

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

DANIEL COSMO OLIVEIRA
LEILA UMBELINO DE ALENCAR

**ANÁLISE DO CONCRETO COM ADIÇÃO DA FIBRA DE POLIOLEFINA E
UTILIZAÇÃO DE AGREGADO RECICLADO**

Cajazeiras-PB
2022

DANIEL COSMO OLIVEIRA
LEILA UMBELINO DE ALENCAR

**ANÁLISE DO CONCRETO COM ADIÇÃO DA FIBRA DE POLIOLEFINA E
UTILIZAÇÃO DE AGREGADO RECICLADO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Gastão Coelho de Aquino Filho.

IFPB - Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) – Thiago Cabral CRB15 - 628

O48a

OLIVEIRA, Daniel Cosmo

Sistema Análise do concreto com adição da fibra de POLIOLEFINA e utilização de agregado reciclado. Daniel Cosmo Oliveira.; Leila Umbelino de Alencar. - Cajazeiras, 2022. 491f..

TCC (PDF)

Orientador: Gastão Coelho de Aquino Filho
Monografia (Curso de Engenharia Civil)

1. Concreto 2. Fibra. 3. Reciclável . I. Filipe Fragoso de Abreu. II
Leila Umbelino de Alencar. III Título.

CDU: 691.32

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Bibliotecas DBIBLIO/IFPB/Reitoria


DANIEL COSMO OLIVEIRA
LEILA UMBELINO DE ALENCAR

**ANÁLISE DO CONCRETO COM ADIÇÃO DA FIBRA DE POLIOLEFINA E
UTILIZAÇÃO DE AGREGADO RECICLADO**


Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 25 de março de 2022.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 GASTAO COELHO DE AQUINO FILHO
Data: 09/04/2022 19:06:33-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Gastão Coelho de Aquino Filho. – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador

Documento assinado digitalmente
 CICERO JOELSON VIEIRA SILVA
Data: 09/04/2022 14:05:21-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Cicero Joelson Vieira Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Documento assinado digitalmente
 DANIEL TORRES FILHO
Data: 10/04/2022 18:16:30-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Daniel Torres Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 2

“No fim, tudo dá certo; se não deu certo, é porque ainda não chegou ao fim.”

Fernando Sabino

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por sempre me guiar, pelos caminhos corretos, me dando sempre forças para perseverar, mesmo quando tudo parecer difícil.

Ao meu pai, Francisco José de Oliveira, por ser minha maior fonte de inspiração, amor e dedicação, por permitir a realização do meu sonho e lutar tanto para que eu pudesse chegar até aqui. À minha Tia Regina, por todo apoio e incentivo ao longo dessa grande jornada, obrigado por ter sido minha “segunda mãe”.

Aos meus primos Matheus e Mayara, que sempre foram meus irmãos e sempre me apoiaram ao longo do caminho.

À Mariana, pelo companheirismo, amor, conselhos, paciência e por sonhar junto comigo.

Aos meus queridos amigos, que fizeram com que essa jornada se tornasse menos difícil, foram minha fortaleza nos dias de maior saudade de casa e me ajudaram a ser uma pessoa melhor: David dos Santos, Jonas Guedes, Lucas Tavares, Thauan Ribeiro, Francisco Edmilson, Flávio Pontes, José Neto e Erisvaldo Júnior.

Às minhas melhores amigas, Yasmim e Amanda, por sempre acreditarem em mim, e pelos puxões de orelhas que me fazem lembrar o quanto sou capaz e que sempre posso prosseguir.

Aos meus professores pelos ensinamentos compartilhados e por terem sido a parte mais importante da minha vida acadêmica.

Ao meu amigo e orientador, Gastão Coelho, por toda disponibilidade em me ajudar, pelo comprometimento, apoio e por ser exemplo de profissional e ser humano que eu quero seguir. Só tenho a agradecer por todo o carinho e amizade.

A Daniel Torres Filho e Cicero Joelson Vieira Silva, pela ajuda e contribuições no trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba– *Campus* Cajazeiras, por ter sido minha segunda casa e por ter disponibilizado todo o suporte para que a pesquisa se desenvolvesse.

Por Daniel Cosmo Oliveira.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter sido meu refúgio durante toda minha vida, onde eu sempre encontro forças para prosseguir e lutar mesmo quando tudo parece escuro.

Aos meus pais, Elivoneide e Raimundo, por serem minha maior fonte de inspiração e amor, por permitirem a realização do meu sonho e lutarem tanto pra que hoje eu consiga ser o que eu desejar. Aos meus irmãos, Mylena e Mário Herbert, por acreditarem em mim mais do que eu mesma, por todo incentivo, força e amor. A vocês quatro eu devo tudo.

À Rizalva Gonçalves (*in memoriam*) por ter sido minha maior incentivadora durante seus 10 anos presente em minha vida, relembro suas palavras de apoio todos os dias.

À minha avó, Didi, por ser o meu pilar de apoio e o maior amor que eu tenho na vida.

A Nadson, pelo companheirismo, amor, conselhos, e por sonhar os meus sonhos junto comigo.

Aos meus amigos dos grupos República e Universitários, que fizeram com que essa jornada se tornasse menos difícil, foram minha fortaleza nos dias de maior saudade de casa e me ajudaram a ser uma pessoa melhor: Ana Caroline, Carollyne Hellen, Danyelle, Deise, Jéssica, Maria Luiza, Alan, Catarine, Edmilson, Gabriel, Mateus e Tiago.

Às minhas melhores amigas, Claudia e Fernanda, por segurarem a minha mão todas as vezes que pensei em desistir e pelos puxões de orelhas que me fazem lembrar o quanto sou capaz.

Às minhas companheiras do “Ap 302”, Joseane e Lindinêz, por darem o apoio necessário nos dias ruins e rirem comigo nos dias bons, e principalmente, por aguentarem meu estresse e cansaço durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus professores pelos ensinamentos compartilhados e por terem sido a parte mais importante da minha vida acadêmica.

Ao meu orientador, Gastão Coelho, por toda disponibilidade em me ajudar, pelo comprometimento, apoio e por ser exemplo de profissional e ser humano que eu quero seguir.

A Daniel Torres Filho e Cicero Joelson Vieira Silva, pela ajuda e contribuições no trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – *Campus* Cajazeiras, por ter sido minha segunda casa e por ter disponibilizado todo o suporte para que a pesquisa se desenvolvesse.

Por Leila Umbelino de Alencar

RESUMO

Temos que o concreto é um dos materiais com fins estruturais mais utilizados na construção civil, contudo, devido às suas limitações, como baixa resistência a tração, baixa capacidade de deformação e alto índice de fissuração, existem diversos estudos que visam minimizar esses efeitos. A partir dessa finalidade, pode-se destacar um método bastante empregado, o de Concreto Reforçado com Fibras de Poliolefina (CRFP) que possuem resultados consideráveis e satisfatórios em diversos estudos. Outra técnica inovadora é a utilização de resíduos de construção civil moídos ao concreto, sendo essa ação, uma busca pela sustentabilidade e uma forma de melhorar as características do concreto. Diante dessas técnicas, este trabalho apresenta uma análise comparativa entre propriedades do Concreto Simples e do Concreto Reforçado com Fibras de Poliolefina (CRFP) com substituição do agregado natural pelo agregado reciclável, por meio da adição de diferentes porcentagens de fibras e da substituição parcial e total do agregado natural pelo reciclável. Essas comparações foram feitas por meio de ensaios laboratoriais avaliando a consistência, a resistência à compressão axial, a resistência à tração por compressão diametral, a absorção de água, índice de vazios e massa específica. As amostras com aumento do teor das fibras de poliolefina indicam redução expressiva na consistência do concreto e quando associado com a substituição do agregado está diretamente ligado ao aumento da resistência à tração e redução da resistência à compressão. A massa específica do concreto diminuiu com o acréscimo de fibras e do agregado reciclável, mas a variação máxima não chegou aos 2,6%. A taxa de absorção de água e o índice de vazios apresentaram um comportamento crescente, e linear, com o aumento da concentração das fibras e do agregado reciclável. Sendo possível concluir que o concreto obteve redução das suas resistências com o incremento das fibras de poliolefina associadas a utilização de agregado reciclável. Contudo, pela união dessas técnicas ser recente, ainda existem algumas variáveis que podem ser alteradas para estudos futuros, como o tipo de agregado graúdo, do agregado natural, o tipo de cimento utilizado e assim por diante, mostrando assim a viabilidade da inovação desta técnica.

Palavras-chave: concreto reforçado com fibras; fibras de poliolefina; agregado reciclável.

ABSTRACT

We have that concrete is one of the materials with structural purposes most used in civil construction, however, due to its limitations, such as low tensile strength, low deformation capacity and high cracking rate, there are several studies that aim to minimize these effects. Based on this purpose, it is possible to highlight a widely used method, that of Polyolefin Fiber Reinforced Concrete (CRFP), which has shown considerable and satisfactory results in several studies. Another innovative technique is the use of civil construction waste ground to concrete, this action being a search for sustainability and a way to improve the characteristics of concrete. In view of these techniques, this work presents a comparative analysis between the properties of Plain Concrete and Polyolefin Fiber Reinforced Concrete (CRFP) with replacement of natural aggregate by recyclable aggregate, through the addition of different percentages of fibers and partial and total replacement of the natural aggregate by the recyclable. These comparisons were made through laboratory tests evaluating consistency, axial compressive strength, tensile strength by diametrical compression, water absorption, void ratio and specific mass. The samples with an increase in the content of polyolefin fibers indicate a significant reduction in the consistency of the concrete and, when associated with the replacement of the aggregate, it is directly linked to the increase in tensile strength and reduction in compressive strength. The specific mass of concrete decreased with the addition of fibers and recyclable aggregate, but the maximum variation did not reach 2.6%. The water absorption rate and the void index showed an increasing and linear behavior with the increase in the concentration of fibers and recyclable aggregate. It is possible to conclude that the concrete obtained a reduction of its resistance with the increase of the polyolefin fibers associated with the use of recyclable aggregate. However, due to the recent combination of these techniques, there are still some variables that can be changed for future studies, such as the type of coarse aggregate, natural aggregate, the type of cement used and so on, thus showing the viability of the innovation of this technique.

Keywords: fiber reinforced concrete; polyolefin fibers; recyclable aggregate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fibras de aço (a), carbono (b), polipropileno (c) e vidro (d).....	15
Figura 2 – Exemplos de macrofibras poliméricas disponíveis no mercado brasileiro... ..	16
Figura 3 – Esquema de distribuição de tensões para um concreto simples e concreto reforçado com fibras... ..	22
Figura 4 – Resíduos coletados	26
Figura 5 – Agregado miúdo ao lado do molde tronco-cônico após o desmoldamento	27
Figura 6 – Amostra em banho à temperatura constante.....	28
Figura 7 – Balança hidrostática adaptada	28
Figura 8 – Realização do ensaio de slump test	31
Figura 9 – Corpos de prova moldados.....	31
Figura 10 – Corpos de prova em processo de cura.....	32
Figura 11 – Ensaio de resistência à compressão.....	32
Figura 12 – Ensaio de resistência à tração.....	33
Figura 13 – Corpos de prova em fervura para determinação da absorção	33
Figura 14 – Ensaio de resistência à tração com fibras.....	41
Figura 15 – Corpos de prova após serem tracionados	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Combinação de níveis entre os fatores para cada dosagem.....	24
Tabela 2 – Traços em massa referido a 1 kg de cimento modificado com adições.....	30
Tabela 3 – Densidades e Absorção dos agregados	34
Tabela 4 – Propriedades do agregado graúdo.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva granulométrica dos agregados miúdos	35
Gráfico 2 - Curva granulométrica do agregado graúdo	36
Gráfico 3 – Abatimento do concreto	37
Gráfico 4 – Teor de fibras de poliolefina e absorção, índice de vazios e massa específica real	38
Gráfico 5 – Variação percentual da absorção de água (A), índice de vazios (IV) e massa específica real (ρ) em relação ao concreto sem fibras	38
Gráfico 6 – Resultado da resistência à tração aos 7 dias de cura	39
Gráfico 7 – Resultado da resistência à tração aos 28 dias de cura	40
Gráfico 8 – Variação percentual da resistência à tração em relação ao concreto de referência	40
Gráfico 9 – Resultado da resistência à compressão aos 7 dias de cura	42
Gráfico 10 – Resultado da resistência à compressão aos 28 dias de cura	42
Gráfico 11 – Variação percentual da resistência média à compressão em relação ao concreto de referência	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Normas utilizadas na caracterização dos agregados.....	27
Quadro 2 – Normas utilizadas na produção do concreto.....	30
Quadro 3 – Propriedades físicas das fibras de poliolefinas.....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	CONCRETO COM AGREGADO RECICLADO.....	20
3.2	CONCRETO COM FIBRA DE POLIOLEFINA.....	21
3.3	CONCRETO COM AGREGADO RECICLADO E FIBRA DE POLIOLEFINA	23
4	METODOLOGIA	25
5	RESULTADOS E ANÁLISES	34
5.1	CARATERÍSTICAS DAS FIBRAS DE POLIOLEFINAS ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
5.2	CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS. ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
5.3	CONCRETO	34
5.3.1	<i>Slump Test</i>	36
5.3.2	<i>Absorção, Índice de Vazios e Massa Específica Real</i>	37
5.3.3	<i>Resistência à Tração Simples</i>	39
5.3.4	<i>Resistência à Compressão</i>	42
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna está cada vez mais preocupada com a proteção do meio ambiente. Para tal faz-se necessário satisfazer as necessidades presentes sem prejudicar as gerações futuras. A preocupação com o volume de resíduos sólidos gerados pela construção civil tem levado diversos países a estudar a possibilidade do seu reaproveitamento (MARTINS *et al.*, 2021).

O setor da indústria civil é responsável por gerar uma grande quantidade de entulho, os chamados Resíduos de Construção e Demolição (RCD's), definidos na Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), genericamente chamados apenas de Resíduos da Construção Civil, como sendo aqueles “provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos”.

Segundo Ortega (2014) a maior parte das matérias-primas empregadas na construção civil é oriunda de fontes não renováveis, o que torna o setor um grande consumidor de recursos naturais como também um dos principais geradores de resíduos. De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020 da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), no ano de 2019 foram geradas no país cerca de 79.069.585 toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo coletadas desse montante 72.748.515 toneladas, das quais, 44.534.380 toneladas, são de RCD's.

Com base nos dados apresentados é possível perceber o grande volume de entulho e que o descarte inadequado causa diversos problemas como a poluição do meio ambiente por meio de contaminação do solo e de águas subterrâneas pela penetração no solo de metais de alta toxicidade, sobrecarga dos aterros sanitários devido ao grande volume coletado, obstrução do sistema de drenagem, proliferação de insetos e roedores, afetando também a saúde pública (BLUMENSCHHEIN, 2007, *apud* ARAÚJO *et al.*, 2016). Além do descarte, corroborando com Ortega (2014), a exploração da matéria prima para fabricação do produto inicial também gera consequências ambientais.

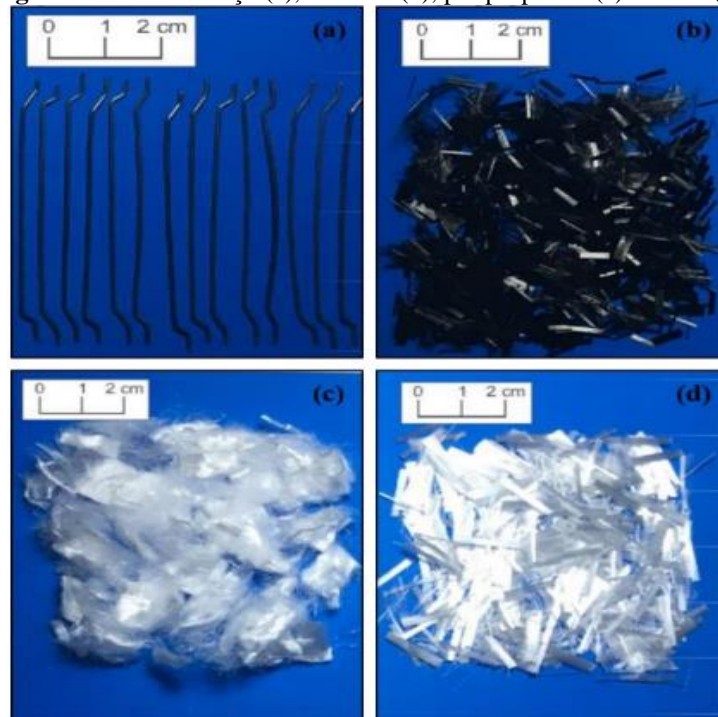
Segundo o Art. 3º da Resolução nº 307 (CONAMA, 2002), os resíduos da construção civil deverão ser separados em classes A, B, C e D. Nesse contexto é permitido reduzir esses danos por meio da reutilização ou reciclagem dos resíduos de Classe A, onde se enquadram os componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto, dentre outros, que podem ser utilizados como agregados.

É justamente na forma de agregados reciclados que esses resíduos mais estão sendo estudados nos últimos anos, por meio de uma substituição parcial ou total do agregado natural no concreto, numa tentativa de torná-lo mais sustentável e melhorar suas características. Devido ao fato de ser um dos produtos mais utilizados na construção civil, sempre estão sendo utilizados métodos e materiais que aprimoram seu desempenho pois o “Concreto simples, não armado, é um material frágil, quebradiço, com uma baixa resistência à tração e uma baixa capacidade de alongamento na tração” (CARVALHO; MOTA, 2019).

Essa mudança gerou bons resultados em diversas pesquisas como a de Domenico *et al.* (2018), que afirmaram que, é possível o uso do resíduo como agregado miúdo para a confecção de novos concretos com resistência satisfatória inclusive para aplicação estrutural e a de Araújo *et al.* (2016), onde os autores chegaram à conclusão que é possível a substituição do agregado natural, inclusive a total, sem prejuízo nas resistências do concreto.

Outro exemplo de melhoria que é largamente utilizado é o uso de barras de aço como reforço, onde estudos recentemente desenvolvidos analisam a adição de fibras de aço, como forma de contribuição para o aumento da resistência à tração e diminuição do surgimento de fissuras. A norma brasileira NBR 15530 (ABNT, 2019) trata da utilização apenas de fibras de aço para concreto, o que deixa uma lacuna na utilização de outros materiais que possam ser utilizados tais como: plástico, vidro ou carbono, como os exemplos mostrados na Figura 1.

Figura 1 – Fibras de aço (a), carbono (b), polipropileno (c) e vidro (d).



Fonte: Azevedo, 2018.

Segundo Damaceno (2019) isso não impede o advento de outros materiais fibrosos e,

um bom exemplo são as fibras sintéticas ou poliméricas, em especial, as macrofibras poliméricas, mostradas na Figura 2 que, apesar de possuírem propriedades mecânicas como módulo de elasticidade e resistência à tração inferiores às fibras de aço, são igualmente populares no mercado, com a vantagem de preço, de maior resistência ao álcali e de não sofrer oxidação. As macrofibras possuem diâmetros maiores que 0,30 mm e comprimentos que variam de 30 a 60 mm, podendo ser encontradas a partir de diversos materiais como: polipropileno, polietileno e poliéster (PET), que são exemplos de poliolefinas.

Figura 2 – Exemplos de macrofibras poliméricas disponíveis no mercado brasileiro.



Fonte: Figueiredo, 2011.

Ainda segundo Damaceno (2019), as poliolefinas abrangem os polímeros cujo monômero é uma olefina (ou alqueno) e como exemplos mais conhecidos, cita-se o polietileno resultantes da polimerização do etileno e, o polipropileno, resultante da polimerização do propileno (ou propeno).

Os dois temas apresentados aparecem como potenciais meios de aperfeiçoamento das propriedades do concreto convencional e é partindo desse pressuposto que surge a necessidade de conhecer o comportamento deste, quando se une dois materiais: fibra de poliolefina aliada com a substituição parcial ou total do agregado miúdo natural pelo reciclado, na tentativa de avaliar os resultados, da mesma forma como acontece quando são usados separadamente.

Estudos brasileiros recentes comprovam a viabilidade da utilização separada desses componentes para diversas aplicações com fins estruturais, mas ainda existe uma falta de estudos aprofundados com esses elementos combinados.

Assim, o que impulsionou a realização desta pesquisa foi a escassez de referenciais brasileiros sobre esse tema conjunto, pois é necessário ter informações obtidas a partir de

requisitos presentes em normas nacionais para maior segurança em aplicações práticas. Portanto, o principal objetivo deste trabalho é analisar as influências que a adição de fibra de poliolefina aliada com a substituição parcial e total do agregado natural pelo reciclado causam nas características físicas e mecânicas do concreto. Isso obtido por meio de ensaios laboratoriais de acordo com as normas da ABNT, classificando os Resíduos de Construção e Demolição (RCD's) coletados, caracterizando os agregados reciclados, escolhendo um tipo de fibra polimérica, nesse caso a poliolefina, e analisando os resultados obtidos a partir dos ensaios com os corpos de prova de concreto fabricados.

Diante do exposto, conclui-se que o estudo sobre novos materiais, ou modificações nos conhecidos, se faz necessário tanto por causa de uma vertente mais ecológica, já que são conhecidos os efeitos que a construção civil causa no meio ambiente, quanto por aprimoramentos nas propriedades que são solicitadas.

2 OBJETIVOS

Nesse capítulo delinea-se os objetivos do Trabalho de Conclusão do Curso (TCC).

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as propriedades do concreto modificadas pela adição da fibra de poliolefina aliada com a substituição parcial e total do agregado natural pelo agregado reciclado

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- selecionar e analisar RCD's em obras locais para serem utilizados nos ensaios laboratoriais, após transformação em agregados;
- caracterizar, segundo as normas, os agregados utilizados;
- analisar e comparar o comportamento do concreto através dos ensaios mecânicos de resistência à compressão axial, tração por compressão diametral e taxa de absorção d'água, quando produzido sem substituição alguma de agregados, e após substituição do agregado natural pelo reciclado de forma parcial e total, incorporada a adição de fibras de poliolefinas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo, apresenta definições das características do concreto avaliadas neste trabalho, bem como, versa sobre o estado da arte em que se encontra a pesquisa sobre variações de concreto produzido com outros tipos de componentes não listados na norma NBR 12655 (ABNT, 2015), mas que merecem atenção especial devido a inúmeros estudos relacionados ao tema e já com abordagens em outras normativas.

3.1 CONCRETO

Segundo a norma NBR 12655 (ABNT, 2015), concreto de cimento Portland é:

material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais pozzolânicos), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento.

Esse conceito refere-se ao concreto simples que serve de base para o concreto estrutural, comumente utilizado na forma de concreto armado com utilização de armaduras de aço.

No estudo do concreto simples, muitas características são avaliadas tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Para ficar claro, sobre o que se deseja estudar nesse trabalho, define-se aqui algumas propriedades essenciais de avaliação quando se tem variações na composição do concreto, seja por acréscimo de adições, seja pelo uso de agregados não convencionais.

- a) Massa Específica: qualquer determinação para essa propriedade considera massa do material por unidade de volume que esse material ocupa. A norma NBR 9778 (ABNT, 2009) considera três tipos de determinações:
 - massa específica da amostra seca: massa do material seco pelo volume total;
 - massa específica da amostra saturada: massa saturada pelo volume total;
 - massa específica real: massa seca pelo seu volume, excluindo os poros.
- b) Índice de Vazios: a norma NBR 9778 (ABNT, 2009) define essa propriedade como a relação entre o volume de poros permeáveis e o volume total da amostra.
- c) Absorção de água: essa propriedade consiste na condução da água através dos poros permeáveis de um determinado corpo. A norma NBR 9778 (ABNT, 2005) determina a absorção no concreto como sendo o incremento de massa após a penetração da água causada em seus poros, em relação à massa seca.
- d) Consistência: identificada como a maior ou menor aptidão de deformar-se sob a ação de cargas e influenciada diretamente pelo fator água/materiais secos.

- e) Resistência Mecânica: compreende a capacidade do concreto em resistir aos esforços a ele submetidos podendo ser: compressão, tração, flexão, torção e cisalhamento. A resistência é determinada como sendo o valor que uma determinada força rompe o corpo quando aplicada em uma certa área. Dessa forma, os métodos mais utilizados para determinar a Resistência à Compressão é aplicando uma força axial em corpo de prova cilíndrico e para a Resistência à Tração, aplica-se uma força de compressão diametral no corpo de prova cilíndrico.

3.2 CONCRETO COM AGREGADO RECICLADO

Os agregados utilizados no concreto, sendo os convencionais a areia e a brita, desempenham funções importantes no traço de concreto, ocupando cerca de 75% do seu volume (NEVILLE, 2015, *apud* COSTA *et al.*, 2018). Os efeitos da sua presença são vistos em todas as fases da mistura, onde, segundo Costa *et al.* (2018), pode influenciar na trabalhabilidade e no teor de argamassa do concreto quando no estado fresco e, quando o concreto já está endurecido, exerce influência sobre a estabilidade dimensional, durabilidade e no módulo de elasticidade.

Devido a essa ampla participação dos agregados na estrutura do concreto e por existir uma grande quantidade de Resíduos de Construção e Demolição (RCD's) gerados nas obras, a reciclagem desses entulhos surge como uma solução para a redução tanto da exploração de recursos naturais para obtenção dos agregados, quanto para o descarte por vezes em locais inapropriados, já que o seu uso é permitido pela Resolução N° 307 (CONAMA, 2002).

Mesquita *et al.* (2015), afirma que “a forma mais difundida de tratamento dos RCD's consiste na segregação da fração mineral, que é triturada até a granulometria desejada”, sendo usado como agregado em substituição parcial e total do convencional na produção de concretos e argamassas especiais. “Os concretos especiais podem ser definidos como materiais de características específicas devido ao aprimoramento da tecnologia, que melhorou as deficiências do concreto tradicional ou incorporou propriedades não inerentes a este material” (FIGUEIREDO *et al.*, 2004 *apud* NASCIMENTO, 2015).

Araújo *et al.* (2016), chegaram à conclusão em seu estudo que é possível a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, de até 100%, no concreto sem que houvesse perda das suas resistências à compressão e à tração e com relação ao modo de elasticidade houve apenas uma redução de 12%, indicando uma possibilidade de utilização para fins estruturais, mas as normas brasileiras ainda não permitem tal uso. Segundo Martins *et al.* (2021), acredita-

se que a incorporação de adições minerais como sílica ativa e metacaulim promove mudanças no comportamento do concreto com agregado graúdo reciclado de concreto, deixando em algumas situações com características similares às de um concreto confeccionado com agregado natural.

De acordo com Borba, Cassol e Bueno (2016), o concreto de traço de 100% de agregado graúdo reciclável teve maior resistência a compressão do que o concreto convencional com 100% de agregado graúdo natural. Esse resultado também foi comprovado por Jacques (2013) que segundo ele, uma explicação possível para que esse acontecimento se deve ao efeito da hidratação avançada dos compostos cimentícios presentes no agregado graúdo reciclado de concreto.

Já Domenico *et al.* (2018), fizeram seu estudo onde ocorreu a substituição parcial em até 25% do agregado natural pelo reciclado na fabricação de novos concretos e teve resultados a nível de resistência satisfatórios com substituição de agregado miúdo retido na peneira nº 50 (300 µm) e a absorção de água foi maior para todos os corpos de prova que possuíam agregado reciclado, chegando à conclusão que esse uso era viável inclusive para fins estruturais, desde que seja padronizada a sua granulometria bem como seu percentual de teor na mistura, assim como asseguraram os autores anteriormente citados.

É possível a utilização dos agregados reciclados não só para concreto moldado *in loco*, como também na fabricação de blocos pré-moldados, como mostra Mesquita *et al.* (2015), que os blocos que foram produzidos somente com RCD e sem adição de areia obtiveram valores de resistência característica à compressão superiores ao estabelecido por norma e assim se torna uma opção viável para substituir a brita convencional na produção de blocos vazados de vedação.

3.3 CONCRETO COM FIBRA DE POLIOLEFINA

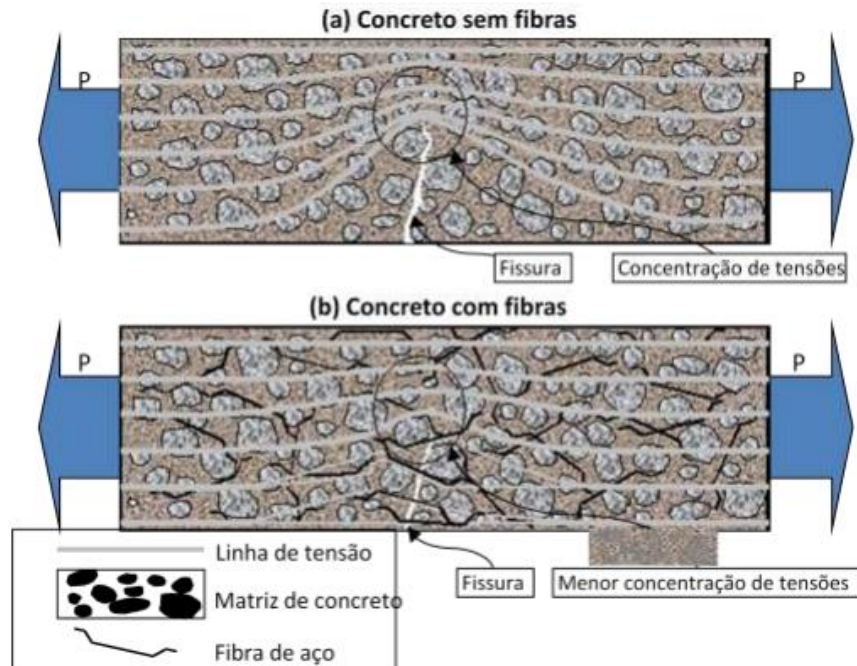
Segundo Nascimento (2015), devido ao comportamento frágil do concreto simples, existem várias limitações e problemas relacionados, como o aparecimento de fissuras e baixa resistência a tração, porém, existem meios de reforçar esse material. De acordo com Donato (2018) a fissuração é um dos maiores problemas nas estruturas de concreto armado com barras de aço, pois favorece a entrada de componentes químicos, como oxigênio, sulfatos e cloretos que despassivam as armaduras de aço, acarretando oxidação das mesmas.

Neste viés de reforçar o concreto, aparecem as fibras que, Bianchi (2019) estudando a utilização de compósitos fibrosos para o reforço do concreto, as define como “fibras utilizadas

no reforço de estruturas de concreto são definidas como elementos descontínuos, onde as dimensões da seção transversal do elemento são bem menores do que seu comprimento.”

Ainda segundo Donato (2018) a incorporação de fibras dispersas ao concreto promove uma melhora significativa em diversas propriedades mecânicas da matriz cimentícia, podendo-se destacar o aumento da ductilidade após a fissuração das estruturas. Esse fato pode ser bem visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Esquema de distribuição de tensões para um concreto simples e concreto reforçado com fibras.



Fonte: Figueiredo, 2011.

Contudo, a dosagem desse composto deve ser feita com cuidado, onde segundo Santos *et al.* (2020), pode ser preciso uma adaptação na quantidade, pois deve existir uma dispersão adequada das fibras para que haja pontes de tensão ao longo de todas as peças que serão moldadas a partir daquele concreto. Além disso, os autores também afirmam que essa adição pode influenciar na trabalhabilidade e deve ser garantido o correto lançamento, adensamento e acabamento com o mínimo de esforço, com separação mínima do material, pois esse tipo de mistura apresentam uma tendência a gerar aglomerações de fibras, que causam enfraquecimento do produto final, fator esse também observado por Damaceno (2019).

Nos últimos anos foram realizados diversos trabalhos acerca de estudos sobre a adição de fibras de poliolefina ao concreto, como Damaceno (2019), Donato (2018) e Rocha (2017), que utilizaram entre 0,5% a 2% de fibras de poliolefina para análises de resistência a compressão e fissuras. Chegaram à conclusão que a fibra, em maior quantidade auxiliou a combater rupturas bruscas que ocorriam para o concreto sem adição.

Balestra, Ozelame e Savaris (2020), dosaram o concreto de ultra alto desempenho com 0,5% e 1% de fibra de aço e polietileno para analisar a resistência a compressão e fissuras. Chegaram à conclusão que a fibra, independente do material, aumentou a ductilidade do material e a maior quantidade, auxiliou a combater rupturas bruscas que ocorriam para o concreto sem adição.

3.4 CONCRETO COM AGREGADO RECICLADO E FIBRA DE POLIOLEFINA

De acordo com Martins *et al.* (2021) é um consenso que o agregado reciclado de concreto é um material frágil, se comparado com o agregado natural. Porém, quando beneficiado adequadamente, misturado de maneira otimizada e incorporado em conjunto com materiais que aumentam a eficiência do compósito podem ser utilizados em concretos para fins estruturais.

O uso de agregado reciclado no concreto tem suas limitações, sendo restrito para casos não estruturais devido às normas brasileiras ainda não permitirem esse destino. “A maior parte da utilização de resíduos de concreto é limitada a aplicações não estruturais, como agregados em sub-bases de rodovias, devido à sua menor resistência, módulo de Young reduzido e maior deformação quando incorporadas ao novo concreto” (ETXEBERRIA *et al.*, 2007; CASUCCIO *et al.*, 2008, *apud* GAO; ZHANG; NOKKEN, 2017 tradução nossa).

Foram encontradas pesquisas que estudaram a junção de concreto com agregado reciclado com fibra de aço, como Chaboki *et al.* (2018), que realizou um estudo onde adicionou 1% e 2% de fibras de aço e substituiu o agregado natural pelo reciclado em 50% e 100% para produzir vigas. Os resultados mostraram que houve um aumento na resistência à flexão, melhorou a ductilidade com o aumento da porcentagem de fibra, diminuiu a propagação das fissuras, a fissuração por cisalhamento inclinado é menos desenvolvida e quanto maior a quantidade de RCD's, maior a capacidade de carga.

Gao, Zhang e Nokken (2017), utilizaram no concreto: fibras de aço (0%, 0,5%, 1%, 1,5% e 2%) e diferentes taxas de substituição para o agregado reciclado (0%, 30%, 50% e 100%), obtendo:

Os resultados mostram que a adição das fibras pode melhorar efetivamente a resistência ao cisalhamento e a tenacidade ao cisalhamento do concreto com agregado reciclado. Para uma determinada resistência à compressão, a taxa de substituição dos agregados tem impacto insignificante na resistência ao cisalhamento, mas a deformação de cisalhamento e a tenacidade aumentam conforme a taxa de substituição atinge mais de um 'valor limitante' (GAO; ZHANG; NOKKEN, 2017).

A única literatura encontrada sobre a adição de fibras de poliolefina ao agregado reciclável foi de Carrasco (2016), onde ele utiliza diferentes taxas de substituição para o agregado reciclado (0%, 25%, 50% e 100%), em conjunto com diferentes quantidades de fibras (0, 3, 6 e 9 kg/m³) conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Combinação de níveis entre os fatores para cada dosagem.

% DE AGREGADO RECICLADO	DOSAGEM DE FIBRAS (kg/m ³)			
	0	3	6	9
0	0/0	0/3	0/6	0/9
25	25/0	25/3	25/6	25/9
50	50/0	50/3	50/6	50/9
100	100/0	100/3	100/6	100/9

Fonte: Carrasco, 2016 (tradução nossa).

Ainda segundo Carrasco (2016), o referido estudo revela que a reciclagem de agregados é um sistema de produção que entrega um material totalmente utilizável em diversas tarefas executadas no ramo da construção civil, podendo este material ser substituído pelo agregado natural usado comumente.

Carrasco (2016) afirma que a resistência à flexão aumenta em todos os concretos, supostamente devido ao fato de que a fibra reforça todos os planos de tensão do concreto, sendo a dosagem de fibra de 6 kg/m³ que atinge maior resistência, atingindo um valor médio superior aos 28 dias nos três concretos diferentes 25/6, 50/6 e 100/6 e ainda 11% superior ao concreto padrão. Então a resistência começa a diminuir com a dose máxima utilizada que é de 9 kg/m³.

Esse autor também destaca que a resistência à compressão se comporta semelhante a flexão, na medida em que se eleva a dosagem de fibras para 6 kg/m³, o aumento médio da resistência em 28 dias, para os diferentes tipos de concreto composto de 0/6, 25/6, 50/6 e 100/6 é de 11%. Já com a dose máxima de fibra de 9 kg/m³, o aumento médio é de 3,75% para todos os tipos de concreto.

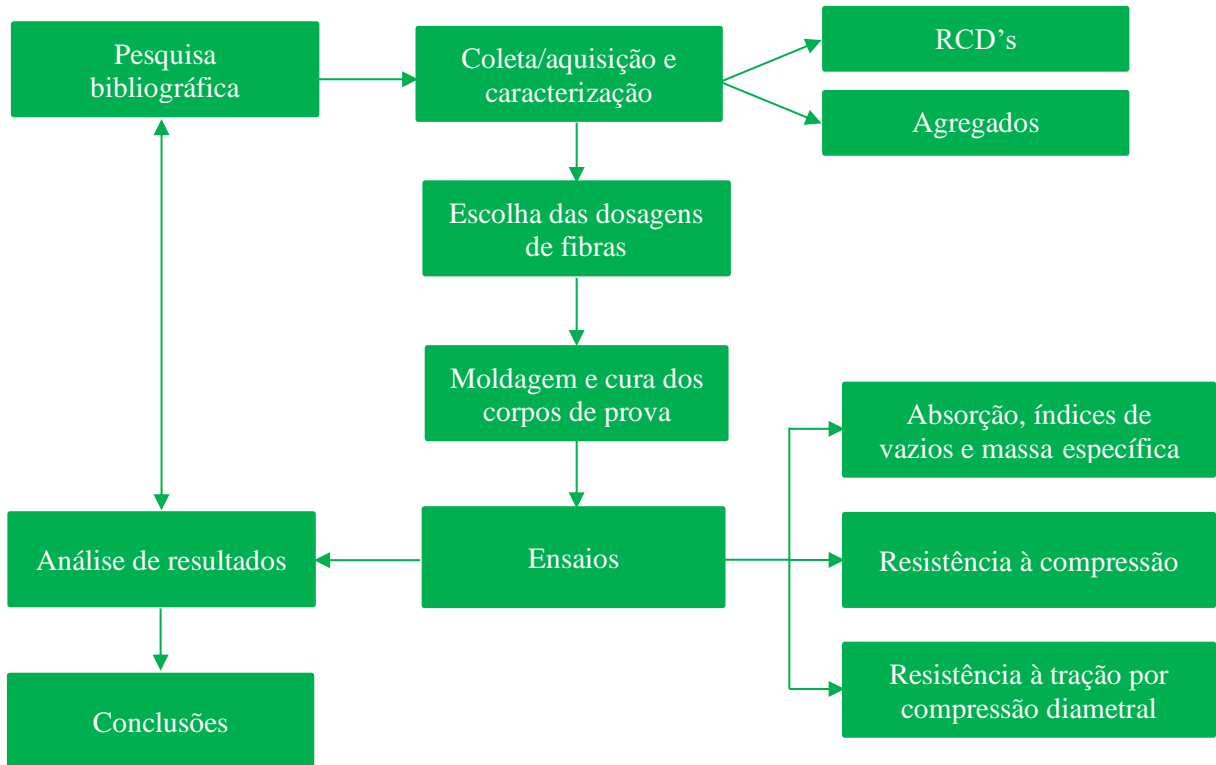
Por não ter sido encontrado grande quantidade de estudos na literatura, sobre concretos reforçado com fibras de poliolefina e substituição do agregado miúdo parcial ou totalmente, buscamos fazer esse estudo, com base nas citações encontradas de Carrasco (2016) e dos demais estudos encontrados sobre adição de fibras de aço. Assim pode-se ter uma base de comparação, sendo possível estender o entendimento da utilização das poliolefinas na melhoria ou não das propriedades do concreto.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se o percurso metodológico utilizado para atingir o objetivo deste trabalho, descrevendo os materiais e métodos utilizados.

Quanto à abordagem e aos procedimentos dessa pesquisa, ela é classificada por quantitativa e experimental por determinar propriedades do concreto no estado fresco e no estado endurecido, através de coleta e análise dos dados por ensaios laboratoriais, seguindo uma série de etapas descritas nesse capítulo, bem como qualitativa por fazer uma análise comparativa de dados de referência, coletados em pesquisa bibliográfica em livros, teses, dissertações e artigos científicos, considerando pesquisas sobre o tema abordado. A pesquisa seguiu conforme mostrado no Fluxograma 1.

Fluxograma 1 – Procedimentos metodológicos da pesquisa.



Fonte: Autoria própria, 2021.

a) Pesquisa Bibliográfica

Foi realizada uma ampla pesquisa em bases bibliográficas relevantes e bem conceituadas, tais como: Scielo, Portal Capes, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Repositórios de instituições diversas, com o objetivo de fazer uma coletânea de estudos sobre concreto modificado, onde o resultado apresentou estudos bastante recentes.

A pesquisa bibliográfica e análise documental serviu de base para escolher tanto as

dosagens de fibras de poliolefina, quanto os fatores de substituição do agregado miúdo.

b) Coleta de RCD (Resíduos de Construção e Demolição)

Esta etapa consistiu na coleta e classificação dos RCD's voltadas à preparação dos agregados miúdos reciclados a serem substituídos parcial ou totalmente pelo agregado miúdo natural no traço de concreto adotado.

A coleta dos RCD's foi feita em uma obra da cidade, com amostra contendo uma quantidade suficiente para obtenção de material a ser utilizado nos ensaios. A separação e classificação do material foi feita de acordo com a Resolução Nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002). Foram utilizados apenas os resíduos classificados dentro da Classe A: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto, e os demais foram descartados, como mostra a Figura 4.

Após a redução para uma granulometria fina, através da quebra manual, o agregado foi passado na peneira de malha 1,2 mm, onde o material retido foi descartado e material passante, foi lavado na peneira de malha 0,15 mm para retirada do material pulverulento. Após esses processos, foi obtida uma quantidade de aproximadamente 150 kg.

Figura 4 – Resíduos coletados.



Fonte: Autoria própria, 2022.

c) Obtenção dos Agregados Convencionais

Foram utilizados como agregado miúdo, uma areia fina natural de rio e como agregado graúdo, uma pedra britada de granito de 19 mm. Para cada agregado, foi adquirido 1 m³ de material que passou por processo de mistura através de quarteamento e depois separação por peneiramento a fim de se obter material uniforme.

Feito isso, foi necessário conhecer as características dos agregados naturais, artificiais e reciclados, como: massa unitária, massa específica, densidade do agregado na condição seca e na condição saturada superfície seca, além da absorção de água e granulometria.

d) Caracterização dos Agregados

A caracterização foi realizada de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Associação Mercosul de Normalização (AMN), especificadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Normas utilizadas na caracterização dos agregados.

NORMA	ENSAIO	
NBR 16915:2021	Amostragem	
NBR 16916:2021	Agregado Miúdo	Densidade do Agregado na Condição Seca Densidade do Agregado na Condição Saturada Superfície Seca Absorção de Água
NBR 16917:2021	Agregado Graúdo	
NBR 16972:2021	Massa Unitária	
NM 52:2009	Agregado Miúdo	Massa Específica
NM 248:2003	Granulometria	

Fonte: Autoria própria, 2022.

Para os agregados miúdos: natural e reciclado, foram utilizados 2,5 kg de cada material para realização dos ensaios de densidade tanto na condição seca quanto na condição saturada superfície seca, bem como o de absorção, de acordo com a norma NBR 16916 (ABNT, 2021) tendo sido todos realizados duas vezes para obtenção de um resultado médio.

As Figuras 5 e 6 representam o teste de densidade e absorção dos agregados miúdos.

Figura 5 – Agregado miúdo ao lado do molde tronco-cônico após o desmoldamento.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 6 – Amostra em banho à temperatura constante.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Para a determinação da massa específica real dos agregados miúdos foi utilizada a norma NM 52 (AMN, 2009), cujo procedimento foi o mesmo da norma NBR 16916 (ABNT, 2021)

Para o agregado graúdo foi utilizado 2 kg para a realização dos ensaios de densidade e absorção, tendo sido, ambos, realizados duas vezes para obtenção de um resultado médio e de acordo com a norma NBR 16917 (ABNT, 2021). Nesse ensaio foi necessário adaptar uma balança hidrostática, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Balança hidrostática adaptada.



Fonte: Autoria própria, 2022.

O ensaio de massa unitária, regido pela norma NBR 16972 (ABNT, 2021), foi feito de acordo com o método C em que o agregado é deixado em estado solto, sem adensamento. Para esse ensaio, separa-se a quantidade de agregado, considerando duas vezes o volume do recipiente. Determina-se a massa do recipiente vazio, em seguida é adicionado o material no recipiente até que ele transborde, a seguir a camada superficial do agregado é nivelada e por fim se determina a massa do recipiente cheio. Esse método também foi o escolhido para a determinação do agregado graúdo.

e) Dosagens de Fibras

As fibras de poliolefina foram adicionadas nos percentuais de 1% e 2% do volume de concreto produzido em cada betonada. Esses percentuais foram escolhidos com base nas referências da literatura, ainda que os estudos possam ter sido feitos com outros tipos de fibras, mas serviram como referência.

Segundo Nascimento (2015), somente utilizando elevadas dosagens de fibras (cerca de 1,5% a 2% ou superiores em volume) podem ser obtidos incrementos relevantes. Donato (2018), adicionou fibras ao concreto com teor volumétrico de 0,5% e 1,0% concluindo que houve redução na resistência à compressão axial, embora a menor redução foi com o maior valor de acréscimo.

f) Dosagem de Concreto

Por último, foram preparados os traços de concreto a fim de serem verificadas as consistências de cada um e finalmente moldados, desenformados e curados os corpos de prova para a realização dos ensaios de: resistência à compressão e à tração com 7 e 28 dias de cura e de absorção aos 28 dias. A norma NBR 5738 (ABNT, 2015) recomenda como 7 dias o tempo de cura mínimo do corpo de prova, podendo estender-se até o prazo de 28 dias.

O cimento escolhido para essa pesquisa foi o CP V-ARI - Cimento Portland de Alta Resistência Inicial, como meio de comparação com a literatura estudada.

O traço do concreto foi adotado e não calculado de acordo com os métodos conhecidos, tendo sido utilizado o tradicional de 1:2:3:0,8 (Cimento, Areia Fina, Brita 19 mm, Água), muito utilizado em obras correntes da região, para moldagem de vigas, incluindo a baldrame, lajes, pilares e cintas e permitido pela norma NBR 6118 (ABNT, 2014).

O objetivo foi utilizar um traço prático que pudesse ser utilizado comumente nas obras da região, obedecendo o viés sustentável de reaproveitamento de resíduos da construção. A utilização da areia fina, foi para um melhor preenchimento dos Índices de Vazios, que, segundo a literatura analisada, aumentaria com a incorporação das fibras e do agregado reciclável.

Esse traço foi tratado como traço de referência, para posteriores substituições do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclado, nas proporções: 50% e 100%. Essas porcentagens foram adotadas como valores médios obtidos em diversos trabalhos com as mais variadas aplicações. Mesquita *et al.* (2015) utilizaram diversas porcentagens no seu estudo de blocos de vedação e os resultados indicaram que a substituição de 25, 50, 75 e 100 % da areia natural por agregados miúdos reciclados não afetou significativamente as propriedades mecânicas. Borba, Cassol e Bueno (2016), conduziram seus estudos com substituições de 50% e 100% do agregado graúdo natural pelo agregado reciclado.

Em resumo, os traços utilizados na moldagem dos corpos de prova estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Traços em massa referido a 1 kg de cimento, modificados com adições.

Traço	Agregado Miúdo Natural	Agregado Miúdo Reciclado	Agregado Graúdo	Água	Fibras
Referência	2	0	3	0,8	0
Traço 1	1	1	3	0,8	1%
Traço 2	1	1	3	0,8	2%
Traço 3	0	2	3	0,8	1%
Traço 4	0	2	3	0,8	2%

Fonte: Autoria própria, 2022.

Todo o tratamento do concreto foi feito utilizando as normas da ABNT, de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Normas utilizadas na produção do concreto.

NORMA	ENSAIO
NBR 5738:2015	Moldagem e Cura de Corpos de Prova
NBR 5739:2018	Determinação da Resistência à Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos
NBR 7222:2011	Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral
NBR 9778:2009	Determinação da Absorção de Água
NBR 16889:2020	Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone

Fonte: Autoria própria, 2022.

g) Moldagem e cura dos corpos de prova

A confecção do concreto foi feita com mistura mecânica em betoneira e adensamento mecânico através de vibrador com mangote. Após feitas as dosagens de acordo com cada mudança de agregado e adição de fibra, foi realizado o ensaio de consistência para todas as misturas, como mostrado na Figura 8, através do *slump test*, que consiste na verificação da trabalhabilidade através do abatimento de um tronco padronizado pela norma NBR 16889 (ABNT, 2020).

Figura 8 – Realização do ensaio de *slump test*.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Os corpos de prova foram moldados em formas cilíndricas de (10 x 20) cm, como mostrados na Figura 9, de acordo com a norma NBR 5738 (ABNT, 2015), cuja quantidade foi determinada para serem realizados ensaios de absorção de água, índice de vazios, massa específica real, resistência à compressão e resistência à tração.

Figura 9 – Corpos de prova moldados.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Em seguida, após a sua cura inicial, os corpos de prova foram levados para a cura em tanque, mostrado pela Figura 10.

Figura 10 – Corpos de prova em processo de cura.



Fonte: Autoria própria, 2022.

h) Ensaio do Concreto

Foram feitos ensaios de resistências à compressão e à tração com 7 e 28 dias, e ensaio de absorção de água aos 28 dias, como representados, respectivamente, nas Figuras 11, 12 e 13.

Figura 11 – Ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 12 – Ensaio de resistência à tração.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 13 – Corpos de prova em fervura para determinação da absorção.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Com o ensaio de absorção foi calculada a massa específica e índice de vazios.

Após a realização desses procedimentos, os resultados obtidos foram analisados para verificar as mudanças apresentadas no traço de referência e no concreto com o agregado reciclado e a adição das fibras.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo apresenta-se todos os resultados obtidos na fase laboratorial com análise minuciosa para os índices de todos os traços do concreto.

5.1 CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DE POLIOLEFINAS

As fibras de poliolefinas utilizadas, são fibras que se enquadram no grupo das macrofibras sintéticas. Suas propriedades físicas foram obtidas em Damaceno (2019), que utilizou a mesma fibra no seu trabalho e estão mostradas no Quadro 3.

Quadro 3 – Propriedades Físicas das fibras de poliolefinas.

Material	Blenda de poliolefina
Módulo de Elasticidade	4,8 GPa
Massa Específica	0,96 g/cm ³
Comprimento	40 – 60 mm
Forma	Fibra frisada com pós arranjo
Cor	Cinza
Resistência a tração	650 -750 MPa
Resistência ao Álcali	Alta
Absorção de água	Zero
Densidade	22555 fibras/kg
Dosagem recomendada	3 – 6 kg/m ³ de concreto

Fonte: Adaptado de Damaceno, 2019.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

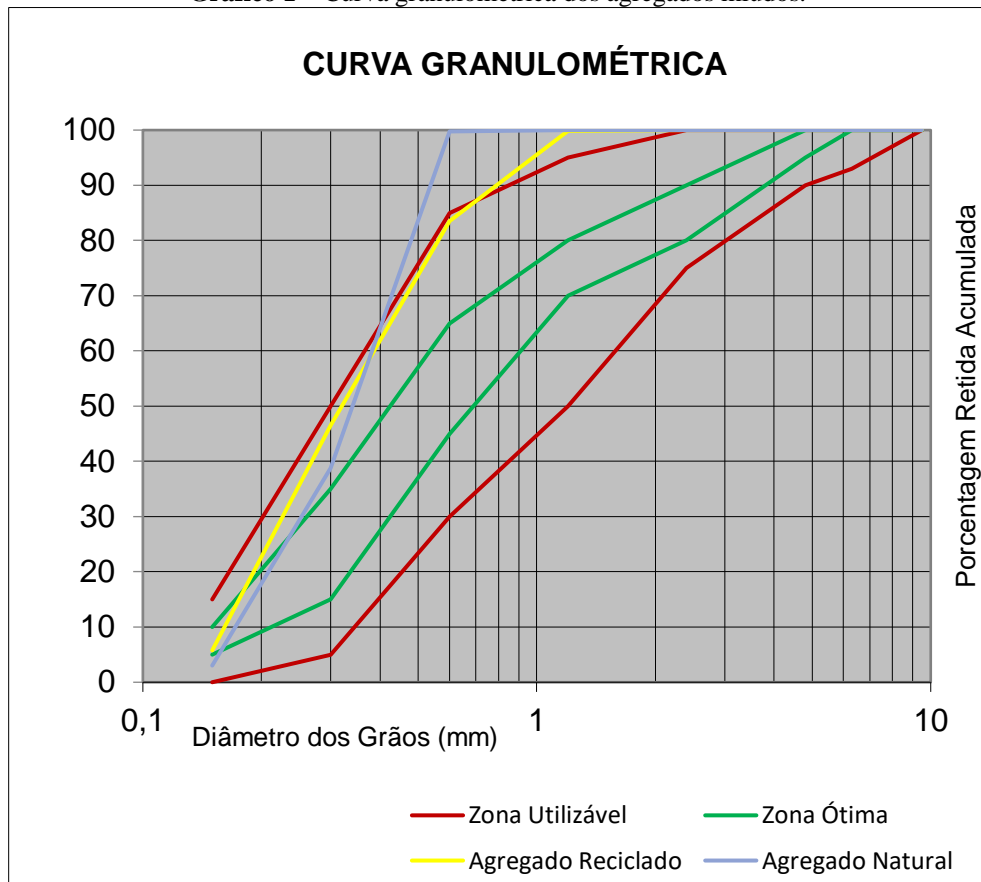
Apresenta-se a caracterização dos materiais utilizados na fabricação do concreto. No Gráfico 1 estão representados os dados dos ensaios de granulometria dos agregados miúdos realizados com o agregado natural e o agregado reciclado.

Os resultados dos ensaios de densidade do agregado na condição seca (ρ_s), densidade do agregado na condição saturada superfície seca (ρ_{sss}), massa específica (ρ_r), massa unitária (ρ_{ap}), e absorção de água (**ABS**), podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Densidades e Absorção dos agregados.

	ρ_s (g/cm ³)	ρ_{sss} (g/cm ³)	ρ_r (g/cm ³)	ρ_s (g/cm ³)	ABS (%)
Agregado natural	2,230	2,232	2,233	1,410	0,1
Agregado reciclado	2,014	2,030	2,047	1,407	0,8

Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 1 – Curva granulométrica dos agregados miúdos.

Fonte: Autoria própria, 2022.

Os resultados dos ensaios referentes ao agregado graúdo podem ser visualizados no Gráfico 2 onde está exposto os resultados do ensaio granulométrico e os demais índices estão mostrados na Tabela 4.

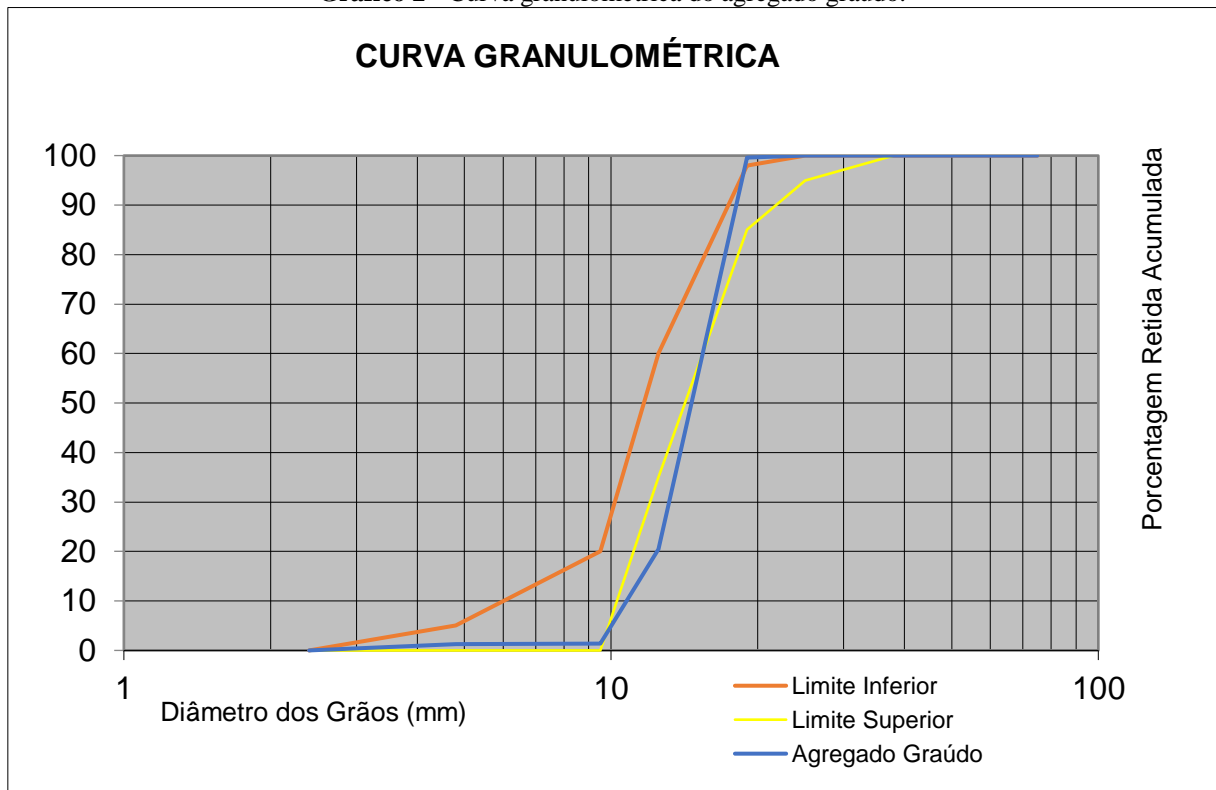
Ao analisar os dados, verifica-se que a maior parte do agregado graúdo fica retido no intervalo de peneiras com abertura entre 9,5 a 25 mm, caracterizando uma Brita 19 mm.

Tabela 4 – Propriedades do agregado graúdo.

Massa específica do agregado seco (g/cm^3)	2,805
Massa específica agregado saturado superfície seca (g/cm^3)	2,771
Massa unitária (g/cm^3)	1,422
Absorção de água (%)	0,8

Fonte: Autor, 2022.

Gráfico 2 - Curva granulométrica do agregado graúdo.



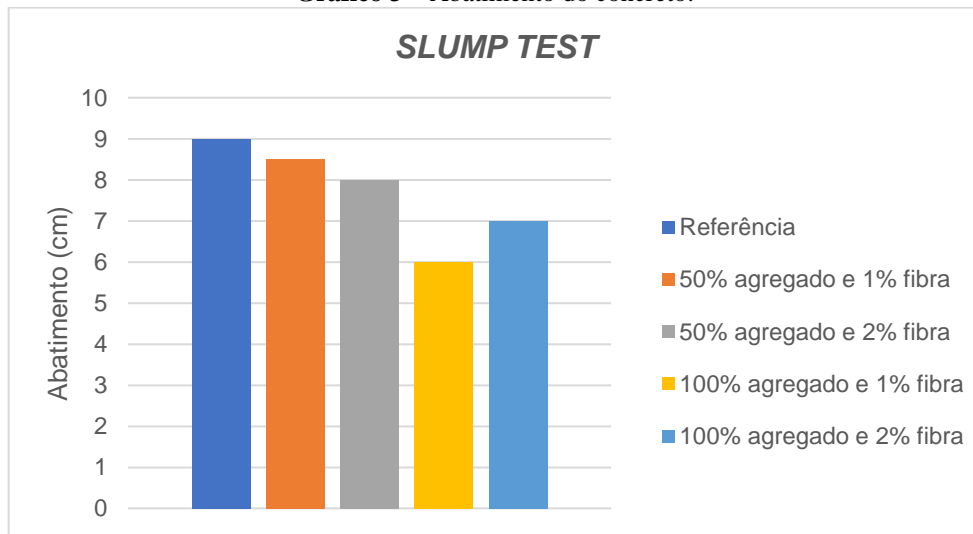
Fonte: Autoria própria, 2022.

5.3 CONCRETO

Para o concreto, foram analisadas características tanto no estado fresco: *slump test*, quanto no estado endurecido: índice de vazios e absorção, resistência à tração por compressão diametral e resistência à compressão.

5.3.1 *Slump Test*

Os resultados obtidos do ensaio do *slump test*, para cada traço proposto, estão de acordo com a literatura analisada, pois, com o acréscimo de fibras no concreto, a sua trabalhabilidade ficou menor, conforme pode-se visualizar no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Abatimento do concreto.

Fonte: Autoria própria, 2022.

Como observado por Carrasco (2016) e Damaceno (2019), o aumento do teor da fibra de poliolefina resultou na redução do abatimento do tronco de cone, exceto pelo corpo de prova com 100% agregado e 2% fibra, contudo, temos a tendência geral de que a redução da trabalhabilidade está diretamente ligada à concentração de fibras no concreto.

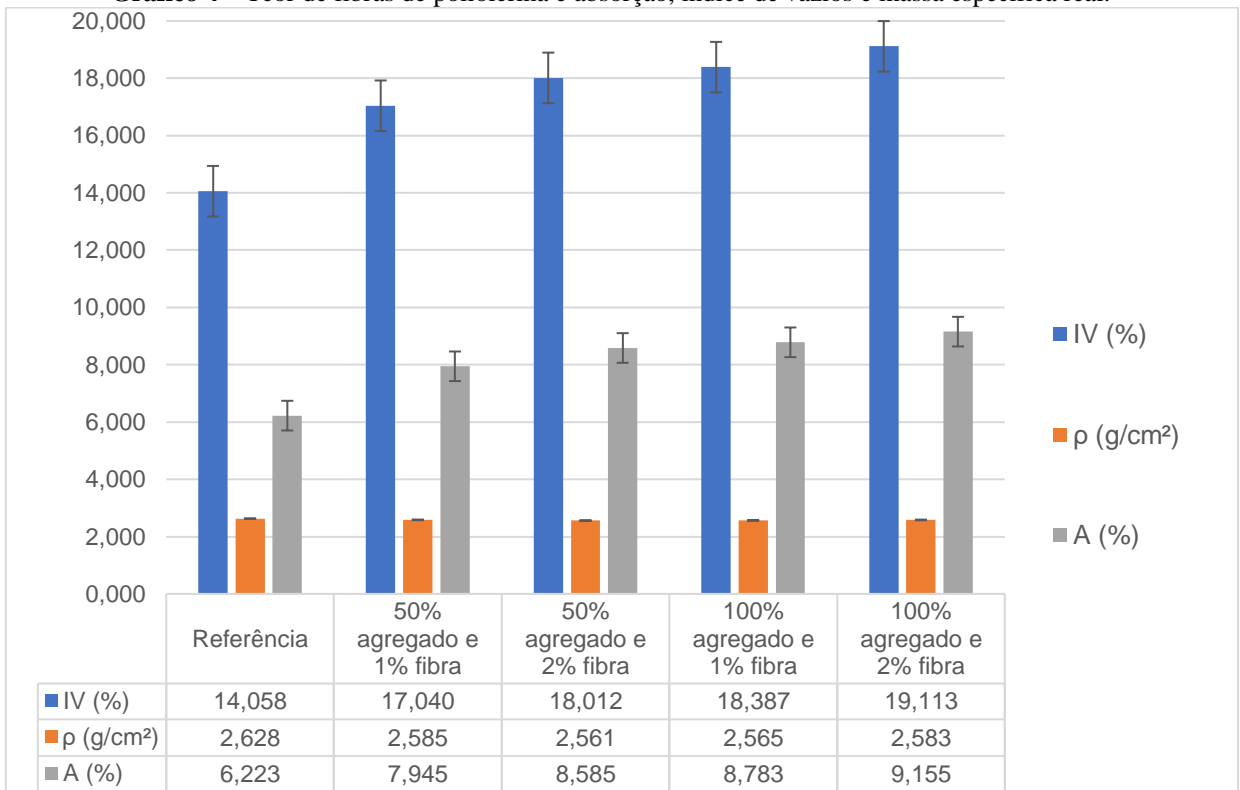
Também é possível constatar a aproximação de valores entre os resultados, podendo-se constatar que para todos os traços, a variabilidade torna o concreto utilizável para a mesma aplicação na obra, considerando um pequeno intervalo de mudança.

5.3.2 Absorção, Índice de Vazios e Massa Específica Real

Os resultados obtidos para o teor de absorção de água, o índice de vazios e a massa específica real dos concretos estão apresentados no Gráfico 4.

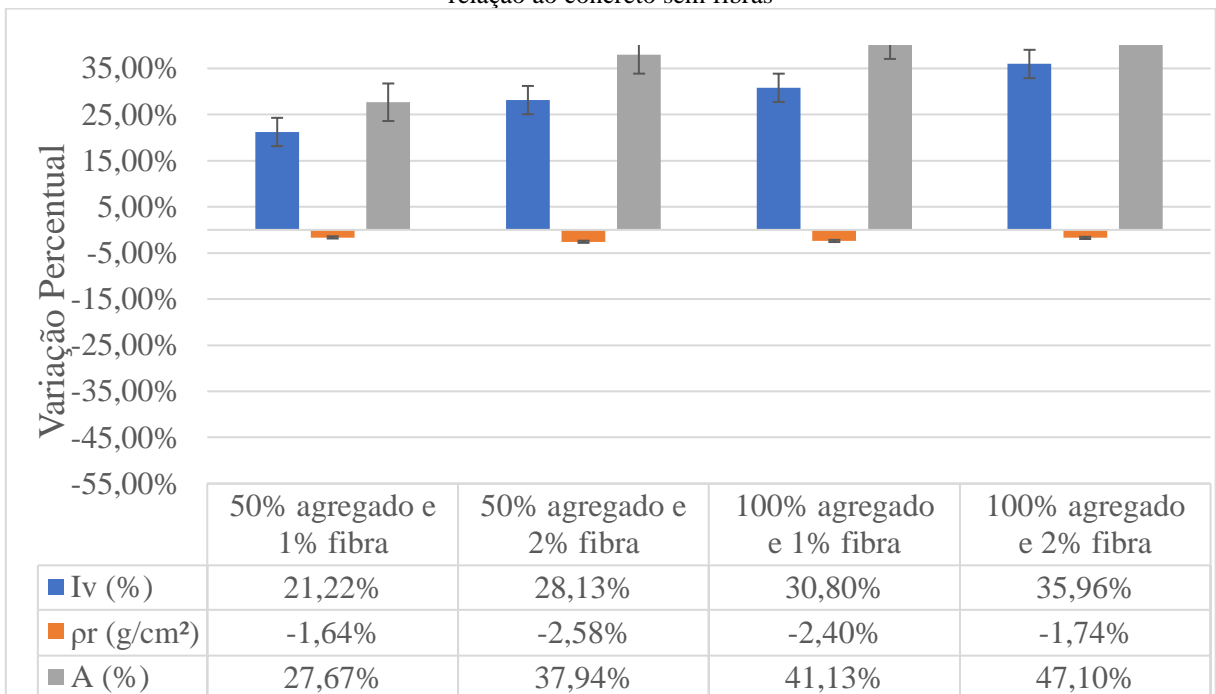
Os valores referentes às variações da absorção, índice de vazios e massa específica real dos CRFP com diferentes dosagens de substituição do agregado natural pelo reciclável em relação aos corpos de prova de referência estão dispostos no Gráfico 5.

Gráfico 4 – Teor de fibras de poliolefina e absorção, índice de vazios e massa específica real.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 5 – Variação percentual da absorção de água (A), índice de vazios (IV) e massa específica real (ρ) em relação ao concreto sem fibras



Fonte: Autoria própria, 2022.

Pode-se observar que houve uma variação singular da massa específica real, mas pode-se perceber, que, claramente houve um decréscimo com a adição das fibras e do agregado

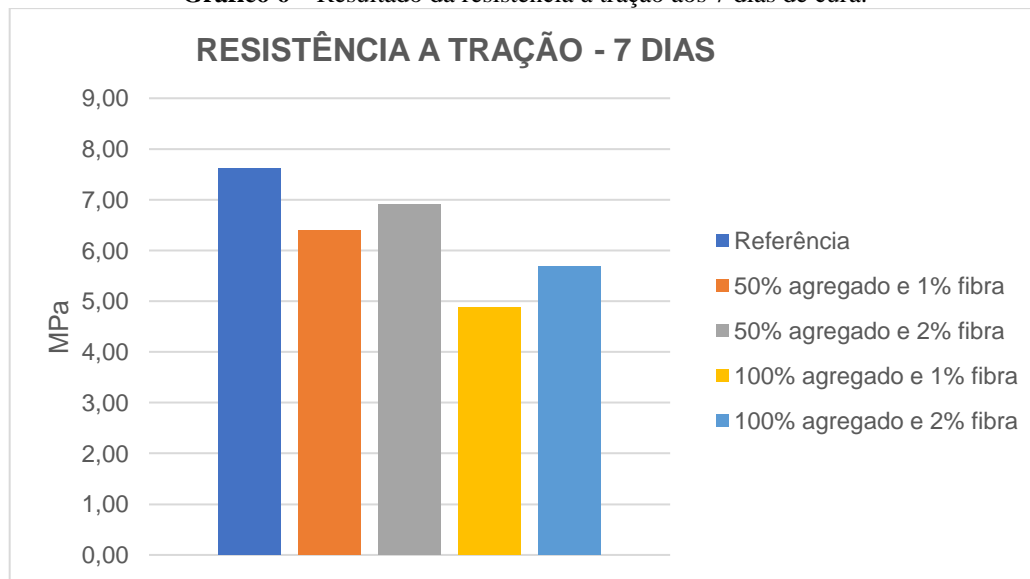
reciclável. É possível atribuir esse comportamento a presença das fibras e dos vazios, que estão ocupando os espaços que eram preenchidos apenas pelo concreto, que possui massa específica superior a poliolefina e ao ar.

Entretanto, foi observado o aumento do índice de vazios e da taxa de absorção, que apresentaram um crescimento linear e diretamente proporcional ao acréscimo de fibras e do agregado reciclável. Todavia, esse comportamento é esperado, visto que o incremento de fibras provoca maior tendência à formação de vazios entre elas. Vale salientar que, o crescimento da taxa de absorção não está relacionado à fibra em si, já que esta não absorve água, mas sim aos vazios decorrentes da sua incorporação ao concreto.

5.3.3 Resistência à Tração Simples

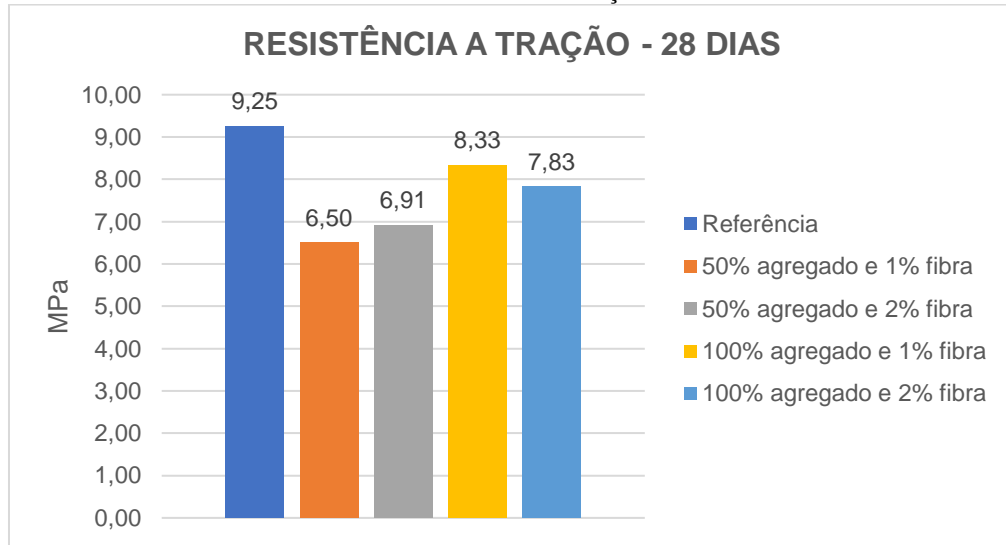
Os resultados obtidos para resistência à tração, para cada amostra, estão apresentados nos Gráficos 6 e 7 separados por idade de cura.

Gráfico 6 – Resultado da resistência à tração aos 7 dias de cura.



Fonte: Autoria própria, 2022.

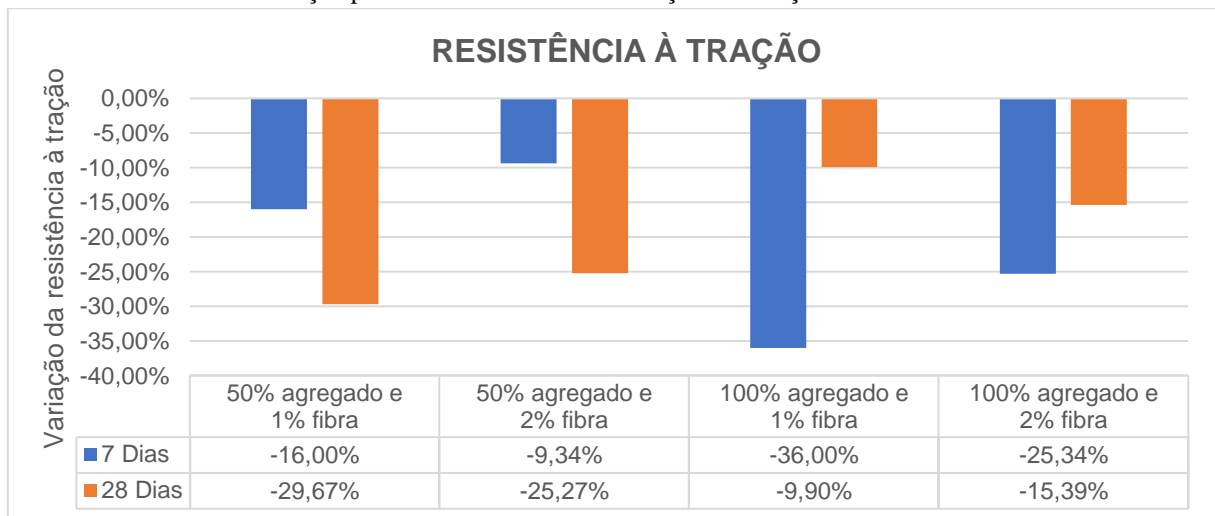
Gráfico 7 – Resultado da resistência à tração aos 28 dias de cura.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Pode-se observar no Gráfico 8 a variação percentual da resistência média à tração em relação ao concreto de referência.

Gráfico 8 - Variação percentual da resistência à tração em relação ao concreto de referência.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Analisando os resultados obtidos em relação à tração, pode-se observar que estes estão de acordo com a literatura estudada. Segundo Carrasco (2016) foi observado que na primeira medida em que foi acrescentado o agregado reciclável, a sua resistência à tração acabou diminuindo. Pode-se observar que o mesmo aconteceu nestes corpos de prova, porém, a resistência voltou a aumentar com o agregado em 50% e 2% de fibra, e com 100% agregado e 1% de fibra, e depois voltou a diminuir com 100% agregado e 2% de fibra. Com isso, foi observado que, quanto maior a quantidade de fibras, maior a sua resistência à tração simples. Entretanto, quando a porcentagem de fibras é muito alta, a sua resistência acaba diminuindo. Fato esse que se pode perceber através dos Gráficos 2 e 3.

De acordo com Maciel *et al.* (2015) apud Damaceno (2019) após obter valores inferiores de resistência à tração na flexão para os Concreto Reforçado com Fibras (CRF) em relação ao concreto referencial sem adição de fibras, os autores atribuem tais resultados ao fato de as fibras aumentarem a incorporação de ar ao concreto, aumentando também sua porosidade, além de ocasionarem maior dificuldade de mistura e, conseqüentemente, maiores defeitos à sua microestrutura. Este fato pode ser constatado, observando o Gráfico 2 onde o índice de vazios aumentou proporcionalmente com a quantidade de fibras adicionadas.

Durante o ensaio também se notou que mesmo após a ruptura, como mostrado nas Figuras 14 e 15, o corpo de prova conseguiu receber e segurar a carga antes do seu rompimento completo, fato esse que pode ser atribuído ao uso das fibras.

Figura 14 – Ensaio de resistência à tração com fibras.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 15 – Corpos de prova após serem tracionados.



Fonte: Autoria própria, 2022.

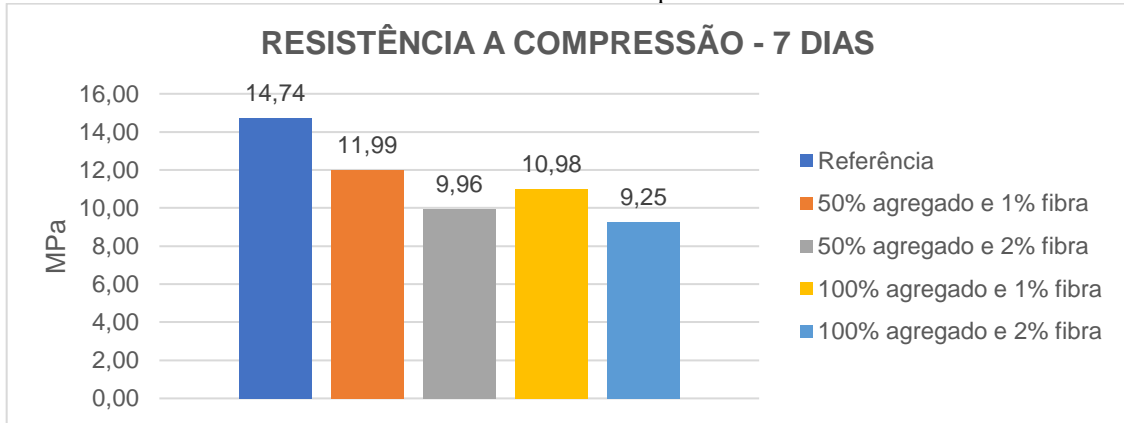
Por conta do comportamento da resistência à tração simples em relação às fibras e o agregado reciclável, torna-se relevante não apenas a análise de novos teores da fibra de

poliolefina, mas também o estudo com outros tipos de fibras ao concreto reciclável, visto que esse é um estudo inovador e que pode trazer um ótimo desempenho ao concreto.

5.3.4 Resistência à Compressão

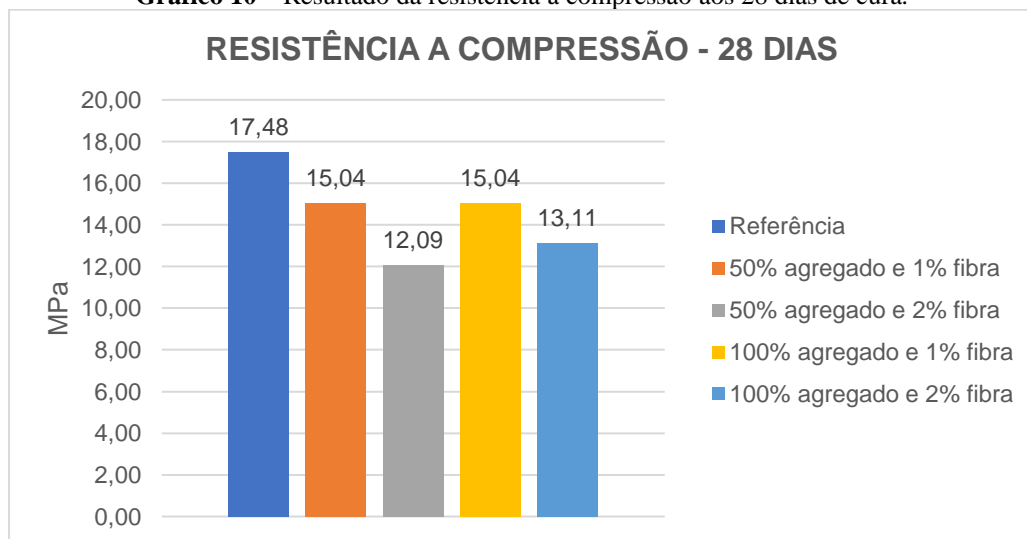
Os resultados obtidos, para cada amostra, de resistência à compressão, são apresentados nos Gráficos 9 e 10.

Gráfico 9 – Resultado da resistência à compressão aos 7 dias de cura.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Gráfico 10 – Resultado da resistência à compressão aos 28 dias de cura.



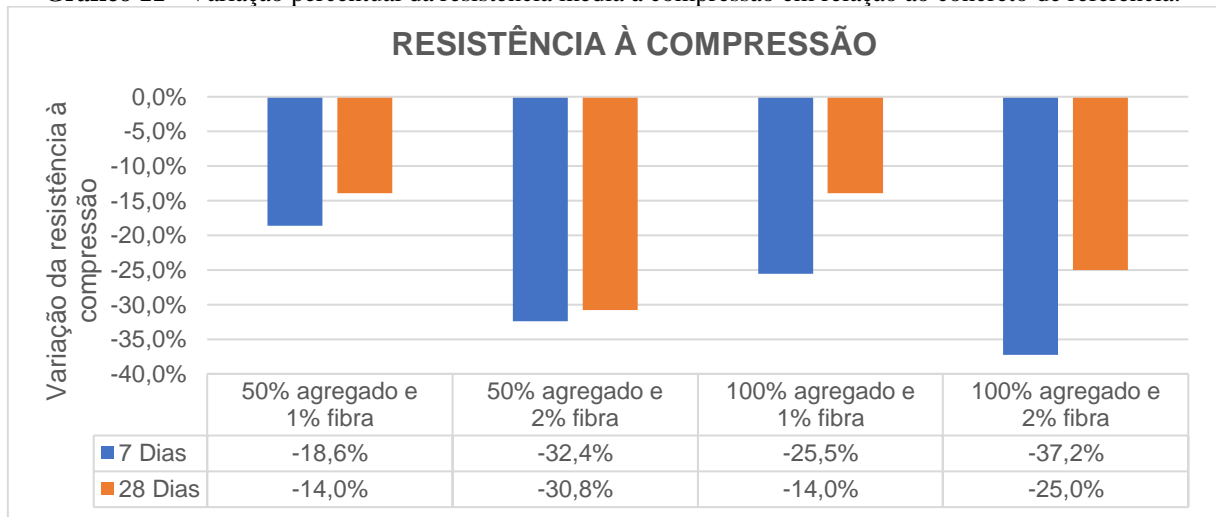
Fonte: Autoria própria (2022).

Analisando os resultados obtidos do teste de compressão, foi notado que houve uma pequena discrepância dos dados apreciados em relação a literatura estudada. Pode-se observar nos Gráficos 9 e 10, que, apesar de uma pequena variação, conseguimos notar que quanto maior a dosagem de fibras de poliolefina ao concreto, menor foi a sua resistência. Já de acordo com Carrasco (2016), foi observado que, quanto maior a quantidade de fibras, maior foi a sua resistência, porém, com o acréscimo de agregado reciclável, a sua resistência à compressão

diminuiu. Pode-se observar que o Índice de Vazios aumentou com o acréscimo das fibras, o que interfere diretamente na resistência do concreto, isso explica o porquê de a resistência decair linearmente com o acréscimo das fibras de poliolefina.

Pode-se observar no Gráfico 11 a variação percentual da resistência média à compressão em relação ao concreto de referência.

Gráfico 11 - Variação percentual da resistência média à compressão em relação ao concreto de referência.



Fonte: Autoria própria, 2022.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste trabalho permitiu observar que a partir da concentração de fibras de poliolefina estudadas, como esperado segundo a literatura, resultou na redução do abatimento do tronco de cone.

Os agregados possuem influência no concreto dependendo de sua classificação. Por ter sido usado agregados normais quanto à massa específica, todas as características de resistência foram influenciadas apenas pelas modificações executadas.

Os agregados naturais exigem uma menor quantidade de água do que agregados artificiais, dessa forma substituir agregado de rio por agregado reciclado pode aumentar a necessidade de água para garantir trabalhabilidade. Por outro a utilização de agregados miúdos mais finos pode influenciar no envelopamento dos grãos que compõem o concreto, o que foi esperado também pela utilização de um cimento com maior grau de finura, a fim de que a massa ficasse uniforme com envoltória completa do agregado graúdo e das fibras. Entretanto, o entrelace das fibras não contribuiu para que esse fato acontecesse, explicando dessa forma o aumento do teor de vazios e a resistência não esperada na compressão.

A resistência à compressão apresentou uma relação de redução bem definida com a adição de fibras e a substituição parcial e total do agregado natural pelo reciclado. A resistência à tração apresentou uma tendência a redução com relação ao aumento da quantidade de fibras.

A massa específica dos corpos de prova modificados diminuiu em relação à massa específica do concreto de referência, porém a variação foi singela. A absorção e o índice de vazios mostraram-se relacionados entre si e com uma tendência de linearidade bem definida com o aumento do teor de fibras.

A utilização de aparelhos adaptados para os ensaios, as próprias recomendações normativas específicas para concreto simples, e a escassez de literatura relacionada a esse estudo, podem ter dificultado em alguma etapa os resultados obtidos para fins de comparação com outros trabalhos.

Para estudos futuros, recomenda-se a utilização de um traço de concreto com o f_{ck} calculado, a utilização de diversos teores de fibras juntamente com outras porcentagens de agregado reciclado, bem como a variação dos tipos de fibras poliméricas e das dimensões dos agregados utilizados; para uma expansão da quantidade de resultados, aconselha-se a realização dos ensaios de módulo de elasticidade e de tração na flexão.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D. L.; FELIX, L. P.; SILVA, L. C.; SANTOS, T. M. Influência de agregados reciclados de resíduos de construção em propriedades mecânicas do concreto. **Reec-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Universidade Federal de Goiás, v. 11, n. 1, p. 16-34, 8 fev. 2016. Disponível em <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v11i1.35467>. Acesso em 05 nov. 2021.
- ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN-AMN. **NM 52**: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. 02/2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS-ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020. 52p. Disponível em <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em 05 nov. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 7222**: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 16889**: Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 16915**: Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 16916**: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 16917**: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR NM 248**:

Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

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

AZEVEDO, V. H. O. **Estudo da influência da utilização de fibras sobre o comportamento físico e mecânico de um concreto leve**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/40567>. Acesso em 24 jan. 2022.

BALESTRA, C. E. T.; OZELAME, J. S.; SAVARIS, G. Efeito da adição de fibras de aço e poliméricas na resistência à compressão do concreto de ultra alto desempenho. **Reec-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Universidade Federal de Goiás, v. 16, n. 1, p. 26-35, 2020. Disponível em <https://doi.org/10.5216/reec.v16i1.50503>. Acesso em 24 jan. 2020.

BIANCHI, João Victor. **Influência da adição de fibras de aço em elementos de concreto estrutural**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019. Disponível em <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2339>. Acesso em 24 jan. 2022.

BORBA, W. F. de.; CASSOL, G.; BUENO, Liane da Silva. Confecção de concreto com utilização de agregado reciclado. *In*: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, **Anais** [...] Foz do Iguaçu, 2016. Disponível em: <https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/contecc2016/civil/confec%C3%A7%C3%A3o%20de%20concreto%20com%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20agregado%20reciclado.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2022.

CARRASCO, Thian Yssavo Ahumada. **Influencia de la incorporación de fibras poliolefinicas sobre las resistencias mecánicas de hormigones con árido reciclado**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Construção) – Universidade de Valparaíso, Chile, 2016. Disponível em <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/handle/uvsc1/2706/Ahumada%20Carrasco%20Thian%20.%20Influencia%20de%20la%20incorporaci%C3%B3n%20de%20fibras%20poliolef%C3%ADnicas%20sobre%20las%20resistencias%20mec%C3%A1nicas%20de%20hormigones%20con%20%C3%A1rido%20reciclado.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em 26 jan. 2022.

CARVALHO, Leonardo Lima Costa; MOTA, Carla Araújo. Uso de fibras de aço para execução do concreto armado. **Revista Boletim do Gerenciamento**, v. 8, n. 8, p. 65-74, 2018. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/413/199>. Acesso em: 17 nov. 2021.

CHABOKI, Hamid Reza; GHALEHNOVI, Mansour; KARIMIPOUR, Arash; BRITO, Jorge de; KHATIBINIA, Mohsen. Experimental study on the flexural behaviour and ductility ratio of steel fibres coarse recycled aggregate concrete beams. **Construction and Building Materials**, v. 186, p. 400-422, 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução nº 307:** estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília-DF: Diário Oficial da União: seção 1, n. 136, p. 95-96. Disponível em http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305. Acesso em: 05 nov. 2021.

COSTA, V. S. da; TEIXEIRA, F. R.; RODRIGUES, J. M.; TORRES, A. da S. Estudo do uso de resíduo da fresagem de pavimentos flexíveis em concretos estruturais. Paranoá, n. 20, 2018. Disponível em <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n20.2018.02>. Acesso em 24 jan. 2022.

DAMACENO, Heberton Linhares. **Estudo da influência do teor de fibra de poliolefina no comportamento físico e mecânico do concreto.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal da Paraíba, Cajazeiras, 2019. Disponível em <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1326>. Acesso em 25 jan. 2022.

DOMENICO, Paula Di; LIMA, T. T.; CASTRO, R. M.; CASTRO, M. N. Influência do agregado miúdo reciclado na resistência à compressão e porosidade do concreto. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 08, n. 01, p. 129-147, 30 jun. 2018. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/33254/24908>. Acesso em: 17 nov. 2021.

DONATO, Marina. **Análise experimental de vigas de concreto armado com adição de fibras de poliolefina.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/7394>. Acesso em 24 jan. 2022.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto reforçado com fibras.** 2011. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-18052012-112833/publico//TeseLivreDocenciaAntonioFigueiredo2011.pdf>. Acesso em 24 jan. 2022.

GAO, D.; ZHANG, L.; NOKKEN, M. Mechanical behavior of recycled coarse aggregate concrete reinforced with steel fibers under direct shea. **Cement and Concrete Composites**, v. 79, p. 1-8, 2017. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946517300689?via%3Dihub>. Acesso em 24 jan. 2022.

JACQUES, Jeovani Rodrigues. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concreto de cimento Portland.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013. Disponível em https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/2129/TCC%20JEOVANI%202013%20%20CORRIGIDO_CD.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso em 24 jan. 2022.

FIGUEIREDO, A. D. **Influência do tipo de fibra nas propriedades reológicas e no estado endurecido de concretos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 57., 2015, Bonito. Anais... O futuro do concreto para a sustentabilidade nas construções. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/294087955_Influencia_do_tipo_de_fibra_nas_propriedades_reologicas_e_no_estado_endurecido_de_concretos. Acesso em: 07 mar. 2022.

MARTINS, L.; CORDEIRO, L. de N. P.; PAES, I. N. L.; SOUZA, P. S. L.; SILVA, A. A. P. e. Influence of recycled concrete aggregates in properties of new concretos. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. e34210414238, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.14238. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14238>. Acesso em: 19 jan. 2022.

MESQUITA, L. C.; AZEVEDO, I. C. D. D.; CÂNDIDO, E. S.; CATHOUD, G. A. **Análise da viabilidade técnica de utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de blocos de vedação**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 10, n 3, p.30-40, 2015. D.O.I. 10.5216/reec.V10i3.32651. Disponível em <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/32651>. Acesso em 24 jan. 2022.

ORTEGA, Sebastião Gerson. Sustentabilidade na construção civil: significados, práticas e ideologia. **Organizações e Sustentabilidade**, Londrina, v. 2, n. 1, p. 112-137, jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/2318-9223.2014v2n1p112>. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/ros/article/view/17570>. Acesso em: 13 jan. 2022.

NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante do. Concreto reforçado com fibras de aço. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, UNIT - Alagoas, v. 3, n. 1, p. 43-56, 2015. Disponível em <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/2638>. Acesso em 24 jan. 2022.

ROCHA, Celso André Moreira da. **Concretos com fibras de poliolefina para estruturas de defesa submetidos a elevadas temperaturas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Defesa) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/9100>. Acesso em 24 jan. 2022.

SANTOS, V. C. dos; GONÇALVES, P. C.; GUIMARÃES, A. G.; CABALLER, F. O. Vigas de concreto reforçado com fibras de aço submetidas à flexão. **Reec-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Universidade Federal de Goiás, v. 16, n. 1, p. 1-15, 2020. Disponível em <https://doi.org/10.5216/reec.v16i1.50551>. Acesso em 24 jan. 2020.