

ESTUDO DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE VIDRO - GFRC (GLASS FIBER REINFORCED CONCRETE) PARA PAINÉIS DE FECHAMENTO PRÉ-FABRICADOS

André Leonardo Krutsch (LACTEC) E-mail: alkrutsch@gmail.com

Mariana D'Orey Gaivão Portella (LACTEC) E-mail: mariana.portella@lactec.org.br

Jeferson Luiz Bronholo (LACTEC) E-mail: jeferson.luiz@lactec.org.br

Resumo: O concreto é um material cimentício, possui propriedades mecânicas e moldabilidade que o torna um dos materiais estruturais mais utilizados no mundo. Entre os vários tipos existentes, destaca-se nesta pesquisa o concreto reforçado com fibras de vidro - GFRC. Foi avaliada a influência da fibra de vidro AR em um compósito cimentício, comparando o desempenho mecânico no estado endurecido e características no estado fresco em duas misturas distintas, como resistência à compressão, tração, flexão e módulo de elasticidade, além da determinação da massa específica e do abatimento. Observou-se na pesquisa experimental que a fibra de vidro influenciou no abatimento, com redução de 12,5% em relação à matriz sem a adição da fibra. Também, na resistência à compressão e tração, onde foi observado que o compósito com fibra obteve acréscimo de 6% e 11% respectivamente. Mas não foi possível observar influência significativa na resistência à flexão, uma vez que os resultados foram similares, da mesma maneira como para os resultados da massa específica no estado fresco. Com os resultados obtidos, foi possível avaliar a influência da fibra de vidro do tipo AR em uma matriz cimentícia, entendendo que com as proporções utilizadas na pesquisa experimental, a fibra de vidro do tipo AR deve ser utilizada junto com outro material que proporcione o reforço mecânico principal.

Palavras-chave: GFRC; Concreto reforçado com fibra; Fibra de vidro AR; Compósitos cimentícios; Pannel de fechamento

STUDY OF GLASS FIBER REINFORCED CONCRETE – GFRC FOR PRECAST CLOSING PANEL

Abstract: Concrete is a cementitious material, with mechanical properties and moldability that make it one of the most used structural materials in the world. Among the various existing types, the glass fiber reinforced concrete - GFRC is highlighted in this research. The influence of AR glass fiber in a cementitious composite was evaluated, comparing the mechanical performance in the hardened state and characteristics in the fresh state in two different mixtures, such as compressive strength, tensile strength, flexural strength and modulus of elasticity, besides the determination of specific mass and slump. It was observed in the experimental research that the glass fiber influenced the slump, with a reduction of 12.5% in relation to the matrix without the addition of fiber. Also, in the compressive and tensile strength, where it was observed that the composite with fiber obtained an increase of 6% and 11% respectively. But it was not possible to observe significant influence on the flexural strength, since the results were similar, in the same way as for the results of specific mass in the fresh state. With the results obtained, it was possible to evaluate the influence of AR-type glass fiber in a cementitious matrix, understanding that with the proportions used in the experimental research, the AR-type glass fiber must be used together with another material that provides the main mechanic reinforcement.

Keywords: GFRC; Fiber Reinforced Concrete; Glass fiber AR; Cements composites; Closing panel.

1. Introdução

Os materiais cimentícios, de maneira geral, são produtos que apresentam a resistência à tração em torno de 10% da sua respectiva resistência à compressão, com baixa capacidade de absorver deformações, pela sua característica frágil. Tradicionalmente, para corrigir esta carência quanto aos esforços de tração, são empregados em conjunto com barras de aço, constituindo o material compósito mais utilizado na construção civil, denominado concreto armado ou argamassa armada (LAMEIRAS, 2007). Para elementos de fachadas arquitetônicas, onde muitas vezes são projetados elementos

esbeltos, aliados a formas geométricas irregulares, torna-se difícil a utilização do concreto armado, devido ao aço precisar de um cobrimento mínimo de proteção, conforme recomendação da ABNT NBR 12655 (2022), além das limitações devido ao manuseio, para peças não lineares. Por este motivo, estudam-se alternativas para reforçar a matriz cimentícia, como a adição de fibras (GUIMARÃES, 2016).

Os GFRC (*Glass fiber reinforced concrete*) são materiais cimentícios reforçados com fibras de vidro, geralmente pré-fabricados em painéis de fechamento. Trata-se da utilização de fibras de vidro dispersas no concreto como reforço, com a finalidade de aumentar a resistência à tração e à flexão. As fibras são elementos em forma de filamentos que apresentam um elevado comprimento em relação à sua dimensão transversal. O principal objetivo da utilização da fibra consiste em reforçar a matriz cimentícia, para controlar as trincas e mudar o comportamento pós fissuração, retardando o surgimento da primeira fissura e distribuindo as tensões pelo compósito (LAMEIRAS, 2007).

Nesta pesquisa experimental, estudou-se de forma comparativa, um compósito cimentício com adição de fibra de vidro, e outro sem, com a finalidade de entender a influência da fibra de vidro nas propriedades mecânicas e no comportamento no estado fresco.

2. Materiais e métodos

2.1 Materiais

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland tipo II, com adição de filler de calcário e classe de resistência de 40 MPa (CP II F40), produzido pela empresa Supremo Cimentos, em sua fábrica localizada em Adrianópolis/PR. A escolha do cimento refere-se ao fato de ser um produto que atende aos requisitos técnicos citados a seguir, além de ser amplamente utilizado nas indústrias de pré-fabricados. Apesar de ser um cimento composto do tipo II, apresenta uma resistência inicial satisfatória para elementos pré-fabricados, conforme visto na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Resistência à compressão - CP II F 40

Idade (dias)	Resistência a compressão (MPa)	ABNT NBR 16697:2018
1	21,7	--
7	40,6	≥ 25
28	47,5	≥ 40

Fonte: Supremo Cimentos (2021)

O agregado miúdo utilizado no compósito de GFRC possui origem arenítica, com massa específica de 2,64 g/cm³, obtida segundo as prescrições da ABNT NBR 16972 (2021), e módulo de finura de 2,58. A curva granulométrica da areia é apresentada na **Figura 1** (linha vermelha), com os limites superiores e inferiores estabelecidos pela ABNT NBR 7211 (2009), onde as linhas tracejadas são ditas como zona ótima, enquanto as linhas contínuas externas são ditas como zonas utilizáveis. Desta forma, uma curva granulométrica que se encontra nos limites da zona ótima, apresentará melhor distribuição que uma na zona utilizável.

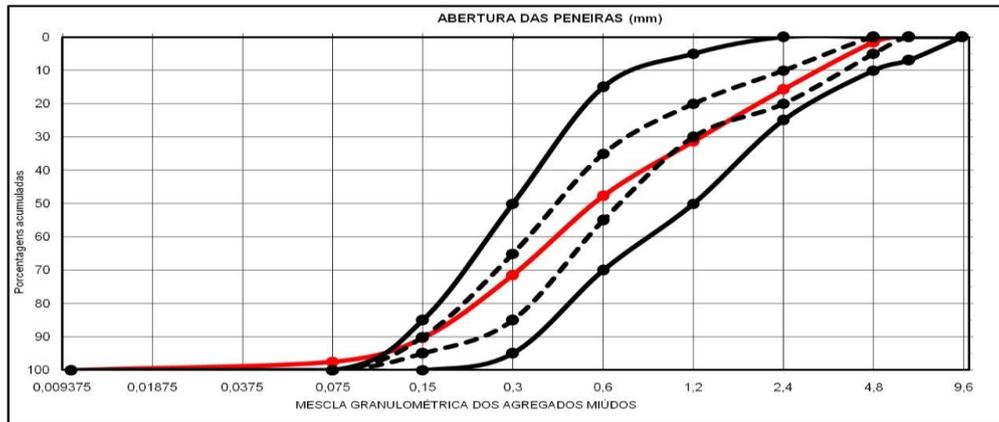


Figura 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo – Fonte: Autor (2022)

Na pesquisa foi utilizada sílica ativa como adição pozolânica, com as características físicas conforme **Tabela 2**.

Tabela 2 - Características físicas - sílica ativa

Teor de SiO₂	>85%
Superfície específica	20.000 m ² /kg
Formato da partícula	Esférico
Massa específica	2220 kg/m ³

Fonte: Tecnosil (2021).

O superplastificante utilizado no estudo foi o Liga Flow 703, com as propriedades físicas conforme a **Tabela 3**.

Tabela 3 - Propriedades físicas - Liga Flow 703

Base Química	Policarboxilato
Estado físico:	Líquido
Cor:	Castanho Claro
pH:	6,0 – 7,0
Densidade	1,04 – 1,08

Fonte: Liga Química (2021)

A fibra de vidro utilizada nesta pesquisa foi do tipo AR – *Fiber glass* Cem-FIL 12 mm, da fornecedora *Owens Corning*, com as seguintes propriedades físicas, conforme **Tabela 4**.

Tabela 4 - Propriedades físicas Fiber Glass Cem-FIL 12 mm

Resistência à tração do Filamento	3.500 (MPa)
Deformação da ruptura do Fio	2.4 (%)
Módulo de Elasticidade	72 (GPa)
Massa específica	2,68 (g/cm ³)

Fonte: Owens Corning (2021)

2.2 Métodos

O procedimento metodológico foi dividido em três fases, dosagem, mistura do compósito e ensaios para avaliação do desempenho mecânico. A dosagem se caracteriza pelo desenvolvimento do traço a ser utilizado, enquanto a mistura é a fase de produção do compósito. Os ensaios, para a avaliação comparativa dos comportamentos mecânicos.

2.2.1 Dosagem

O dimensionamento do compósito foi realizado para que fosse possível atender os requisitos necessários, do ponto de vista técnico (resistências à tração, flexão, compressão e fluidez), econômico (custo), e estético (acabamento).

O dimensionamento seguiu o modelo de Kharitonov (2016), onde foram comparadas misturas com e sem adição de fibra de vidro AR, avaliando sua influência no compósito.

Foram elaboradas duas misturas, mantendo as mesmas proporções, apenas variando a adição da fibra de vidro AR, de 0% para 1%. A relação a/agl (água/aglomerante) foi fixada em 0,38. A dosagem do superplastificante para atender a fluidez necessária foi de 0,9% em relação à quantidade de aglomerante da mistura. Os traços utilizados na pesquisa experimental estão descritos na **Tabela 5**.

Tabela 5 - Traço utilizado na pesquisa experimental

Material	Traço por m ³ sem fibra (kg)	Traço por m ³ com fibra (kg)	Traço unitário sem fibra	Traço unitário com fibra
Cimento	627	625	1,00	1,00
Sílica ativa	69	69	0,11	0,11
Arenito	1239	1235	1,98	1,98
Fibra de vidro AR	-	6,25	-	0,01
Superplastificante	6,00	6,25	0,01	0,01
Água	263	262	0,42	0,42

Fonte: Autor (2022)

2.2.2 Mistura do compósito

O processo de mistura do compósito até a realização dos ensaios laboratoriais seguiu as etapas apresentadas na **Figura 2**.

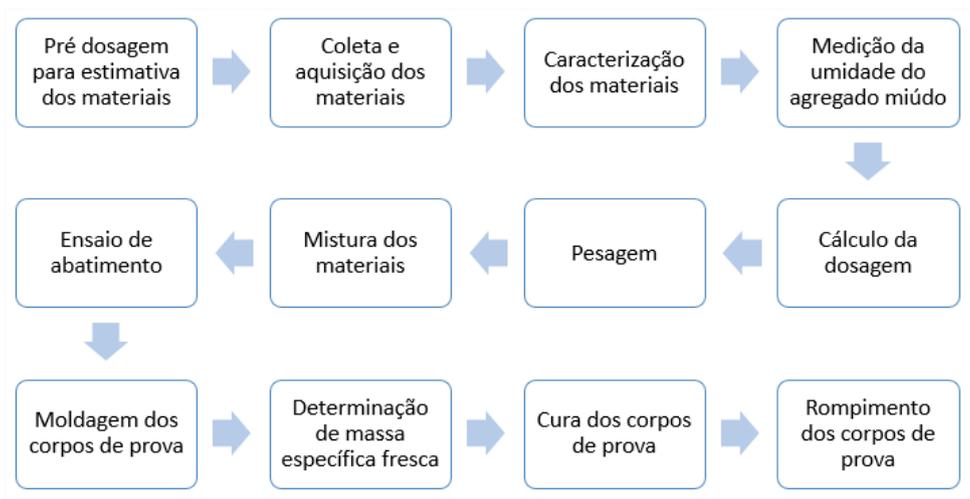


Figura 2 - Processo da mistura do compósito na pesquisa experimental – Fonte: Autor (2022)

Foram realizadas duas misturas experimentais, de acordo com a ABNT NBR 12821 (2009), sendo a primeira de referência (sem fibra), e a segunda com fibra (GFRC). Na primeira mistura, após todos os materiais estarem pesados, iniciou-se a confecção do concreto. A ordem de carregamento na betoneira foi à seguinte:

- a) agregado miúdo;
- b) 70% da água;
- c) Cimento;
- d) 30% da água
- e) Superplastificante.

2.2.3 Ensaios realizados

Os ensaios podem ser divididos em duas classes: para estado fresco e endurecido. O estado fresco de um material cimentício se dá antes do processo de hidratação do cimento, enquanto o compósito apresentar trabalhabilidade. Neste estado, inicialmente é realizada a preparação do compósito cimentício, conforme a ABNT NBR 12821 (2009). Após a mistura, são realizados ensaios de abatimento, conforme a ABNT NBR 16889 (2020), e de determinação da massa específica no estado fresco, conforme a ABNT NBR 9833 (2008). O teste de abatimento demonstra a fluidez, e neste caso, será necessário para avaliar a influência pela adição da fibra de vidro. Com a determinação da massa específica fresca, constata-se a densidade do compósito, sendo possível observar se há alguma incorporação de ar – que afetaria o desempenho mecânico no estado endurecido.

Durante a mistura, foram necessários aproximadamente 10 minutos para que o compósito atingisse a consistência desejada, de 220 a 250 mm. Após a determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone e a determinação da massa específica fresca, conforme é visto na **Figura 3**, foram moldados os corpos de prova cilíndricos de acordo com a ABNT NBR 5738 (2015), para a determinação da resistência à compressão, tração e módulo de elasticidade, bem como corpos de prova prismáticos para a resistência à tração na flexão.



Figura 3 - Determinação do abatimento de tronco de cone e densidade – Fonte: Autor (2022)

Após a moldagem dos corpos de prova, os mesmos foram preparados para o período de cura inicial para aguardar os respectivos rompimentos, conforme **Figura 4**.



Figura 4 - Processo de cura inicial dos corpos de prova - Fonte: Autor (2022)

Após a hidratação do cimento, os testes são conhecidos como ensaios no estado endurecido, nos quais avalia-se as propriedades mecânicas do compósito. Foram avaliadas as resistências à compressão, à tração e módulo de elasticidade, conforme as prescrições da ABNT NBR 5739 (2018), ABNT NBR 7222 (2011) e ABNT NBR 8522 (2021), respectivamente, todos estes com corpos de prova cilíndricos com dimensões de 200 x 100 mm (altura x diâmetro). Para a determinação da resistência à tração na flexão, foram utilizados corpos de prova prismáticos, com dimensões de 150 x 150 x 500 mm, conforme a ABNT NBR 12142 (2010).

3. Resultados e discussões

Os resultados foram divididos em duas partes, resultados no estado fresco e no estado endurecido.

3.1 Resultados no estado fresco

3.1.1 Determinação do abatimento

Na **Tabela 6** é visto um comparativo entre abatimentos, variando o teor de adição de fibra de vidro AR, da pesquisa experimental e de referências da literatura recente.

Tabela 6 - Determinação do abatimento da pesquisa experimental comparada à literatura.

% de fibra	0%	1% - GFRC
Autor (2022)	240 mm	210 mm
Wang (2019)	181 mm	132 mm
Kizilkanat (2015)	180 mm	80 mm

Fonte: Kizilkanat (2015), Wang (2019), Autor (2022)

O objetivo do ensaio foi observar a influência da adição da fibra no abatimento do compósito. Tal influência está de acordo com Kizilkanat (2015) e Wang (2019), que estudaram a variação de dosagens de fibra de vidro em uma mesma matriz cimentícia e observaram que quanto maior a adição da fibra de vidro, menor o abatimento da mistura, entretanto, pode-se notar que o abatimento da pesquisa experimental foi superior às referências. Além da dosagem da fibra de vidro, os fatores que influenciam diretamente no abatimento são: consumo de água por m³ e teor de superplastificante. Wang (2019) e Kizilkanat (2015) estudaram proporções com menor consumo de água por m³, tendo Wang (2019) não utilizado superplastificante em seu estudo, e consequentemente teve uma demanda maior no consumo de água, de 21% superior à Kizilkanat (2015).

3.1.2 Determinação da massa específica no estado fresco

Na **Tabela 7** é visto um comparativo entre massas específicas, variando o teor de adição de fibra de vidro AR e correlacionando com referências da literatura recente.

Tabela 7 - Determinação da massa específica no estado fresco

% de fibra de vidro	0%	0,9%	1,0%
Autor (2022)	2.224 (kg/m ³)		2.204 (kg/m ³)
Hilles (2019)	2.417 (kg/m ³)	2.436 (kg/m ³)	
Kizilkanat (2015)	2.444 (kg/m ³)		2.409 (kg/m ³)

Fonte: Kizilkanat (2015), Hilles (2019), Autor (2022)

O objetivo do ensaio foi observar a influência da adição da fibra na massa específica no estado fresco do compósito. Tal influência está de acordo com os resultados por Hilles (2019) e Kizilkanat (2015), que estudaram matrizes cimentícias com reforço de fibra de vidro, e observaram que a adição da fibra de vidro não teve efeito significativo na massa específica fresca do compósito. Nota-se que a massa específica do compósito da pesquisa experimental foi inferior às referências da literatura. Entretanto, a massa específica de um compósito cimentício é relativa aos materiais constituintes, podendo variar de 1500 kg/m³ a 2800 kg/m³.

3.2 Resultados no estado endurecido

3.2.1 Avaliação da influência da fibra de vidro na resistência à compressão dos concretos testados

Na **Tabela 8** pode-se observar a influencia da adição da fibra de vidro do tipo AR em um compósito cimentício. As amostras com ID GF-0 são as amostras sem adição de

fibra de vidro, enquanto as amostras com ID GF-1 são as amostras com 1% de fibra de vidro.

Tabela 8 - Resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias

ID da amostra	Força máxima (N) – 7 dias	Resistência à compressão – 7 dias (MPa)	Força máxima (N) – 28 dias	Resistência à compressão - 28 dias (MPa)	Resistência do exemplar aos 28 dias (MPa)
GF-0	399.146	50,9	533.311	67,3	67,5
GF-0	426.563	54,4	537.197	67,5	
GF-1	442.786	55,9	553.491	70,4	71,4
GF-1	380.891	47,7	568.109	71,4	

Fonte: Autor (2022)

É possível notar que a adição de fibra de vidro alterou o comportamento mecânico do compósito na resistência à compressão, tendo um desempenho de 5,8% superior, além de proporcionar um maior fator de crescimento de 7 para 28 dias. Hilles (2019) e Ali (2019) obtiveram resultados similares com aqueles verificados na **Tabela 8**. Hilles (2019) observou que a matriz cimentícia que teve adição de 1,2% de fibra de vidro, apresentou resistência à compressão 15% maior que a matriz sem a adição de fibra de vidro, e também teve maior taxa de crescimento de 7 para 28 dias, comparado à matriz sem fibra. No estudo de Ali (2019) a matriz cimentícia que teve adição de 0,75% de fibra de vidro apresentou uma resistência à compressão 6,47% superior à matriz sem adição de fibra de vidro após 28 dias. Para efeito comparativo, na **Figura 5** é feita uma correlação com a literatura recente, entre a quantidade de cimento necessária por MPa.

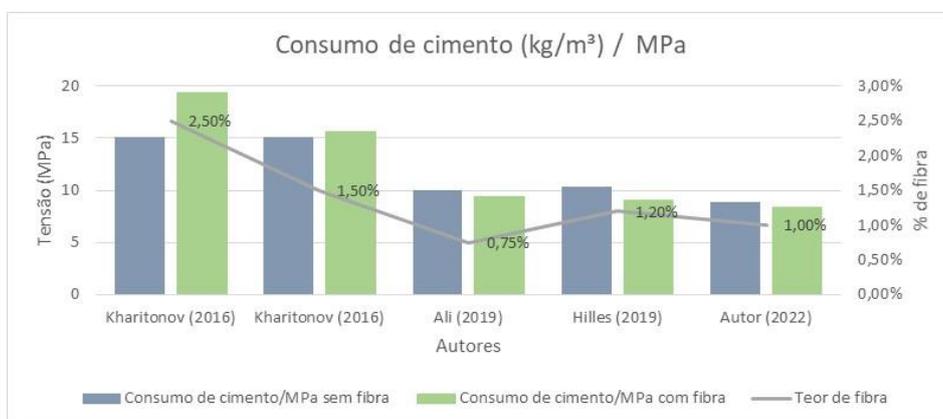


Figura 5 - Comparativo da resistência à compressão pelo consumo de cimento por MPa
 Fonte: Kharitonov (2016), Ali (2019), Hilles (2019), Autor (2022)

Pode-se observar que em compósitos com adição de fibra de vidro, quanto maior o teor de fibra, maior é a quantidade de cimento necessária para atingir a mesma resistência à compressão que um compósito com menor teor de fibra de vidro AR.

3.2.2 Avaliação da influência da fibra de vidro na resistência à tração por compressão diametral dos concretos testados

Na **Tabela 9** pode-se observar a influencia da adição da fibra de vidro do tipo AR, em um compósito cimentício na resistência à tração por compressão diametral.

Tabela 9 - Resistência à tração por compressão diametral - 28 dias

ID da amostra	Carga da ruptura (N)	Tensão de ruptura (fct,sp) (MPa)
GF-0 – Sem fibra	172.284	5,49
GF-0 – Sem fibra	146.393	4,62
GF-1 – Com fibra	187.754	5,92
GF-1 – Com fibra	167.399	5,31

Fonte: Autor (2022)

Nota-se que a adição de fibra de vidro na matriz cimentícia alterou o desempenho do compósito na resistência à tração. A ABNT NBR 7222 (2011), indica que deve-se analisar os resultados separadamente, mas para fim de comparação, são tratados os valores médios das amostras como referência. Desta forma, o compósito com fibra de vidro, obteve um desempenho superior de 11 % em relação a matriz sem a adição de fibra de vidro AR.

Os resultados obtidos por Ali (2019) e Hilles (2019) são similares aos obtidos na pesquisa experimental, onde tiveram um desempenho superior na resistência à tração por compressão diametral quando adicionada a fibra de vidro AR. Na **Figura 6**, é vista uma relação comparativa do consumo de fibra por m³ em cada estudo, e pode-se observar que quanto maior a dosagem de fibra por m³, melhor o desempenho mecânico.

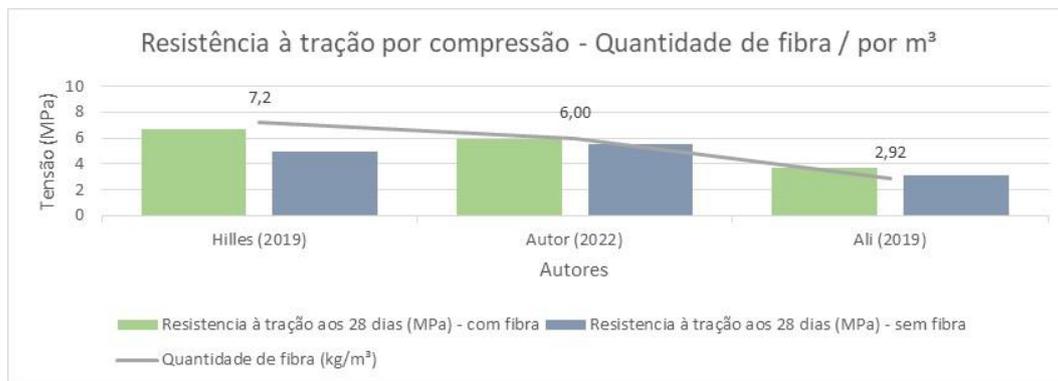


Figura 6 - Resistência à tração por compressão diametral - Quantidade de fibra / m³

Fonte: Ali (2019), Hilles (2019), Autor (2022)

3.2.3 Avaliação da influência da fibra de vidro na resistência à tração na flexão dos concretos testados

Na **Tabela 10** pode-se observar a influencia da adição da fibra de vidro do tipo AR, em um compósito cimentício quanto sua resistência à tração na flexão.

Tabela 10 - Resistência à tração por flexão - 28 dias

ID da amostra	Carga da ruptura (N)	Resistência à tração na flexão (MPa) aos 28 dias
GF-0 – Sem fibra	60.255	7,75
GF-1 – Com fibra	62.073	7,73

Fonte: Autor (2022)

É possível observar que a adição da fibra de vidro AR na matriz cimentícia não alterou as propriedades mecânicas de resistência à tração. Os resultados são similares aos estudados por Wang (2019), onde após a adição de fibra de vidro AR em uma matriz cimentícia, não foi observada alteração na resistência à tração do compósito. Entretanto, Kharitonov (2016), Hilles (2019), Kumar *et al.* (2020) e Ali (2019) obtiveram resultados diferentes. Hilles (2019) observou que a adição de fibra de vidro na proporção de 1,2% em uma matriz cimentícia apresentou um acréscimo de 52% na resistência à flexão aos 28 dias. A pesquisa de Kumar *et al.* (2020), constatou que a adição de fibra de vidro na proporção de 1,0% apresentou aumento de 96% na resistência à flexão aos 28 dias. Kharitonov (2016) pode observar que, comparando com a matriz sem adição de fibra de vidro AR, o compósito que recebeu adição, obteve resistência à flexão 49% superior. Já Ali (2019) observou que a adição da fibra de vidro na matriz cimentícia na proporção de 0,75% proporcionou 22% de aumento na resistência à flexão.

Na **Figura 7** é visto um comparativo com a literatura, atrelado ao consumo de fibra por m^3 . Observa-se que há uma relação direta entre o teor de fibra e o seu respectivo desempenho mecânico na resistência à flexão.

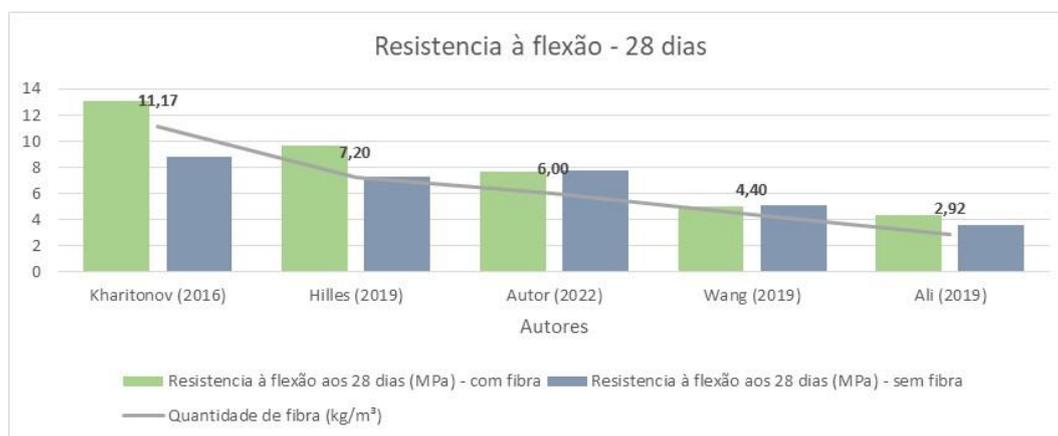


Figura 7 - Resistência à tração na flexão

Fonte: Kharitonov (2016), Hilles (2019), Ali (2019), Wang (2019), Autor (2022)

Observa-se desta forma, que o desempenho esperado à uma matriz cimentícia com a adição de fibra de vidro é ter acrescido sua resistência à tração na flexão, que conforme citou a GRCA (2018) é o principal fator de desempenho de um GFRC. Correlacionando os resultados obtidos com a literatura, é possível observar que além do teor de fibra em relação à quantidade de cimento, outro fator de importância é o tamanho da fibra. Nesta pesquisa experimental foram utilizadas fibras de 12 mm, enquanto pesquisas que obtiveram melhor desempenho de resistência à flexão utilizaram fibras de 16 mm - Kharitonov (2016) e Hilles (2019), e 18 mm – Ali (2019). Conforme já citado, Wang (2019), observou que com fibras de 25 mm, obteve um desempenho de resistência à flexão de 11% acima do compósito referência.

3.2.4 Avaliação da influência da fibra de vidro no módulo de elasticidade secante dos concretos testados

Na **Tabela 11** pode-se observar a influencia da adição da fibra de vidro do tipo AR no

módulo de elasticidade secante de um compósito cimentício.

Tabela 11 - Módulo de deformação secante

ID da amostra	Módulo de deformação Secante (GPa)
GF-0	23,0
GF-0	22,7
GF-1	21,3
GF-1	22,0

Fonte: Autor (2022)

O módulo de elasticidade secante de um material cimentício de acordo com a ABNT 8522 (2021), é obtido pelo resultado da tangente da tensão aplicada dividida pela deformação específica. Os resultados obtidos coincidem com a literatura. Kizilkanat (2015) realizou um estudo com GFRC com agregado de calcário e observou que a adição da fibra de vidro não apresentou efeito no módulo de elasticidade. A matriz cimentícia com a adição de 0,5% de fibra de vidro apresentou decréscimo de 7% de módulo de elasticidade, enquanto a matriz cimentícia que teve dosagem de fibra de vidro de 1% teve um módulo de elasticidade 4% menor comparado à matriz cimentícia sem fibra aos 28 dias.

4. Conclusão

O desempenho mecânico de um concreto reforçado com fibra de vidro, também conhecido como GFRC foi avaliado neste trabalho a partir da dosagem de dois traços. Um destes com a adição de fibra de vidro e o outro sem a adição, analisados comparativamente em relação aos ensaios de resistência à compressão, tração, flexão, e módulo de elasticidade. Ainda, os dados obtidos foram correlacionados e discutidos relativamente à trabalhos recentes da literatura.

Foi possível verificar que o compósito com adição de fibra de vidro apresentou menor abatimento, enquanto o mesmo compósito teve um melhor desempenho na resistência à compressão e à tração. Não foram observadas alterações significativas na massa específica fresca do compósito com adição de fibra, nem no desempenho de resistência à tração na flexão.

Observou-se comparando à literatura, que o desempenho do GFRC está diretamente relacionado com a quantidade e o tamanho da fibra de vidro a ser utilizada, precisando ser estudada a cada caso, a dosagem da fibra de vidro AR no compósito para encontrar o ponto ótimo, que represente melhorias no seu desempenho mecânico.

Desta forma, conclui-se que a quantidade de fibra de vidro, bem como seu tamanho foram insuficientes para o objetivo proposto, devido às diferenças entre os compósitos com e sem fibra de vidro terem sido mínimas, principalmente com relação à resistência à tração na flexão, qual é o principal fator de desempenho de um GFRC. Entretanto, os resultados obtidos permitiram ter um maior entendimento sobre o desempenho mecânico de compósitos cimentícios reforçados com fibras de vidro do tipo AR, apresentando a influência da fibra na matriz, além de demonstrar que há potencial de melhoria para futuras pesquisas.

Referências

- ABNT NBR 5738** - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT NBR 5739** - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2018.
- ABNT NBR 6118** - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT NBR 7211** - Agregados para concreto - Especificação, Rio de Janeiro, 2011.
- ABNT NBR 7222** - Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2011.
- ABNT NBR 8522** - Concreto endurecido - Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação, Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT NBR 9833** - Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico, Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT NBR 12142** - Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos, Rio de Janeiro, 2010.
- ABNT NBR 12655** - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento, Rio de Janeiro, 2022.
- ABNT NBR 12821** - Preparação de concreto em laboratório - Procedimento, Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT NBR 16889** - Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT NBR 16972** – Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios, Rio de Janeiro, 2021
- ALI, B. et al.** - *Influence of Glass Fibers on Mechanical Properties of Concrete with Recycled Coarse Aggregates* - Civil Engineering Journal. 2019.
- GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE ASSOCIATION - GRCA** - *Practical Design Guide for Glassfibre Reinforced Concrete*, 2018.
- GUIMARÃES, J.R.B.** - Painéis pré-fabricados, 2016.
- HILLES, M. M.; ZIARA, M. M.** - *Mechanical behavior of high strength concrete reinforced with glass fiber*, *Engineering Science and Technology*, an International Journal 22. 2019.
- KHARITONOV, A. RYABOVA, A. PPUKHARENKO, Y.** *Modified GFRC for durable underground construction*, 2016.
- KIZILKANAT, A. et al.** - *Mechanical properties and fracture behavior of basalt and glass fiber reinforced concrete: An experimental study*, *Construction and Building Materials*. 2015.
- KUMAR, D.; REX, L. K.** - *High performance glass fiber reinforced concrete*, *Materials Today: Proceedings*. 2020.
- LAMEIRAS, R. D. M.** Contribuição ao estudo das propriedades dos materiais cimentícios reforçados com fibras de vidro (glass fiber reinforced cement – grc). 2007.
- LIGA QUÍMICA**. Ficha técnica Flow 703, 2021.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.; FILHO, A. C.** Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. Ibracon, 2014.
- OWENS CORNING**. Ficha técnica fibra de vidro tipo AR. 2021.
- SUPREMO CIMENTOS**. Ficha técnica, CP II F 40. 2021.
- TECNOSIL**, Ficha técnica Sílica ativa, 2021.
- WANG, W.; WANG, H.; CHANG, K.; WANG, S.** - Effect of high temperature on the strength and thermal conductivity of glass fiber concrete, *Construction and Building Materials*. 2019.