

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO AMAPÁ – IFAP  
CAMPUS MACAPÁ  
CURSO DE TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

CLÁUDIO ANDRÉ MOREIRA DA ROCHA

**RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CONCRETOS COM ADIÇÃO DE  
PÓ DE VIDRO**

MACAPÁ – AP  
2021

CLÁUDIO ANDRÉ MOREIRA DA ROCHA

**RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CONCRETOS COM ADIÇÃO DE  
PÓ DE VIDRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito final para obtenção do Título de tecnólogo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios do Instituto Federal do Amapá, Campus Macapá.

Orientador: Prof. Me. Ruan Fabricio Gonçalves Moraes

Biblioteca Institucional - IFAP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

R672r Rocha , Cláudio André  
Resistência a compressão de concretos com  
adição de pó de vidro. /Cláudio André Rocha -  
Macapá, 2020.  
33 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
do Amapá, Campus Macapá, Curso de Tecnologia em  
Construção de Edifícios, 2020.

Orientador: Me. Ruan Fabricio Gonçalves Moraes.

1. Concreto. 2. Resistência a compressão . I. Moraes,  
Me. Ruan Fabricio Gonçalves, orient. II. Título.

---

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha  
Catalográfica do IFAP com os dados  
fornecidos pelo(a) autor(a).

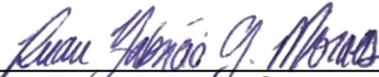
CLÁUDIO ANDRÉ MOREIRA DA ROCHA

**RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CONCRETOS COM ADIÇÃO DE  
PÓ DE VIDRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito final para obtenção do Título de tecnólogo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios do Instituto Federal do Amapá, Campus Macapá.

Orientador: Prof. Me. Ruan Fabricio Gonçalves Moraes

**BANCA EXAMINADORA**

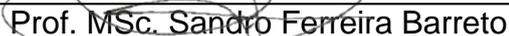


Prof. MSc. Ruan Fabricio Gonçalves Moraes

CAIO FELIPE LAURINDO:93453841204

Assinado de forma digital por CAIO FELIPE LAURINDO:93453841204  
DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=AC SOLUTI Multipla v5, ou=24152219000174,  
ou=Certificado PF A3, cn=CAIO FELIPE LAURINDO:93453841204  
Dados: 2021.03.22 09:00:26 -0300

Prof. MSc. Caio Felipe Laurindo



Prof. MSc. Sandro Ferreira Barreto

Aprovado em: 24/06/2020

Nota: 8,7

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica de incorporação de resíduos com adição de pó de vidro no concreto. O meio ambiente vem ao longo do tempo sofrendo modificações antrópicas, haja vista a alta poluição gerada a partir da exploração de recursos naturais. As consequências dessas ações é o grande aumento dos produtos descartáveis. Na cidade de Macapá observa-se grande deposição inadequada de resíduos de vidro por parte das revendedoras. Por essa razão, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade técnica de incorporação de resíduos com adição de pó de vidro no concreto. Aplicou-se o método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), e ensaios técnicos realizados de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Foram dosados quatro traços, um de referência e três com adição de vidro nas respectivas porcentagens 2,5%, 5% e 10% em relação a massa de cimento, na qual foram misturados em betoneira com capacidade máxima de 140L em média por 5 minutos cada traço. Conforme a análise de trabalhabilidade do concreto com adição de polímero, ocorreu perda de abatimento do concreto no estado fresco, porém mais acentuado para as misturas de 2,5 e 10% ao confrontar com o traço de referência. Portanto, o presente estudo tem o intuito de gerar alternativa para dar destino adequado para esses resíduos que geram impactos sócio ambientais. Partindo desse pressuposto, recomenda-se para os trabalhos futuros, que se realize dosagens com proporções menores de Pó de Vidro na qual foram utilizadas nesse experimento.

Palavras - Chaves: Concreto. Pó de Vidro. Adição de Polímero.

## ABSTRACT

The present work aims to evaluate the technical feasibility of incorporating residues with the addition of glass powder in concrete. The environment has undergone anthropic changes over time, given the high pollution generated from the exploitation of natural resources. The consequences of these actions is the great increase in disposable products. In the city of Macapá, there is a large inadequate deposition of glass waste by resellers. For this reason, the present work aims to evaluate the technical feasibility of incorporating waste with the addition of glass powder in concrete. The dosage method of the Brazilian Association of Portland Cement (ABCP) was applied, and technical tests carried out in accordance with the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). Four strokes were measured, one for reference and three with the addition of glass in the respective percentages 2.5%, 5% and 10% in relation to the cement mass, in which they were mixed in a concrete mixer with a maximum capacity of 140L on average for 5 minutes each stroke. According to the workability analysis of concrete with addition of polymer, there was a loss of concrete slump in the fresh state, but more accentuated for mixtures of 2.5 and 10% when confronted with the reference trace. Therefore, the present study aims to generate an alternative to give an adequate destination to these residues that generates socio-environmental impacts. Based on this assumption, it is recommended for future work that dosages be carried out with smaller proportions of Glass Powder in which they were used in this experiment.

Keywords: Concrete. Glass dust. Polymer addition.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Máquina Abrasão Los Angeles	19
Figura 2 -	Vidro Empedrado	19
Figura 3 -	Pó de Vidro	20
Figura 4 -	Slump Test	22
Figura 5 -	Moldagem dos Corpos de Prova	22
Figura 6 -	Cura dos Corpos de Prova	23
Figura 7 -	Ensaio de Resistência à Compressão	23
Figura 8 -	Gráfico de Análises	28
Figura 9 -	Gráfico de Análises	28
Figura 10 -	Gráfico de Análise das Amostras	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Granulometria dos Agregados	17
Tabela 2 -	Granulometria dos Agregados	17
Tabela 3 -	Composição do Cimento CII-E 32	18
Tabela 4 -	Granulometria do Agregado Graúdo	18
Tabela 5 -	Características dos Traços	22
Tabela 6 -	Abatimento de Tronco de Cone	24
Tabela 7 -	Resistência dos Corpos de Prova	26

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
<b>1.1</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	11
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	11
1.2.1	Objetivo Geral	11
1.2.2	Objetivos Específicos	11
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do Trabalho</b>	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	13
<b>2.1</b>	<b>Concreto</b>	13
<b>2.2</b>	<b>Vidro</b>	14
<b>2.3</b>	<b>Reciclagem do Vidro</b>	14
<b>2.4</b>	<b>Aproveitamento do Vidro em Concretos</b>	15
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b>	17
<b>3.1</b>	<b>Material</b>	17
3.1.1	Cimento CII-E-32 com Adição de Escória	18
3.1.2	Agregado Graúdo	18
3.1.3	Grânulos de Pó de Vidro	19
<b>3.2</b>	<b>Método</b>	20
3.2.1	Ensaio de Granulometria NBR 7211 (2009)	20
3.2.2	Ensaio de Massa Específica ABNT NBR NM 53 (2009)	20
3.2.3	“Slump test” NBR NM 67 (1998)	20
3.2.4	Moldagem e Cura dos Corpos de Prova NBR 5738 (2015)	21
3.2.5	Ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos NBR 5739 (2007)	21
<b>4</b>	<b>EXECUÇÃO DOS ESTUDOS EXPERIMENTAIS</b>	22
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	24
<b>5.1</b>	<b>Trabalhabilidade do Concreto</b>	24
<b>5.2</b>	<b>Resistências à Compressão Axial</b>	26
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	31
	<b>REFERÊNCIAS</b>	32

## 1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente vem ao longo do tempo sofrendo modificações antrópicas, haja vista a alta poluição gerada a partir da exploração de recursos naturais. As consequências dessas ações é o grande aumento dos produtos descartáveis. Para Associação Brasileira de Empresas de Limpezas públicas e Resíduos Especiais (ABRELP 2016) em média o Brasil produz 78,3 milhões de toneladas por ano, e dos quais 81 mil toneladas de resíduos sólidos por dia são destinadas de forma inadequada.

O vidro é uma substância inorgânica, homogênea e amorfa, obtida através do resfriamento de uma massa em fusão. Suas principais qualidades são a transparência e a dureza. O vidro tem incontáveis aplicações nas mais variadas indústrias, dada suas características de inalterabilidade, dureza, resistência e propriedades térmicas, ópticas e acústicas, tornando-se um dos poucos materiais ainda insubstituível, estando cada vez mais presente nas pesquisas de desenvolvimento tecnológico para o bem-estar do homem (CEBRACE, 2014).

No Brasil é produzido em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, usando cerca de 45% de matéria-prima reciclada na forma de cacos. Esses cacos são provenientes em parte de refugo nas fábricas e em parte na coleta seletiva dos municípios. Apenas 47% das embalagens de vidro foram recicladas em 2010 no Brasil, somando 470 mil ton/ano. O principal mercado para recipientes de vidros usados é formado pelas vidrarias, que compram o material de sucateiros na forma de cacos ou recebem diretamente de suas campanhas de reciclagem. Além de voltar à produção de embalagens, a sucata pode ser aplicada na composição de asfalto e pavimentação de estradas, construção de sistemas de drenagem contra enchentes, produção de espuma e fibra de vidro, bijuterias e tintas reflexivas (CEMPRE, 2014).

Do ponto de vista ambiental a reciclagem nas suas diversas formas torna-se uma ferramenta importante para a sociedade no sentido de minimizar os efeitos oriundos da poluição, garantindo com isso um menor impacto no meio ambiente. Tem-se como exemplo de agente agressivo à natureza, os polímeros sintéticos por ser um material resistente a biodegradação (AMARAL et al., 2009).

Neste cenário, a indústria da construção pode ser um viés para introdução de materiais poliméricas reciclados objetivando melhorar o desempenho e a durabilidade do concreto, com intuito de criar um canal para eliminação de embalagens plásticas

pós-consumo de origem sintética.

## **1.1 Justificativa**

A degradação ambiental é um dos temas mais complexos da atualidade proveniente da falta de políticas voltadas para a conservação e preservação dos nossos ecossistemas, dessa forma é importante buscarmos alternativas para minimizar o impacto no meio ambiente.

O vidro é um material frágil, porém não fraco. Ele tem grande resistência à ruptura, podendo mesmo ser utilizado em pisos, é duro e rígido, porém não tenaz não sendo apropriado para aplicações sujeitas a impactos. O vidro é um material cerâmico, sólido não cristalino de óxido tradicional. Entre as principais características do vidro destaca-se sua elevada durabilidade química (SHACHELFORD, 2008).

A construção civil é um dos setores que mais causam impactos ambientais, tanto na exploração de recursos naturais quanto na geração de resíduo, que está relacionada com a expansão das atividades construtivas, onde, elevam-se a produção dos resíduos sólidos oriundos das construções (FREITAS, 2009).

Foi constatado em 1995 que o vidro pode influenciar na qualidade do concreto por outros efeitos que não o pozolânico e o da reação álcali/sílica. Foi verificado que o benefício da adição do vidro estava relacionado ao preenchimento de vazios entre os grãos do agregado fino (melhora do empacotamento das partículas). CORDEIRO & MONTEL, 2015).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

- Avaliar a viabilidade técnica de incorporação de resíduos com adição de pó de vidro no concreto.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a trabalhabilidade do concreto no estado fresco com este tipo de resíduo para diferentes teores de adição;
- Avaliar a resistência à compressão dos corpos de prova obtidos em várias idades para diferentes teores de adição.

### **1.3 Estrutura do Trabalho**

- O capítulo 1: apresenta à introdução, justificativa e objetivos do trabalho, revisão bibliográfica.
- O capítulo 2: Revisão Bibliográfica
- O capítulo 3: Materiais, método e execução do Estudo experimental - são descritos os materiais, metodologia e ensaios realizados neste trabalho.
- O capítulo 4: Análise de Resultados – Será discutido análises dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Concreto

O concreto é um dos materiais mais usados nas obras de engenharia e se encontra em constante estudo. Sua grande aplicação se deve à sua durabilidade, facilidade de assumir formas diferentes e versatilidade, sendo por isso utilizado de diversas formas, seja em peças estruturais ou não estruturais. A possibilidade de incorporação de resíduos em misturas à base de cimento é uma contribuição da construção civil para reciclagem de resíduos prejudiciais ao meio ambiente, podendo também melhorar o desempenho dos materiais com sua adição (MARQUES, 2006).

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). No momento em que se acrescentam as ferragens passivas em uma fôrma, o concreto comum é adicionado de uma armadura de aço e passa a ser conhecido como concreto armado, que se tratando de construções prediais, é utilizado principalmente para a confecção de lajes, vigas, fundações e pilares, garantindo uma melhor sustentação tendo em vista que o concreto e a armadura trabalham juntos e solidariamente, mais cada uma com uma função diferente no tocante dimensionamento. (COUTO et al., 2013).

A estrutura de concreto possui uma vida útil na qual a estrutura é capaz de desempenhar as funções para qual foi projetada, havendo diversos fatores que acabam por interferir nessa vida útil, e por isso ela deve ser considerada como resultante de ações coordenadas e realizadas em todas as etapas do processo construtivo. Embora o concreto seja um composto rígido, alguns problemas podem ser observados como a corrosão, os “ninhos” de concretagem e as fissuras que são frequentes nas construções, podendo até levar muitas vezes a mesma a um desmoronamento. (COUTO et al., 2013).

O concreto é o material estrutural de maior uso na atualidade, não é nem tão resistente nem tão tenaz quanto o aço, mas possui excelente resistência à água. Ao contrário da madeira e do aço comum, a capacidade do concreto de resistir à ação da água, sem deterioração séria, faz dele um material ideal para estruturas destinadas a controlar, estocar e transportar água. De fato, uma das primeiras aplicações

conhecidas do concreto consistiu em aquedutos e muros de contenção de água, construídos pelos romanos.

## **2.2 Vidro**

O vidro é uma substância inorgânica, homogênea e amorfa, obtida através do resfriamento de uma massa em fusão. Suas principais qualidades são a transparência e a dureza. O vidro tem incontáveis aplicações nas mais variadas indústrias, dada suas características de inalterabilidade, dureza, resistência e propriedades térmicas, ópticas e acústicas, tornando-se um dos poucos materiais ainda insubstituível, estando cada vez mais presente nas pesquisas de desenvolvimento tecnológico para o bem-estar do homem (CEBRACE, 2014).

De acordo com Ferrari & Jorge (2010), em sua forma pura, o vidro é um óxido metálico superesfriado transparente, de elevada dureza, essencialmente inerte e biologicamente inativo, que pode ser fabricado com superfícies muito lisas e impermeáveis. Estas propriedades desejáveis conduzem a um grande número de aplicações, distinguindo-se de outros materiais por várias características, tais como baixa porosidade, absorvidade, dilatação e condutibilidade térmica, suportando pressões de 5.800 a 10.800 kg/cm<sup>2</sup>. O uso de vidro já foi estudado e atualmente existem países utilizando este material como agregado fino no concreto. A Austrália, por exemplo, já utiliza o vidro moído proveniente do lixo em concretos para construção. Foram apresentadas recomendações para o uso deste material em concretos no estado de Nova York. No Brasil, esta forma de valorização desse recurso é pouco utilizada, uma vez que o aterro é uma opção muito barata e a disponibilidade de matéria-prima para materiais de construção é abundante.

## **2.3 Reciclagem do Vidro**

De acordo com Shi e Zheng (2007), a utilização do vidro reciclado na fabricação do vidro reduz o consumo de energia, matérias-primas e desgaste de máquinas. Entretanto, grande parte do material não é absorvido pelo processo de reciclagem e, em virtude de sua natureza não biodegradável, tende a potencializar poluições ambientais. Neste contexto, os resíduos de vidro apresentam um desafio para os sistemas de gestão de resíduos sólidos no mundo e a sua utilização em concretos configura-se como uma maneira adequada para preservar as matérias primas naturais, poupar energia e reduzir espaços de aterros.

Apenas 47% das embalagens de vidro foram recicladas em 2010 no Brasil, somando 470 mil ton/ano. O principal mercado para recipientes de vidros usados é formado pelas vidrarias, que compram o material de sucateiros na forma de cacos ou recebem diretamente de suas campanhas de reciclagem. Além de voltar à produção de embalagens, a sucata pode ser aplicada na composição de asfalto e pavimentação de estradas, construção de sistemas de drenagem contra enchentes, produção de espuma e fibra de vidro. (CEMPRE, 20014).

## **2.4 Aproveitamento do Vidro em Concretos**

Foi constatado em 1995 que o vidro pode influenciar na qualidade do concreto por outros efeitos que não pozolânico e o da reação álcali/sílica. Foi verificado que o benefício da adição do vidro estava relacionado ao preenchimento de vazios entre os grãos do agregado fino (melhora do empacotamento das partículas). Já o efeito pozolânico aconteceria com vidros de granulometria fina ( $< 0,75$  mm) uma vez que as partículas finas favorecem uma rápida e benéfica reação pozolânica. Para vidros com granulometria maiores ( $> 0,75$ ), a reação álcali/sílica acontece com maior frequência, gerando o aumento do volume do concreto e causando diversos problemas futuros. (CORDEIRO & MONTEL, 2015).

O resíduo de vidro, nas pesquisas analisadas com aproveitamento em argamassas, foi usado como substituto parcial do agregado miúdo e/ou do material cimentício. O critério de escolha de qual substituição seria realizado foi principalmente em função do tamanho das partículas do resíduo de vidro. Por vezes, era necessário um processo de moagem a fim de que as partículas de vidro possuíssem o tamanho desejado. Segundo Maier e Durham (2012) o tamanho das partículas desempenha um papel muito importante uma vez que influenciam em possíveis reações álcali-sílica (RAS), prejudicando assim o desempenho mecânico e a durabilidade da matriz cimentício.

Em consequência da diversidade de aplicações do vidro, é gerada constantemente, uma grande quantidade de resíduos. E diferente de outros materiais, o vidro possui um aproveitamento possível de 100% em sua reciclagem, ou seja, uma quantidade de vidro descartado e posteriormente reciclado pode produzir essa mesma quantidade de vidro novo da mesma qualidade. Podendo acarretar uma economia de energia de 4% e redução de 5% na liberação de  $\text{CO}_2$  na atmosfera na utilização de 10% de caco de vidro na produção de vidro novo. No entanto, apesar desse grande

número de vantagens, em 2007, o índice de reciclagem no Brasil foi de 47% (ABIVIDRO, 2014).

Grande parte da manufatura rotineira do vidro, o  $\text{SiO}_2$  está prontamente disponível em depósitos de areia locais com pureza adequada. Essa característica permite a utilização em grande escala do vidro na indústria, implicando numa grande geração de resíduos. Como exemplos da utilização de vidro em escala real, pode-se destacar o exemplo da Austrália que já utiliza o vidro moído proveniente do lixo em concretos para construção, e ainda do estado norte-americano de Nova York que já apresenta recomendações para o uso deste material em concretos. (SHACHELFORD, 2008).

A Austrália é o país que mais utiliza vidro moído proveniente de reciclagem como agregado para produzir concreto. O material chega a ser usado em taxas de 10% a 20%, como substituto da areia, para a construção de vigas, pilares e lajes, além de elementos não-estruturantes – neste caso, em taxas que podem substituir a areia em até 50%. Os usos de outros materiais no concreto, na forma de agregados fino ou grosseiro, são adicionados com o intuito de melhorar as características mecânicas dos concretos como a sílica, misturas de materiais pozolânicos, cinzas, pó de basalto, escórias. Outros são adicionados para utilizar a capacidade de encapsulamento do concreto, que por sua vez pode estar destinada à diminuição da periculosidade do material agregado ou da quantidade de material destinado ao aterro. O principal mercado para a sucata de vidro é formado pelas vidrarias, que compram o material de sucateiros na forma de cacos ou recebem o material diretamente em suas campanhas de reciclagem. Porém, a reciclagem de vidro tem vários fatores limitantes como impurezas, custos de transporte proibitivos e mistura de cores diferentes que são difíceis de serem separadas. O aproveitamento do vidro moído, em substituição parcial da areia, é uma alternativa, uma vez que no que diz respeito à composição química, ambos apresentam quartzo. (SANTOS, 2015).

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 Material

As amostras dos concretos produzidas no laboratório de Edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP), inicialmente para estudos experimentais, foram desenvolvidas a partir de uma análise física do agregado miúdo (areia) e agregado miúdo (Vidro).

Tabela 01 - Granulometria dos Agregados

Agregado Miúdo Natural – Areia				
Peneiras (mm)	Massa retida (g)	%Retida	% Retida Acumulada	Método de ensaio (NBR)
4,8	0	0	0	
2,4	14,2	1,43	1,43	
1,2	60,5	6,10	7,53	
0,6	150,1	15,13	22,65	ABNT NBR NM 248 (2003)
0,3	448	45,15	67,80	
0,15	210,7	21,23	89,04	
<0,075	108,8	10,96	100,00	
	992,3	100	-	
Massa Específica		2,63 kg/dm <sup>3</sup>		ABNT NBR NM 52 (2009)
Massa Unitária		1,53 kg/dm <sup>3</sup>		ABNT NBR NM 45 (2006)
Módulo de Finura		1,88		ABNT NBR NM 248 (2003)
Diâmetro Máximo		2,4 mm		ABNT NBR NM 248 (2003)

Fonte: Autor

Tabela 02 - Granulometria do vidro

Agregado Miúdo – Vidro				
Peneiras (mm)	Massa retida (g)	%Retida	% Retida Acumulada	Método de ensaio (NBR)
4,8	1,5	0,151286	0	
2,4	139,9	14,11	14,11	
1,2	80,4	8,11	22,22	
0,6	286,6	28,91	51,12	
0,3	430,3	43,40	94,52	ABNT NBR NM 248 (2003)
0,15	49,1	4,95	99,48	
<0,075	3,3	0,33	99,81	
FUNDO	0,4	0,04	99,85	
	991,5	99,95966	-	
Massa Específica		Kg/dm <sup>3</sup>		ABNT NBR NM 52 (2009)
Massa Unitária		Kg/dm <sup>3</sup>		ABNT NBR NM 45 (2006)
Módulo de Finura		2,81		ABNT NBR NM 248 (2003)
Diâmetro Máximo		Mm		ABNT NBR NM 248 (2003)

Fonte: Autor

### 3.1.1 Cimento CII-E-32 com Adição de Escória

No presente trabalho utilizou-se o cimento CII-E-32. Segundo (ABCP 2002) o cimento composto com escória de alto forno ao reagirem com água promovem reações de hidratação lenta, modificando a microestrutura do concreto diminuindo a permeabilidade, a reação iônica e a porosidade capilar e conseqüentemente aumentando a durabilidade do concreto. A NBR 11578 (1991) descreve a composição do cimento composto com escória.

Tabela 03 - Composição do Cimento CII-E-32

Sigla	Classe de resistência	Componentes (% em massa)			
		Clínquer+sulfato de cálcio	Escória granulada de alto forno	Material Pozolânico	Material carbonático
CP II-E	25	94-56	6-34	-	0-10
	32				
	40				

Fonte: NBR 11578

### 3.1.2 Agregado Graúdo

O agregado graúdo (brita 1) foi adquirida de doação de uma obra do IFAP. Dessa forma, realizou-se o ensaio de granulometria, massa específica, massa unitária, módulo de finura e dimensão máxima. De acordo com Vagete *et al.* (2017) descreve a importância da realização do ensaio, pois possui influência direta na resistência mecânica do concreto e no consumo de cimento.

Tabela 04 - Granulometria do Agregado de Graúdo

Agregado Graúdo Natural – Brita				
Peneiras (mm)	Massa retida (g)	%Retida	% Retida Acumulada	Método de ensaio (NBR)
38	0	0	0	ABNT NBR NM 248 (2003)
25	0	0	0	
19	54	5	5	
12,5	511	51	56	
9,5	349	35	91	
4,8	86	9	100	
FUNDO	0	0	100	
TOTAL	1000	100	-	
Massa Específica		2,58 g/cm <sup>3</sup>		ABNT NBR NM 53 (2009)
Massa Unitária		1,39 g/cm <sup>3</sup>		ABNT NBR NM 45 (2006)
Módulo de Finura		2,52		ABNT NBR NM 248 (2003)
Diâmetro Máximo		19 mm		ABNT NBR NM 248 (2003)

Fonte: Autor

### 3.1.3 Grânulos de Pó de Vidro

O agregado polímero de Pó de Vidro reciclado foi adquirido de uma empresa (Amapá Temper) no estado do Amapá. O material é proveniente do corte da chapa de vidro. O vidro foi coletado em blocos de vidro endurecido, e passou pela moagem na máquina de ABRASÃO LOS ANGELES ABNT NBR NM 51:2001-ABNT. Depois deste processo ele foi peneirado manualmente com a peneira nº 200 (0,075mm) para obter o pó do vidro.

Esta Norma MERCOSUL estabelece o método de ensaio de abrasão de agregados graúdos usando a máquina “Los Angeles”. Quando este método é aplicado a amostras constituídas de fragmentos escolhidos entre os de forma mais aproximada da cúbica, proveniente do britamento manual a partir de blocos de pedra, os resultados da abrasão são, em geral, numericamente menores que os obtidos em agregados da mesma rocha, proveniente de britamento mecânico. A interpretação do resultado deve levar em conta a composição mineralógica, a estrutura e a respectiva aplicação do agregado.

Figura 01 - Máquina Abrasão Los Angeles



Fonte: Autor

Figura 02 - Vidro Empedrado



Fonte: Autor

Figura 03 - Pó de Vidro



Fonte: Autor

## 3.2 Método

No presente trabalho aplicou-se o método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), e ensaios técnicos realizados de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

### 3.2.1 Ensaio de Granulometria NBR 7211 (2009)

É um ensaio que consiste em caracterizar a distribuição granulométrica do solo, ou seja, a porcentagem em peso retido em cada peneira especificada de tamanhos de grãos, tendo em vista a importância da graduação da partícula para o cálculo de dosagem.

### 3.2.2 Ensaio de Massa Específica ABNT NBR NM 53 (2009)

É um método que determina a massa específica do agregado miúdo, com auxílio de um frasco denominado Chapman, que se caracteriza pela forma de um tubo de vidro de dois bulbos com um gargalo graduado, em sequência enche-se o recipiente até 200cm<sup>3</sup> de água, adicionando 500g de areia úmida e na sequência agitasse o recipiente até que as bolhas de ar aderente aos grãos saiam completamente. Pois é importante para corrigir a quantidade de água utilizada no traço.

### 3.2.3 “Slump test” NBR NM 67 (1998)

O “slump test” é uma técnica que tem por objetivo analisar a consistência do concreto no estado fresco, em diferentes betonadas para determinar as características de fluidez do concreto, onde será aplicado. O ensaio é realizado em um cone metálico sobre uma placa metálica, onde o operador se posiciona com os dois pés nas aletas

mantendo o cone em equilíbrio, na sequência preenche-se com três camadas de concreto aplicando-se 25 golpes por camada, com uma haste metálica.

#### 3.2.4 Moldagem e Cura dos Corpos de Prova NBR 5738 (2015)

Esta Norma prescreve o procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos de concreto. Proceder a uma prévia remistura da amostra para garantir a sua uniformidade e colocar o concreto dentro dos moldes em número de camadas que corresponda ao que determina, utilizando uma concha de seção U. Ao introduzir o concreto, deslocar a concha ao redor da borda do molde, de forma a assegurar uma distribuição simétrica e, imediatamente, com a haste em movimento circular, nivelar o concreto antes de iniciar seu adensamento.

#### 3.2.5 Ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos NBR 5739 (2007).

A realização do ensaio de resistência à compressão tem como intuito avaliar a resistência mecânica do concreto, pois essa propriedade permite comprovar a homogeneidade de dosagem e combinação dos agregados utilizados na mistura, garantindo com isso a estabilidade da estrutura.

## 4 EXECUÇÃO DOS ESTUDOS EXPERIMENTAIS

Foram dosados quatro traços com resistência nominal de fck 30 MPa, um de referência e três com adição de pó de vidro em substituição do cimento.

Tabela 05 - Características dos Traços

Traço	Cimento kg	Areia kg	Brita kg	Água (kg)	Pó de Vidro (kg)
1:0,85: 1,91: 0,41	15,75	13,4	30,1	6,44	-
	15,35	13,4	30,1	6,44	0,4
	14,96	13,4	30,1	6,44	0,79
	14,17	13,4	30,1	6,44	1,58

Fonte: Autor

Em seguida, foram misturados em betoneira com capacidade de 140L por 5 min cada traço, adicionando água, brita, cimento, areia e o pó de vidro. Após a mistura foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone de acordo com a NBR NM 67:1996. O valor de abatimento adotado foi de 100mm  $\pm$  20mm, que sem encontra dentro da classe SP50 de acordo com a tabela 02 da ABNT NBR 8953:2015.

Figura 04 - Slump Test



Fonte: Autor

Logo após, moldou-se 36 corpos de prova sendo 12 para cada idade de 7,14 e 28 dias, conforme a NBR 5738 (2003).

Figura 05 - Moldagem dos Corpos de Prova



Fonte: Autor

Após 24 horas realizou-se a cura dos corpos de prova onde as amostras foram imersas em tanque com água de acordo com a norma supracitada.

Figura 06 - Cura dos Corpos de Prova



Fonte: Autor

Por conseguinte, o ensaio de resistência à compressão foi realizado em uma prensa Hidráulica Emic DL 30000N no laboratório de Edificações do (IFAP).

Figura 07 - Ensaio de Resistência à Compressão



Fonte: Autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Trabalhabilidade do Concreto

No processo de execução do concreto se faz necessário avaliar a sua trabalhabilidade por estar relacionado diretamente com o adensamento, transporte e o lançamento do material, buscando-se a perda mínima de homogeneidade de seus componentes. Desta forma, realizou-se o ensaio de Abatimento de Tronco de Cone na qual se observou perda de trabalhabilidade em torno de 5%, 10% e 10% para os traços com adição de Pó de Vidro de 2,5%, 5% e 10% respectivamente, em comparação ao traço de referência. Tabela 5.

Tabela 06 - Abatimento de Tronco de Cone

MISTURAS				
REF	2,5%	5%	10%	
10cm	9,5 cm	9 cm	9 cm	

Fonte: Autor

A partir da análise da tabela observa-se que ocorreu perda de consistência das amostras com adição de Pó de Vidro. Esse fenômeno físico pode ser explicado de acordo com Pelisser (2002) na qual relata que a perda da consistência do concreto pode estar relacionada pelo grande número de grãos de grânulos incorporados. Visto que essa quantidade de grânulos é determinante para secar o traço. Ressalta-se também a uniformidade no tamanho dos grânulos, uma vez que contribui para a diminuição da trabalhabilidade, e a consistência é alterada. Os resultados mostram a maneira significativa da consistência do concreto, pois a água deixou o mesmo bastante trabalhável. Também se verificou que os abatimentos foram constatados perdas de até 1,5cm que estão dentro dos limites de variação permitido.

Quando o cimento Portland é misturado com água, a hidratação produz um gel composto basicamente por silicatos de cálcio hidratados e aluminato de ferro tetracálcico. Quando este gel é formado, ele se une às outras partículas no agregado, formando uma massa rígida que dá pega. O concreto então endurece à medida que a hidratação progride. Nesse processo de hidratação os agregados assumem um importante papel no tocante as propriedades relacionadas com a resistência mecânica, notadamente a resistência à compressão. Do ponto de vista microestrutural os silicatos e os aluminatos hidratados desenvolvem ligações interpartículas, que

resulta no endurecimento progressivo da pasta. O vidro plano temperado, fabricado principalmente na forma de placas, consumidos pelas indústrias da construção civil, automobilística e moveleira, ao perder sua função é destinado à sucata, quando na impossibilidade de reciclagem e reutilização. O emprego do vidro comum como agregado ao cimento já é aplicado na forma de agregado miúdo na forma triturada em substituição ao agregado natural, atendendo a aplicações em concreto estrutural e não estrutural, devido suas propriedades mecânicas satisfatórias para tal fim. Em relação ao vidro plano temperado, esse possui propriedades mecânicas superiores às do vidro comum, o que o habilita para carga de enchimento em concreto.

Ainda para Silva e Morais (2014), as propriedades módulo de finura, massa específica e massa unitária do vidro temperado plano demonstra compatibilidade com a brita. Isso possibilita as mesmas condições de empacotamento dos concretos produzidos com agregado de vidro plano temperado em relação aos concretos de referência (0% de vidro). Na caracterização do concreto no estado fresco por meio de abatimento em tronco de cone, obteve-se para o traço de 0% de vidro, consistência seca; para o traço com 50% de substituição de brita por grânulos de vidro temperado, consistência plástica e para o traço com substituição total, consistência branda.

Para Pedroso et al (2016), para a confecção dos concretos dosados em laboratório, foi utilizado betoneira de 120 litros, seguindo os critérios da NBR NM 79 (ABNT, 1996). Para a determinação do desempenho do aditivo, quanto a perda de abatimento, foi utilizado como procedimento as recomendações da NBR 10342 (ABNT, 2012), no qual avaliou-se o concreto através do ensaio de abatimento, em intervalos de 15 min até obter abatimento  $(20 \pm 10)$  mm. Para simular o comportamento do concreto durante o transporte da central dosadora até a obra, foi utilizada a mesma betoneira da produção do concreto, que permaneceu ligada em ângulo de  $45^\circ$ , com rotação de 30rpm, até atingir o abatimento desejado.

Através da análise experimental em laboratório verificou-se que os percentuais de aditivo obtidos foram similares nos concretos A e B e com dosagem inferior para o concreto C. Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização e análises do concreto no estado fresco: Consistência pelo abatimento de tronco de cone, ou *slump test*, segundo a NBR NM 67 (ABNT, 1998).

A partir do traço referência, buscou-se a quantidade adequada de aditivo para obter abatimento inicial de 140 mm. Através da análise experimental em laboratório verificou-se que os percentuais de aditivo obtidos foram similares nos concretos A e

B e com dosagem inferior para o concreto C. Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização e análises do concreto no estado fresco: Consistência pelo abatimento de tronco de cone, ou *slump test*, segundo a NBR NM 67 (ABNT, 1998).

A perda do abatimento de conforme resultados apresentados, é possível verificar que o concreto C com uso de Midrange obteve comportamento quase linear, obtendo perda de abatimento mais acelerada, chegando ao slump (20+-10) mm com 60 minutos. O concreto B com uso de aditivo lignosulfonato apresentou característica muito próxima do concreto C nos primeiros 30 minutos, e pequeno retardo aos 45 minutos, chegando ao slump 20+-10 aos 75 min. Já o concreto A com aditivo a base de lignosulfonato apresentou maior retardo na perda de abatimento comparado com os demais, onde partir dos 30 minutos de análise manteve linearidade, perdendo 20 mm a cada 15 minutos. Através desta análise verifica-se que os concretos A e B, apresentaram menor perda de abatimento ao longo do tempo quando comparados com o concreto C. É possível verificar na Tabela 4 que os concreto A e B ambos com uso de aditivo lignosulfonato apresentaram maior percentual de aditivo para obter abatimento referência, cerca de 2,5 vezes a dosagem do concreto C com uso do Midrange. (PEDROSO et al., 2016).

De acordo com Schwaab (2015) apud Correa (2010), a “maioria dos lignosulfonatos utilizados no Brasil possuem açúcar em sua composição”, visto que retardam a pega e atuam na ação plastificante, retardam a osmose da água nos grãos de cimento contribuindo com melhor distribuição de calor no concreto.

## 5.2 Resistências à Compressão Axial

São apresentados os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão para cada traço desenvolvido no presente trabalho. Para a realização dos ensaios foram moldados três corpos de prova para cada idade correspondente a 7,14 e 28 dias no qual tirou-se a média de resistência das amostras.

Tabela 07 - Resistência dos Corpos de Prova

MISTURAS	CORPOS DEPROVA	IDADE DO ENSAIO (DIAS)		
		7	14	28
REF	CP1	12,17	13,90	30,35
	CP2	9,40	18,28	21,19
	CP3	14,72	23,86	16,90
MÈDIA (MPa)	-	12,10	18,68	22,82
	CP1	17,54	20,31	14,13

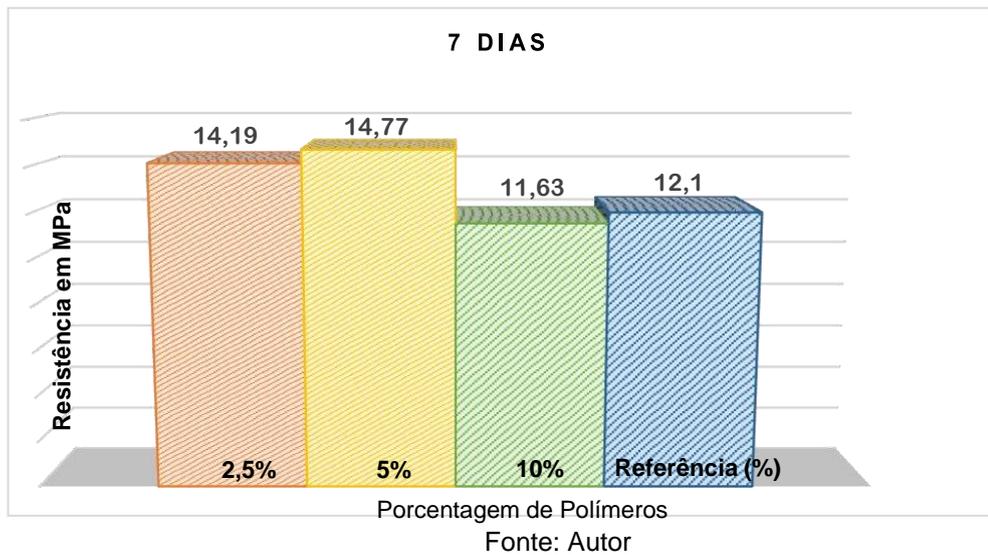
2,5% PÓ DE VIDRO	CP2	13,08	13,86	17,13
	CP3	11,94	13,99	23,36
MÈDIA (MPa)	-	14,19	16,06	18,26
5% PÓ DE VIDRO	CP1	13,16	15,80	21,12
	CP2	16,25	17,16	23,92
	CP3	14,89	13,72	24,45
MÈDIA (MPa)	-	14,77	15,56	23,16
10% PÓ DE VIDRO	CP1	11,96	12,89	17,17
	CP2	11,09	13,69	16,45
	CP3	11,83	13,76	19,34
MÈDIA (MPa)	-	11,63	13,45	17,66

Fonte: Autor

Um dos aspectos a ser observado conforme a tabela é o comparativo do concreto sem e com Pó de Vidro, dar-se pelo fato de que os corpos de prova com adição de grânulos submetido a mesma carga que do referencial demonstraram-se inferior a resistência à compressão em todas as idades em relação as amostras de vidro. O que se pode deduzir da influência dos grânulos de Pó de vidro na propriedade do concreto, é a quantidade de resíduo na mistura, Pode-se concluir pelo efeito das partículas de pó de vidro no desempenho do concreto que quanto mais resíduos na mistura, maior a quantidade de adição, maior a alteração na resistência mecânica, ou seja, menor a resistência, conforme as percentagens os valores de resistência das amostras variam em suas respectivas idades.

Segundo Righi *et al* (2012), em relação à adição de vidro no concreto para os traços à temperatura ambiente, observa-se que o incremento da porcentagem de vidro na mistura ocasionou redução na resistência até o teor de 15% de substituição em relação ao concreto de referência, comportamento já esperado tendo por base os resultados experimentais de Barroso *et al* (2010). Entretanto, no traço com 100% de substituição, a resistência obtida foi superior à do concreto referência. Acredita-se que este comportamento resultou do aumento no teor de finos da mistura quando comparado com a curva granulométrica da areia utilizada, pois o vidro moído foi o passante na peneira ABNT de malha 4,8 mm. Associado a este fato, durante a concretagem manteve-se constante a relação água/cimento para todos os traços, independente da trabalhabilidade. Neste teor, inclusive, não foi possível realizar o adensamento dos CP'S manualmente, tendo sido necessário utilizar uma mesa vibratória para realizar o procedimento.

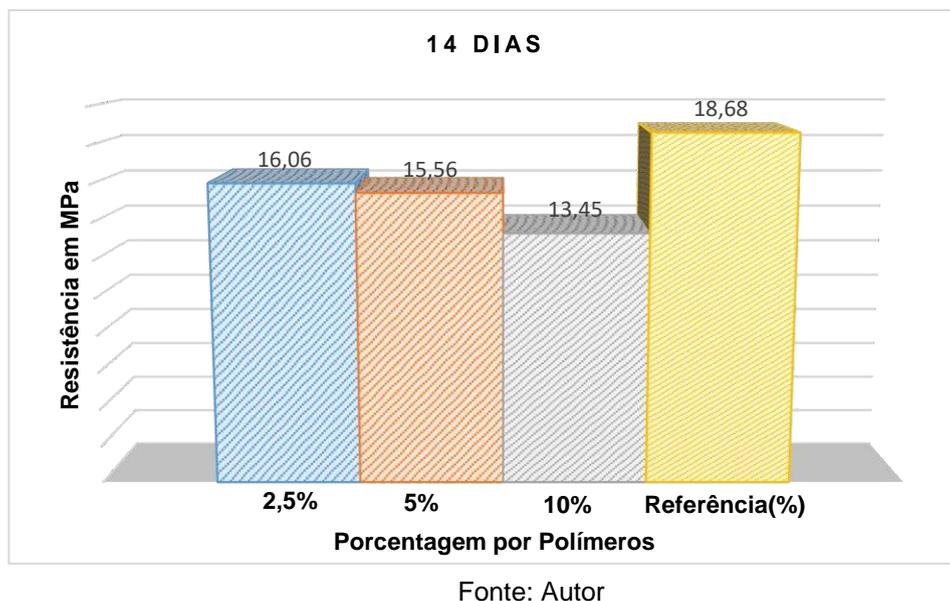
Figura 08 - Gráfico de Análises



Nos sete dias, a resistência à compressão das amostras de referência ficou em média 12,10 MPa, onde houve ganho de resistência das amostras com polímero em relação ao referencial, e a amostra de 2,5% com Pó de Vidro teve um acréscimo de 2,09 MPa, cujo percentual de ganho é de 17,27%.

Deste modo os percentuais com 5% obtiveram um acréscimo de 2,67 MPa, cujo o percentual de ganho de resistência ficou em torno de 22,06%. Já os polímeros de 10% obtiveram um decréscimo de 0,47% Mpa respectivamente, cujos percentuais de perda de resistência ficou em torno de 3,88%.

Figura 09 - Gráfico de Análises

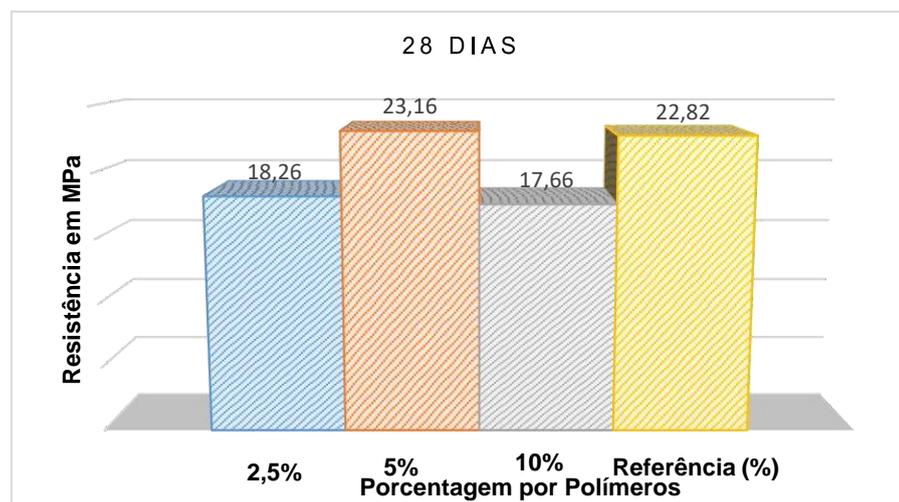


Aos 14 dias, a resistência à compressão das amostras de referência ficou em média 18,68 Mpa, a mistura com 2,5% de polímero atingiu 16,06 MPa. Comparando com o referencial diminuído de 2,62 MPa, um percentual de perda de resistência de 14,02%.

Assim, as amostras com 5% de Pó de Vidro alcançaram uma média de 15,56 MPa diminuindo 3,12 MPa de resistência, que corresponde a uma redução de 16,70% equiparando com a matriz das misturas.

Da mesma forma, a amostra com 10% de polímero adicionado no concreto com média de 13,45 MPa, diminuiu 5,23 MPa confrontando com a matriz, diminuindo em 27,99% a resistência.

Figura 10 - Gráfico de Análise das Amostras



Fonte: Autor

A partir das análises dos gráficos a amostra de concreto de referência sem grânulos de Pó de Vidro, obteve um valor médio de resistência à compressão de 22,82 MPa aos 28 dias. Comparativamente, ao corpo de prova com 2,5% de resíduo incorporado no concreto, a média obtida foi de 18,26 MPa. Que corresponde a uma perda média de 4,56 MPa do valor de resistência em relação ao corpo de prova de referência, um percentual de perda de resistência de 19,98%.

Dessa forma, a mistura com 5% de polímero alcançou um valor médio de resistência à compressão de 23,16 MPa, sendo que corresponde em média um aumento na resistência de 0,34 MPa em comparação à amostra de referência, um percentual de aumento de resistência de 1,48%.

Logo, a amostra com 10% de resíduo reciclado de Pó de Vidro, adquiriu a

resistência média à compressão de 17,66 MPa, ou seja, uma perda de resistência de 5,16 MPa em comparação ao corpo de prova de referência, um percentual de perda de resistência de 22,61%.

A moldagem dos corpos de prova foi conforme a NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos de provas. Os corpos de prova foram moldados com o traço em volume 1:2:3, e a substituição ocorreu pela retirada em volume de cimento e adicionado o mesmo volume de sucata de vidro. A relação água cimento foi de 0,5. Nesse ensaio, pela determinação da massa específica pode-se obter o volume de vazios, dividindo a massa específica aparente pela real. De forma análoga, podemos fazer isso para mistura de agregados, multiplicando a proporção de cada material por suas respectivas massas aparentes e reais. (PEREIRA, 2016).

Ainda para Pereira (2016), o agregado somente de vidro tem um baixo índice de vazios e somente a brita tem-se o maior índice de vazio, e que conforme se adiciona proporções de vidro na mistura de agregados o volume de vazios tende a diminuir, na proporção de 50% ou seja, metade vidro metade brita, obtém-se o menor volume de vazios. Quanto menor forem as dimensões de uma partícula, melhor será a acomodação das mesmas em uma mistura e mais partículas serão necessárias para preencher um mesmo espaço, e dessa forma maior a superfície de contato. O vidro provavelmente segue o mesmo princípio do concreto, na hora da concretagem um filme de água se formar em torno de cada partícula de agregado, dessa forma quanto menor seu volume de vazios, mais agregados estarão presentes na mistura e maior será o consumo de água. Com relação a resistência podemos perceber uma variação não linear na resistência, e até mesmo um acréscimo de resistência na substituição de 20 %, isso provavelmente pois nessa proporção já se estaria obtendo um menor índice de vazios. Nas proporções de 5 % e 10 % a resistência diminuiu isso pode ser atribuído ao fato que provavelmente as partículas não estariam bem alocadas. No traço de 100% que deveria apresentar maior resistência devido ao fato do vidro ser um material de elevada resistência e o volume de vazios ser pequeno, isso não ocorreu, pois, o vidro é um material extremamente liso, diferente da brita que é um material rugoso, logo o corpo de prova rompeu por deslizamento do agregado, ou seja, o material não se ligou a pasta de cimento de forma satisfatória.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises de resistência a compressão realizado nos corpos de prova com adição de Pó de Vidro no laboratório de edificação do (IFAP) demonstram-se favorável em dois principais aspectos no que tange a redução da exploração de agregado miúdo e a possibilidade de inserir esse resíduo na construção civil. Conforme a análise de trabalhabilidade do concreto com a dição de polímero, ocorre perda de abatimento do concreto no estado fresco, porém mais acentuado para as misturas de 2,5 e 10% ao confrontar com o traço de referência. Mesmo com a ocorrência de perda de trabalhabilidade não influencia na propriedade mecânica do concreto no estado endurecido.

Do ponto de vista ambiental buscou-se minimizar os impactos produzidos pelos processos construtivos, no que tange a exploração dos recursos minerais e os impactos gerados pelas indústrias de embalagem. Mesmo que os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova dos traços com Pó de Vidro não tenham igualado com o traço de referência, esses concretos podem ser utilizados na construção civil em elementos que não tem função estrutural e que esteja de acordo com a resistência estudada. O reaproveitamento desse resíduo nas indústrias da construção civil é viável, considerando que sendo utilizado na produção de concretos convencionais produziu resultados muito satisfatórios, quando comparados com os dos corpos de prova de referência. A inserção do resíduo em substituição da areia na produção de concretos, tende a reduzir o custo do concreto, visto que, promove a redução da quantidade de areia a ser usada. O reaproveitamento do resíduo de vidro evita o descarte em aterros, tornando os concretos produzidos um material de construção sustentável.

Portanto, o presente estudo tem o intuito de gerar alternativa para dar destino adequado para esses resíduos que geram impactos sócio ambientais. Partindo desse pressuposto recomenda-se para os trabalhos futuros, que se realize dosagens com proporções menores de pó de vidro na qual foram utilizadas nesse experimento. Destemodo, indica-se que realize o ensaio de compressão diametral, pois se faz necessário averiguar os esforços de tração por ser uma propriedade característica do concreto em resistir esforços de tensão de compressão que é um dos fatores de critério para avaliar a durabilidade do concreto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 5738 2003 – **Concreto Procedimento para Modelagem e cura decorpos - de - prova.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 5739:2007 – **Concreto** – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 9776:1987 – **Agregado** – Determinação da massa específica Chapman.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR NM 248:2003 – **Determinação da composição granulométrica.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR NM 248:2003 – **Determinação da composição granulométrica.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR NM 45:2006 – **Determinação da massa unitária e do volume devazios.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR NM 53:2009 – **Agregado graúdo** – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR NM 67 02/1998 – **Determinação da consistência do abatimento dotronco de cone.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211- **Agregado para concreto**- Especificação 2009.

AMARAL, F. D; et al., Estudo da degradação em embalagens plásticas oxidegradáveis expostas ao envelhecimento. 8p. **Anais** 10º Congresso Brasileiro de Polímeros – Foz do Iguaçu, PR - outubro/2009.

BARROSO, L. B.; MOHAMAD, G.; LOPES, M. I. P.; MACIEL, A. V. **Viabilidade Tecnológica para o uso do vidro moído em argamassa e concreto.** Anais do 52º Concreto Brasileiro do Concreto. Fortaleza, IBRACON 2010.

CEBRACE. 2014. O Vidro, <<http://www.cebrace.com.br/v2/vidro>>. Acesso em 18/12/2019.

CEMPRE. 2014. Consórcio Empresarial para a Reciclagem, [www.cempre.org.br](http://www.cempre.org.br). Acesso em: 18/12/2019.

CORDEIRO, Rafael dos Santos; MONTEL, Adão Lincon Bezzerra. **Estudo da viabilidade para a produção de concretos com adição de resíduos de vidro em substituição ao agregado miúdo na cidade de Palmas-TO.** DESAFIOS: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins – V. 2, Nº Especial, p. 104- 123, 2015.

FERRARI, Gerson; JORGE, João. **Materiais e Tecnologias.** São Paulo: Universidade Bandeirantes. 2010

FREITAS, I.M. **Os Resíduos de Construção Civil no Município de Araraquara.** Dissertação (mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). 89p. UNIARA 2009.

KIRCHHOF, L.D. **Estudo teórico-experimental da influência do teor de umidadeno fenômeno spalling em concretos expostos a elevadas temperaturas.** 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia. Universidade Federaldo Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LIMA, R.C.A. **Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas.** 2005. 241f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia.Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MARQUES, A. C.; RICCI, E. C.; TRIGO, A. P. M.; AKASAKI, J. L. **resistência mecânica do concreto adicionado de borracha de pneu submetido à elevada temperatura.** Anais das XXXII Jornadas Sul-americanas de Engenharia Estrutural. Campinas São Paulo. 2006.

PEDROSO, Marcos Antônio da Silva et al. **Análise da Trabalhabilidade do Concretocom uso de Três Aditivos Plastificantes Quanto a Manutenção de Abatimento.** **Revista Eletrônica Multidisciplinar – FACEAR.** 2016.

PELISSER, F. **avaliação do desempenho de concreto reforçado com fibras depolietileno tereftalato.** Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). 112p. UFSC, Florianópolis 2002.

RIGHI, Débora et al. **Análise de concretos produzidos com vidro moído quando submetidos à elevadas temperaturas.** XXXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural. Rio de Janeiro. 2012

SANTOS, Altair. **Uso de vidro moído como agregado limita o concreto.** MassaCinzenta: Cooperação na Forma de Informação, 2015. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/vidro-moido-como-agregado/>. Acesso em: 20 maio 2020.

SCHAWAAB, S. (2015). **Efeito da adição de aditivo plastificante retardador de pega nas propriedades de concretos usinados de cimento portland usando planejamento fatorial.** Joinville – SC. 2015.

SHACKELFORD, J. F. 2008. **Introdução à ciência dos materiais paraengenheiros.** Trad. Daniel Vieira. São Paulo: Pearson. 6.ed, p 145.

SHI, C.; ZHENG K. **A review on the use of waste glasses in the production of cement and concrete.** Resources, Conservation and Recycling, v. 52, p. 234-247, 2007.

SILVA, J.G; MORAIS, C.R.S. **Análise microestrutural por microscopia óptica digital de concretos com vidro plano temperado.** 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 09 a 13 de novembro de 2014, Cuiabá, MT, Brasil. 2014.