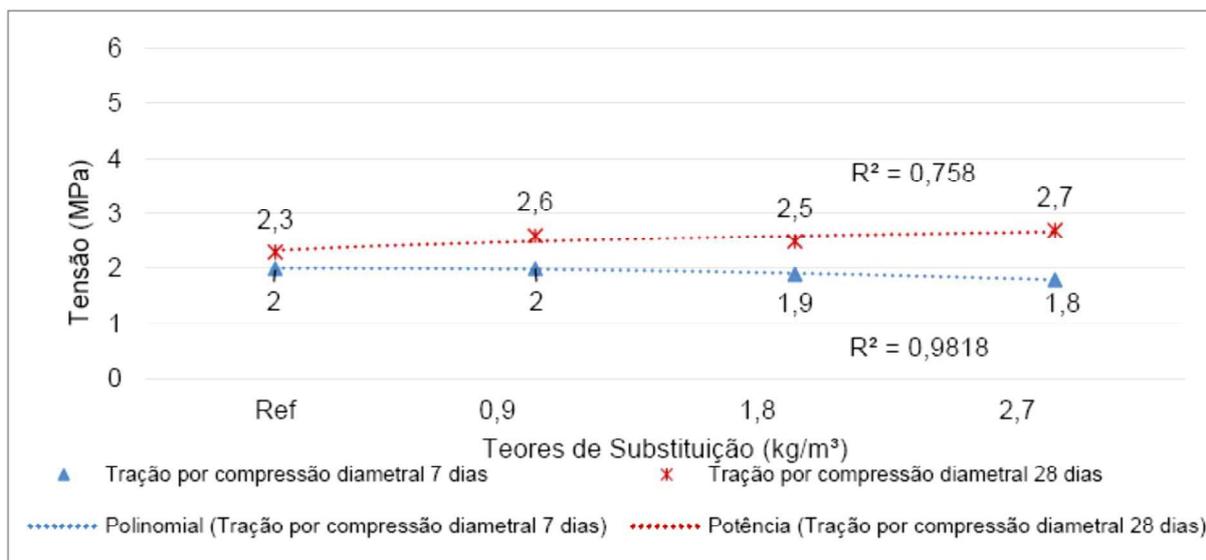


Figura 5 – Ensaio de tração por compressão diametral

Com relação ao ensaio de resistência à tração na compressão diametral, houve apenas mudança no traço de 1,8 e 2,7 kg.m⁻³, onde perdeu 5% e 10% de resistência respectivamente, em relação aos outros dois traços (Fig.5). Aos 28 dias, referente as dosagens de 0,9, 1,8 e 2,7 kg.m⁻³ no ensaio de tração por compressão diametral, houve um ganho de 13,04, 8,7 e 17,39% respectivamente de resistência.



Figura 6 e 7 – Corpos de prova pós rompimento do compósito pelo ensaio de tração na flexão.

As figuras 6 e 7 apresentam corpos de prova submetidos ao ensaio de tração na flexão, nesta imagem é possível avaliar a distribuição da fibra na amostra. Essa é uma das principais dificuldades de se trabalhar com fibra nos concretos uma vez que não se garante a homogeneidade de distribuição da fibra no interior da amostra e nem mesmo o sentido de acomodação.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, observa-se que a medida que houve aumento do teor de fibras poliméricas ao concreto, não houve perdas de trabalhabilidade e consistência do compósito. Ao realizar comparação com os ensaios de compressão axial, conclui-se que nos traços onde houve a adição de fibra, menores resistências foram obtidas quando comparados ao concreto referência. Os resultados dos ensaios de tração por flexão foram satisfatórios, com exceção do teor $2,7\text{kg.m}^{-3}$ aos 28 dias, onde houve perda de resistência. Os valores dos ensaios de tração por compressão diametral aos 7 dias tiveram resistências baixas, entretanto aos 28 dias todos eles obtiveram resistências superiores ao concreto referência.

Ao termino desta etapa podemos avaliar que a adição de fibras recicladas, FPR, no concreto tem grande potencial, uma vez que elas melhoram a resistência a tração do compósito contribuindo para um conjunto de ações. Sabe-se que para trabalhos futuros deve-se avaliar a interação entre a fibra e os componentes do concreto, a homogeneidade quanto a sua distribuição e os efeitos referente a durabilidade do material.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FIGUEIREDO, Antônio Domingues de *Concreto com fibras de aço*/A.D. de Figueiredo. -- São Paulo: EPUSP, 2000. 68 p. --(Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/260)
- FIGUEIREDO, Antonio Domingues de; TANESI, Jussara; NINCE, Andréia Azeredo. *Concreto com fibras de polipropileno (CFP)*. 2002. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/66/artigo287241-1.aspx>>. Acesso em: 28 set. 2018.
- GALVÃO, José Carlos Alves. *Uso de materiais poliméricos reciclados em estruturas de concreto para superfícies hidráulicas*. 2010. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Engenharia e Ciência dos Materiais - Pipe., Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/tese/041.PDF>>. Acesso em: 27 set. 2018.
- CARASCHI, J.c. et al. *Compósitos de polipropileno reforçado com capim-elefante / grass as reinforcement of polypropylene*. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, [s.l.], v. 9, n. 3, p.236-246, 30 set. 2015. Universidade Estadual Paulista - Campus de Tupa. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2015v9n3p236-246>.
- MONTEIRO, Sergio N. et al. *Propriedades de compósitos de tecido de juta descartado reforçando matriz de polietileno reciclado*. *Matéria (rio de Janeiro)*, [s.l.], v. 11, n. 4, p.403-411, dez. 2006. *FapUNIFESP (SciELO)*. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-70762006000400006>.
- PIAZZA, Diego et al. *Estudo comparativo das propriedades da fibra de polipropileno reciclado pós-consumo para incorporação em concreto. Fase 1 – Caracterização da fibra*. In: *Congresso Brasileiro de Polímeros*, 14., 2017, Águas de Lindóia. *Anais do 14º Congresso Brasileiro de Polímeros. Águas de Lindóia, 2017*
- ROSÁRIO, Francisco et al. *Resíduos de Sisal como Reforço em Compósitos de Polipropileno Virgem e Reciclado*. *Polímeros*, v. 21, n. 2, p.90-97, 2011.
- SENISSE, Juliana Alves de Lima. *Influência do consumo de água, do teor de adição de microfibras de polipropileno e do tipo de cimento no fenômeno da retração por secagem em concretos empregados em pisos*. 2010. 160 f. *Dissertação (Mestrado) UFRGS, Porto Alegre, BR, 2010*.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FAPERGS, Supermix e a Universidade de Caxias do Sul pelo apoio.