



FACULDADE DE RONDÔNIA - FARO

CRISTIANE NAZÁRIO KASSBURG

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO

Porto Velho

2015



FACULDADE DE RONDÔNIA - FARO

CRISTIANE NAZÁRIO KASSBURG

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO

Trabalho apresentada ao curso de Engenharia Civil da Faculdade de Rondônia, como requisito parcial para obtenção de Bacharelado.

Orientador: Prof. Hélvio de Oliveira Pantoja

Porto Velho

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

S586a	Kassburg, Cristiane Nazário. Adição de polímero reciclado - Poli Tereftalato de Etileno – no concreto em substituição ao agregado natural / Brenda Alves da Silva. – Porto Velho, 2015. 42 f.: il. Orientador: Hέλvio de Oliveira Pantoja. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Rondônia – FARO, Porto Velho, 2015.
-------	--

Bibliotecário: Me. Josimar Batista dos Santos / CRB11-556

CRISTIANE NAZÁRIO KASSBURG

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO

Esta monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final com nota (____), pela Banca Examinadora composta pelos examinadores abaixo relacionados, na data de ____/____/____.

MARIA ANGÉLICA FOES DA ROCHA
COORDENADORA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ORIENTADOR: PROF. HÉLVIO DE OLIVEIRA PANTOJA

PROF. ESP. JOSÉ GERALDO DA SILVA

PROF. ESP. DANIEL MARTINS

PORTO VELHO

2015.1

Dedico este trabalho à minha Mãe Antonia Nazario da Silva, ao meu padrasto Domingos Braga, a minha Avó Antonia Epifania Ferreira, ao meu Pai Ivar Paulo Kassburg, a minha Irmã Fabiane da Silva Alencar, a meu irmão Paulo Henrique Nazario Kassburg, às minhas amigas, Iasmine Taiza, Simone Schontz e Larissa Patez, a meu cunhado Jairo Maia, a minha cunhada Layna e a todos que contribuíram para o seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Helvio Pantoja, pela imensa atenção e grande dedicação.
A minha mãe e amiga Antonia Nazario da Silva, pela grandiosa ajuda, incentivo,
companheirismo, dedicação, paciência, orientação e ensinamentos que foram
prestados desde o primeiro dia que iniciei essa árdua jornada. Além de um grande
ser humano.

Ao meu pai Ivar Paulo (*in memoriam*), por ser o meu super. Herói e me ensinar a
somar e subtrair aos 4 anos de idade

A minha irmã Fabiane, por muitas vezes fazer o papel de mãe, e nunca me deixar
desviar dos meus objetivos.

Ao meu Irmão Paulo Henrique, por toda a proteção, e por me passar a confiança de
saber que com ele estaria protegida.

Aos funcionários dos Laboratórios, pela imensa ajuda prestada em todas as
atividades desenvolvidas ao longo desta pesquisa, em especial ao Professor
Henrique Brasil.

Aos amigos, em especial Simone Schontz, Iasmine Taiza, Larissa Patez e Brenda
Alves, minhas companheiras e irmãs de coração nessa jornada.

A todos os Colegas de conclusão de curso e de profissão, que me acompanharam
e me incentivaram nessa longa caminhada.

s empresas que muito contribuíram, fornecendo materiais e apoio técnico, em
especial a PRS - Recicladora de Resíduos Sólidos (Naraiel Ferrari), a Concreteira
Supermix Ltda (Alexandre Cantanhede).

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Atualmente, o vidro é utilizado de diversas maneiras. Porém, após sofrer algum tipo de dano, ele é descartado. E nem sempre tem uma adequada destinação final; acabando muitas vezes em lugares inapropriados, podendo causar acidentes graves, esse vidro que seria descartado pode ser moído e utilizado na construção civil, substituindo o agregado natural por vidro moído; sendo essa a proposta desta pesquisa. Na primeira parte do trabalho, calculou-se a dosagem do concreto convencional e de suas frações substituíveis do agregado natural pelo alternativo nas proporções de 0%, 30%, 50% e 100%, finalizando com os traços e seus respectivos materiais em massa (Kg). Na segunda parte, executou-se a preparação de quatro traços de concreto, o teste de consistência dos mesmos, moldagem dos corpos de prova e subsequente rompimento. Comparando assim as resistências obtidas entre o concreto convencional e os concretos com agregado de vidro moído. Observou-se a grande fluidez dos concretos com o agregado alternativo, devido às características do vidro. Os resultados obtidos indicam que a substituição de areia por vidro, em diferentes teores, não alterou significativamente a resistência à compressão à temperatura ambiente; entretanto, a 100% observou-se uma redução na resistência.

Palavras-chave: resíduo de vidro, resistência, concreto.

ABSTRACT

Nowadays, the glass is used in various ways. But after suffering some sort of damage, it is discarded. And it does not always have adequate disposal; ending often in inappropriate places, they cause serious accidents. This glass would be discarded can be crushed and used in construction, replacing the natural aggregate for crushed glass; and this is the purpose of this research. In the first part of the work, the dosage of conventional concrete is calculated and its replaceable fractions of natural aggregate for the alternative in the proportions of 0%, 30%, 50%, 100%, ending with the traits and their materials in weight. In the second part, the preparation is performed in- four concrete mixtures, the consistency test of the same, molding of test samples and subsequent breakup. So comparing the resistance obtained between conventional concrete and concrete with crushed glass aggregate. There was great fluidity of concrete with an alternative aggregation due to glass's characteristics.

Keywords: glass waste; resistance; concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.1: Britador de vidro comum.....	17
Figura 3.2.1: Curva de Abrams do cimento.....	18
Figura 3.2.2: Pesagem dos materiais.....	19
Figura 3.2.3: Pesagem dos materiais.....	19
Figura 3.3.1: Mistura dos agregados.....	20
Figura 3.3.2: Slump Test.....	21
Figura 3.3.3: Slump Test.....	21
Figura 3.3.4: Cura dos corpos de provas por imersão em água	22
Figura 3.3.5: Imersão em água	22
Figura 3.4.1: Retífica.....	23
Figura 3.4.2: Rompimentos dos Corpos de provas	23
Figura 3.4.3: Resultado da prensa em Toneladas	24
Figura 4.2.1: Traços utilizados em Kg.....	25
Figura 4.4.1: Conversão em Mpa.....	26
Figura 4.4.2: Comparação de resistências.....	27

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>%</i>	Porcentagem
<i>Cc</i>	Determinação do consumo de cimento
<i>Ca</i>	Consumo de água
<i>a/c</i>	Relação água/cimento
<i>Ca</i>	Consumo de água
<i>ac</i>	Relação água/cimento
<i>Fck</i>	Resistência característica à compressão axial
<i>kg/m³</i>	Quilogramas por metro cúbico
<i>m³</i>	Metro cúbico
<i>mm</i>	Milímetro
<i>MPa</i>	Mega Pascal
<i>SD</i>	Condição de preparo em função do desvio padrão

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CP II-F	Cimento Portland composto com fíler
CEMPRE	Consórcio Empresarial para a Reciclagem
NBR	Norma Brasileira Registrada
RAA	Reação álcali-agregado

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	COLETA E PROCESSAMENTO DA CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS.....	17
3.2	PARÂMETROS DE MISTURA (TRAÇO).....	17
3.3	MOLDAGEM E CURA	19
3.4	ROMPIMENTOS DOS CORPOS DE PROVAS NAS IDADES DE 07, 14 E 28 DIAS NBR 5739\2007 (CONCRETO – ENSAIOS DE COMPRESSÃO).....	22
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	COLETA E PROCESSAMENTO DA CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS.....	25
4.2	PARÂMETROS DE MISTURA (TRAÇO).....	25
4.3	MOLDAGEM E CURA	25
4.4	ROMPIMENTOS DOS CORPOS DE PROVAS NAS IDADES DE 07, 14 E 28 DIAS NBR 5739\2007 (CONCRETO – ENSAIOS DE COMPRESSÃO).....	26
5.	CONCLUSÕES	29
5.1	SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	29
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

A elevada produção de resíduos sólidos é um problema mundial. Encontrar soluções adequadas para a disposição final dos resíduos provenientes das diversas indústrias representa um grande desafio para o meio científico e tecnológico, tendo em vista os graves problemas ambientais que podem ser gerados por uma disposição inadequada.

O concreto hoje desempenha um papel muito importante no desenvolvimento de uma sociedade moderna. Seus benefícios para a sociedade vêm de sua ampla faixa de aplicações, sendo este usado na construção de escolas, hospitais, prédios, pontes, túneis, barragens, sistemas de esgotos, calçadas, pistas, estradas e muitos outros produtos que melhoram a qualidade de vida das pessoas.

Conforme CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE (2007), O concreto é de fato o material mais utilizado pelo homem no mundo, com quase três toneladas anuais por pessoa. Usa-se o dobro de concreto em todo o mundo em relação aos outros materiais de construção, incluindo madeira, plástico, aço e alumínio. Nenhum destes outros materiais podem substituir o concreto em termos de preço, eficácia e desempenho para a maioria dos propósitos em construção.

Através deste material, descoberto há alguns séculos, o ser humano pode desenvolver obras mais complexas, de diversos tamanhos e resistências variadas. Graças a sua aplicação houve um grande salto na melhoria do padrão de vida para todas as pessoas que o utilizaram e ainda o utilizam (CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE, 2007).

Dentre os diversos resíduos gerados, o vidro assume um papel relevante, uma vez que o Brasil produz em média 980 mil toneladas por ano, dos quais apenas cerca de 441 mil toneladas (45%) são alvo de processos de reaproveitamento. O principal mercado para reciclagem de vidros é formado pelas vidrarias, que compram o material de sucateiros na forma de cacos ou recebem diretamente de suas campanhas de reciclagem (CEMPRE, 2013).

No Brasil a capacidade instalada de vidros planos para a indústria da construção Civil em 2006 era de 1,2 milhões de toneladas. Neste setor, o consumo de vidro plano comum representou 57%, o vidro temperado 29%, espelhado 7%, laminado 5% e metalizado e duplo 1% cada. Estima-se ainda que apenas 14% de todo o vidro consumido seja reciclado e que o índice de reciclagem de vidro é de

45% (ROSA, 2007; ABIVIDRO, 2007).

O vidro é um material 100% reciclável e largamente utilizado no mundo todo. As suas propriedades mecânicas incluem elevados valores de resistência à compressão, à tração, à flexão e ao desgaste. Além disso, mais de 70% de sua matéria é constituído por sílica (SiO_2), o que pode lhe conferir boas propriedades pozolânicas, caracterizando-o como um potencial material constituinte para o concreto e outros materiais à base de cimento. Por ser um material com elevada massa específica, e conseqüentemente, com alto custo de transporte à origem para a sua reciclagem, o vidro é descartado incorretamente em depósitos de lixo e aterros sanitários. A viabilização técnica do uso deste resíduo pode ajudar a solucionar o impacto ambiental causado por este material (16º Concurso Falcão Bauer - AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE SUCATA DE VIDRO COMO AGREGADO MIÚDO ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO DE MATERIAIS CIMENTÍCIOS).

De todos os processos produtivos, o setor da construção civil destaca-se como um grande consumidor de matérias-primas naturais, sejam elas renováveis ou não renováveis. Apenas na produção de argamassas e concretos, o Brasil consome aproximadamente 220 milhões de toneladas de agregados naturais. Nas proximidades das grandes cidades, areia e agregados naturais começam a ficar escassos, inclusive graças ao crescente controle ambiental da extração de matérias primas (JOHN, 2000 apud ALVES, 2008).

De acordo com o CONAMA (BRASIL, 2002), o reaproveitamento de resíduos pode ser abordado com três enfoques distintos: a) a recuperação: que compreende a etapa de extração e remoção de algumas substâncias indesejáveis presentes nos resíduos e que podem comprometer o processo de reciclagem, como óxidos, metais, entre outros; b) a reutilização: que é o processo no qual se faz o reuso de um resíduo, sem que haja qualquer tipo de transformação ou de beneficiamento do material; c) a reciclagem: que consiste no reaproveitamento de um resíduo, sendo necessário, porém que o material sofra algum tipo de transformação.

Devido à composição do vidro, que é, basicamente, sílica no estado amorfo, existe a possibilidade de ocorrência de reação álcali-agregado (RAA), que é uma reação química que ocorre justamente, entre a sílica amorfa e os hidróxidos alcalinos presentes nos poros do concreto. A RAA causa fissuração no concreto e por isso pode comprometer o seu desempenho. A reatividade potencial do vidro é determinada através de ensaio acelerado da (NBR 15577-4/2008).

A sustentabilidade do processo de produção do agregado miúdo a partir da sucata de vidro reside no fato de que o material é bastante abundante, pois está presente em nosso dia-a-dia, fruto da vida cotidiana, da utilização embalagens, refugos da construção civil, das indústrias, entre outros.

Atualmente, há uma busca, por parte de pesquisadores, de materiais alternativos que possam substituir os agregados, na confecção de concretos, visando manter e/ou melhorar. Assim, uma forma possível de destinação encontrada para o resíduo de vidro gerado na região Porto Velho seria sua utilização como material alternativo para compor estruturas a base da areia na fabricação de concreto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a resistência à compressão de corpos-de-prova de concreto com a incorporação na fração areia de percentuais de resíduos de vidro na cidade de Porto Velho, RO.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar coleta e processamento da caracterização dos agregados.
- Determinar parâmetros de mistura (Traço).
- Realizar a moldagem e cura.
- Realizar rompimento dos corpos de provas nas idades de 07, 14 e 28 dias NBR – 5739\2007 (Concreto – Ensaio de Compressão).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 COLETA E PROCESSAMENTO DA CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Realizado a coleta de vidro moído na recicladora PRS - Recicladora de Resíduos Sólidos, foi moído através de britador comum (conforme a figura 3.1.1). Determinado a granulometria do material coletado e moído, através de peneiras com o aproveitamento dos resíduos de (4,0 mm), procedimento que atende as normas (NBR 7211: 2009, NM 248:2003 e ABNT 4).

Figura 3.1.1: Britador de vidro comum



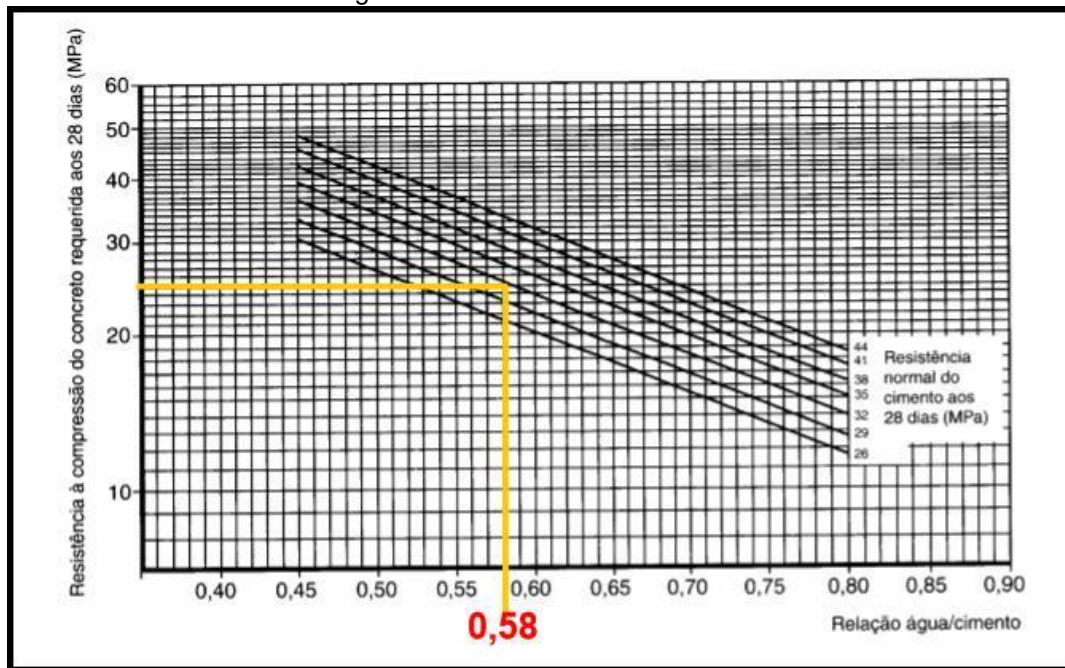
Fonte: Autora, 2015.

3.2 PARÂMETROS DE MISTURA (TRAÇO)

Traço elaborado a partir do método ABCP, na elaboração do traço foi utilizado o cimento CP II F – 32, com peso específico (3100 kg/m^3), foi determinado como traço de projeto o F_{ck} (25 MPa), com o abatimento de $90 \pm 10 \text{ mm}$, com SD de 4,0 MPa. Utilizado areia com módulo de finura de 2,60 mm com peso específico (2650 kg/m^3), brita utilizada para elaboração do traço, foi a brita 1 com diâmetro máximo de 19 mm, com o peso específico (2700 kg/m^3). Utilizado vidro com módulo de finura de 4 mm e peso específico de (2500 kg/m^3).

Após a classificação dos agregados miúdos e graúdos, foi determinado o fator a/c pela curva de Abrams do cimento (conforme a figura 3.2.1).

Figura 3.2.1 – Curva de Abrams do cimento



Feito a relação a/c estabelecendo o consumo do cimento a partir da fórmula abaixo.

$$C_c = \frac{Ca}{ac}$$

Determinado o consumo do agregado graúdo, realizado a pesagem dos materiais, conforme figuras 3.2.2 e 3.2.3, agregados misturado em um misturador mecânico na produção de concreto.

Figura 3.2.2 – Pesagem dos materiais



Fonte: Autora, 2015.

Figura 3.2.3 – Pesagem dos materiais



Fonte: Autora, 2015.

3.3 MOLDAGEM E CURA

Após a mistura dos agregados (conforme a figura 3.3.1), foi realizada a moldagem de 24 corpos de prova (100 x 200 mm) para serem ensaiados à

compressão aos 7, 14 e 28 dias de idade cada traço.

- 07 dias = 2 Corpos de provas.
- 14 dias = 2 Corpos de provas.
- 28 dias = 2 Corpos de provas.

Para moldagem dos corpos de provas, inicialmente foi realizado o ensaio de abatimento por tronco de cone (SLUMP TEST), foi umedecido o tronco de cone e a placa de base. O molde foi preenchido por 3 camadas e cada camada recebeu 25 golpes distribuídos uniformemente na haste padronizada. Na última camada foi utilizado um complemento auxiliar. Retirado o molde cuidadosamente na direção vertical. Procedimento realizado conforme (Conforme figuras 3.3.1 3.3.2 e 3.3.3).

Figura 3.3.1 – Mistura dos agregados



Fonte: Autora, 2015.

Figura 3.3.2 – Slump Test



Fonte: Autora, 2015.

Figura 3.3.3 – Slump Test



Fonte: Autora, 2015.

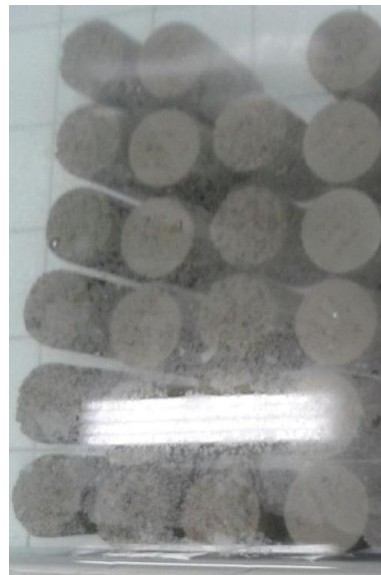
Após esse processo foi feito os moldes de corpos de provas e identificado cada corpo-de-prova e todos os vinte e quatro corpos de provas ficaram em cura por imersão em água por determinados dias, conforme os rompimentos e idades de cada corpo de prova (Conforme as figuras 3.3.4 e 3.3.5).

Figura 3.3.4 – Cura dos corpos de provas por imersão em água



Fonte: Autora, 2015.

Figura 3.3.5 – Imersão em água



Fonte: Autora, 2015.

3.4 ROMPIMENTOS DOS CORPOS DE PROVAS NAS IDADES DE 07, 14 E 28 DIAS NBR – 5739\2007 (CONCRETO – ENSAIOS DE COMPRESSÃO)

Neste ensaio, foi utilizada para uniformização da base superior dos corpos de prova a retífica da concreteira Supermix, ensaio realizado fora do laboratório devido

à falta desse recurso na faculdade, conforme figura 3.4.1.

Figura 3.4.1 – Retifica



Fonte: Autora, 2015.

Os corpos-de-prova foram imediatamente ensaiados após a remoção do seu local de cura, com seus resultados em toneladas forças, conforme figuras 3.4.2 e 3.4.3.

Figura 3.4.2 – Rompimentos dos Corpos de provas



Fonte: Autora, 2015.

Figura 3.4.3 – Resultado da prensa em Toneladas



Fonte: Autora, 2015.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COLETA E PROCESSAMENTO DA CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Vidro coletado na recicladora proveniente de vários tipos de resíduos, não podendo determinar as composições de cada um deles.

4.2 PARÂMETROS DE MISTURA (TRAÇO)

Após classificação e determinação dos agregados graúdos e miúdos conforme o método ABCP, ficou determinado como traços para dosagem do concreto (Conforme figura 4.2.1).

Figura 4.2.1 – Traços utilizados em Kg

Tabela 1				
Traço 1 com 0% de vidro - Concreto Convencional - Kg				
Cimento	Água	Areia - Média	Brita 1	Vidro
6,8103	3,2349	11,7137	13,0758	0
1:1,72:1,92:0,475				
Traço 2 com 30% de vidro - Concreto Convencional - Kg				
Cimento	Água	Areia - Média	Brita 1	Vidro
6,7789	3,2119	8,1346	13,0154	3,4979
1:1,20:0,516:1,92:0,475				
Traço 3 com 50% de vidro - Concreto Convencional - Kg				
Cimento	Água	Areia - Média	Brita 1	Vidro
6,7509	3,2066	5,8057	12,9617	5,8057
1:0,86:0,86:1,92:0,475				
Traço 4 com 100% de vidro - Concreto Convencional - Kg				
Cimento	Água	Areia - Média	Brita 1	Vidro
6,6894	3,1774	0	12,8436	11,5057
1:1,72:1,92:0,475				

Fonte: Autora, 2015.

4.3 MOLDAGEM E CURA

Após mistura dos agregados com um misturador mecânico, foi realizado o ensaio de SLUMP TEST, obtendo como resultados para os abatimentos:

- Traços de 0% de vidro - SLUMP de 16 cm.
- Traços de 30% de vidro - SLUMP de 21 cm.

- Traços de 50% de vidro – SLUMP de 17,5 cm
- Traços de 100% de vidro – SLUMP de 16 cm

Observou-se que a mistura de 30% de vidro na substituição da areia, houve uma fluidez do concreto superior a 20 cm.

4.4 ROMPIMENTOS DOS CORPOS DE PROVAS NAS IDADES DE 07, 14 E 28 DIAS NBR – 5739/2007 (CONCRETO – ENSAIOS DE COMPRESSÃO)

Decorridos 28 dias da moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos de concreto, estes foram ensaiados à ruptura por compressão a fim de avaliar a sua resistência. Resultados dados em pressa em toneladas foram transformados em Mpa, conforme figura 4.4.1.

Figura 4.4.1 – Conversão em Mpa.

Controle de Rompimentos Manuais									
Filial	Cliente	Idade	Moldador	Data Mold.	Data Romp.	FCK	Carga Ton	Tensão Mpa	Média
FARO	TRAÇO 1 / 0 VIDRO	7	CRISTIANE	07/05/15	14/05/15	25,0	20,5	26,1	25,2
FARO	TRAÇO 1 / 0 VIDRO	7	CRISTIANE	07/05/15	14/05/15	25,0	19,1	24,4	
FARO	TRAÇO 2 30% VIDRO	7	CRISTIANE	07/05/15	14/05/15	25,0	20,5	26,0	24,3
FARO	TRAÇO 2 30% VIDRO	7	CRISTIANE	07/05/15	14/05/15	25,0	17,7	22,5	
FARO	TRAÇO 3 50% VIDRO	7	CRISTIANE	11/05/15	18/05/15	25,0	15,1	19,2	19,1
FARO	TRAÇO 3 50% VIDRO	7	CRISTIANE	11/05/15	18/05/15	25,0	14,9	19,0	
FARO	TRAÇO 4 100% VIDRO	7	CRISTIANE	11/05/15	18/05/15	25,0	10,0	12,7	12,7
FARO	TRAÇO 4 100% VIDRO	7	CRISTIANE	11/05/15	18/05/15	25,0	10,0	12,7	
FARO	TRAÇO 1 / 0 VIDRO	14	CRISTIANE	07/05/15	21/05/15	25,0	22,9	29,2	28,7
FARO	TRAÇO 1 / 0 VIDRO	14	CRISTIANE	07/05/15	21/05/15	25,0	22,1	28,2	
FARO	TRAÇO 2 30% VIDRO	14	CRISTIANE	07/05/15	21/05/15	25,0	21,5	27,4	29,0
FARO	TRAÇO 2 30% VIDRO	14	CRISTIANE	07/05/15	21/05/15	25,0	24,0	30,6	
FARO	TRAÇO 3 50% VIDRO	14	CRISTIANE	11/05/15	25/05/15	25,0	19,8	25,3	25,8
FARO	TRAÇO 3 50% VIDRO	14	CRISTIANE	11/05/15	25/05/15	25,0	20,7	26,3	
FARO	TRAÇO 4 100% VIDRO	14	CRISTIANE	11/05/15	25/05/15	25,0	11,6	14,8	17,6
FARO	TRAÇO 4 100% VIDRO	14	CRISTIANE	11/05/15	25/05/15	25,0	16,1	20,4	
FARO	TRAÇO 1 / 0 VIDRO	28	CRISTIANE	07/05/15	04/06/15	25,0	29,0	36,9	37,0
FARO	TRAÇO 1 / 0 VIDRO	28	CRISTIANE	07/05/15	04/06/15	25,0	29,1	37,1	
FARO	TRAÇO 2 30% VIDRO	28	CRISTIANE	07/05/15	04/06/15	25,0	30,0	38,2	38,4
FARO	TRAÇO 2 30% VIDRO	28	CRISTIANE	07/05/15	04/06/15	25,0	30,3	38,6	
FARO	TRAÇO 3 50% VIDRO	28	CRISTIANE	11/05/15	08/06/15	25,0	20,6	26,2	25,8
FARO	TRAÇO 3 50% VIDRO	28	CRISTIANE	11/05/15	08/06/15	25,0	20,0	25,5	
FARO	TRAÇO 4 100% VIDRO	28	CRISTIANE	11/05/15	08/06/15	25,0	17,2	21,9	22,4
FARO	TRAÇO 4 100% VIDRO	28	CRISTIANE	11/05/15	08/06/15	25,0	18,0	22,9	

Fonte: Autora, 2015.

Na figura 4.4.2 apresentam-se os resultados e diferenças experimentais de resistências à compressão simples para os respectivos traços à temperatura ambiente.

Figura 4.4.2 – Comparação de resistências



Fonte: Autora, 2015.

Os valores representam a média de dois corpos de provas para cada idade submetidos às mesmas condições de ensaio. Em relação à adição de vidro no concreto para os traços à temperatura ambiente, observa-se que o incremento das porcentagens de (30% e 50%) do vidro ocasionou redução muito pequena na resistência para idade de 7 dias, tendo seu desempenho menor com o teor de 100% de vidro adicionado no concreto.

Com base no traço 2, adição de 30% do vidro substituindo a areia média. Notou-se uma queda na idade de 7 dias com base no traço referência, obtendo com 14 dias um crescimento pequeno com base na mesma idade de rompimento do traço referência. Na adição de 50% de vidro na dosagem do concreto, não foi verificado uma evolução superior de resistência do traço referência nas idades de 7 e 14 dias. Adição de 100% do vidro substituindo a areia média, notou-se uma queda de 51,5% na idade de 7 dias comparado com o traço referência, continuando a não ter um crescimento de resistência superior na idade de 14 e 28 dias em comparação

com o traço referência.

Adição de 30% de vidro conforme o gráfico 1 teve um melhor desempenho com o resultado de 28 dias com base no traço referência. Sua resistência a compressão foi superior ao solicitado em projeto.

O traço 4 teve seu desempenho desfavorável em comparação aos outros traços, tornando ineficaz para elevadas resistências. Sua baixa resistência pode estar relacionada ao índice de reatividade potencial aos álcalis do cimento. Esse índice é determinado pela norma NBR 15577-4 visa verificar a reatividade, porem neste trabalho não foi possível ensaiar o índice de reatividade do vidro com o cimento.

5. CONCLUSÕES

As resistências dos diferentes traços analisados à temperatura ambiente foram compatíveis com as resistências de dosagem usualmente especificadas na produção de concretos, sendo possível afirmar que o teor de substituição mais adequado nesta pesquisa foi de 30%, pois atingiu-se um patamar de resistência equivalente ao concreto sem substituição. No caso da substituição de 100% da areia por vidro, apesar de atingir-se uma resistência não muito inferior, a trabalhabilidade foi altamente prejudicada inviabilizando a moldagem manual dos corpos de prova.

Entretanto, destaca-se que o vidro tem sílica em sua composição química e, diante disto, a mistura deste material com cimento pode desenvolver uma reação entre os álcalis do cimento com a sílica do vidro que em presença de umidade pode gerar um gel expansivo prejudicial ao concreto.

Considerando-se que a utilização de vidro moído no concreto tem um apelo sustentável pela conservação de recursos naturais e diminuição da quantidade de lixo depositado em aterros sanitários e lixões, assim colaborando com o meio ambiente, sugere-se a continuidade deste tema em trabalhos futuros, especificamente em relação à investigação das reações álcali-sílica do vidro com o cimento e à viabilidade econômica de produzir concretos com sucata de vidro a preços competitivos no mercado. Como foram obtidos com sucesso resistências a compressão axial de concretos com substituição de areia por percentuais de vidro moído, os resultados desta pesquisa são satisfatórios.

Finalizando este trabalho apresentou os resultados do estudo exploratório do uso de vidro reciclado como parte do agregado miúdo para fabricação de concretos, com a finalidade de promover uma reutilização de um material que, em forma de sucata, tem valor de mercado insignificante.

5.1 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Como o produto final desta pesquisa visa a obtenção de concretos, com qualidades e resistências que lhe permitam ser classificados como auto adensáveis e de alto desempenho, com emprego de materiais componentes da região de Porto Velho, recomenda-se, como sugestão ensaios que possam avaliar a durabilidade deles e uma análise dos custos dos concretos para confirmar a viabilidade destes

em obras de construção civil nas proximidades de Porto Velho.

Outras sugestões para pesquisas futuras são:

- a) juntamente com a recicladora realizar uma coleta por de tipos de vidros, por meio de baias.
- b) produzir concretos com resíduos de vidro moído com granulometria ainda menor que a empregada nesta pesquisa, avaliando, ainda, a atividade pozolânica e reatividade álcali-agregado do resíduo de vidro ultrafino;
- c) realizar ensaios de reatividade álcali-agregado com o RVM de forma a atender o limite estabelecido em norma, podendo-se optar por substituir parcialmente o cimento empregado por teores de sílica;
- d) produzir concretos com outros aditivos minerais em conjunto para obter melhores resultados na matriz cimentícia;
- e) estudar, por meio de um método de dosagem experimental, outros traços para melhorar os resultados, principalmente, com relação à resistência à compressão; e
- f) verificar possíveis problemas de retração em concretos com adições de resíduo de vidro moído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland

ALMEIDA, I. R. **Concretos dosados em central, com areia 100% artificial**. São Paulo, In: Anais do II SUFFIB – Seminário – O uso da fração fina da britagem, 2005.

ÂNGULO, S. C. **Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia Básico de utilização do Cimento Portland**. 7 ed. São Paulo, 2002. 28p

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO - ABIVIDRO. Disponível em: <<http://www.abividro.org.br>>. Acesso em: dez. 2007.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM C-157 – 91 – Standard test method for length change of hardened hydraulic-cement mortar and concrete. In: Annual Book of ASTM, 1991.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil Premiando a Qualidade - 16º Concurso Falcão Bauer - AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE SUCATA DE VIDRO COMO AGREGADO MIÚDO ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO DE MATERIAIS CIMENTÍCIOS

CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE. Local Impacts and land stewardship. Switzerland, 2002. Disponível em: www.wbcscement.org. Acesso em 5 de junho de 2012.

CEMPRE, Consórcio Empresarial para a Reciclagem, www.cempre.org.br, Internet em 05/12/2013.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em: jun. 2010.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese de Livre Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil, 113 p, 2000.

JOHN, Vanderley M., AGOPYAN, Vahan. Reciclagem de resíduos da construção. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP. In: Anais do Seminário de Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares, 2000. São Paulo, SP, Brasil, 133 p, 2000.

NBR 15577-1: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

NBR 15577-2: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

NBR 15577-3: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

NBR 15577-4: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.

NBR 15577-5: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 5: Determinação da mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado.

Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

NBR 15577-6: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 6: Determinação da expansão em prismas de concreto. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

NBR 15823-1: Concreto auto adensável - Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010.

NBR 15823-2: Concreto autoadensável - Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010.

NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.

NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014

NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.

ROSA, S. E. S.; COSENSA, J. P.; BARROSO, D. V. Considerações sobre a indústria do vidro no Brasil. BNDS Setorial, Rio de Janeiro, n. 26, 2007, p. 101-138.