



LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE  
ENGENHARIA CIVIL

CARLOS GILENO AMARAL DE MELO FILHO

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS  
REFORÇADOS COM FIBRAS PET**

NATAL/RN

2020

CARLOS GILENO AMARAL DE MELO FILHO

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS REFORÇADOS  
COM FIBRAS PET**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof. Tomás Barros Vasconcelos

NATAL/RN

2020

CARLOS GILENO AMARAL DE MELO FILHO

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS REFORÇADOS  
COM FIBRAS PET**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Tomás Barros Vasconcelos

**Orientador**

---

Prof. Leiavlam Rodrigues de Lima

**Membro**

---

Prof. Msc. Lucy Kheyler Maciel de Mendonça

**Membro**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria primeiramente de agradecer a Deus, que sem ele nada disto seria possível.

Ao meu orientador, prof. Tomás, por ter me ajudado e orientado por todo esse período.

A meus pais e meus irmãos, pelo incentivo e ajuda nos momentos em que precisei e por sempre estarem ao meu lado.

A minha amada, amiga e namorada, Lidia, por sempre me apoiar, motivar e festejar, em todos os meus passos.

E a amigos, professores, funcionários e colegas, que diretamente e indiretamente me ajudaram para isso.

## RESUMO

Atualmente, no Brasil, só uma pequena parte do lixo plástico total produzido é reciclado, O PET como exemplo, tem uma produção de larga escala, mas a reciclagem não acompanhou a produção, gerando uma invasão de garrafas de todos os tamanhos e formatos, hoje a produção de pet avançou e é um dos maiores vilões do meio ambiente. Sua utilização não só trás benefícios ao meio ambiente, mas também para a construção civil, gerando vários benefícios ambientais e econômicos, pois diminuem a extração de recursos naturais, além de diminuir na poluição e nos gastos. Esta pesquisa teve como objetivo verificar a influência da substituição parcial do agregado miúdo do concreto, por fibras de PET. pois será um novo insumo alternativo, para a construção.

**Palavras-chave:** PET, Reciclagem, poluição, agregado e construção.

## **ABSTRACT**

Currently in Brazil, only a small part of the total plastic waste produced is recycled, PET as an example has a large scale production, but recycling did not keep up with the production, generating an invasion of bottles of all sizes and formats, today pet production has advanced and is one of the biggest villains in the environment. Its use not only brings benefits to the environment, but also to civil construction, generating several environmental and economic benefits, as they reduce the extraction of natural resources, in addition to decreasing pollution and expenses. This research aimed to verify the influence of the partial substitution of the fine aggregate of the concrete, for PET fibers. as it will be a new alternative input for construction.

**Keywords:** PET, recycling, pollution, aggregate and construction

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA:	1.	PET	picotado
.....		<b>Erro!</b>	<b>Indicador não</b>
			<b>definido.5</b>
FIGURA:	2. Areia grossa .....		16
FIGURA:	3. Brita 0 .....		16
FIGURA:	4. Cimento .....		17
FIGURA:	5. Molde para corpo de prova cilíndrico / Corpo de prova .....		18
FIGURA:	6. Molde para corpo de prova prismático .....		
		<b>Erro!</b>	<b>Indicador não definido.</b>
FIGURA:	7. Ensaio de compressão .....		19
FIGURA:	8. Ensaio de tração na flexão .....		20
FIGURA:	9. Ensaio absorção de água .....		20
FIGURA:	10. Preparação do concreto na betoneira .....		22
FIGURA:	11. Agregados .....		23
FIGURA:	12. Agregados graúdos .....		25
FIGURA:	13. Agregados miúdo .....		26
FIGURA:	14. Cimento CP V .....		29
FIGURA:	15. Pesagem dos compósitos .....		30
FIGURA:	16. Ensaio de compressão .....		31
FIGURA:	17. Ensaio de tração na flexão .....		32
FIGURA:	18. Diagramas de esforços solicitantes .....		32
FIGURA:	19. Ensaio de absorção de água .....		33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Resultados dos ensaios de absorção .....	34
<b>Tabela 2</b> - Resultados dos ensaios de absorção .....	34
<b>Tabela 3</b> - Resultados dos ensaios de compressão .....	35
<b>Tabela 4</b> - Resultados dos ensaios de compressão .....	36
<b>Tabela 5</b> - Resultados dos ensaios de compressão .....	36
<b>Tabela 6</b> - Resultados dos ensaios de compressão.....	37
<b>Tabela 7</b> - Resultados dos ensaios de tração na flexão .....	38
<b>Tabela 8</b> - Resultados dos ensaios de tração na flexão.....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de normas técnicas
<b>Al</b>	Alumínio
<b>Ca</b>	Cálcio
<b>g/cm<sup>3</sup></b>	Gramas/centímetros cúbicos
<b>Mg</b>	Magnésio
<b>Mpa</b>	Megapascal
<b>PET</b>	Polietileno tereftalato
<b>Si</b>	Silício
<b>UNI-RN</b>	Centro Universitário do Rio Grande do Norte

## LISTA DE SIMBOLOS

%	Porcentagem
X	Multiplicação
=	Igual

## SUMARIO

<b>1.1 - INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1.2 - JUSTIFICATIVA</b> .....	14
<b>1.3 - OBJETIVO</b> .....	14
1.3.1 - OBJETIVO GERAL .....	14
1.3.2 - OBJETIVO ESPECIFICO .....	14
<b>1.4 - MATERIAIS E MÉTODO</b> .....	14
1.4.1 - MATERIAIS.....	15
1.4.2 - POLIETILENO TEREFTALATO .....	15
1.4.3 - AGREGADO MIÚDO .....	16
1.4.4 - AGREGADO GRAÚDO .....	16
1.4.5 - CIMENTO .....	17
1.4.6 - ÁGUA .....	17
<b>1.5 - MÉTODO</b> .....	17
1.5.1 - COMPOSIÇÃO DAS PEÇAS .....	18
1.5.2 - MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA .....	18
1.5.3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	19
1.5.4 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL.....	19
1.5.5 - RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO.....	20
1.5.6 - ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO.....	20
1.5.7 - METODOLOGIA.....	21
<b>2.0 - REVISÃO BIBLIOGRAFICA</b> .....	21
2.1 - CONCRETO.....	21
2.2 - AGREGADOS.....	23
2.2.1 - AGREGADO GRAÚDO.....	25
2.2.2 - AGREGADO MIÚDO.....	26
2.3 - ÁGUA.....	27
2.4 - CIMENTO.....	27
2.4.1 - CIMENTO CP V – ARI .....	28
2.5 - PET.....	29

2.6 - CONCRETO COM FIBRAS DE PET.....	29
2.7 - ENSAIOS.....	30
2.7.1 - ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO....	31
2.7.2 - ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO .....	31
2.7.3 - ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO .....	32
<b>3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>33</b>
3.1 - RESULTADO DOS ENSAIOS DE % DE ABSORÇÃO.....	33
3.2 - RESULTADO DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO.....	35
3.3 - RESULTADO DOS ENSAIOS DE TRAÇÃO NA FLEXÃO.....	37
<b>4.0 - COMPARATIVO DOS ENSAIOS .....</b>	<b>39</b>
4.1 - COMPARATIVO DOS ENSAIOS DE ABSORÇÃO .....	39
4.2 - COMPARATIVO DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO .....	39
4.3 - COMPARATIVO DOS ENSAIOS DE TRAÇÃO .....	39
<b>5.0 - CONCLUSÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>6.0 - REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>

## 1.1 INTRODUÇÃO

Tem-se observado que, há algumas décadas, extraem-se recursos do planeta terra em virtude das primordialidades –necessidades- e luxos de grande parte da sociedade. A ação de modificar o meio que se vive é intrínseco à natureza humana e assegura sobreviver em condições adversas, além de permitir que se estabeleça uma população designada tecnologicamente.

Na sua essência, e desde a origem, o campo de ação da construção civil exige de vastas quantidades de matérias primas renováveis e não renováveis para garantir a evolução e progressividade em uma obra. Com o desenvolvimento de novas tecnologias vários modos de produção impulsionaram formas de construções que vêm viabilizando a diminuição de impactos na natureza. Conforme isso, de acordo com Corrêa:

A inclusão de técnicas de sustentabilidade na construção é um movimento crescente no mercado. Sua admissão é “um caminho sem volta”, pois muitos agentes, tais como consumidores, governos, associações e investidores, avisam, incentivam e impõem a área da construção a associar essas práticas em suas práticas. (CORRÊA, 2009).

O cimento Portland é o material de construção de maior uso no mundo. Os agregados a qual se utiliza para a produção de concreto do cimento Portland são de fontes naturais não renováveis, e tem uma grande utilização em larga escala na construção civil, caso não diminua este consumo poderá acontecer falta destes materiais, sendo interessante proporcionar a permuta destes por materiais provenientes de fontes alternativas.

Nesse prisma de abordagem, o emprego de novos materiais na geração de agregados do concreto vem aumentando gradativamente em todo o mundo, e, com isso, a possibilidade de utilizarem insumos alternativos, cuja principal preocupação é o equilíbrio entre os aspectos ambientais, tecnológicos e econômicos é de extrema importância. Vários estudos atualmente são feitos para melhoria dos agregados de cimento Portland e podemos destacar o uso de grãos de Polietileno tereftalato (PET), em substituição aos agregados de concreto, para a confecção de blocos de concreto.

A utilização do PET, não só trás benefícios na parte da construção civil, mas também para sociedade, como a redução do volume de lixo coletado, que é removido para aterros sanitários, a economia de energia elétrica e petróleo, pois a maioria dos plásticos é derivada desse óleo mineral, e a geração de empregos diretamente e indiretamente para catadores, sucateiros, operários, entre outros. Atualmente, no Brasil, só uma pequena parte do lixo plástico total produzido é reciclado, cerca de 2% ou menos, e pode-se perceber que existe uma grande porcentagem que não tem uma boa destinação.

Nesse sentido, é procedente enfatizar que o uso do PET na construção civil oportunizou a redução da matéria-prima não renovável, como por exemplo, a areia na fabricação do concreto ou a pedra brita, diminuindo os danos ambientais causados pela extração dessas matérias primas e reduzindo os custos de produção, visto que as garrafas PET é um material descartado com muita frequência. Outros benefícios tangíveis são o controle de retração plástica, melhor ductilidade, resistência à compressão e redução da tenacidade. Além disso, possui boas propriedades resistentes à chuva, ao vento e à maresia. Essas vantagens necessitam de uma consideração notória, uma vez que atender as demandas do consumidor e mercado, ultrapassando suas expectativas, trazem melhorias ao ramo da construção e conseqüentemente ao país. Nessa perspectiva, evidenciada por MONTEIRO (2008):

Com a evolução tecnológica o nível de exigência nas mais variadas áreas da engenharia civil aumenta e também as exigências quanto ao desempenho do concreto utilizado nas diversas atividades que compõem o mercado da construção civil. A necessidade de um concreto cada vez mais resistente aos esforços mecânicos e as intempéries teve como consequência a realização de estudos a fim de diminuir certas deficiências das misturas dos concretos convencionais de cimento Portland (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Assim, esse estudo busca apresentar as propriedades mecânicas de concretos através da reutilização sustentável e consciente do PET, esse material que existe em abundância no mundo e melhor reaproveitá-lo na construção civil.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Como justificativa para a efetivação deste trabalho acentua-se a importância e destaque da viabilização de uma destinação mais apropriada para os resíduos de PET. Um método assegurado de eliminação e utilizá-lo como um dos componentes do concreto.

A busca por um processo que consuma resíduo ao invés de matéria prima, evitando os desperdícios e oportunizando gerar uma consciência sustentável a cerca desses aspectos.

A pretensão de mais uma fonte de material alternativo a ser empregado na construção civil, beneficiando diversos setores da sociedade e principalmente a fonte de sobrevivência humana: a natureza.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GERAL**

Este estudo tem como objetivo geral analisar a influência de PET no concreto, gerando uma forma sustentável de trabalhar no meio da construção civil e obter benefícios à sociedade como um todo.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar o comportamento do concreto convencional em relação ao concreto com a adição da fibra de garrafa PET;
- Prover uma forma de destinação segura para o resíduo de PET;
- Verificar a influência de diferentes teores de fibras PET nas propriedades de concretos pré-dosados.

## **1.4 MATERIAIS E MÉTODO**

Neste t3pico irei abordar os materiais e suas especifica33es utilizados para realiza33o desta pesquisa.

#### 1.4.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados na pesquisa foram:

- PET (Polietileno tereftalato): triturado;
- Agregado mi3do: areia grossa fornecida pelo laborat3rio da UNI-RN;
- Agregado gra3do: brita gran3tica 9,5 mm (brita 0), fornecida pelo laborat3rio UNI-RN;
- Cimento (Cimento CP V-ARI Cimento Portland de Alta Resist3ncia Inicial): fornecido pelo laborat3rio do UNI-RN;
- 3gua: destinada ao consumo humano, fornecida pela Companhia de 3gua e Esgoto o Rio Grande do Norte (CAERN);

#### 1.4.2 POLIETILENO TEREFTALATO

O PET utilizado nesta pesquisa foi proveniente de um processo de reciclagem de garrafas de refrigerante, que consiste em triturar em pequena forma a garrafa, de forma mec3nica, com uma trituradora. Sua granulometria influencia bastante sobre os vazios, no fator 3gua/cimento.

FIGURA 1 – PET picotado



FONTE: Autor (2020).

#### 1.4.3 AGREGADO MIÚDO

Utilizamos areia grossa e foi feito o ensaio de granulométrica da areia, conforme prescreve a NBR NM 2489 (2003).

FIGURA 2 – Areia grossa



FONTE: (Wallison, 2018).

#### 1.4.4 AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo utilizado nesta pesquisa será a brita 9,5 mm de origem granítica, e assim como no agregado miúdo, foi feito o ensaio de granulométrica da areia, conforme prescreve a NBR NM 2489 (2003). Segundo Bauer (1995) a massa

específica para o agregado graúdo encontra-se na média de 2,7 g/cm<sup>3</sup>. O valor da absorção de agregados de origem granítica é de aproximadamente 0,3%.

FIGURA 3 – Brita 0



FONTE: (Cassol, 2016).

#### 1.4.5 CIMENTO

O cimento CP V-ARI, Cimento Portland de Alta Resistência Inicial, que possui a peculiaridade de atingir altas resistências já nos primeiros dias da aplicação. Esse desenvolvimento de alta resistência é conseguido pela utilização de uma dosagem diferente de calcário e argila na produção do clínquer, de modo que, ao reagir com a água, ele adquira elevadas resistências, com maior velocidade e continua ganhando resistência até os 28 dias, atingindo valores mais elevados que os demais. A Resistência à Compressão aos 28 dias do CP V-ARI é regida pela NBR 5733(1991), a qual não estabelece valor mínimo. A massa específica média do CP V- é de 3,12 g/cm<sup>3</sup>.

FIGURA 4 – Cimento



FONTE: Autor (2020).

#### 1.4.6 ÁGUA

A água de abastecimento público é adequada para o concreto e já vem sendo utilizada, não necessitando de ensaio.

#### 1.5 MÉTODO

Em seguida a escolha dos materiais, foi definido o traço (1:1,61:1,93), o fator água/cimento (0,45) e os percentuais de PET a serem utilizados. Os corpos de prova foram moldados e, após 28 dias de cura imersa, foram submetidos a ensaios para determinação de suas propriedades.

##### 1.5.1 COMPOSIÇÃO DAS PEÇAS

Para composição utilizou-se o concreto com o seguinte traço: (1:1,61:1,93). Para esse traço utilizou-se o fator água/cimento igual a 0,45. Foram produzidas peças com 0,0% de PET (concreto de referência) e peças com permuta parcial do agregado miúdo (areia) por PET nos teores de 5,0%, 10,0% e 15,0% da massa total do agregado.

##### 1.5.2 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Para produção dos corpos de prova foi utilizado o corpo de prova cilíndrico e prismático, e foi produzido para determinar a resistência a compressão axial, resistência à tração na flexão e absorção de água por imersão.

FIGURA 5 - Molde para corpo de prova cilíndrico / Corpo de prova



FONTE: Autor (2020).

FIGURA 6 - Molde para corpo de prova prismático



Fonte: Autor (2020).

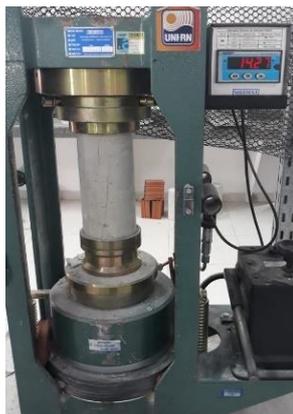
### 1.5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

A NBR 5738 (ABNT, 2015) – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto, estabelece os requisitos e métodos de ensaios exigíveis para aceitação de peças.

### 1.5.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Conforme a NBR 5739 (ABNT, 1994) Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

FIGURA 7 – Ensaio de compressão

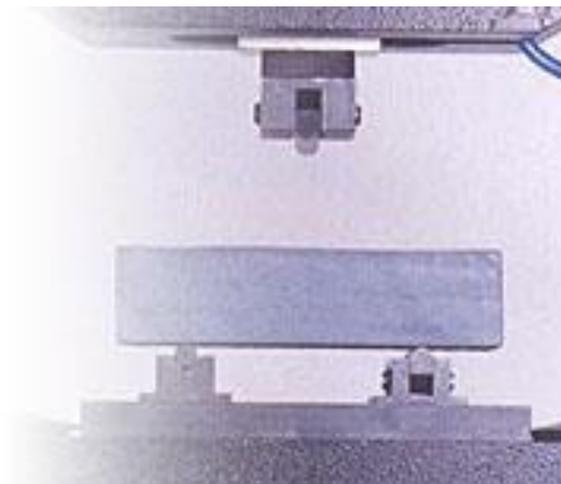


FONTE: (SILVA, 2018).

### 1.5.5 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

A NBR 12142 (ABNT, 2010) Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.

FIGURA 8 – Ensaio de tração na flexão



FONTE: (Concresolus, 2012).

### 1.5.6 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO

A NBR 9778 (ABNT, 2009) Argamassas e Concreto Endurecidos Determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica.

FIGURA 9 – Ensaio absorção de água



FONTE: (SILVA, 2018).

### 1.5.7 METODOLOGIA

Este trabalho teve seu desenvolvimento baseado em livros de engenharia civil, normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), revisões bibliográficas relacionando o tema de Polietileno Tereftalato no concreto e conteúdos previamente observados durante os anos letivos do curso de graduação em Engenharia Civil.

Com a análise e aprofundamento na teoria sobre o concreto, é possível um melhor entendimento sobre o assunto abordado, para então desenvolver a parte prática deste trabalho, o estudo de caso.

Contudo feito para mostrar o melhor desenvolvimento teórico voltado para aprimorar o agregado (Polietileno Tereftalato) no concreto.

## **2.0 REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 CONCRETO**

A mistura de cimento, água, agregado graúdo (pedra ou brita) e agregado miúdo (areia) resultam nesse material de construção que se tornou tão essencial na área de engenharia civil. Pode também conter adições (cinza volante, pozolana, sílica ativa etc.) e aditivos químicos com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas. (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

A resistência pode ser considerada a propriedade mais importante do concreto, embora, em muitos casos, outras características, como a durabilidade e a permeabilidade, sejam igualmente importantes. A resistência define uma ideia geral de qualidade do concreto, estando diretamente relacionada com a microestrutura da pasta cimento Portland hidratada. Além disso, a resistência é um elemento essencial do projeto estrutural especificando a sua aceitação (NEVILLE, 1997).

Diferente do aço comum e da madeira, a capacidade do concreto de resistir à ação da água, sem uma seria deterioração, faz dele um material ideal para estruturas destinadas a controlar, estocar e transportar água e a facilidade com que elementos estruturais de concreto podem ser executados, numa variedade de formas e tamanhos; mais barato e mais facilmente disponível no canteiro de obra (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Alguns dos motivos que contribuem a escolha do concreto quando comparado ao aço como material de construção dizem respeito à resistência ao fogo, manutenção e resistência ao carregamento cíclico (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

O traço de concreto pode ser definido como uma receita a ser seguida. Erro na proporção dos ingredientes irá resultar em muitos casos, desastroso. Por isso, é tão importante atentar-se para seguir as proporções corretamente, sempre levando

em conta o estado plástico e o estado duro do concreto. A trabalhabilidade do material é essencial.

A preparação do concreto pode ser feita pela mistura manual, utilizada para pequenas obras, ou em concretagens de pequenos volumes, ou por mistura mecânica do concreto que é feita em equipamentos chamados betoneiras. Nesses casos obtém-se uma mistura mais homogênea e uma maior produção do que no processo manual. Entretanto, como é um equipamento eletro-mecânico, exige instalação adequada na obra e treinamento para sua operação, recebem assim o nome de concreto (in loco), como também podem ser preparado em centrais dosadoras, ou seja, Concreto usinado ou pré-misturado é um concreto pronto, que pode ser comprado ao invés de ser feito na obra. Deve ser lembrado que o concreto usinado tem mais controle e oferece maior segurança do que o feito na obra, pois sua dosagem é feita pelo método racional.

FIGURA 10 – Preparação do concreto na betoneira



FONTE: Autor (2020).

Quando o concreto é utilizado como material estrutural recebe a denominação de concreto estrutural que pode ser de três tipos diferentes: concreto simples sem qualquer tipo de armadura; concreto armado quando há uma armadura não pré-tracionada (protendida); e concreto protendido quando há uma armadura que é ativa pré-tracionada (protendida). (COUTO et al., 2013)

A vida útil é usualmente definida como o período de tempo durante o qual as estruturas de concreto mantêm condições satisfatórias de uso, atendendo as finalidades esperadas em projeto.

A durabilidade está relacionada às propriedades do material e à sua exposição ao longo do tempo, em um dado ambiente. Ela é fundamental para a vida útil de uma edificação. Segundo a norma de desempenho ABNT NBR 15575.

Embora o concreto seja um composto rígido, alguns problemas podem ser observados com a corrosão, os ninhos e as fissuras que são frequentes nas construções, podendo até levar muitas vezes a mesma a um desmoronamento. (COUTO et al., 2013)

## 2.2 AGREGADOS

O agregado ocupa cerca de 60 a 80% de volume do concreto, e costuma ser visto como um material de enchimento inerte e, devido a isto, não se dar muita importância aos seus possíveis efeitos sobre as propriedades do concreto. Na verdade, eles não são realmente inertes, já que suas propriedades térmicas, físicas e algumas vezes químicas influenciam no desempenho do concreto, como, melhorando sua estabilidade dimensional e durabilidade em relação a pasta do cimento. (NEVILLE; BROOKS, 2013)

FIGURA 11 – Agregados



FONTE: (Fórum da construção, 2017).

Além dos requisitos físicos, não se deve esquecer o aspecto econômico, ou seja, o concreto deve ser produzido com materiais que possam ser produzidos com baixo custo. Os principais fatores que determinam a viabilidade econômica do agregado são: sua área superficial, visto que influencia a quantidade de água necessária para molhagem completa dos sólidos, o volume relativo ocupado pelo

agregado, a trabalhabilidade da mistura, e a tendência de segregação. (NEVILLE, 1997)

Embora conhecendo todas as propriedades, é difícil definir um ótimo agregado para o concreto. Enquanto agregados com todas as propriedades satisfatórias sempre resultarão em concreto de boa qualidade, um agregado de qualidade aparentemente inferior também pode resultar em concreto de qualidade, sendo essa a razão para utilização de critérios de desempenho na seleção dos agregados. (NEVILLE; BROOKS, 2013)

As influências do agregado nas propriedades do concreto dependem da densidade e da resistência do agregado, devendo-se destacar que a resistência do concreto não depende diretamente da resistência do agregado, exceto quando é de baixa resistência, muito frágil ou poroso. (GARCIA; ALVARES; ALEXANDRE, 2015)

De modo geral os agregados devem ser:

- a) Resistentes a compressão e ao desgaste
- b) Isentos de impurezas ou materiais com efeitos prejudiciais
- c) Estáveis nas condições de exposição do concreto
- d) Com granulometria distribuída de modo a reduzir o volume global da

mistura

Observou-se que as propriedades do concreto são influenciadas pelas características dos agregados, tais como: distribuição granulométrica, absorção de água, porosidade, forma e textura superficial, resistência a compressão e módulo de elasticidade. (MEHTA; MONTEIRO, 2014)

Deve-se salientar que, resistência do concreto a resistência depende da relação água/cimento efetiva, que é calculada a partir da água de amassamento menos a água absorvida pelo agregado. Isto é, assume-se que, no momento da mistura, o agregado utiliza parte da água de modo a alcançar a condição saturada com superfície seca.

### 2.2.1 AGREGADO GRAÚDO

Define-se como agregado graúdo o pedregulho ou a brita proveniente de rochas estáveis – ou a mistura de ambos –, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira de 4,75 mm.

Segundo EVANGELISTA (2002), mantendo-se a mesma proporção volumétrica dos agregados graúdos e água, o mesmo tipo de cimento e o mesmo abatimento de tronco de cone, utilizando-se agregados britados de gnaiss com dimensões máximas de 19 mm e 9,5 mm, observou-se que não houve influência significativa das dimensões máximas do agregado usado na resistência à compressão dos concretos. Apenas nas situações onde o concreto apresentava menor valor  $a/c$  é que se observaram maiores diferenças na resistência do concreto.

No concreto usado na construção civil, podem ser usadas tanto as britas quanto os pedregulhos, dependendo da necessidade. O importante é que sejam materiais de boa resistência, limpos e com granulação uniforme, para que possam ser dosados de forma a se obter uma massa de concreto econômica e com a maior resistência possível.

Segundo FRANKLIN AND KING (1971), apud NEVILLE (1997), que investigaram concretos com mesmo traço onde se variou a natureza do agregado, a influência do tipo de agregado graúdo sobre a resistência do concreto depende da relação água-cimento. Para relações água-cimento menores que 0,40, verificou-se que os concretos com agregados britados tiveram resistência até 38% maiores que o concreto com seixo. Já para a relação água-cimento de 0,50 a diferença das resistências dos dois concretos diminuiu e, para a relação água-cimento igual a 0,65, não se notou diferença entre as resistências de concretos feitos com pedra britada e seixo.



Fonte: (VOTORAN, 2007).

### 2.2.2 AGREGADO MIÚDO

A areia e pedra são materiais fundamentais em qualquer tipo de construção. São usados em várias etapas, desde as fundações até as coberturas passando pela estrutura, vedações e acabamentos.

Para cada aplicação deve ser escolhido um tipo de areia ou pedra, mudando a granulometria (tamanho dos grãos). A areia nada mais é do que a parte miúda, resultante da deterioração de rochas. Essa deterioração pode ser causada por processos naturais ou por meio de processos mecanizados para britagem de rochas.

A areia é dividida entre fina, média e grossa. A areia fina é utilizada em acabamentos, assentamento de pisos e pinturas. Já a areia média é mais utilizada na preparação de massa e assentamento de tijolos concreto para enchimento de brocas, lajes, vigas e colunas. A areia grossa é usada para preparar o concreto, chapiscos para reboco e drenagem.

Dessa forma, define agregado miúdo (Figura 2) como os agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150  $\mu$ m.

Figura 13 - Agregados miúdos

Tipo de areia	Tamanho nominal (mm)		Módulo de finura
	Mínimo	Máximo	
muito fina	0,15	0,6	MF < 2,0
fina	0,6	1,2	2,0 < MF < 2,4
média	1,2	2,4	2,4 < MF < 3,2
grossa	2,4	4,8	MF > 3,2



Fonte: (VOTORAN, 2007).

Aspectos importantes a serem considerados são o módulo de finura, a área específica, a forma dos grãos e a composição granulométrica (HANAI, 1992 apud ARMANGE, 2005).

### 2.3 ÁGUA

É um dos componentes mais importantes na confecção de concretos e argamassas. Um material de construção nobre, que influencia diretamente na qualidade e segurança da obra, conforme afirma (AMBROZEWICZ, 2012).

A água utilizada no amassamento do concreto não deve conter impurezas que possam vir a prejudicar as reações entre ela e os compostos do cimento.

Deve-se notar que as águas com agentes agressivos, utilizadas para amassar concretos, têm uma ação muito menos intensa do que a mesma água agindo permanentemente sobre o concreto endurecido.

Sendo a NBR 15900-1 de 2009 A água de abastecimento público é adequada para o concreto e já vem sendo utilizada, não necessitando de ensaio. A água potável que atende a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde é considerada dentro dos padrões exigidos pela norma do ABNT/CB-18 e pode ser utilizada sem restrição para a preparação do concreto. A água de esgoto, mesmo com tratamento, não é adequada para uso em concreto.

A água de amassamento é um fator que interfere diretamente na qualidade do concreto, seja na própria composição ou na relação água/cimento. A relação água/cimento é um fator que influencia na suscetibilidade do concreto ao ingresso de agentes externos, pois interferem na porosidade, permeabilidade e capacidade de absorção. (Helene, 1999)

## 2.4 CIMENTO

O cimento Portland é o material bastante empregado na construção civil, sendo constituído de clínquer e adições. O clínquer é composto por matérias-primas, ricas em Al, Si, Ca e Mg, tais como o calcário e argila. As adições determinam propriedades específicas para cada tipo de cimento Portland. Quando o cimento Portland é misturado com a água é possível obter um material com características aglutinantes que envolvem os materiais que estão misturados. A diversidade de cimentos existentes no mercado é determinada pelo tipo da adição misturada com o clínquer. O que possibilita as mais variadas aplicações, tornando assim, um dos mais importantes materiais utilizados nas obras da construção civil. (Recena, 2017)

Cimento na acepção da palavra pode ser considerado todo material com propriedades adesivas e coesivas capaz de unir fragmentos de minerais entre si de modo a formar um todo compacto. Já no campo da construção, o significado do termo “cimento” se restringe aos materiais ligantes usados com pedra, areia, tijolos, blocos etc. Os constituintes principais deste tipo de cimento são os calcários, de modo que na engenharia civil e na construção se pensa em cimento calcário. Os cimentos que

interessam no preparo do concreto têm a propriedade de endurecer mesmo dentro da água, devido às reações químicas com esse elemento, e, portanto, são denominados cimentos hidráulicos (NEVILLE, 1997).

#### 2.4.1 CIMENTO CP V – ARI

O cimento Portland de alta resistência inicial (CP V – ARI) tem a peculiaridade de atingir altas resistências já nos primeiros dias da aplicação. O desenvolvimento da alta resistência inicial é conseguido pela utilização de uma dosagem diferente de calcário e argila na produção do clínquer, bem como pela moagem mais fina do cimento, de modo que, ao reagir com a água, ele adquira elevadas resistências, com maior velocidade. O clínquer é o mesmo utilizado para a fabricação de um cimento convencional, mas permanece no moinho por um tempo mais prolongado. O cimento continua ganhando resistência até os 28 dias, atingindo valores mais elevados que os demais, proporcionando maior rendimento ao concreto. (Cimento.org, 2010)

O CP V-ARI é produzido com um clínquer de dosagem diferenciada de calcário e argila se comparado aos demais tipos de cimento e com moagem mais fina. Esta diferença de produção confere a este tipo de cimento uma alta resistência inicial do concreto em suas primeiras idades, podendo atingir 26MPa de resistência à compressão em apenas 1 dia de idade. Por se tratar de um cimento de maior custo de produção, tem seu preço mais elevado que os demais tipos. (Cimento.org, 2010)

Figura 14 – Cimento CP V



Autor: (Itambé, 2016).

## 2.5 PET

O polietileno tereftalato (PET) é o polímero formado pela reação do ácido tereftálico e o etilenoglicol. Por sua vez, o ácido tereftálico é obtido pela oxidação do p-xileno, enquanto o etilenoglicol é sintetizado a partir do eteno, sendo ambos no Brasil produzido na indústria petroquímica. (ABiPET, 2011).

Os polímeros termoplásticos ao serem aquecidos sofrem amolecimento e ao esfriarem retornam a sua rigidez inicial. Isso se deve às ligações químicas intermoleculares fracas, forças de Van de Wallace, facilmente interrompidas pela introdução de energia, no caso, o aquecimento (GORNISKI e KAZMIERCZAC, 2007).

O polietileno tereftalato (PET), quando sob efeito da temperatura e pressão, amolece e flui, podendo ser moldado nessas condições. Pode ser posteriormente remodelado por meio de exposição a aplicação de pressão e temperatura, tornando-se, assim, material reciclável (PEZZIN, 2007).

## 2.6 CONCRETO COM FIBRAS DE PET

Um concreto contendo cimento, água, agregados e fibras descontínuas, resulta num compósito, denominado concreto reforçado com fibras - CRF. Têm sido produzidas para uso em concretos fibras de aço, vidro e polímeros orgânicos ( ACI-544.1R, 1997). Também têm sido utilizadas no concreto, fibras de várias formas, tamanhos e tipos. (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Figura 15 - Pesagem dos compósitos



Autor: (Borges, 2019).

As fibras sintéticas, tais como fibras de polietileno, polipropileno, acrílicas, poli (vinil, álcool), poliamidas, aramida, poliéster e carbono tornaram-se mais atrativas para reforçar materiais cimentícios nos últimos anos (FOWLER, 1999).

Para Zheng e Feldman (1995), uma das vantagens das fibras de polietileno é que elas podem ser produzidas com alto módulo de elasticidade. A durabilidade das fibras de polietileno é alta, comparada com fibras similares, e não sofrem variação volumétrica na presença da água. (HANNANT, 1994).

## 2.7 ENSAIOS

Consistem em submeter um material já fabricado ou a ser processado industrialmente, submetendo-os a esforços e situações as quais as estruturas e/ou materiais irão ser submetidos. Compreendendo ainda cálculos, tensões, consultas a tabelas, gráficos em conformidade com as Normas Técnicas, buscando resguardá-los as características e propriedades dos quais os materiais e estruturas analisadas foram dimensionadas ou processadas para serem utilizados, de forma a garantir a sua integridade na usabilidade e aplicabilidade e ainda a confiança dos usuários.

### 2.7.1 ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão para avaliação dos concretos é um dos mais utilizados devido a sua facilidade de realização, pelo seu custo relativamente baixo e pela possibilidade de correlação com outras propriedades do concreto. (SILVA et al., 2014)

Figura 16 – Ensaio de compressão

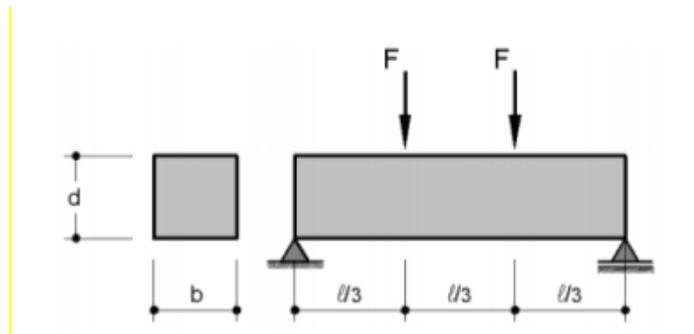


Autor: (Testecon, 2019).

## 2.7.2 ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

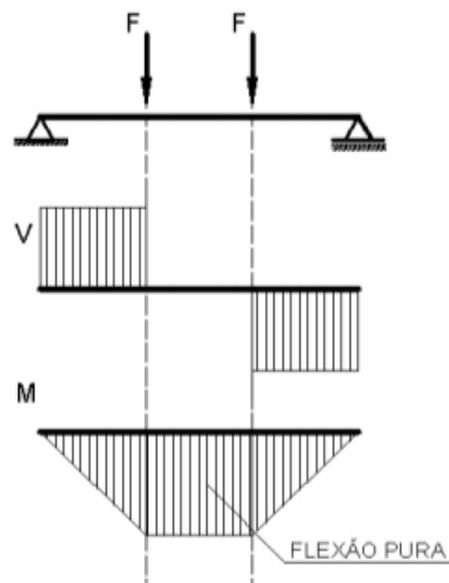
Para a realização deste ensaio, um corpo-de-prova de seção prismática é submetido à flexão, com carregamentos em duas seções simétricas, até à ruptura. O ensaio também é conhecido por “carregamento nos terços”, pelo fato das seções carregadas se encontrarem nos terços do vão. Analisando os diagramas de esforços solicitantes pode-se notar que na região de momento máximo tem-se cortante nula. Portanto, nesse trecho central ocorre flexão pura.

Figura 17 - Ensaio de tração na flexão



Fonte: (USP, 2004).

Figura 18 - Diagramas de esforços solicitantes (ensaio de tração na flexão)



Fonte: (USP, 2004).

### 2.7.3 ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO

Os ensaios de determinação da absorção de água por imersão e foi realizado como um método indireto de avaliar a porosidade do concreto, a fim de verificar uma possível incorporação de ar durante a mistura dos concretos com adição de fibras. O ensaio será realizado de acordo com as normas brasileiras NBR-9778 (2009).

Figura 19 - Ensaio de absorção de água



Fonte: (Malvt, 2015).

### 3.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos nos ensaios de absorção de água por imersão, resistência à compressão e resistência à tração na flexão, para o ensaio de absorção e resistência à compressão utilizamos 10 cps do pequeno de 0%, 5% e 10% de Pet, produzidos com cimento CPV- ARI, quanto para o ensaio de resistência à tração na flexão utilizamos 2 vigas de 0%, 5%, 10% de Pet, produzidos com cimento CPV- ARI. Esses resultados estão relacionados às propriedades mecânicas de resistência à compressão, resistência à tração na flexão e absorção de água por imersão.

Utilizado o traço

FCK= 40mpa

0% de pet 1:1,61:1,93:0,45 – x 20 = 20:32,2:38,6:9

5% de pet 1:1,61:1,93:0,45 – x 20 = 20: [32,2(5%=1,61 de pet) ]=30,59:38,6:9

10% de pet 1:1,61:1,93:0,45 – x 20 = 20: [32,2(10%=3,22 de pet) ]=28,98:38,6:9

#### 3.1 RESULTADO DOS ENSAIOS DE % DE ABSORÇÃO

Segundo ILZENETE ANDRADE MENESES (2011), fazendo um traço de 1:1,9:2,85 (cimento CP IV 32 RS: areia quartzosa: brita granítica), com fator água cimento 0.46, e os corpos de prova, após a cura submersa de 28 dias e secos em estufa por 72 horas e com adição de 0,6% de pet, pode-se obter o seguinte resultado;

Tabela 2. Resultados dos ensaios de absorção

Concreto	Absorção (%)	Massa Esp. Real (g/cm <sup>3</sup> )
Referência	4,33	222,56
Com Pet	4,20	222,37

FONTE: (adaptado de ILZENETE ANDRADE MENESES, 2011).

Como observado, o concreto com a adição das fibras de PET, apresentou índices de vazios muito próximo do concreto de referência.

P. M. Correa, D. Guimarães, R. M. C. Santana (2019) fazendo um traço de 1:1,97:3 (cimento CP V : areia média do tipo quartzosa: brita do tipo I de origem basáltica), com fator água cimento 0.60, e os corpos de prova, após a cura submersa de 28 dias e secos em estufa por 24,48,72 horas e com a substituição de 10% e 15% de pet, pode-se obter o seguinte resultado;

Tabela 2. Resultados dos ensaios de absorção

% de fibras	0% de fibras	10% de fibras	15% de fibras
Absorção (%) 24 horas	0,5	1,6	3,5
Absorção (%) 48 horas	0,6	1,7	2,9
Absorção (%) 72 horas	0,65	1,75	3,0

FONTE: (adaptado de P. M. Correa, D. Guimarães, R. M. C. Santana, 2019).

Essa diferença excessiva de água absorvida pela amostra contendo PET está relacionada ao fato de o polímero ser higroscópico, ou seja, absorve água do ambiente durante o armazenamento. À medida que o teor do polímero for maior, a absorção de água também será. Outro fator importante é a porosidade, que também é diretamente afetada pelo aumento do PET no concreto.

### 3.2 RESULTADO DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO

JANAINA SALUSTIO DA SILVA (2013) fazendo um traço de 1:0,75:1,65 (cimento CP IV 32 RS: areia de diâmetro máximo de 4,8mm: brita granítica de 25mm), com fator água cimento 0.31, mostrou que a queda da resistência mecânica deixa de ocorrer da adição de 0,8% de PET na mistura, porém não ultrapassa o concreto de referência.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de compressão

% de fibras	0% de fibras	0,4% de fibras	0,6% de fibras	0,8% de fibras
Resistência a compressão (mpa)	47,07	43,88	42,90	45,58

FONTE: (adaptado de JANAINA SALUSTIO DA SILVA, 2013).

ROSIÉLI RIBEIRO JARDIM (2016) fazendo um traço de 1:2,06:2,94 (cimento CP IV 32 RS: areia quartzosa: brita granítica), com fator água cimento 0.52, houve um aumento da resistência à compressão axial com o aumento da idade de controle (7→28 dias), como o esperado. As misturas com substituição parcial do agregado miúdo reciclado de PET (teor de 10%) apresentaram uma pequena redução na resistência à compressão axial em relação aos concretos de referência para as duas idades de controle (redução de 4% aos 7 dias e de 4,8% aos 28 dias, respectivamente). Diferentemente do observado, os concretos com teores de PET de 15%, apresentaram resultados de resistência à compressão axial superiores à amostra de referência em ambas as idades de controle. Para a idade de 7 dias, o crescimento da resistência à compressão axial do concreto com agregado reciclado de PET em relação a sua referência foi de 2,9 % e aos 28 dias, o crescimento foi de 1,47%, respectivamente.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de compressão

% de fibras	0% de fibras	10% de fibras	15% de fibras
Resistência a compressão(mpa) 7 dias de cura	14,32	13,72	14,73
Resistência a compressão(mpa) 28 dias de cura	22,45	21,37	22,78

FONTE: (adaptado de ROSIÉLI RIBEIRO JARDIM, 2016).

Alejandro Salazar Guerra; Elórah Regina Diniz Rocha; Juliani Yukie Okabayashi (2017) fazendo um traço de 1:0,88:2,41 (cimento CP IV 32 RS: areia media: areia fina: brita 1), com fator água cimento 0.48, após o rompimento dos corpos de prova na prensa hidráulica, obteve-se os seguintes dados das resistências a compressão axial dos corpos de prova ensaiados.

Tabela 5. Resultados dos ensaios de compressão

Resistência a compressão(mpa)	7 Dias	14 Dias	21 Dias
Concreto Referência	28,67	35,98	38,05
20%	26,43	30,97	35,93
30%	22,56	27,64	31,45
50%	19,58	23,98	28,54

FONTE: (adaptado de Alejandro Salazar Guerra; Elórah Regina Diniz Rocha; Juliani Yukie Okabayashi, 2017).

Pode-se concluir que ao aumentar a adição do teor de fibras de PET, as propriedades mecânicas do concreto são alteradas. Observada a redução da resistência a compressão axial nas amostras mencionadas, não sendo o uso destas fibras indicado, (nos percentuais pesquisados), para concretos com funções estruturais.

TALISSA RIBEIRO FONTOURA (2018) fazendo um traço de 1:1,48:2,48 (cimento CP V - ARI: areia media: brita 1), com fator água cimento 0.42, Em comparação ao concreto de referência, a adição de 1,20% de fibra apresentou melhor resistência à compressão em relação às outras adições.

Tabela 6. Resultados dos ensaios de compressão

% de fibras	0% de fibras	0,4% de fibras	0,6% de fibras	1,2% de fibras
Resistência a compressão (mpa)	43,48	34,06	37,42	42,12

FONTE: (adaptado de TALISSA RIBEIRO FONTOURA, 2018).

### 3.3 RESULTADO DOS ENSAIOS DE TRAÇÃO NA FLEXÃO

ROSIÉLI RIBEIRO JARDIM (2016) fazendo um traço de 1:2,06:2,94 (cimento CP IV 32 RS: areia quartzosa: brita granítica), com fator água cimento 0.52, observa-se, para todos os concretos, um aumento da resistência a tração com o aumento da idade de controle (7→28 dias), como o esperado. Diferentemente do observado para os resultados de resistência à compressão axial, os concretos com teores de PET de 10% e 15% apresentaram um crescimento da resistência à tração em relação à amostra de referência em ambas às idades de controle. Os resultados positivos obtidos podem estar associados ao formato do agregado reciclado de PET, que se assemelha a uma fibra. Alguns estudos em concretos reforçados com fibras têm mostrado que as fibras melhoram alguns aspectos do concreto em relação à tenacidade das peças, aumentando a resistência à tração desses concretos quando comparados a um concreto convencional.

Tabela 7. Resultados dos ensaios de tração na flexão

% de fibras	0% de fibras	10% de fibras	15% de fibras
Resistência a tração (mpa) 7 dias de cura	1,78	1,91	1,87
Resistência a tração (mpa) 28 dias de cura	2,49	2,80	2,72

FONTE: (adaptado de ROSIÉLI RIBEIRO JARDIM, 2016).

TALISSA RIBEIRO FONTOURA (2018) fazendo um traço de 1:1,48:2,48 (cimento CP V - ARI: areia media: brita 1), com fator água cimento 0.42, Através desse ensaio pode-se observar que a adição de 0,40% foi a que melhor apresentou resultado comparado com o concreto de referência, pois teve um aumento de 12,8%

Tabela 8. Resultados dos ensaios de tração na flexão

% de fibras	0% de fibras	0,4% de fibras	0,6% de fibras	1,2% de fibras
Resistência a tração (mpa)	5,93	6,69	5,64	5,58

FONTE: (adaptado de TALISSA RIBEIRO FONTOURA, 2018).

## **4.0 COMPARATIVO DOS ENSAIOS**

### **4.1. COMPARATIVO DOS ENSAIOS DE ABSORÇÃO**

Ao comparar os dois ensaios realizados por diferentes autores pode-se observar primeiramente que foram utilizados diferentes tipos de cimento e traço, e também utilizadas diferentes proporções, ao fazer a análise do ensaio de ILZENETE ANDRADE MENESES (2011), observasse que ao acrescentar uma pequena proporção de PET, a absorção tende a diminuir, porém observando o ensaio de P. M. Correa, D. Guimarães, R. M. C. Santana (2019), acrescentando uma maior porcentagem de PET, a absorção tende a aumentar em relação ao concreto de referência.

### **4.2 COMPARATIVO DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO**

Ao realizar o comparativo entre os quatro ensaios realizados por diferentes autores pode-se observar primeiramente que foram utilizados diferentes tipos de cimento e traço, e também utilizadas diferentes proporções. Ao fazer uma comparação entre os resultados obtidos pode-se observar um destaque no ensaio de ROSIÉLI RIBEIRO JARDIM (2016), que com a adição de 15% de PET, conseguiu obter maior resistência, do que o concreto de referência.

### **4.3 COMPARATIVO DOS ENSAIOS DE TRAÇÃO**

Ao observar os dois ensaios realizados por diferentes autores pode-se observar primeiramente que foram utilizados diferentes tipos de cimento e traço, e também utilizadas diferentes proporções, mas pode-se concluir que os dois encontraram uma porcentagem que fosse satisfatória para este ensaio.

## 5.0 CONCLUSÕES FINAIS

O objetivo inicial da pesquisa foi avaliar a contribuição da adição da fibra de PET no concreto, contribuindo para melhorar o comportamento desse compósito consagrado na indústria da construção civil, introduzindo um produto advindo do processo de reciclagem.

Um dos fatores que mais influenciam no resultado da resistência do material é a proporção de PET utilizado, portanto ao fabricar o corpo de prova deve-se observar primeiro qual resistência deseja obter para assim definir a proporção e obter um resultado de forma correta.

Embora que os ensaios realizados tenham sido com materiais e proporções diferentes, ao analisar esses ensaios, podemos concluir que não promoveu nenhuma melhora e nem piora significativa na absorção de água por imersão, resistência a compressão axial e resistência a tração na flexão. Não houve alterações nas propriedades mecânicas, quando se fez a substituição do agregado miúdo por este material. O que pode ser um indicativo positivo do uso de fibras de PET como parte do agregado miúdo em concretos convencionais.

Os resultados obtidos, permitem concluir, que existe potencialidade de utilização de agregado de PET em substituição parcial ao agregado miúdo, principalmente se analisarmos sob o ponto de vista ecológico. Conforme já mencionado, o lixo das garrafas PET gera um grande problema ambiental. Assim deixando a possibilidade da possível comercialização de um novo material alternativo a ser empregado na construção civil, evitando os desperdícios e oportunizando gerar uma consciência sustentável.

## 6.0 REFERÊNCIAS

8° Censo da Reciclagem de PET no Brasil. Slide, 2012. Color

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação Especificação e métodos de ensaio 2013.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica 2009.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos 2010.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733: Cimento Portland de alta resistência inicial 1991.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova 2015.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos 1994.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos 2009.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 2: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos 2009.**

AGREGADOS para Construção Civil. 2019. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=31&Cod=1685>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

AREIA Grossa. Disponível em: <<https://empreendimentosww.com.br/produto/185972/areia-grossa-msup3>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 471 p.

BAUER, L.A Falcao. Materiais de construção. Vol. 1. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Editora LTC. 1995.

BORGES, Ana Beatriz et al. **COMPÓSITO CIMENTÍCIO COM FIBRA DE PET**. Natal Rn, 2019.

CASSOL. Disponível em: <<https://www.cassol.com.br/p/pedra-brita-0-argamassa-pampa-2m>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CIMENTO.org disponível em < <https://cimento.org/cp-v-ari-cimento-portland-de-alta-resistencia-inicial/> > acesso em: 16 de dezembro de 2019

CIMENTO Portland de alta resistência inicial. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/produtos/cp-v-ari/>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

COUTO, José Antônio Santos; CARMINATTI, Rafael Lima; NUNES, Rogério Reginato Alves. **O CONCRETO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO**. 2013. 1 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe, 2013.

CORRÊA, Lázaro Roberto. Sustentabilidade na construção civil. 2009. 70 f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009, pp. 19-22.

CORREA, P. M.; GUIMARÃES, D.; SANTANA, R. M. C.. **INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE PET PÓS-CONSUMO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO**

**CONCRETO LEVE.** 2019. 6 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020

ENSAIO de Absorção de Água. 2015. Disponível em: <<http://malvteng.blogspot.com/2015/12/ensaio-de-absorcao-de-agua.html>>. Acesso em: 16 dez. 2019.

ENSAIO de Concreto - Rompimento de Prismático: Norma – ABNT NBR NM 12142. Norma – ABNT NBR NM 12142. Disponível em: <[http://www.concresolus.com.br/serv\\_concreto\\_prismatico.php](http://www.concresolus.com.br/serv_concreto_prismatico.php)>. Acesso em: 12 out. 2019.

ENSAIOS tecnológicos. 2019. Disponível em: <<http://www.testecon.com.br/servicos/ensaios-tecnologicos/>>. Acesso em: 16 dez. 2019.

EVANGELISTA, Ana C. J. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos.** 219 p. Tese (Doutorado em Ciências na Construção Civil) Coordenação de Programa de Pós-Graduação em Engenharia-COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002

FONTOURA, Talissa Ribeiro. **ANÁLISE DA VIABILIDADE DA ADIÇÃO DE FIBRA DE GARRAFA PET NO CONCRETO CONVENCIONAL.** 2018. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Dinâmica das Cataratas – Udc, Foz do Iguaçu, 2018.

GORNISKI, J. P., KARZMIERCZAC, C. S. **Microestrutura dos polímeros.** Cap. 12. In: Isaia, G. C (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais.** São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON, 2007

GUERRA, Alejandro Salazar; ROCHA, Elórah Regina Diniz; OKABAYASHI, Juliani Yukie. **ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA A REUTILIZAÇÃO DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET) RESIDUAL EM SUBSTITUIÇÃO AO**

**AGREGADO MIÚDO NO CONCRETO.** 2017. 6 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Unicuritiba, Florianópolis, 2017.

HELENE, Paulo, ISA, Mario M. **Aderência Concreto-Armadura: Influência de Revestimentos para Proteção Catódica Tipo Galvânica** In: 41º Congresso Brasileiro do Concreto, 1999, Salvador. 41º Congresso Brasileiro do Concreto- IBRACON. , 1999

JARDIM, Rosiéli Ribeiro. **ESTUDO DA VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR AGREGADO MIÚDO RECICLADO DE PET EM CONCRETOS CONVENCIONAIS.** 2016. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2016.

MARTINS, Paulo Benjamim Morais. **INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA AGREGADO MIÚDO NA TRABALHABILIDADE DO CONCRETO.** 2008. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 1994, p. 01-02.

MEHTA P. Kuman; MONTEIRO Paulo J.M., **Microestrutura, Propriedades e Materiais** (2008)

MEHTA, P.K. & MONTEIRO, P.J.M. **Concrete: microstructure, properties, and materials.** New York: McGraw-Hill. 2014

MENESES, Ilzenete Andrade *et al.* **AVALIAÇÃO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE PET SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS.** 2011. 90 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

NEVILLE, A. M, **Propriedades do Concreto**. Trad. Salvador E. Giamusso.  
São Paulo: PINI, 1997.

NEVILLE, ADAM. **Propriedades do concreto**, II Edição, São Paulo, Pini, 1997.  
RIBEIRO JÚNIOR, Enio. Propriedades dos materiais constituintes do concreto.  
Revista Especialize On-line Ipog, Goiânia, Go, p.1-15, 25 abr. 2015.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do Concreto. 2ª  
Edição, São Paulo: Editora Bookman LTDA. Brasil, 2013

PEZZIN, A.P.T., **Reciclagem química de embalagens de PET pós – consumo: Síntese de novos copolímeros biodegradáveis**, 2007. 126 v. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

SILVA, Bruno Fernandes da. **ANÁLISE COMPARATIVA DE RESISTÊNCIA MECÂNICA E ESTUDO DA MICROESTRUTURA EM CONCRETO**. 2018. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Rio Grande do Norte, Natal Rn, 2018.

SILVA, Élida Ramalho da et al. Tecnologia de Conservação dos Alimentos pelo Uso de Aditivos Químicos. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Garanhuns – Pe, v. 4, n. 1, p.10-14, 15 jan. 2014

SILVA, Janaina Salustio da. **ESTUDO DE CONCRETO DE DIFERENTES RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS SEM E COM INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET)**. 2013. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

TRAÇO DE CONCRETO. 2017. Disponível em:  
<<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/traco-de-concreto-o-que-e-o-conceito-de-mistura-pacaaaa/>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

VMACEDO, Vinicius Macedo. **CONCRETO MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO IV. NOMENCLATURA** PASTA=cimento+água ARGAMASSA=PASTA+agregado miúdo CONCRETO=ARGAMASSA+agregado graúdo **CONCRETO**. 2018. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/13960119/>>. Acesso em: 12 nov. 2019