

Análise Comparativa das Propriedades Mecânicas de Concreto e Argamassa com diferentes Teores de Fibra de Polipropileno

Iasmin Gabriele Ferreira ¹, Osmar Paiva Clemente ², Fausto Arantes Lobo ³

Resumo

O concreto é um importante material da construção civil, que poderá ter um melhor desempenho mediante algumas adições, como: fibras. O presente trabalho busca estudar as melhorias de desempenho da argamassa e concreto com adição de fibra de polipropileno, submetendo-os a ensaios mecânicos. Para avaliar como essa fibra influencia nas propriedades, foram usados diferentes teores de adição da fibra; sendo usada a quantidade de fibra informada pelo fabricante e variando o seu volume, em metade dessa quantidade e também com o dobro do teor indicado pelo fabricante. Foi realizado o ensaio de resistência de tração na flexão, de compressão axial e resistência à tração por compressão diametral, onde pode-se notar a partir desse ensaio nota-se que para o concreto os ensaios de tração na flexão e compressão axial obteve-se melhores resultados, porém no ensaio de resistência por compressão diametral o resultado foi negativo com o pior desempenho. Dados obtidos pelos ensaios através da argamassa indicaram uma melhor eficiência podendo ser utilizado a metade da fibra indicada pelo fabricante, levando em consideração seu bom desempenho e sua viabilidade.

Palavras-chave: Microfibra; polipropileno; propriedades mecânicas.

1. Introdução

O concreto está entre os materiais mais utilizados no mundo de acordo com Mehta e Monteiro (2014), por se tratar de um composto de cimento, água e agregado, que origina uma pasta capaz de tomar facilmente inúmeras possibilidades de formas; com características que, apesar de limitações, como baixa resistência à tração e baixa capacidade de deformação, pode atingir grande resistência e durabilidade com baixo custo de produção, tornando assim mundialmente conhecido e muito utilizado na área da construção civil.

Segundo Figueiredo (2011), o concreto é um dos materiais estruturais, onde normalmente o traço é definido pelos engenheiros, tornando assim possível uma variação nas suas propriedades. Sendo também possível a realização de adições de alguns elementos, tais como fibras de aço ou polipropileno. A utilização dessas fibras junto ao concreto é determinante para seu desempenho, logo, estudos sobre o concreto reforçado com fibras

¹iasmingf@hotmail.com, Graduanda em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

²osmarpaivarv@hotmail.com, Graduando em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

³faustoalobo@gmail.com, Mestre, Professor Adjunto, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

(CRF) vêm ganhando espaço nos grandes centros de estudos. A pesquisa sobre o CRF no mundo é liderada pela Europa e Estados Unidos da América. Nos países desenvolvidos a realidade é bem distinta dos demais e do Brasil em particular, a começar por uma normalização bem estabelecida (FIGUEIREDO, 2011, p.04).

A aplicação de fibras no concreto é diretamente ligada ao fator que se projeta e a condição de propriedade que se deseja alcançar com sua adição, onde cada tipo de fibra tem seus adjetivos. A adição de fibras influencia em algumas propriedades tais como: trabalhabilidade e a melhoria da tenacidade à flexão. Uma baixa quantidade de fibra controla a fissuração por retração, onde é geralmente, aplicada em área de pavimento e laje que é bastante suscetível a esse tipo de fissuração, o que conseqüentemente descarta a necessidade de utilização de telas de aço para determinados casos, reduzindo assim o custo com mão de obra. Já uma alta quantidade de fibras resulta em uma melhora na resistência a flexão e resistência ao impacto, sendo empregado assim em métodos construtivos para estruturas (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Atualmente no mercado são fabricadas e utilizados diversos tipos de fibras para o reforço do concreto, sendo as principais fibras: de aço poliméricas e naturais. As fibras de aço são para o reforço do concreto no estado endurecido e as fibras poliméricas com o intuito de minimizar as fissuras por retração plástica (CARVALHO; CABRAL, 2018).

O alto teor de fibras de polipropileno aumenta à resistência a tração, flexão, fadiga, entre outros, porém, para um aumento do teor de fibras recomenda-se o uso de superplastificante para haver uma melhor trabalhabilidade, necessária no concreto (LUCENA, 2017).

Levando em consideração as fibras de polipropileno (PP), observam-se vantagens dessa adição no estado endurecido com um aumento da tenacidade e resistências e quando no estado fresco um maior controle da retração plástica, controlando assim o aparecimento de trincas durante a vida útil da estrutura. O uso do reforço com fibras passou de experimentação em pequena escala para uma grande rotina em fábricas e canteiros de obras (MENDOZA; AIRE, 2011).

As fibras de polipropileno podem ser divididas em dois tipos: as microfibras e as macrofibras, sendo as microfibras fornecidas em duas formas: monofilamento e fibriladas (FIGUEIREDO, 2011).

Um dos motivos para o estudo de fibras devido ao seu benefício de controle de fissuras, que é algo comum em algumas partes da obra, principalmente em regiões com grande volume de concreto. Para isso são vendidos no mercado fibra como uma solução para esse problema, porém os fabricantes só citam algumas vantagens da sua adição sem informar nenhum problema.

1.1 Objetivos Gerais:

Verificar os ganhos de propriedades mecânicas relacionado ao acréscimo de microfibras de polipropileno ao concreto e argamassa, tendo como metodologia a realização de análises comparativas entre os corpos de prova moldados em laboratório, com variação na quantidade da microfibras visando a aplicação em elementos estruturais.

Objetivos Específicos:

- Avaliar o desempenho mecânico do concreto;
- Avaliar a produção dos corpos e prova com adição de diferentes teores de microfibras de polipropileno.
- Identificar o tipo de traço mais adequado para esse tipo de concreto;

2. Material e métodos

A produção do concreto com adição de microfibras de polipropileno foi dividida em várias etapas apresentadas na Figura 1.

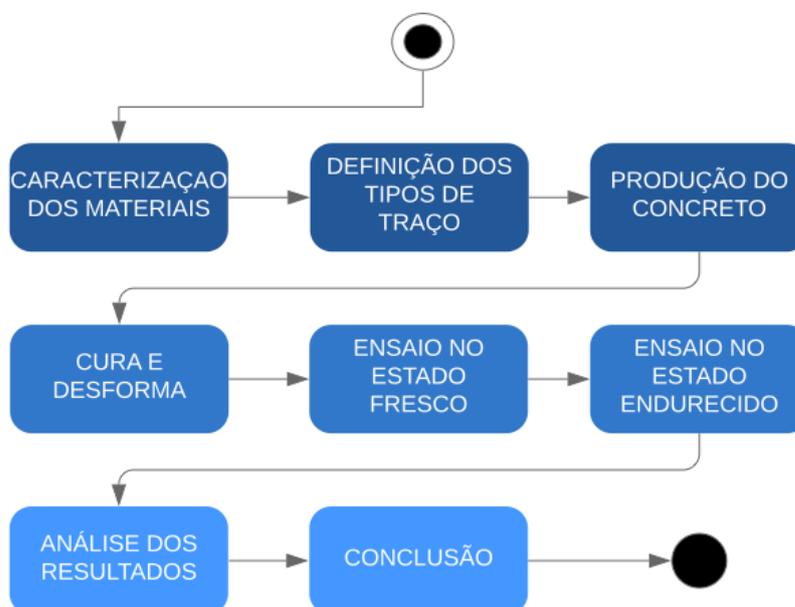


Figura 1 – Fluxograma

Fonte: Autor (2019)

2.1. Caracterização dos materiais

Cimento

Utilizou-se cimento CP V-ARI (Cimento Portland de alta resistência inicial) de acordo com a planilha de traços de concretos para paredes estruturais com a adição de fibra indicado pelo fabricante, atendido pela usina de concretagem, atendendo a NBR 16697 (ABNT, 2018).

Fibra de polipropileno

A fibra utilizada foi à microfibra de polipropileno, da marca Fiberlock (Figura 2), com suas características e propriedades apresentadas na Tabela 2



Figura 2 – Fibras polipropileno

Fonte: Próprio autor (2019)

Tabela 2: Propriedades das fibras de polipropileno

Características	Unidade	Valor
Massa específica	g/cm ³	0,90
Diâmetro	µm	18
Comprimento	mm	10

Fonte: Catalogo Fiberlock (2019)

Aditivo Superplastificante

Foi utilizado aditivo plastificante Tec Mult 829, líquido da cor marrom escura e massa específica 1,110 g/cm³, para prolongar a manutenção do abatimento do concreto mesmo a

altas temperaturas e facilitar bombeamento, atendendo os critérios da norma NBR 11768 (ABNT, 2011).

Agregados

O agregado miúdo utilizado foi areia natural com módulo de finura de 2,70, e foi caracterizada de acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2019). A definição de massa específica do agregado miúdo segue prescrições da NBR NM 52 (ABNT, 2009), respectivamente. O resultado encontrado com o ensaio está exposto na Tabela 3 e o ensaio de granulometria exposto na Figura 3.

Tabela 3: Valores da massa específica da areia

Propriedades	Valores (kg/m ³)
Massa específica	2631,58

Fonte: Próprio autor (2019).

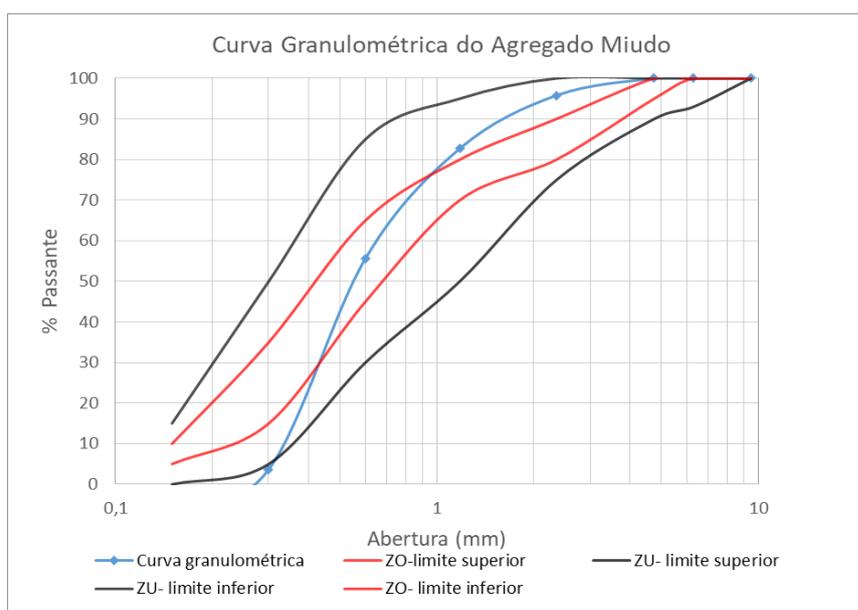


Figura 3 – Curva granulométrica do agregado miúdo

Fonte: Próprio autor (2019).

O agregado graúdo utilizado possui dimensão máxima característica de 9,5 mm, e foi caracterizada de acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2019). Também foi realizado o mesmo ensaio de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987) para a definição de granulometria e massa específica do agregado graúdo, respectivamente, expostos na Tabela 4 e Figura 4.

Tabela 4: Valores da massa específica do agregado graúdo

Propriedades	Valores (kg/m ³)
Massa específica	2.726

Fonte: Próprio autor (2019).

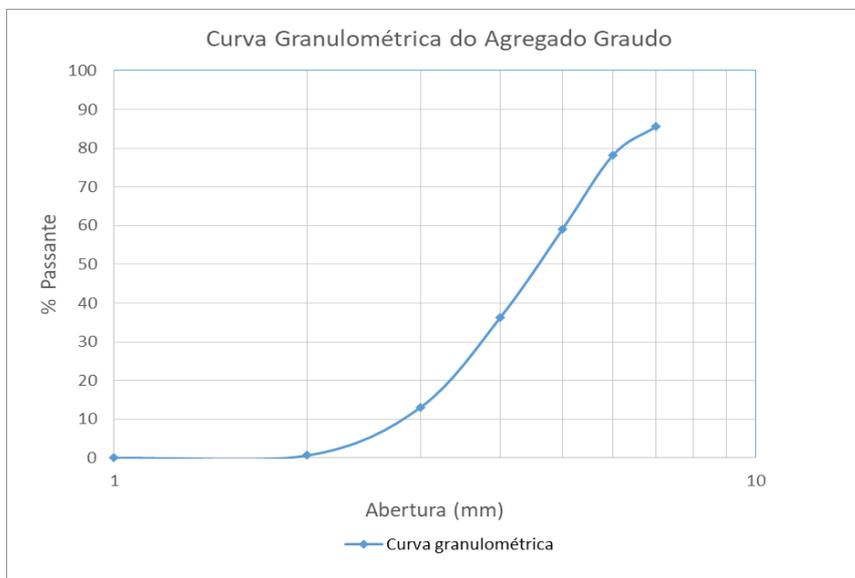


Figura 4 – Curva granulométrica do agregado Graúdo

Fonte: Próprio autor (2019).

2.2 Definição dos tipos de traço

Foram utilizados três traços com diferentes volumes de adição de fibra no concreto e na argamassa, sendo o traço 1 obtido pela usina de concretagem onde o mesmo é utilizado numa obra situada na cidade de Rio Verde - Go, usando como referência a adição de fibra fornecida pelo fabricante, traço 0,5 sendo a metade da fibra fornecida pelo fabricante, traço 2 com o dobro de fibra fornecida pelo fabricante e um traço sem a adição de fibra. Na Tabela 5 e Tabela 6 é apresentado o traço para 1 (um) m³.

Tabela 5: Traços de concreto que serão utilizados (valores em Kg/m³)

	Traço 0	Traço 0,5	Traço 1	Traço 2
Cimento	310	310	310	310
Areia	800	800	800	800
Brita 0	250	250	250	250
Fibra	0,00	0,30	0,60	1,20
Aditivo	0,00	0,056	0,00	0,056
Água	200	200	200	200
a/c	0,65	0,65	0,65	0,65

Fonte: Usina de concretagem (2019)

Tabela 6: Traços de argamassa que serão utilizados (valores em Kg/m³)

	Traço 0	Traço 0,5	Traço 1	Traço 2
Cimento	600,52	600,52	600,52	600,52
Areia	725,08	725,08	725,08	725,08
Fibra	0,00	0,30	0,60	1,20
Água	250	250	250	250
a/c	0,70	0,70	0,70	0,70

Fonte: Próprio autor (2019)

2.3 Produção do concreto e argamassa

A concretagem foi realizada em betoneira com capacidade de 150 litros no laboratório da Universidade de Rio Verde em Rio Verde,GO (UniRV), local sem intempéries, arejado e em temperatura ambiente. O lançamento foi seguido pela NBR 12655 (ABNT,2006) de acordo com o item 5.5.1, conforme a Figura 5. Foi realizado a produção de argamassa no laboratório de materiais da UniRV, com uma argamassadeira eletromecânica da marca e modelo Solocap CI conforme a figura 6, em modo automático seguindo a NBR 16541 (ABNT, 2016).



Figura 5 – Moldagem dos corpos de prova

Fonte: Próprio autor (2019).



Figura 6 – Produção de argamassa.

Fonte: Próprio autor (2019).

Os corpos de prova para resistência a compressão simples e tração por compressão diametral foram cilíndricos e para tração na flexão foram em forma retangular, a quantidade e dimensão são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7: Ensaio e tamanhos dos corpos de provas

	Ensaio	Quantidade (und)	CP(cm)	Vol Unit (cm ³)	Total (cm ³)
Concreto	Compressão	3	Ø10x20	1570,80	4712,40
	Compressão Diametral	3	Ø10x20	1570,80	4712,40
Argamassa	Compressão	3	Ø5x10	196,35	589,05
	Compressão Diametral	3	Ø5x10	196,35	589,05
Concreto	Tração prismático	2	10x10x40	4000	8000

Fonte: Próprio autor (2019)

2.4 Cura dos corpos de prova

Os corpos de prova utilizados para os ensaios de compressão axial e compressão diametral foram submetidos à cura por submersão, ou seja, cura “úmida” e o ensaio de tração por flexão com 4 pontos por aspersão, cura ‘seca’, por um período de 28 dias de cura.

2.5 Ensaio no estado fresco

O ensaio Flow-Table (Mesa de Fluidez) foi realizado de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016), onde o método consiste em identificar o limite de umidade e determinar a consistência da argamassa no seu estado fresco.

O ensaio do abatimento do tronco de cone (Slump Test) seguiu conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998).

2.6 Ensaios no estado endurecido

O ensaio de compressão axial seguiu embasado na NBR 7215 (ABNT, 1996) onde realizou um gráfico apresentado nos resultados e discussões para mostrar o comportamento com os diferentes teores de fibras.

O ensaio de tração por compressão diametral, que avalia a resistência à tração seguiu os parâmetros da NBR 7222 (ABNT, 2011) onde realizado pela mesma máquina do ensaio de compressão axial no laboratório da UniRV, analisou o resultado de acordo com a equação 1:

$$F_{ct,sp} = \frac{2F}{\pi dl}, \quad (\text{Equação 1})$$

$F_{ct,sp}$ é a resistência à tração por compressão diametral (MPa)

F é a força máxima obtida no ensaio (N)

D é o diâmetro do corpo de prova (mm)

l é o comprimento do corpo de prova (mm)

O ensaio de tração na flexão com 4 pontos de carga, que também avalia a resistência a tração do concreto, foi conforme NBR 12142 (ABNT, 2010), verificando o comportamento das fissuras com as fibras de polipropileno em suas respectivas quantidades.

3 Resultados e discussões

Ensaio no estado fresco

O ensaio da mesa de fluidez (flow-table) é mostrado na figura 7. Conforme observados realizou-se 4 traços com diferentes teores de fibra, seguindo a ordem conforme a Tabela 6.



(a)



(b)

Figura 7 – Ensaio de flow-table realizado com o (a) traço T1 e (b) traço 2

Fonte: Próprio autor (2019)

No ensaio da mesa foi realizada a média dos 3 eixos para cada traço utilizado onde foi possível perceber que conforme o acréscimo de fibra a utilização de aditivo era dispensável, pois com a adição de fibra a argamassa ficava mais fluída. O ensaio foi adotado conforme, roteiro estabelecidos pela NBR 13276 (ABNT, 2016). A Figura 8 mostra o ensaio após o abatimento da mesa e já com o posicionamento da régua nos 3 eixos diagonais para analisar a média dos valores apresentado na Tabela 8.



(a)



(b)

Figura 8 – Ensaio de consistência da argamassa do traço T2 (a) régua posicionada em 3 eixos e (b) posicionamento da régua

Fonte: Próprio autor (2019)

Tabela 8: Resultados de abertura do flow table

	Traço 0	Traço 0,5	Traço 1	Traço 2
Valores (cm)	32	31	31	31

Fonte: Próprio autor (2019)

O ensaio do abatimento do tronco de cone (*Slump Test*) é apresentado na Figura 9 e os resultados de abertura expostos na Tabela 9.



Figura 9 – Slump test do traço 0,5 (a) e do traço 2 (b)

Fonte: Próprio autor (2019)

Tabela 9: Resultados do *Slump Test*

	Traço 0	Traço 0,5	Traço 1	Traço 2
Slump (cm)	11,5	17,5	12,0	10,0

Fonte: Próprio autor (2019)

Em alguns traços foi necessário adicionar aditivo, para melhorar a trabalhabilidade e assim atingir a fluidez esperada para o concreto. Era esperado para o ensaio um slump de 12 cm, o qual era usado pela obra, que utiliza o traço referência. Conforme observado para o traço 0,5 o slump, atingiu um valor elevado, devido durante a concretagem, tem sido excedido a dosagem de plastificante necessária para atingir o slump de 12 cm. Para o traço 1, de conforme a reduzir esse slump foi realizado o traço sem adição do aditivo. Para o traço 2, que apresenta o dobro da quantidade de fibras, foi necessário a dosagem máxima de aditivos para atender o limite estabelecido neste trabalho.

Ensaio no estado endurecido

Os resultados do ensaio de compressão axial do concreto são apresentados na Tabela 10, e a Figura 10 mostram os corpos de prova após a ruptura.

Tabela 10: Análise do ensaio de compressão axial do concreto

Traço	Resistência (MPa)
T0	25,59 ± 1,31
T0,5	31,13 ± 1,13
T1	34,93 ± 3,57
T2	28,10 ± 1,11

Fonte: Próprio autor (2019)



Figura 10 – Ensaio de compressão axial do concreto do traço T0

Fonte: Próprio autor (2019)

Para os traços 0,5, traço 1 e traço 2 houveram um aumento de 21,6%, 36,5% e 9,8%, respectivamente, de resistência a compressão. Mostrando assim que o traço 1 foi o que apresentou o maior aumento, enquanto o traço 2 foi o que resultou no menor aumento. Podendo ver assim que nesse caso o volume de fibra informado pela fabricante foi o que apresentou o melhor resultado.

E na Tabela 11 e Figura 11 são apresentados os resultados do ensaio de compressão da argamassa e os corpos de prova após a ruptura.

Tabela 11: Análise do ensaio de compressão axial da argamassa

Traço	Resistência (MPa)
T0	40,48 ± 2,98
T0,5	44,18 ± 1,95
T1	48,84 ± 2,01
T2	44,09 ± 2,79

Fonte: Próprio autor (2019)



(a)

(b)

Figura 11 – Ensaio de compressão axial da argamassa do traço T0,5 (a) e traço T1 (b)

Fonte: Próprio autor (2019)

Como apresentado na Tabela 11, para os traços 0,5, traço 1 e traço 2 houve um aumento de 9,1%, 20,65% e 8,9% respectivamente, onde o corpo de prova com o traço 1 (T1) obteve uma maior resistência. E observando os resultados da Tabela 11 os traços T0,5 e T2 obtiveram praticamente os mesmos resultados e ambos foram maiores que o traço T0, sem adição de fibra, o que pode ser considerado que o ganho de resistência foi aumentando de acordo com a aplicação da fibra, porém após atingir seu valor máximo, ela começa a diminuir devido ao excesso aplicado, tendo indícios de que se atingiu seu volume crítico.

O ensaio de compressão diametral do concreto e argamassa é apresentado na Tabela 12 e 13, e nas Figuras 12,13 e 14 são apresentados os corpos de prova após a ruptura.

Tabela 12: Análise do ensaio de compressão diametral do concreto

Traço	Resistência (MPa)
T0	2,20 ± 0,50
T0,5	2,27 ± 0,51
T1	2,06 ± 0,38
T2	2,41 ± 0,53

Fonte: Próprio autor (2019)



Figura 12 – Ensaio de tração por compressão diametral do concreto do traço T0

Fonte: Próprio autor (2019)

Para os traços 0,5 e 2 obtiveram 3,1% e 9,5% de aumento de resistência por tração na compressão diametral, enquanto o traço 1 uma diminuição de 6,4% sendo descartado este traço para este tipo de ensaio. Podendo observar que assim é necessário dobrar a quantidade de fibra para obter um melhor resultado.

Na Tabela 13 e nas Figuras 13 e 14, são mostrados os resultados do ensaio de compressão diametral da argamassa.

Tabela 13: Análise do ensaio de compressão diametral da argamassa

Traço	Resistência (MPa)
T0	$3,44 \pm 1,04$
T0,5	$3,94 \pm 0,88$
T1	$4,35 \pm 0,46$
T2	$4,27 \pm 0,41$

Fonte: Próprio autor (2019)



Figura 13 – Ensaio de tração por compressão diametral da argamassa do traço T0

Fonte: Próprio autor (2019)



Figura 14 – Ensaio de tração por compressão diametral da argamassa do traço T2

Fonte: Próprio autor (2019)

Na argamassa houve um aumento nos traços de acordo com a Tabela 13 se comparados com o traço sem a adição de fibra de 14,5%, 26,4% e 24,1% respectivamente. Onde se observou que com o dobro de fibra adicionado na argamassa a fissura diminuiu se comparada com o traço sem fibra (Figura 13). Fato este devido a presença das fibras de PP, se interagindo com a matriz do concreto. No rompimento do T2 pode-se observar que houve um acúmulo de fibras em um dos corpos de provas, conforme mostra a Figura 14, um fator que possivelmente pode ter levado a alteração de sua resistência, devido ter atingido um volume crítico de fibras, onde a quantidade de fibras é inversamente proporcional com a sua resistência.

Finalmente realizou-se o ensaio da tração na flexão de acordo com a NBR 12142 (ABNT, 2010). Nas figuras 15 e 16 temos os corpos de prova após o ensaio dos traços 0,5 e 1 e na Figura 19 e Tabela 14 são apresentados os resultados do ensaio.

Tabela 14: Análise do ensaio de tração na flexão do concreto

Traço	Resistência (MPa)
T0	0,43 ± 0,05
T0,5	0,44 ± 0,04
T1	0,54 ± 0,05
T2	0,42 ± 0,06

Fonte: Próprio autor (2019)



Figura 15 – Ensaio de tração na flexão com 4 pontos do concreto do traço T0,5

Fonte: Próprio autor (2019)



Figura 16 – Ensaio de tração na flexão com 4 pontos do concreto do traço T1

Fonte: Próprio autor (2019)

Já no ensaio da tração podemos observar um aumento da resistência somente nos traços 0,5 e traço 1 sendo eles de 2,3% e 25,5% e no traço 2 diminuiu em 2,3% a resistência por tração na flexão. A seguir nas Figuras 17, 18 e 19 são apresentados os gráficos comparando os resultados de cada um dos ensaios.

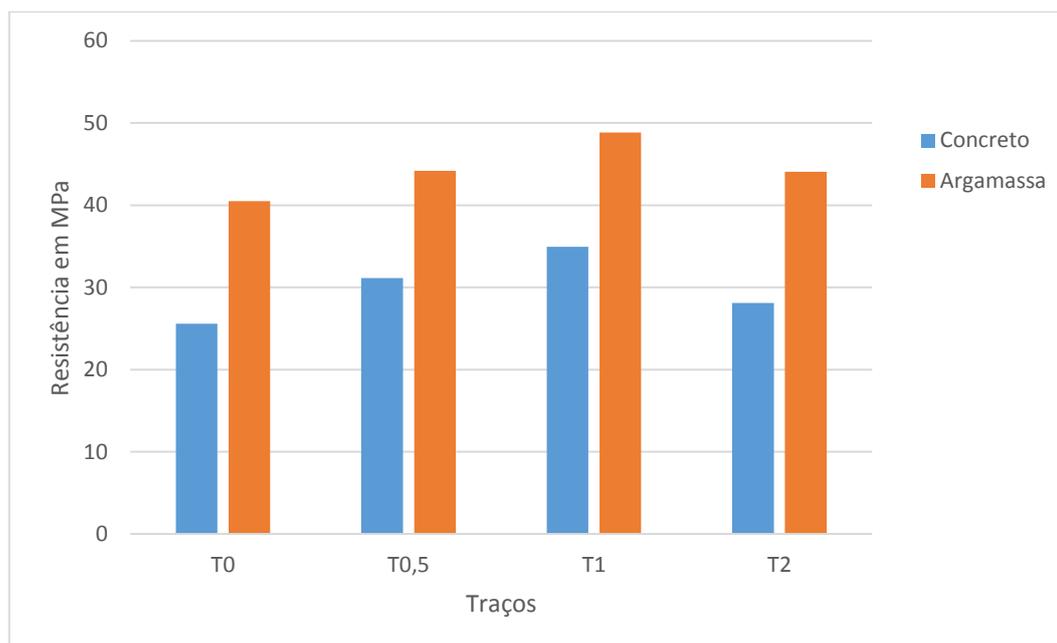


Figura 17 – Resultado do ensaio de compressão axial

Fonte: Próprio autor (2019)

Conforme pode ser observado na Figura 17, todas as adições de fibras usadas no trabalho trouxeram um aumento de resistência para o concreto e para a argamassa, pois em todas as porcentagens obtiveram valores maiores que o traço sem fibra, sendo assim podemos observar que o melhor resultado foi para o traço 1 (T1).

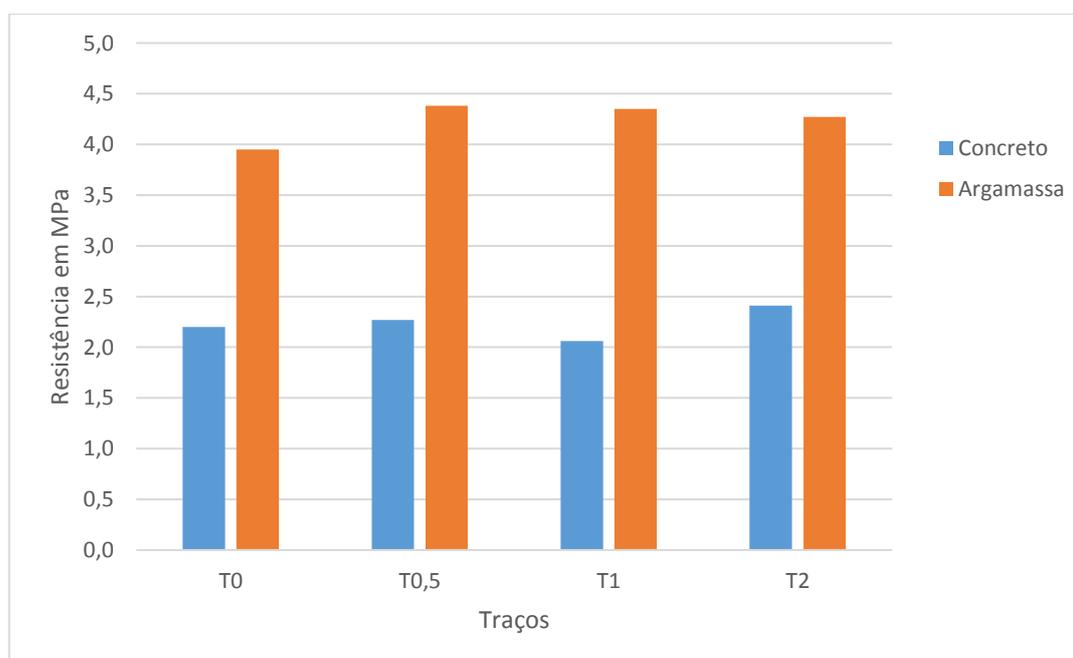


Figura 18 – Resultado do ensaio de compressão diametral

Fonte: Próprio autor (2019)

Já na Figura 18, podemos observar que a adição de fibra trouxe um melhor resultado de resistência a tração para a argamassa. Houve uma pequena variação de resistência para a argamassa, e aparentemente o traço T0,5 obteve o melhor resultado. Já para o concreto o melhor resultado foi para o traço T2, com o dobro de fibra indicado pelo fabricante, enquanto o traço T1 foi o que apresentou o menor resultado.

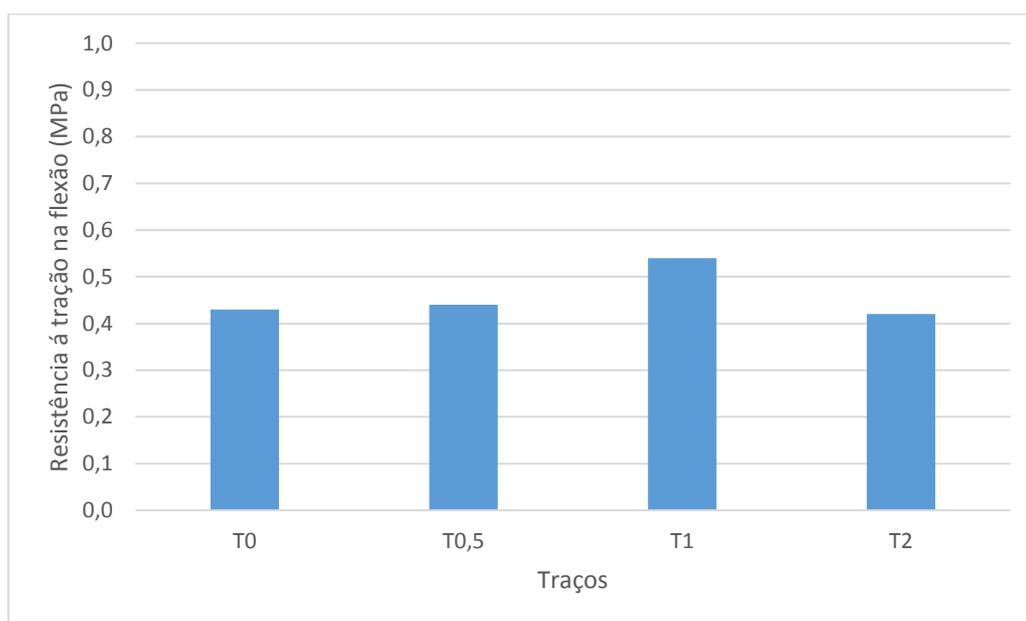


Figura 19 – Resultado do ensaio de tração na flexão do concreto

Fonte: Próprio autor (2019)

Na figura 19, o ensaio de tração na flexão por 4 pontos observamos que os resultados obtidos revelam que o traço referência utilizado, com a quantidade de adição de fibra indicada pelo fabricante, obteve um melhor resultado, diferente do ensaio de compressão diametral.

No ensaio de compressão axial verificou que a adição de fibra foi benéfica e que o melhor resultado tanto para argamassa como para o concreto foi o teor de fibra indicado pelo fabricante (T1). Analisando o ensaio de compressão diametral foi observada uma diferença, pois para argamassa verificou-se que utilizado a metade do teor de fibras (T0,5) alcançaria o mesmo resultado que a da fibra do fabricante, e para o concreto seria recomendado o teor com o dobro de fibra (T2) que alcançou uma melhor resistência. E no ensaio de flexão em 4 pontos, o traço que apresentou o melhor resultado foi o indicado pelo fabricante (T1).

Nos ensaios analisados obteve a conclusão de que a fibra teve uma melhor interação na matriz da argamassa se comparada com a do concreto, ou seja, teve um melhor desempenho em relação aos ganhos obtidos.

4 Conclusão

Analisando a interação da fibra de PP na matriz do concreto, percebe-se que o volume de fibra indicado pela fabricante é o mais indicado para resistências de tração na flexão e de compressão axial, porém se avaliada a resistência à tração por compressão diametral foi o pior resultado encontrado. Então podemos observar que nem sempre a indicação do fabricante apresenta o melhor resultado, sendo necessária à sua verificação de acordo com a aplicação da argamassa e/ou concreto.

Conclui-se, que a adição de fibras de polipropileno foi mais eficiente na argamassa, e que a quantidade de fibra a ser usada dependendo do objetivo, pode ser até metade do volume indicado pelo fabricante, obtendo um melhor desempenho de resistência à tração.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 7215: Cimento Portland- Determinação da resistência a compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 7217: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 7222: Argamassa e concreto-Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos- Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 12142: Concreto- Determinação da resistência a tração na flexão de corpos de prova prismáticos**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 12655: Controle do cimento Portland- Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 16541: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaio.** Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR NM 52: Agregados miúdos – Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 67: Concreto- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

CARVALHO, A. R. CABRAL, A. E. B. **Concreto com adição de fibras para confecção de anéis pré-moldados segmentados para revestimento de túnel de metrô.** Programa de pós-graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade federal do Ceará, 2018.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto reforçado com fibras.** Tese livre docência – Escola politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

FILHO, C. D. R. SILVA, A. J. C. PARISI, S. A. MONTEIRO, E. C. B. ALMEIDA, D. C. B. **Análise do comportamento mecânico do concreto com adição de fibras de polipropileno e sua atuação no combate às manifestações patológicas** – Conferência nacional de patologia e recuperação de estruturas, 2017.

LUCENA, J. C. T. **Concreto reforçado com fibras de polipropileno: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina.** Programa de pós-graduação em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) e área de concentração em estruturas – Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais-** 2º edição Ed.: IBRACON, 2014.



MENDOZA, C. J.; AIRE, C.; DÁVILA, P. **Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido** - Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.