

# BENEFÍCIOS DA FIBRA DE POLIPROPILENO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

## BENEFITS OF POLYPROPYLENE FIBER IN CONCRETE STRUCTURES

**Bruna Letícia Marques Machado da Silva**

[blmms@discente.ifpe.edu.br](mailto:blmms@discente.ifpe.edu.br)

**João Manoel de Freitas Mota**

[joaomota@recife.ifpe.edu.br](mailto:joaomota@recife.ifpe.edu.br)

### RESUMO

A pesquisa foi conduzida em um conjunto habitacional da RMR, com o objetivo de utilizar a fibra de polipropileno como solução de reforço para a estrutura de concreto, representada por uma laje radier. O estudo comparou as propriedades econômicas e mecânicas dessa solução com o concreto armado tradicional. O trabalho destaca que, apesar das vantagens, o concreto convencional possui limitações, como a baixa resistência à tração, necessitando da adição de aço para compensar essa deficiência. Ensaios de resistência à compressão e tração, realizados no laboratório da Evolução Engenharia e Tecomat, demonstraram que a fibra de polipropileno aprimora propriedades do concreto, como resistência ao impacto, tenacidade e controle de fissuração. Além disso, é mais econômico quando comparado ao aço. A análise econômica comparativa revelou uma redução significativa nos custos de materiais, especialmente pela diminuição do uso de aço. Os resultados concluem que o concreto reforçado com fibra de polipropileno (CRF) é uma alternativa viável ao concreto armado, oferecendo benefícios em termos de propriedades mecânicas aprimoradas, redução de custos e potencial sustentável. A utilização dessa tecnologia contribui para uma construção mais eficiente e econômica, com destaque para a sustentabilidade e o impacto ambiental reduzido. Assim, o CRF surge como uma solução promissora para a indústria da construção civil, apresentando uma excelente relação custo-benefício e um avanço em práticas mais ecológicas.

Palavras-chave: Polipropileno; Concreto; Fissuração.

### ABSTRACT

The research was conducted in a housing development in the RMR, with the aim of using polypropylene fiber as a reinforcement solution for the concrete structure, represented by a radier slab. The study compared the economic and mechanical properties of this solution with traditional reinforced concrete. The work highlights that, despite its advantages, conventional concrete has limitations, such as low tensile strength, which requires the addition of steel to compensate for this deficiency. Compression and tensile strength tests, conducted at the Evolução

Engenharia and Tecomat laboratories, demonstrated that polypropylene fiber enhances concrete properties, such as impact resistance, toughness, and crack control. Moreover, it is more economical compared to steel. The comparative economic analysis revealed a significant reduction in material costs, especially due to the decreased use of steel. The results conclude that polypropylene fiber reinforced concrete (PFRC) is a viable alternative to reinforced concrete, offering benefits in terms of improved mechanical properties, cost reduction, and sustainability potential. The use of this technology contributes to more efficient and economical construction, with an emphasis on sustainability and reduced environmental impact. Therefore, PFRC emerges as a promising solution for the construction industry, offering an excellent cost-benefit ratio and an advancement in more ecological practices.

Keywords: Polypropylene; Concrete; Cracking.

## 1 INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos, com a evolução da espécie humana, foi necessário que a construção civil se adequasse aos progressos que o aprimoramento das edificações exigiam. Desenvolvimento de novos métodos construtivos, aprimoramento da tecnologia de materiais, redução de custos e aumento de produtividade passaram a ser as peças chave dentro de um | (canteiro de obras, visando especialmente o incremento de resistência mecânica (Ferreira, 2023).

O grande protagonista de uma obra, onde também concentra-se (em sua maioria) o maior custo dela, é o concreto. A mistura de cimento, areia, água e pedra britada formam o material que além da sua função estrutural, recebe destaque pela sua versatilidade, trabalhabilidade, custo e durabilidade. Em 2019, Siqueira et al. ressaltou a importância de que “as estruturas de concreto tenham durabilidade evitando custos com manutenção e reparos excessivos”. Entretanto, ao contrário do aço, ele não possui características mecânicas como resistência e dureza tão evidentes.

O concreto comporta-se de maneira que sua resistência aumenta no decorrer do tempo, atingindo a resistência nominal máxima no 28º dia após a mistura e que a proporção utilizada (conhecida como “traço”) influenciam nas suas características de desempenho tanto no estado fresco, quanto endurecido (Metha, 1994, p. 9). A definição do traço, de acordo com Botelho (2006) depende de fatores como: características dos componentes da mistura; propriedades que o concreto fresco precisa ter, que pode variar de acordo com o tipo de obra e da estrutura a ser concretada; propriedades almejadas no concreto endurecido e o método de lançamento e mistura.

Segundo Couto et al. (2013), o concreto tem muitas propriedades que o tornam o material estrutural mais utilizado na construção civil no mundo, há algumas características, como resistência a tração que não são presentes, sendo necessário recorrer a materiais como o aço para adquirir essa propriedade, resultando no surgimento do concreto armado. O aço, por sua vez, é um material suscetível a patologias por agentes corrosivos (Oliveira, 2019). Figueirêdo et al. em 2017 apontou causas distintas que podem gerar patologias a uma peça estrutural

de concreto armado, como a presença de íons cloreto corroendo a armadura e causando rachaduras no concreto, comprometendo-o em sua totalidade.

Ademais, através dos avanços na tecnologia dos materiais, foi possível perceber que fibras (polipropileno, vidro, aço, cerâmica) poderiam proporcionar ao concreto resultados semelhantes a adição de telas de aço e minimizando possíveis patologias. Segundo Bras e Masson (2020), a principal função das fibras, na adição ao concreto, é transferir as cargas ao longo de sua direção. Dentre os tipos de fibra que podem ser utilizadas, a fibra de polipropileno destaca-se por ser feita de material quimicamente inerte, estável em meio alcalino, não absorver água, não oxidar, são responsáveis por um melhoramento da estabilidade dimensional evitando fissuras de retração em suas primeiras idades e possuem um custo mais baixo comparado aos outros tipos de fibra. Entretanto, Lucena (2017) pontua o baixo módulo de elasticidade como uma característica desfavorável da fibra de polipropileno.

Fernandes (2023) distingue que as fibras de polipropileno podem ser encontradas em monofilamento (microfibras) ou fibriladas (macrofibras). Costa et. al, em 2021, apontou outras características presentes nesse tipo de polímero é a melhoria de resistência ao impacto e a tração, evita exsudação e a segregação do concreto, inibe o aparecimento de fissuras por retração plástica, aumento da ductilidade e, devido a ser quimicamente inerte, resulta em resistência química diante dos álcalis presentes no concreto. Eles ainda afirmam que as macrofibras de polipropileno, porém, têm como principal característica a capacidade de produzir reforço estrutural semelhante às fibras de aço. Bentur e Mindess (2007) afirmam que a embora o concreto com fibra apresenta pouca diferença na resistência à compressão e no módulo de elasticidade, comparado ao concreto convencional, há mudanças relevantes referentes ao ganho de resistência à tração, maior capacidade de deformação e aumento da tenacidade.

O volume de fibra inserido no concreto, resulta em efeitos distintos e expressivos nas propriedades do concreto. Metha e Monteiro (2008) classificam em baixa (<1%), moderada (entre 1% e 2%) e alta (>2%) fração volumétrica. Dos resultados que as diferentes frações volumétricas podem fornecer, a baixa fração volumétrica resulta na diminuição da fissuração ocasionada pela retração, sendo geralmente aplicada em áreas com superfícies muito expostas, como lajes. O concreto com uma moderada fração volumétrica aumenta o módulo de ruptura, tenacidade e resistência ao impacto, enquanto a alta fração volumétrica resulta em endurecimento por deformação e por isso é considerado concreto de alto desempenho.

Apesar de não ser a principal fonte de análise desta pesquisa, outros benefícios da adição de fibra de polipropileno no concreto é no combate ao efeito *spalling*<sup>1</sup> em túneis e na mitigação da retração em pisos industriais. Pliya et al., em 2011, apresentou outros benefícios da fibra de polipropileno no concreto, como na atuação da diminuição do efeito *spalling*. Segundo Barbosa (2011) após uma sequência de incêndios em túneis entre os anos de 1994 e 2008 dos quais a estrutura sofreu com esse fenômeno, as normas europeias (Eurocode2, 2004) passaram a recomendar a utilização da fibra na estrutura dos túneis, especificando um volume de aproximadamente 0,2% do volume do concreto para atuar no combate ao efeito *spalling*.

---

<sup>1</sup> “É um fenômeno comum de desagregação do concreto quando submetido a altas temperaturas” (Costa, Figueiredo e Silva., 2002)

A fibra atua na diminuição do pico de pressão proveniente da alta temperatura, isso ocorre pois segundo Carvalho e Cabral (2018) a fibra tem um ponto de fusão baixo (em torno de 120°-170°C), de maneira que quando estrutura ultrapassar essa temperatura, a fibra de polipropileno se funde ao concreto abrindo vazios (ou fissuras), que comportam os vapores d'água provenientes da água da mistura do concreto e que evapora devido às altas temperaturas, resultando no escape do vapor d'água ser o responsável por inibir o efeito *spalling*.

Outra importante utilização das fibras de polipropileno adicionadas ao concreto, é para o controle da retração em pisos industriais. Rodrigues e Montardo (2002) abordam que a fibra atua como fator fundamental para inibir a retração autógena (cujo há troca de massa com o meio ambiente, sem a perda de água) e retração plástica secundária (ocorre no início do processo de endurecimento do concreto, desaparecendo após o início do ganho de resistência), pois formam um micro-reforço tridimensional que “sustenta” os agregados, impedindo o assentamento sob ação da gravidade. Através da realização de ensaios, Balaguru (1994) atestou que a adição de fibras sintéticas, como polipropileno, não somente reduz a quantidade de fissuras, como minimiza sua abertura.

Através da análise de ensaios, projetos e bibliografias, neste artigo busca-se definir características que fazem o concreto reforçado com fibra de polipropileno, de maneira a substituí-lo pelo aço. Segundo a literatura ainda há uma escassez de pesquisas relacionadas ao concreto reforçado; a NBR 16942 referente a concreto com fibra de polipropileno foi publicada em 2021; a utilização das fibras de polipropileno no concreto, segundo Bentur e Mindess (2006) promove ganho de resistência a tração e maior capacidade de deformação; Filho (2021) certifica que há aumento da tenacidade e resistência a abrasão e Lucena (2017) completa afirmando que devido ao baixo peso específico das fibras, isso influencia na redução de peso do concreto; esse tipo de fibra tem um custo mais baixo que demais tipos de fibra presentes no mercado.

O objetivo do trabalho foi utilizar a fibra de polipropileno como uma solução de reforço em uma laje radier de concreto, sendo mais econômica e com as mesmas propriedades mecânicas.

## **2 METODOLOGIA**

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica, artigos, teses e dados experimentais, em que a variável analisada foi a utilização do concreto reforçado com fibra de polipropileno, a fim de reduzir ou cessar a utilização de aço no canteiro de obras. Dessa forma, essa etapa da pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de, através de um estudo de caso, determinar as principais propriedades do CRF que possam possibilitar isso.

### **2.1 Área de Estudo**

Os experimentos iniciais foram realizados no Laboratório da Evolução Engenharia no intuito de avaliar resistência à compressão e à tração na flexão para diferentes concentrações de teor de fibra no concreto, onde a partir deste foi possível definir qual seria o volume de fibra utilizado na execução da laje radier. Foi realizado slumps test e moldagem de corpos de prova, para realização do ensaio de resistência à compressão, executado pela empresa Tecomat em laboratório montado no canteiro de obras, a fim de garantir as especificações de projeto.

### **2.2 Procedimentos e Técnicas da Pesquisa**

Todos os ensaios foram fundamentados nas normas técnicas que caracterizam e definem os ensaios dos corpos de prova.

O concreto utilizado nas moldagens dos corpos de prova foi produzido com Cimento CP V - ARI (Cauê), Areia Média (Concre-Test), Brita 1 (Concre-Test), Água, Aditivo Powerflow 4001 (MC Bauchemie) e Macrofibra sintética Kratos, no traço de 1:1,915:2,5325:0,5, respectivamente, variando a quantidade de aditivo e fibra, conforme tabela especificada a seguir (Tabela 1):

Tabela 1: Concentração de aditivo de acordo com dosagem de fibra em kg/m<sup>3</sup>

Dosagem de fibra (kg/m <sup>3</sup> )	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0
Concentração de aditivo	0,2%	0,9%	0,3%	0,8%	0,3%	0,75%	0,63%	0,55%	0,5%

Fonte: Evolução Engenharia, 2019

A mistura do concreto foi realizado utilizando um misturador de eixo inclinado, em que inicialmente adicionou o agregado graúdo seco, seguido da adição de  $\frac{1}{3}$  do volume de água e metade das fibras de maneira uniforme, misturando por 2 minutos. Sequencialmente houve a adição do cimento e mais  $\frac{1}{3}$  da água, todo agregado miúdo com o restante da água, o aditivo e a outra metade da fibra, de maneira uniforme.

Os corpos de prova (Figura 1) foram moldados conforme NBR 5738: 2015, os cilíndricos com dimensões 10cm x 20cm foram moldados em 4 unidades de concreto reforçado com fibra de polipropileno para cada concentração de fibra na mistura e os prismáticos em 8 unidades nas dimensões 15cm x 15cm x 55cm também para cada concentração de fibra. Os 8 corpos de prova foram adensados em cima de uma mesa vibratória, a fim de cessar os vazios, sem que haja o direcionamento das fibras. Esses corpos de prova, moldados no Laboratório da Evolução Engenharia foram para obter a definição de qual seria o teor de fibra de polipropileno no concreto a ser utilizado na laje radier, no qual posteriormente veremos que a concentração de fibra será de 7kg/m<sup>3</sup>.

Figura 1: Corpos de prova



Fonte: Evolução Engenharia, 2019

Em obra, é retirada amostra de concreto, antes da concretagem, de cada caminhão betoneira, moldando 4 unidades de corpo de prova cilíndricos nas dimensões de 10cm x 20cm para realizar o rompimento com 7, 14, 28 e 63 dias, garantindo que atenderá as definições determinadas no projeto.

O ensaio de *Slump Test* (Figura 2) foi determinado através da NBR 16889:2020, visando determinar a consistência do concreto fresco pelo abatimento. Esse ensaio deve ser realizado in loco, próximo ao local que será utilizado o concreto, antes dele ser lançado. A fluidez é um dos principais fatores que influenciam a trabalhabilidade do concreto.

O ensaio é feito seguindo: separar uma amostra do concreto e coloca-lá na forma tronco-cônica sobre uma placa metálica nivelada e apoiando os pés na base da forma de maneira a prendê-la, preenche o cone com a primeira camada de concreto e golpeia 25 vezes com o auxílio da haste de socamento de maneira a atingir a parte inferior do cone, em seguida deve preencher a forma com mais duas camadas e golpear mais 25 vezes cada, de maneira que uma camada não penetre na outra, e após a compactação da última camada, tira-se o excesso de concreto, planificar a superfície do cone com o auxílio de uma régua metálica e retira o cone. O abatimento é medido com base na distância entre o topo da forma e o ponto médio da altura do molde do concreto.

Figura 2: Slump Test



Fonte: Evolução Engenharia, 2019

A resistência à compressão e módulo de elasticidade foi analisada conforme a NBR 5739 (2018) e 8522 (2021). Foram confeccionados corpos de prova cilíndricos conforme determinado na NBR 5738 (2015), contendo 10cm x 20cm. O ensaio foi realizado inicialmente no laboratório da Evolução Engenharia, e em sequência na própria obra, onde os resultados foram obtidos pela Tecomat Engenharia, utilizando a Prensa estática Forney F-250-CPilot (Figura 3).

Figura 3: Prensa estática Forney F-250-CPilot



Fonte: Evolução Engenharia, 2019

O ensaio de resistência à tração foi baseado na norma europeia EN 14889-2: Fibres for concrete – Part 2: Polymer fibres — Definitions, specifications and conformity. Na sequência da ruptura, o equipamento gera os dados que representam a resistência à tração. O equipamento utilizado para a obtenção dos resultados do ensaio foi Prensa dinâmica Intermetric IM750SRV (Figura 4).

Figura 4: Prensa dinâmica Intermetric IM750SRV



Fonte: Evolução Engenharia, 2019

Inicialmente foi definido pelo projetista os parâmetros (Figura 5) necessários para a execução da laje radier. A estrutura foi projetada para suportar um empreendimento de 4 pavimentos e 8 apartamentos tipo.

Figura 5: Memorial Técnico do Residencial Vila Brasil

CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS (CRF) RADIERS		
PARÂMETROS DE PROJETO		
Item	Requisito	Referência
P1	Consumo de cimento (ver obs. 1, 2 e 4)	entre 280 kg/m <sup>3</sup> e 350 kg/m <sup>3</sup>
P2	Relação água/aglomerante (ver obs. 3)	a/c ≤ 0,60
P3	Diâmetro máximo do agregado (ver obs. 5)	19 mm
P4	Teor de argamassa seca (massa)	entre 55% e 60%
P5	Resistência à compressão	Classe C30
P6	Módulo de elasticidade - Eci	≥ 28 GPa
P7	Resistências residuais à tração	f <sub>R1m</sub> ≥ 2,4 MPa f <sub>R3m</sub> ≥ 2,4 MPa
P8	Resistências residuais por duplo punção (ver obs. 6)	f <sub>R0,5m</sub> ≥ (a ser determinado em conjunto com o item P7) e f <sub>R2,5m</sub> ≥ (a ser determinado em conjunto com o item P7)
P9	Resistência à tração na flexão	f <sub>ctM,k</sub> ≥ 4,5 MPa
<b>OBSERVAÇÕES</b>		
1) Faixa de consumo para Classe de Agressividade Ambiental (CAA) II. Para CAA III os valores são entre 320 kg/m <sup>3</sup> e 350 kg/m <sup>3</sup>		
2) Para períodos de inverno (t ≤ 15 graus C), o limite superior do consumo pode chegar, excepcionalmente, a 370 kg/m <sup>3</sup>		
3) Para CAA II, relação a/c ≤ 0,60. Para CAA III, relação a/c ≤ 0,55		
4) Admite-se o uso de até 15% de filler [finura entre 0,075 mm (peneira 200) e 0,106 mm (peneira 150)] como material inerte, sobre o consumo total de cimento.		
5) Deverá ser atestado por meio de ensaio a não reatividade alcali-agregado		
6) Caracterização não especificada pela ABNT NBR 16055. Especificação da ABNT NBR 16938.		
PARÂMETROS DE EXECUÇÃO		
Item	Requisito	Referência
E1	Fluidez (lançamento) (ver obs. 1)	Classe de consistência S220
E2	Manutenção de trabalhabilidade após ajuste do "slump" - com fibras (lançamento)	mínimo 45 minutos
<b>OBSERVAÇÕES</b>		
1) O "slump" com fibras mínimo deve ser de 120 mm		

Fonte: Evolução Engenharia, 2021

Sequencialmente para definição da dosagem de fibra foi realizado ensaios no Laboratório Evolução Engenharia onde foi utilizado o traço de 400kg/m<sup>3</sup> de Cimento Portland V de Alta Resistência Inicial, 766kg/m<sup>3</sup> de areia média, 1.013kg/m<sup>3</sup> de brita 19mm, 200kg/m<sup>3</sup> de água e aditivo variando conforme volume de fibra.

Obteve-se a partir dessa mistura os seguintes resultados, quando os corpos de prova foram submetidos aos ensaios:

Tabela 2: Resultado de ensaios de CRF de propileno - Evolução Engenharia, 2019. (fL: Força máxima colocada no corpo no corpo de prova até ele começar a fissurar e fR: Resistência a tração residual – intensidade da fissura quando o corpo de prova foi submetido a uma força constante)

CONCENTRAÇÃO DE FIBRA (kg/m <sup>3</sup> )	SLUMP (mm)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO		
			fL (MPa)	fR1 (MPa)	fR3(MPa)
3,0	110	35,39	4,17	1,42	1,31
3,5	150	43,35	5,74	1,82	1,67
4,0	110	39,08	5,02	1,90	2,03
4,5	130	41,07	5,96	2,18	2,58
5,0	110	34,55	5,01	2,03	2,43
5,5	140	42,53	4,79	2,48	2,67
6,0	100	61,60	6,52	2,80	3,73
7,0	140	51,30	5,55	3,30	4,28
8,0	140	50,63	5,25	3,72	4,94

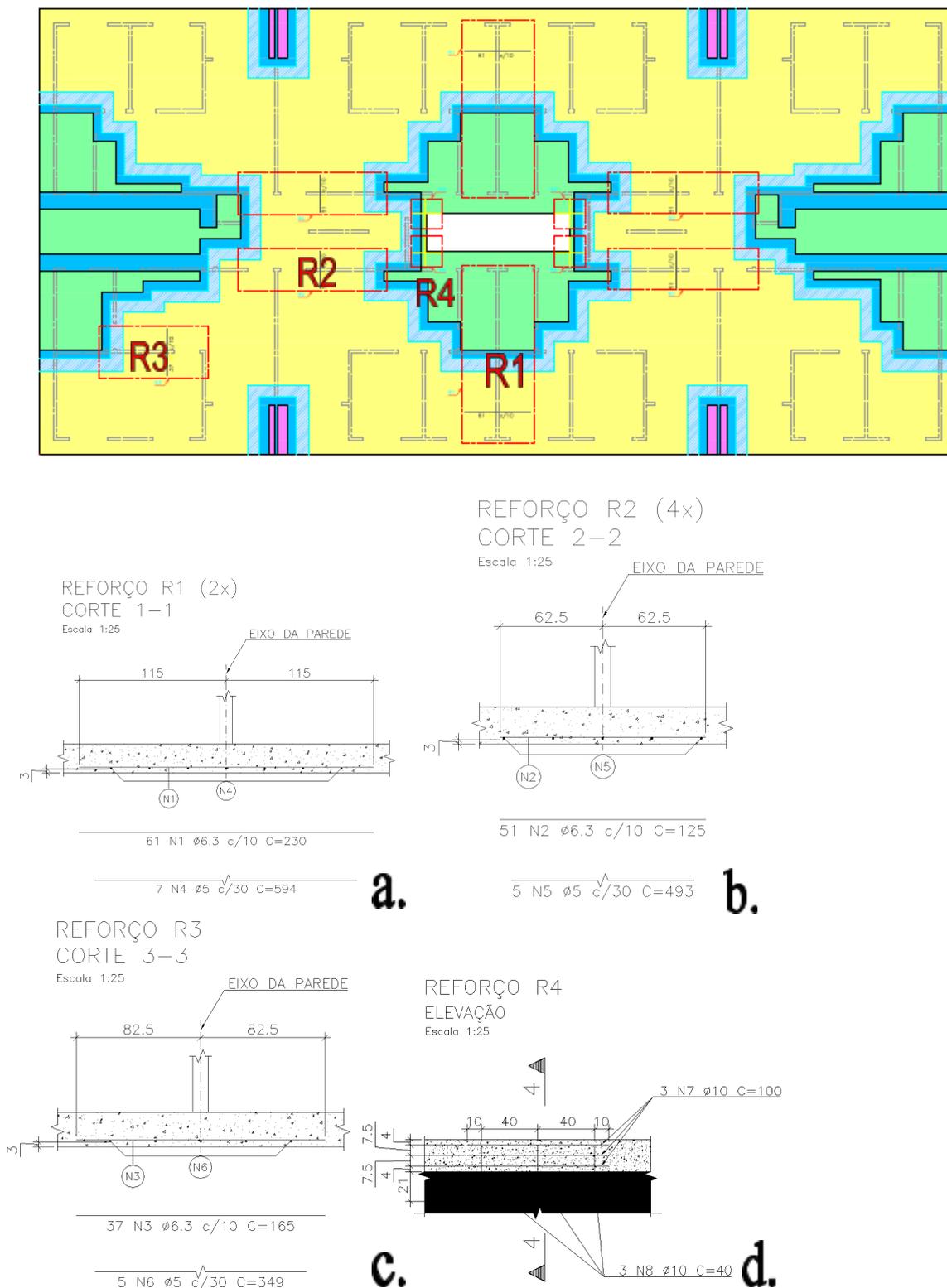
Fonte: Evolução Engenharia, 2021

Foi definido o volume de fibras como 7kg/m<sup>3</sup>, porque o slump mínimo solicitado no caderno de especificações técnicas do CRF para radiers, é de 120mm, onde o volume de 6kg/m<sup>3</sup> não atende a esse slump e economicamente quando comparado com o de 8kg/m<sup>3</sup>.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apesar da utilização da fibra para incremento de propriedades do concreto, no projeto também foi solicitado a adição de telas de aço no eixo onde fundamentalmente se posicionará paredes de concreto, onde em nem toda estrutura dessa laje radier terá paredes. Segundo Costa et. al (2021) “as fibras de polipropileno, por si só, têm pouco efeito benéfico nas propriedades mecânicas estáticas, particularmente quando se usa pouca quantidade de fibras, como é de praxe. A resistência à compressão, não aumenta mais que 25%”, sendo necessário a adição dessas telas para melhoramento da resistência. A partir disso, obteve-se o projeto (Figura 6):

Figura 6: Planta do projeto estrutural da laje radier da obra Residencial Vila Brasil; Reforço R1 de telas de aço (a); Reforço R2 de telas de aço (b); Reforço R3 de telas de aço (c) e Reforço R4 de telas de aço (d) e sua simetria são as regiões de reforço com tela



Fonte: Evolução Engenharia, 2021

O peso utilizado de aço na execução desse radier foi de 30,68 kg de  $\varnothing$  5mm,

Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Engenharia Civil. 16 de dezembro de 2024

146,18 kg de aço de  $\varnothing$  6mm e 20,73 kg de aço com  $\varnothing$  10mm, resultando em 197,59 kg de aço a ser utilizado no radier da edificação. A partir desses resultados, comparamos com um empreendimento semelhante da mesma construtora, em que a edificação tem as mesmas características e dimensões, tipo de solo e especificações do concreto, onde foi possível constatar que a quantidade total de aço foi muito maior do que desta obra em estudo que utilizou concreto com fibra de polipropileno (Tabela 3).

Tabela 3: Resumo do aço utilizado na execução da (1) laje radier de concreto reforçado com fibra de polipropileno - Evolução Engenharia, 2021. (2) Concreto armado convencional

<b>RESUMO DE QUANTIDADE DE AÇO NAS LAJE RADIER</b>		
<b><i>Concreto reforçado com Fibra de Polipropileno<sup>1</sup></i></b>		
<b>Tipo do Aço</b>	<b>Bitola (mm)</b>	<b>Peso (kg)</b>
CA-60	$\varnothing$ 5	30,68
CA-50	$\varnothing$ 6.3	146,18
CA-50	$\varnothing$ 10	20,73
<b>TOTAL</b>		<b>197,59 kg</b>
<b><i>Concreto armado convencional<sup>2</sup></i></b>		
<b>Armação positiva</b>		
CA-50	$\varnothing$ 8	429
Telas de aço 60B (Q503)	-	5.390
<b>Armação negativa</b>		
Telas de aço 60B (Q335)	-	5.506
<b>TOTAL</b>		<b>11.325 kg</b>

Fonte: Engest, 2018

Portanto, conforme verificado na tabela acima, o concreto na obra sem a utilização de fibra de polipropileno, cujo não é fonte de estudo deste trabalho, apenas a armadura teve peso de mais de 11 toneladas. Costa et al. (2021) afirmaram que o peso próprio do concreto armado é em torno de  $2.500\text{kg/m}^3$ , o que resulta em uma estrutura mais pesada que o executado com fibra.

Após a realização de uma pesquisa de mercado e admitindo os valores atuais, a fim de analisar a viabilidade econômica da substituição do aço por fibra de polipropileno, chegou-se aos resultados abaixo (Tabela 4):

Tabela 4: Comparativo de custo CRF e Concreto Armado.

<b>CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA DE POLIPROPILENO</b>			
<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Custo</b>
Macrofibra Sintética <sup>2</sup>	840 kg	R\$34,00/kg	R\$28.560,00
Aço CA50 $\varnothing$ 10mm <sup>3</sup>	2 vergalhões (24m)	R\$48,13/vergalhão	R\$96,26
Aço CA50 $\varnothing$ 6,3mm	50 vergalhões (600m)	R\$20,02/vergalhão	R\$1.001,00
Aço CA60 $\varnothing$ 5mm	17 vergalhões (204m)	R\$15,19/vergalhão	R\$258,23
<b>TOTAL</b>			<b>R\$29.915,49</b>
<b>CONCRETO ARMADO</b>			
<b>Armação Positiva</b>			
Tela Soldada Q503	46 und.	R\$1.102,92/un.	R\$50.734,32
Aço CA50 $\varnothing$ 8mm	91 vergalhões (1092m)	R\$34,34/vergalhão	R\$3.124,94
<b>Armação das Cintas</b>			
Aço CA50 $\varnothing$ 8mm	132 vergalhões (1584m)	R\$34,34/vergalhão	R\$4.532,88
Aço CA50 $\varnothing$ 10mm	32 vergalhões (384m)	R\$48,13/vergalhão	R\$1.540,16
<b>Armação Negativa</b>			
Tela Soldada Q335	47 und.	R\$743,07/un.	R\$34.924,29
<b>TOTAL</b>			<b>R\$94.856,43</b>

Fonte: Autora, 2024

É necessário lembrar que, no ano de 2021, período de elaboração do projeto da laje radier com fibra de polipropileno, na RMR o custo do aço teve uma elevação extremamente significativa em decorrência do período pandêmico.

O valor de concreto foi desconsiderado pois por tratar-se de concretos com o mesmo fck (Figura 10 e 11) e os radiers demandarem aproximadamente o mesmo volume de concreto (120,32m<sup>3</sup>), não demonstrariam mudança significativa para o resultado da pesquisa.

<sup>2</sup> Para fins de estudo de viabilidade econômica foi considerada Macrofibra de Polipropileno da marca Duristeel, pois a marca Kratos que foi utilizada na obra em questão é de origem Turca, dificultando o retorno de cotação. Os valores retirados foram do site Macrofibras do Brasil em 09 de julho de 2024 (<https://macrofibradobrasil.com.br/>)

<sup>3</sup> Todos os valores de materiais de aço foram retirados do e-commerce da AcelorMittal no dia 09 de julho de 2024. (<https://loja.arcelormittal.com.br/>)

Figura 10: Projeto de forma do radier do Residencial Vila da Mata

**NOTA:**

- 1 - CONCRETO  $f_{ck} \geq 30$  Mpa.
- 2 - FATOR ÁGUA-CIMENTO ( $a/c$ )  $\leq 0,55$ .
- 3 - MÓDULO DE ELASTICIDADE  $E = 2607159$  tf/m<sup>2</sup>.
- 4 - COTAS E DIMENSÕES EM CENTÍMETRO.
- 5 - NÃO RETIRAR COTAS EM ESCALA
- 6 - VERIFICAR COM ESPECIALISTA EM TECNOLOGIA DO CONCRETO O USO DE UM PROCESSO INIBIDOR DE REAÇÃO ALCALI AGREGADO.
- 7 - PARA DIMENSIONAMENTO DO RADIER FORAM TOMADOS COMO BASE OS SEGUINTEIS ITENS QUE DEVERÃO SER GARANTIDOS NA OBRA:
  - PROTEGER AS BORDAS DA FUNDAÇÃO CONTRA EROSIÃO.
  - DEVERÁ SER UTILIZADO LONA PLÁSTICA OU CONCRETO MAGRO  $e=5$ cm ENTRE O CONCRETO ESTRUTURAL E O SOLO.
- 8 - ALTURA DO RADIER = 25 cm.
- 9 - ÁREA DO RADIER = 481,25 m<sup>2</sup>.
- 10 - CLASSE DE AGRESSIVIDADE 3 CONFORME NBR-6118.
- 11 - CONFIRMAR NÍVEIS DO RADIER NA OBRA.
- 12 - SOBRECARGA ÚTIL = 150 Kg/m<sup>2</sup>.
  - REVESTIMENTO = 100 Kg/m<sup>2</sup>.
- 13 - SLUMP DO CONCRETO DAS PAREDES 22±3.
- 14 - ESTE PROJETO FOI ELABORADO SEGUINDO OS ITENS REFERENTES AS NORMAS:
  - NBR 14432, NBR 14323, NBR 15200, NBR 6118, NBR 14931, NBR 5628,
  - NBR 15575-2, NBR 15575-5, NBR 6123, NBR 5643, NBR 13528, NBR 7190,
  - NBR 8800, NBR 9062, NBR 14762, NBR 15575-1, NBR 15575-3, NBR 15575-4,
  - NBR 15575-6, NBR 9575, NBR 8681, NBR 6120, NBR 6122 E NBR 15961.
- 15 - VIDA ÚTIL DE PROJETO 50 ANOS - OBEDECENDO AS MANUTENÇÕES NECESSÁRIAS.
- 16 - A PLATIBANDA SUPORTA A FIXAÇÃO DE ANDAIMES SUSPENSOS.

02	29/04/19	Acréscimo no radier no trecho das varandas.
01	11/04/19	Inclusão e revisão nos rebalços (Inclusão de C53 a C74).
REV	DATA	ASSUNTO


NOME DO EMPREENDIMENTO/OBRA  
**CONDOMÍNIO VILA DA MATA**

ENDEREÇO DO EMPREENDIMENTO  
AVENIDA SAUDADE - BAIRRO MURIBARA - SÃO LOURENÇO DA MATA - PE

ASSUNTO	FOLHA
<b>ESTRUTURA</b>	<b>001</b>

TÍTULO	REVISÃO
<b>RADIER - BLOCOS 1, 2 E 5 - FORMA (x3)</b>	<b>R07</b>

DESENHO  
**ELENILTON**

ESCALA DO DESENHO  
1/50

ARQUIVO ELETRÔNICO  
VL-VMT-FUN-E-001-BLC-RD\_FORM-R07

EMISSÃO  
16/01/2019

ARQUIVO DE BASE  
VL-VMT-ARQ-E-003-BLC-PLANTAS-R03

EXISSÃO  
03/10/2018

CONTRATADA  
**GAMAL ASFURA**  
CREA 14973 - PE/PA



**GAMAL ASFURA**  
CREA 14973 - PE/PA

RESPONSÁVEL TÉCNICO II  
CREA

RESPONSÁVEL TÉCNICO III  
CREA

RESPONSÁVEL TÉCNICO IV  
CREA

OBRA: 57/2018

RIA ARNÓBIO MARQUES, 271 STD. AMARO RECIFE-PE - CEP:50.100-130.  
e-mail:engestpe@terra.com.br

Fonte: VL Construtora, 2020.

Figura 11: Projeto de radier reforçado com fibra do Residencial Vila Brasil

ESPECIFICAÇÕES	
1) FUNDAÇÃO	
TERRENO NATURAL/ATERRO	TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO $\geq 0,1$ MPa (1 kgf/cm <sup>2</sup> ) $K \geq 0,06$ N/mm (6000 tf/m <sup>2</sup> ) GRAU DE COMPACTAÇÃO $\geq 98\%$ P.N.
SUB-BASE	CONCRETO MAGRO
2) RADIER	
CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS	$f_{ck} \geq 30$ MPa $f_{cm,c} \geq 4,50$ MPa $f_{ctm} \geq 2,40$ MPa $f_{ctd} \geq 2,40$ MPa Ec: ENTRE 26 GPa E 30 GPa ABATIMENTO: CLASSE DE CONSISTÊNCIA S220 DIÂMETRO MÁXIMO DE AGREGADO: 19 mm TEOR ARGAMASSA SECA: ENTRE 55% E 60% RELAÇÃO $a/c \leq 0,60$
FIBRAS	TIPO: FIBRAS DE AÇO OU MACROFIBRAS POLIMÉRICAS CLASSIFICAÇÃO: CONFORME ABNT NBR 15530 (FIBRAS DE AÇO) e ABNT NBR 16942 (MACROFIBRAS POLIMÉRICAS) COMPRIMENTO (L): ENTRE 38 mm e 60 mm DIÂMETRO $\geq 0,30$ mm RESISTÊNCIA A TRAÇÃO: $\geq 1200$ MPa (FIBRAS DE AÇO) e $\geq 550$ MPa (MACROFIBRAS POLIMÉRICAS) MÓDULO DE ELASTICIDADE ( $E_s$ ): $\geq 200$ GPa (FIBRAS DE AÇO) e $\geq 5$ GPa (MACROFIBRAS POLIMÉRICAS) DOSAGEM MÍNIMA: 20 kg/m <sup>3</sup> (FIBRAS DE AÇO) e 6 kg/m <sup>3</sup> (MACROFIBRAS POLIMÉRICAS)
REFORÇO	TIPO: BARRAS MATERIAL: AÇO CA50 E CA60

UNIDADES ADOTADAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	
DIMENSÕES	CENTÍMETROS	FOLHA	PROJETISTA
ESPESURAS	CENTÍMETROS	VL-VBR-FUN-E-001-BL1-RD_FORM-R04.dwg	GAMAL ASFURA
DETALHES	CENTÍMETROS E MILÍMETROS	VL-VBR-ARQ-L-004-PLB-BL1_TER-R02.dwg	WILMAR E RICARDO
AÇÕES/SOLICITAÇÕES	10 KN (=0,1tf)	VL-VBR-GE0-E-001-BLC-FUN_BL1-R01.dwg	ENSOLO
TENSÃO	1 MPa (=10kgf/cm <sup>2</sup> )	VL-VBR-HB-E-002-BLC-PB1_TERRA-R02.dwg	JP LEMOS
MÓD. DEFORMAÇÃO	1 GPa (=10 kgf/cm <sup>2</sup> )	VL-VBR-FUN-P-001-BL1-CARGAS_CR01.dwg	GAMAL ASFURA

00	26/11/21	EMISSION INICIAL
REV	DATA	ASSUNTO


NOME DO EMPREENDIMENTO/OBRA  
**CONDOMÍNIO VILA BRASIL**

ENDEREÇO DO EMPREENDIMENTO  
RUA BARÃO DE CARUARU - MURIBARA - SÃO LOURENÇO DA MATA - PE

ASSUNTO	FOLHA
<b>ESTRUTURA</b>	<b>001</b>

TÍTULO	REVISÃO
<b>RADIER EM CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS BLOCOS 1 AO 7</b>	<b>R01</b>

DESENHO  
**YASMIN**

ESCALA DO DESENHO  
INDICADA

ARQUIVO ELETRÔNICO  
VL-VBR-FUN-L-001-BL1-RAD\_CRF-R01.dwg

EMISSÃO  
26/11/2021

ARQUIVO DE BASE  
VL-VBR-ARQ-L-004-PLB-BL1\_TER-R03

EMISSÃO  
26/11/2021

CONTRATADA  
**EVOLUÇÃO**  
engenharia

mac@evengenharia.com.br  
(19) 3327-6020

**MARCO A. CARNIO**  
CREA 060.149387-9

RESPONSÁVEL TÉCNICO II  
CREA

RESPONSÁVEL TÉCNICO III  
CREA

RESPONSÁVEL TÉCNICO IV  
CREA

Fonte: VL Construtora, 2022

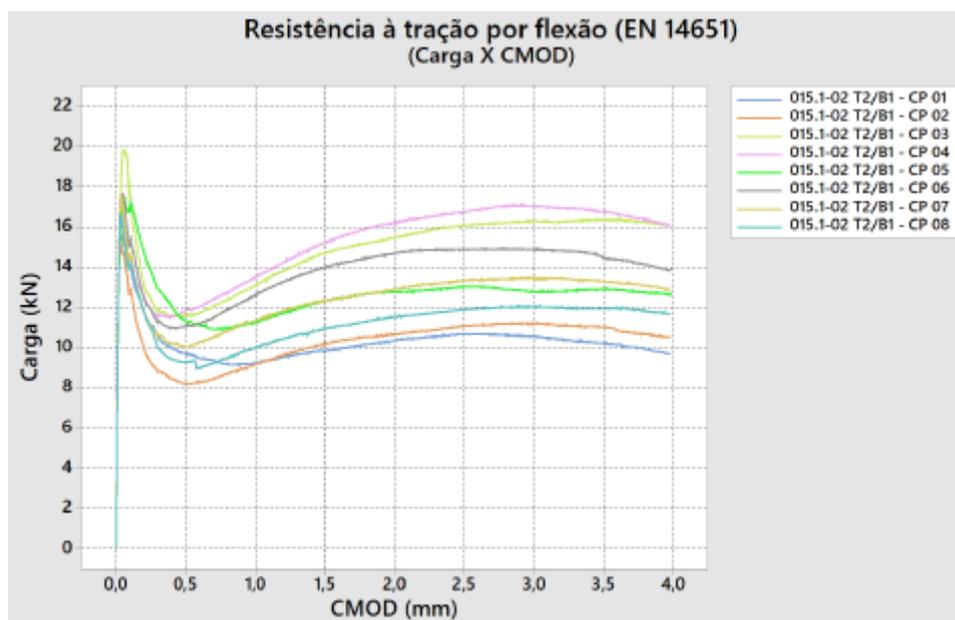
Além da viabilidade econômica da utilização das fibras, é possível apontar outros benefícios como o controle da microfissuração. Tanesi e Figueiredo (1999) afirmam que as fibras se comportam como barreiras na propagação das tensões, atuando como ponte de transferência. É possível comprovar essa afirmação através dos resultados obtidos no ensaio de resistência à tração (Figura 12 e 13) em que os valores de  $f_L$  (força máxima aplicada no corpo de prova até ele começar a fissurar) e  $f_R$  (intensidade da fissura quando submetido a uma força constante) expressam a atuação das fibras no controle dessas solicitações.

Figura 12: Resultados, média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV)

Resistência à tração por flexão (EN 14651)						Dimensões CP (mm): 150x150x550		
(limite de proporcionalidade e residual)						Vão de ensaio (mm): 500		
015.1-02 T2/B1 - Fibra: KRATOS Dosagem: 7,0 kg/m <sup>3</sup>								
Idade: 28 dias		Data de moldagem: 18/06/2020			Data de ensaio: 16/07/2020			
Exemplar no.	f <sub>L</sub> (MPa)	f <sub>R1</sub> (MPa)	f <sub>R2</sub> (MPa)	f <sub>R3</sub> (MPa)	f <sub>R4</sub> (MPa)	f <sub>R1</sub> / f <sub>L</sub>	f <sub>R3</sub> / f <sub>L</sub>	f <sub>R3</sub> / f <sub>R1</sub>
1	5,42	3,13	3,18	3,45	3,30	0,58	0,64	1,10
2	5,05	2,59	3,21	3,49	3,47	0,51	0,69	1,35
3	6,26	3,67	4,66	5,09	5,18	0,59	0,81	1,39
4	5,60	3,74	4,82	5,31	5,32	0,67	0,95	1,42
5	5,53	3,58	3,90	4,13	4,08	0,65	0,75	1,15
6	5,69	3,56	4,50	4,79	4,66	0,63	0,84	1,35
7	5,65	3,23	3,97	4,29	4,29	0,57	0,76	1,33
8	5,20	2,91	3,42	3,72	3,74	0,56	0,72	1,28
<b>Média</b>	5,55	3,30	3,96	4,28	4,26	0,59	0,77	1,30
<b>Desvio Padrão</b>	0,36	0,41	0,65	0,72	0,75	-	-	-
<b>CV (%)</b>	6,55	12,37	16,51	16,80	17,72	-	-	-

Fonte: Evolução Engenharia, 2020

Figura 13: Gráfico de resistência à tração por flexão



Fonte: Evolução Engenharia, 2020

## 4 CONCLUSÕES

Verificou-se através das análises de ensaio e revisões bibliográficas que a fibra de polipropileno adicionada ao concreto tem benefícios relevantes nas propriedades mecânicas tais como melhoramento da resistência, redução de microfissuração e especialmente seu baixo custo quando comparado ao concreto armado. Apesar disso, ainda é uma inovação que carece de disseminação de informações, em que sua norma foi definida no ano de 2021 (NBR 19642) junto com as normas que definem os métodos de ensaio para determinação de

Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Engenharia Civil. 16 de dezembro de 2024

resistência aos esforços e a fissuração (NBR 16939 e 26940).

A partir deste artigo espera-se a disseminação do uso da fibra de polipropileno, principalmente por ele trazer benefícios, além dos estudados neste, como uma boa solução sustentável, em virtude da redução do uso de aço; melhoria de produtividade, já que não há necessidade de muitos armadores por ter pouco armação, dessa forma, consegue-se concluir o serviço de concretagem da peça estrutural mais rápido; a redução da probabilidade de patologias como corrosão por não ter pouco aço presente. Com base nas evidências apresentadas, é possível sugerir que a aplicação de fibras de polipropileno no concreto não só é viável economicamente, mas também proporciona benefícios técnicos que podem levar a uma construção mais durável e eficiente.

Portanto, a adoção de fibras de polipropileno como alternativa ao aço nas estruturas de concreto parece ser uma escolha vantajosa, alinhando economia e performance.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Concreto endurecido - Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15530**: Fibras de aço para concreto – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889**: Concreto– Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16939**: Concreto reforçado com fibras - Determinação das resistências à fissuração e residuais à tração por duplo puncionamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16940**: Concreto reforçado com fibras - Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16942**: Fibras poliméricas para concreto — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BALAGURU, P. **Contribution of fibers to crack reduction of cement composites during the initial and final setting period**. *Jornal de Materiais.. Instituto Americano de Concreto*, Maio-Junho 1994. Disponível em: <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/>

id/4334. Acesso em: 25 Out. 2024.

BARBOSA, G. T. **Modelagem Termo- Hídrica Do Concreto Reforçado Com Fibras De Polipropileno**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA.

Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/mac/files/2009/05/Tcc-Gustavo.Pdf>>.

Acesso em: 22 Out. 2024.

BENTUR, A.; MINDESS, S. **Fibre Reinforced Cementitious Composites**. 2ed.

Londres: Elsevier, 1990.

BOTELHO, M. H. C. **Concreto armado, eu te amo, para arquitetos**. São Paulo-SP: Edgard Blucher, 2006.

BRAS, T. S.; MASSON, T. J. **Concreto com adição de fibra de polipropileno**.

2020. XVI Jornada de Iniciação Científica e X Mostra de Iniciação Tecnológica, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2020. Disponível em:

<http://eventoscopq.mackenzie.br/index.php/jornada/xvijornada/paper/download/1901/1236>. Acesso em 14 de jan. 2023.

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**.

Matéria (Rio de Janeiro), v. 23, n. 3, 18 out. 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0510>. Acesso em 22 de out. de 2024.

COSTA, A. J. S.; SANTOS, C. H. R; MARQUES, L. R. T; ROCHA, M. M.;

OLIVEIRA, R. M. F.; Li, W.. **Análise do efeito da adição de Fibras de**

**Polipropileno nas propriedades mecânicas do concreto**. [s.l.] PONTIFÍCIA

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Minas Gerais, 2021. Disponível

em: <http://bib.pucminas.br:8080/pergamumweb/vinculos/000099/0000996f.pdf>.

Acesso em 15 de julho de 2024.

COSTA, C. N.; FIGUEIREDO, A. D. De; SILVA, V. P. (EDS.). **O fenômeno do lascamento (“spalling”) nas estruturas de concreto armado submetidas a**

**incêndio – uma revisão crítica**. Instituto Brasileiro Do Concreto – 44º Congresso

Brasileiro. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/profile/Carla-Costa/publication/340681367\\_O\\_fenomeno\\_do\\_lascamento\\_spalling\\_nas\\_estruturas\\_de\\_concreto\\_armado\\_submetidas\\_a](https://www.researchgate.net/profile/Carla-Costa/publication/340681367_O_fenomeno_do_lascamento_spalling_nas_estruturas_de_concreto_armado_submetidas_a)

\_incendio\_-\_uma\_revisao\_critica/links/5e98bb8b299bf13079a1bf40/O-fenomeno-d-o-lascamento-spalling-nas-estruturas-de-concreto-armado-submetidas-a-incendio-uma-revisao-critica.pdf>. Acesso em: 22 out. 2024.

COUTO, José Antônio Santos; CARMINATTI, Rafael Lima; NUNES, Rogério Reginato Alves; MOURA, Ruan Carlos A. **O concreto como material de construção**. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - SERGIPE, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 49–58, 2013. Disponível em: <https://periodicos.grupotiradentes.com/cadernoexatas/article/view/552>. Acesso em: 27 nov. 2024.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 14889-2**: Fibres for concrete - Part 2: Polymer fibres - Definitions, specifications and conformity. Bélgica, 2006.

FIGUEIRÊDO, A., SANTOS, A., LIMA, M., FAUSTINO, R., MOTA, J. **Patologias em estruturas de concreto armado de conjunto habitacional da RMR** (Outubro de 2017). COENG - Congresso das Engenharias. Disponível em: [https://8fe57168-6433-45e7-a2de-5e475e895290.filesusr.com/ugd/6f9ab2\\_d8089613ef2845c2a06c66e46bcf70dd.pdf](https://8fe57168-6433-45e7-a2de-5e475e895290.filesusr.com/ugd/6f9ab2_d8089613ef2845c2a06c66e46bcf70dd.pdf). Acesso em: 2 de julho de 2024.

FERREIRA, L. **Fundamentos de Estrutura**. Belo Horizonte - MG: Poisson, 2023. v. 1. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Ludimilla-Ferreira/publication/369420310\\_Analise\\_da\\_utilizacao\\_de\\_residuos\\_de\\_construcao\\_civil\\_em\\_blocos\\_de\\_concreto\\_permeeavel/links/648c9c1f8de7ed28ba308000/Analise-da-utilizacao-de-residuos-de-construcao-civil-em-blocos-de-concreto-permeavel.pdf#page=7](https://www.researchgate.net/profile/Ludimilla-Ferreira/publication/369420310_Analise_da_utilizacao_de_residuos_de_construcao_civil_em_blocos_de_concreto_permeeavel/links/648c9c1f8de7ed28ba308000/Analise-da-utilizacao-de-residuos-de-construcao-civil-em-blocos-de-concreto-permeavel.pdf#page=7). Acesso em: 30 de julho de 2024.

FILHO, H. R. P. **A conformidade das fibras poliméricas para uso em concreto e argamassa**. 2021. Editorial - Revista AdNormas. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2021/05/04/a-conformidade-das-fibras-polimericas-para-uso-em-concreto-e-argamassa>. Acesso em: 23 nov. 2022.

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 Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Engenharia Civil. 16 de dezembro de 2024

concentração em estruturas – Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-30032017-104705/publico/ME2017\\_JulioLucena.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-30032017-104705/publico/ME2017_JulioLucena.pdf). Acesso em: 20 nov. 2022.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. M. (1994). **Concreto: estruturas, propriedades e materiais**. São Paulo; Pini, p. 9, 1994.

OLIVEIRA, Bruno Lopes de. **Corrosão do aço no concreto armado induzida por carbonatação: principais técnicas de recuperação**. 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/23468/Oliveira\\_Bruno\\_Lopes\\_de\\_2019\\_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/23468/Oliveira_Bruno_Lopes_de_2019_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 27 de nov. de 2024.

PLIYA, P., 2010. **Contribution des fibres de polypropylène et métalliques à l'amélioration du comportement du béton soumis à une température élevée**. Ph.D. thesis, L2MGC, Cergy. Disponível em: <https://theses.fr/2010CERG0479>. Acesso em 25 de Out. 2024.

RODRIGUES, E. M. P. P.; MONTARDO, E. M. J. **A Influência da Adição de Fibras de Polipropileno nas Propriedades dos Concretos para Pisos e Pavimentos**. Disponível em: <http://www.csl.com.br/home/painel/arquivos/Image/A%20INFLUENCIA%20DA%20ADICAO%20DE%20FIBRAS%20DE%20POLIPROPILENO%20NAS%20PROPRIEDADES%20DOS.pdf>. Acesso em: 25 out. 2024.

SIQUEIRA, M., TOMAZ, J., AZEVEDO, A., SILVA, A., SANTOS, A., MOTA, J. **Influência do Metacaulim e da Sílica nas Propriedades do Concreto** (Outubro de 2019). IBRACON. Disponível em: [https://8fe57168-6433-45e7-a2de-5e475e895290.filesusr.com/ugd/6f9ab2\\_46f93e7e8efa468e9820bd6c500fc674.pdf](https://8fe57168-6433-45e7-a2de-5e475e895290.filesusr.com/ugd/6f9ab2_46f93e7e8efa468e9820bd6c500fc674.pdf). Acesso em: 2 de julho de 2024.

TANESI, J.; FIGUEIREDO, A.D. **Materiais com fibras de polipropileno para construção civil**. Anais. Congresso Internacional de não tecidos e tecidos técnicos, 1999.