

## III-166 - ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DO VIDRO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTO INTERTRAVADO

**Bruna Nantes Fortunato** <sup>(1)</sup>

Engenheiro (a) Civil formado pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB).

**Gustavo Douglas P. de Oliveira** <sup>(1)</sup>

Engenheiro (a) Civil formado pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB).

**Maria Valéria C. M. V. Toniazzo** <sup>(2)</sup>

Docentes do curso de Engenharia Civil da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB).

**Willian Araújo Rosa** <sup>(2)</sup>

Docentes do curso de Engenharia Civil da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB).

**Rocheli Carnaval Cavalcanti** <sup>(2)</sup>

Docentes do curso de Engenharia Civil da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB).

**Endereço** <sup>(1)(2)</sup>: Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) Avenida Tamandaré nº 6000, Bairro: Jardim Seminário - Campo Grande - MS - CEP: 79117-010 - Brasil - Tel: (67) 3312-3300 - e-mails <sup>(1)</sup>: [gustavodouglas.lmg@gmail.com](mailto:gustavodouglas.lmg@gmail.com) e [bnantesfortunato@hotmail.com](mailto:bnantesfortunato@hotmail.com) ; e-mails <sup>(2)</sup>: [rocheli@ucdb.br](mailto:rocheli@ucdb.br).

### RESUMO

Dentre os diversos resíduos gerados pela sociedade, o vidro quando não reaproveitado acaba sendo descartado de forma inadequada. É um material que pode ser totalmente reciclado ou reutilizado, sendo esta a sua melhor destinação, pois se descartado na natureza o mesmo demora mais de 1 milhão de anos para se decompor (FIDELES; CUNHA; BRANDÃO, 2016). Porém, quando este resíduo não é absorvido pela indústria de reciclagem geralmente acaba sendo destinado em aterros sanitários, deixando o solo inutilizado e promovendo a perda de milhares de metros quadrados, representando assim extrema desvantagem para o meio ambiente (SAUER, 2013). Uma opção sustentável para diminuir o volume de vidro depositados em aterros e em até mesmo lixões seria reutiliza-los na construção civil como incorporados em misturas à base de cimento. Os blocos de concreto, piso intertravado ou também chamados de pavers são extremamente versáteis pois estão em diversos locais das cidades nos pátios e calçadas de praças, jardins, parques e estacionamentos. São extremamente resistentes e apresentam grandes vantagens na sua utilização (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007). Quando utilizado como agregado um material reciclável na construção civil, pode-se reduzir assim a quantidade de material extraído da natureza, como areia, brita, cal, entre outros. Este trabalho teve como objetivo utilizar o vidro proveniente de garrafas, em substituição da areia na fabricação de pisos intertravados. Foi elaborado um traço pelo método da ABCP sendo este 1:1,11:1,72:0,46, no qual foi utilizado na fabricação dos três tratamentos. O primeiro tratamento feito foi com nenhuma porcentagem de vidro, o segundo com 20% e o terceiro com 40% de vidro. Foram feitos testes de inspeção visual, absorção de água e aos 28 dias de resistência a compressão baseado na norma NBR 9781/2013. No teste de inspeção visual todas as peças fabricadas apresentaram aspecto homogêneo, arestas regulares e livre de defeitos. No de absorção de água o primeiro bloco apresentou média de 4,94 %, o segundo 4,64% e o terceiro 4,8%, atingindo o padrão exigido pela norma, sendo no máximo 6%. Já no teste de resistência a compressão o primeiro tratamento atingiu média de 62,5 MPa, o segundo 60,7 MPa e o terceiro 56,2 MPa, se adequando ao valor recomendado pela norma citada anteriormente de 50 MPa, para tráfego pesado. Com isso, conclui-se que a substituição do vidro nas misturas com porcentagens de 20% e 40% são viáveis tecnicamente na pavimentação para trânsito leve ou pesado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reaproveitamento, Vidro reciclado, piso intertravado, pavers.

### INTRODUÇÃO

Dentre os diversos resíduos gerados pela sociedade, o vidro quando não reaproveitado acaba sendo descartado de forma inadequada. Ele é um material não poroso, que resiste a uma temperatura de até 150°C, não perdendo as suas propriedades químicas e físicas. O seu principal constituinte é a sílica (areia), tendo em sua composição

óxidos e seus derivados, sendo formado por fusão, pelo calor (SEMA, 2009). É um material que pode ser totalmente reciclado, sendo esta a sua melhor destinação pois o mesmo demora mais de 1 milhão de anos para se decompor na natureza (FIDELES; CUNHA; BRANDÃO, 2016). Porém, quando este resíduo não é absorvido pela indústria de reciclagem geralmente acaba sendo destinado em aterros sanitários, deixando o solo inutilizado e promovendo a perda de milhares de metros quadrados representando assim extrema desvantagem para o meio ambiente (SAUER, 2013).

Dar-se novos destinos, fazer novos projetos, investir em novas tecnologias, criar novos meios e propostas para a reutilização dos resíduos, como o vidro, sempre deve estar em desenvolvimento. São com essas medidas que a propagação da consciência ecológica começara a atingir todas as áreas da sociedade (SOUZA et al., 2015).

Uma opção sustentável para diminuir o volume de vidro depositados em aterros e em até mesmo lixões seria reutiliza-los na construção civil, incorporados em misturas à base de cimento, tais como na produção de concretos, argamassa ou blocos, com sucata de vidro moído em substituição à areia ou qualquer outro componente (RIGHI *et al.*, 2011).

Os blocos de concreto, piso intertravado ou também chamados de pavers estão em diversos locais das cidades, como praças, jardins, pátios, parques, calçadas, estacionamentos. São extremamente resistentes e apresentam uma deformação vertical baixa. Por serem justapostos e assentados sobre colchão de areia drenam a água por suas juntas, diminuindo assim o escoamento das águas que acarretam problemas de enchentes nas cidades, sendo esta uma de suas grandes vantagens de utilização (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007).

De acordo com RIGHI *et al.* 2011 no Brasil, a valorização de resíduos que são recicláveis ou reutilizáveis é pouco aproveitada, uma vez que o aterro controlado ou sanitário ainda é uma opção de descarte muito barata, e a abundância de matéria prima para materiais de construção é de grande disponibilidade. Quando se utiliza como agregado um material reciclável, como por exemplo na fabricação de blocos de concreto o vidro, pode-se reduzir assim a quantidade de material extraído da natureza (extração de recursos naturais), como areia, brita, cal, entre outros. Além do mais apenas 45% de todo o vidro produzido voltam para as fabricas para serem reciclados (CEMPRE, 2009). Parte desse vidro sendo de garrafas, após o consumo são descartadas e tratadas como lixo, indo parar nos aterros sanitários (RIGHI *et al.* 2011). Por isso dar-se mais uma alternativa de utilização para vidro reduzirá a destinação indevida e incorreta do material onde parte dele ainda acaba sendo descartada de forma inadequada.

O presente trabalho tem como objetivo utilizar o vidro proveniente de garrafas, na fabricação de pisos intertravados. Foram feitos testes de resistência a compressão, de inspeção visual e também de absorção de água para analisar se as peças se adequam a norma.

Ao final dos testes de resistência mecânica dos blocos, pode-se concluir que houve em todas as amostras um resultado satisfatório, podendo assim os blocos fabricados serem utilizados na pavimentação, tanto para fins de tráfego leve quanto para tráfego com grandes solicitações.

De modo geral, os blocos fabricados testados se enquadraram nos parâmetros normativos, sendo os mesmos viáveis tecnicamente, se tornando uma opção de uso como agregado afim de diminuir o volume de vidro depositados em aterros e em até mesmo lixões.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a realização do estudo em questão foi necessário definir desde os materiais que seriam utilizados no bloco até a análise da viabilidade técnica do vidro substituído na mistura.

## **ENSAIOS LABORATORIAIS**

As matérias primas utilizadas na fabricação dos blocos de concreto intertravados foram o cimento Portland CP V-ARI, areia, brita 0, água e o vidro moído. Todos passaram por ensaios laboratoriais, sendo o de análise granulométrica (ABNT NBR NM 248:2001) e de massa específica (ABNT NBR NM 52:2002). Os ensaios ao

qual foram submetidos os materiais foram essenciais na definição do traço do bloco de concreto com substituição de vidro.

A massa específica do cimento CP V – ARI, da marca Cauê que foi utilizada na elaboração do traço foi consultado e especificado pelo fabricante, nos catálogos da empresa (Inter cement, 2018). Para a obtenção da massa específica dos agregados miúdos utilizou-se a ABNT NBR NM 52:2002, através do frasco de Chapman. Existe um traço representando a marcação de 200 cm<sup>3</sup> de volume. Para a obtenção da massa específica do vidro baseou-se na ABNT NBR NM 52:2002, através do frasco de Chapman, por ter sido considerado como agregado miúdo. Para a obtenção da massa específica real do agregado graúdo foi utilizada a NBR NM 53:2003,

### **Análise granulométrica**

Para a caracterização da granulometria da areia, do vidro e da brita 0 utilizou-se a ABNT NBR NM 248:2003. Cada massa retida foi anotada em uma planilha de composição granulométrica (figura 10), onde após isso foi identificado o módulo de finura da areia, necessário para obtenção do traço. Para o ensaio do agregado graúdo (brita), após isentas de umidade, foi pego uma amostra (M1), com massa de 1 Kg. O resultado foi anotado em uma planilha de composição granulométrica (Figura 11), onde após isso foi identificada a dimensão máxima característica da brita, necessária para obtenção do traço.

### **Massa unitária do agregado graúdo em estado compactado**

Fundamentado na ABNT NBR NM 45:2006, primeiro foi determinada a massa do recipiente e então foi lançado o agregado até 1/3 de sua capacidade e adensado com 25 golpes com uma haste de adensamento, após isso continuou o lançamento do agregado até 2/3 da capacidade do recipiente onde foi novamente adensado com 25 golpes. Por fim, encheu-se totalmente o recipiente, nivelou a superfície e adensou (25 golpes), a partir disso foi determinada a sua massa.

A massa unitária do material foi calculada a partir da seguinte equação:

$$\mu = \frac{Mt - Mc}{V} = \frac{M}{V}$$

Onde:

Mc = massa do recipiente (kg)

Mt = massa do recipiente + amostra (kg)

M = massa da amostra (kg)

V = volume do recipiente (dm<sup>3</sup>)

$\mu$  = massa unitária (kg/dm<sup>3</sup>)

### **Formas**

As formas utilizadas para a moldagem dos blocos eram duplas, os blocos formados por essas formas possuem 3 dimensões, sendo comprimento, largura e espessura (Figuras 1A e 1B). Neste estudo os blocos possuíam seção retangular com dimensões de 20 cm de comprimento, 10 cm de largura e 6 cm de espessura, foi aplicado um desmoldante em toda a superfície interna das formas antes de receber as misturas produzidas.

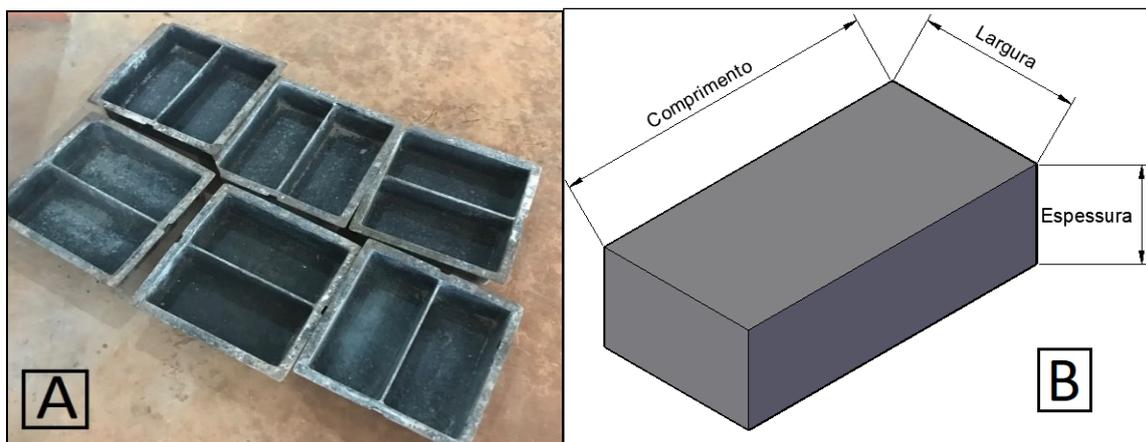


Figura 1 – A) Formas utilizadas B) Formato do bloco.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

## DEFINIÇÃO DO TRAÇO

Para definir o traço do concreto partiu-se da análise da norma quanto à resistência a compressão, onde informa que é necessário atingir no mínimo 35 MPa para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, sendo nos padrões da NBR 9781/2013. Entretanto para o cálculo do traço optou-se por atingir uma resistência requerida de no mínimo de 40 MPa, dando assim uma margem de segurança para o bloco, onde, se mesmo adicionando o vidro na mistura ocorresse uma perda da resistência, ainda assim ser possível a utilização dos blocos, pois os mesmos atingiriam a resistência mínima exigida pela norma.

O método que foi utilizado na elaboração do traço foi baseado na ABCP (ABCP, 1984), onde é utilizado a curva de Abrams, que fornece a partir da resistência normal do cimento aos 28 dias com a resistência requerida aos 28 dias do concreto, o fator água/cimento, conforme figura 2.

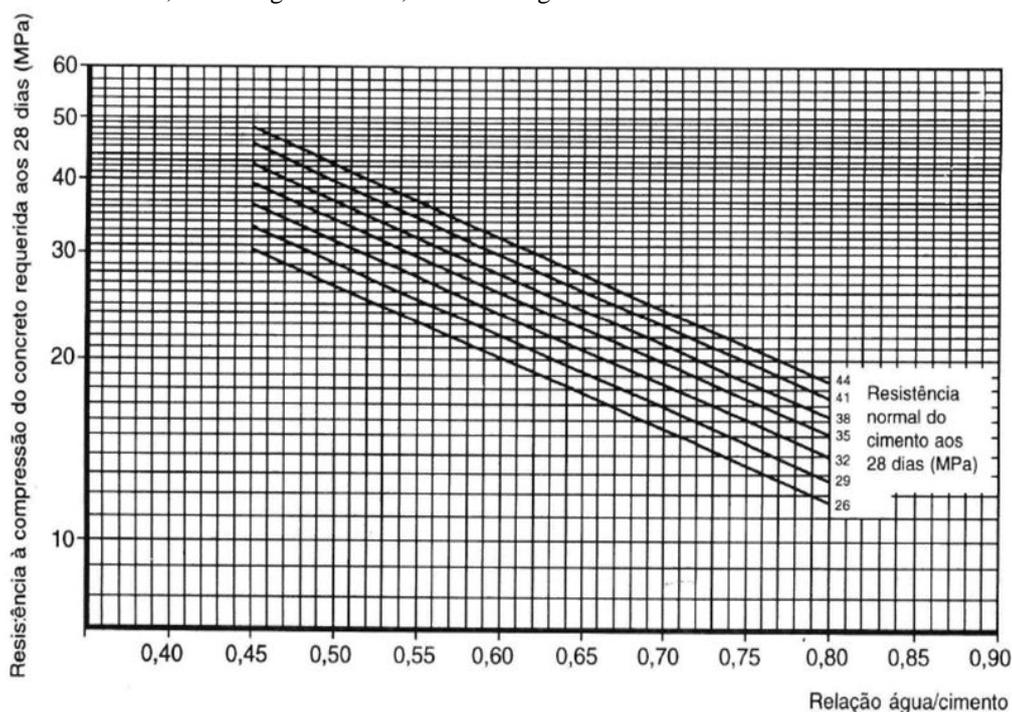


Figura 2 – Curva de Abrams utilizada

Fonte: ABCP, ET-67.1995.

De acordo com o fornecedor do cimento CPV ARI, da marca Cauê, a resistência normal deste cimento aos 28 dias é em torno de 50 MPa. Porém para este trabalho a resistência normal do cimento aos 28 dias utilizada foi de 35 MPa. Com isso houve um aumento na resistência final dos blocos fabricados. Entretanto foi realizado o mesmo procedimento para todos os corpos de prova elaborados, tanto para as amostras convencionais como para as com substituição do vidro.

### **Bloco de concreto intertravado com vidro**

Com o traço convencional do bloco de concreto intertravado, foi substituída a areia por porcentagens de vidro na mistura. Para esse estudo foi estipulada a quantidade de 20% (vinte por cento) e de 40% (quarenta por cento) de vidro triturado na mistura, conforme tabela 1.

Assim para este trabalho em questão foram definidos 3 tipos de misturas, conforme tabela abaixo:

**Tabela 1 – Traço do bloco de concreto intertravado convencional e traço com porcentagens de vidro que será substituído no lugar da areia.**

Traço 1	Bloco de concreto convencional sem substituição de vidro
Traço 2	Bloco de concreto com substituição de 20% de vidro
Traço 3	Bloco de concreto com substituição de 40% de vidro

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

### **Quantidades de amostras confeccionadas**

Para definir a quantidade de amostras, a NBR 9781:2013, do bloco de concreto para pavimento intertravado, especifica no item 5.4 que no teste de resistência característica a compressão necessita-se de 6 (seis) amostras, no item 5.5 de absorção de água 3 (três) amostras, e no item 5.7 o de inspeção visual solicita 6 (seis) amostras. O teste de abrasão do item 5.6 é facultativo, sendo assim desconsiderado neste trabalho, conforme tabela 2.

De acordo com a tabela 4 da mesma NBR item “a” é permitido que as amostras utilizadas para inspeção visual sejam as mesmas utilizadas para resistência à compressão. Portanto foram fabricadas 9 (nove) amostras por mistura mais um adicional de 2 (duas) amostras por mistura, em caso de perda ou qualquer imprevisto que pudesse ocorrer com os blocos entre o tempo de fabricação, cura e a realização dos testes solicitados pela norma.

**Tabela 2 - Descrição das quantidades de amostrar solicitadas por testes.**

<b>QUANTIDADES DE AMOSTRAS</b>	<b>Traço 1</b>	<b>Traço 2</b>	<b>Traço 3</b>
Resistência característica a compressão *	6	6	6
Absorção de água	3	3	3
Inspeção visual	6	6	6
Segurança	2	2	2
Total por traço	11	11	11
*Item que solicita 6 amostras foi desconsiderado pois para o teste de resistência a compressão serão utilizadas as amostras de inspeção visual.	<b>TOTAL</b>		33

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

### FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova foram confeccionados no laboratório de materiais de construção da Universidade Católica Dom Bosco, em Campo Grande – MS. A primeira mistura produzida foi a do piso intertravado convencional, posteriormente o traço com 20% de vidro e por último o traço com 40% de adição de vidro. A quantidade de material batido na betoneira em cada um dos traços foi definido pela quantidade de corpos de prova que seriam produzidos em cada traço (11 amostras), sendo adicionada 10% de perda sobre a massa de cada material utilizado. Foram separadas e pesadas as quantidades em quilogramas de cimento, areia, brita e vidro e em litros a água, conforme figura 3.



**Figura 3 – Materiais para mistura.**  
**Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.**

Na fabricação da mistura de cada traço o procedimento foi o mesmo. Os materiais eram colocados e misturados em uma betoneira na qual já estava totalmente isenta de misturas antigas. Foram colocados os materiais um a um, primeiramente a brita 0 com 80% da água, depois o cimento, e então a areia, acrescentando pouco a pouco a água o restante da água. No caso da mistura com adição do vidro, junto com a areia foi colocado o vidro. A mistura ficou batendo na betoneira até atingir uma excelente homogeneização dos materiais, conforme figura 4. A cada mistura a betoneira foi lavada, evitando restos de materiais do traço anterior.

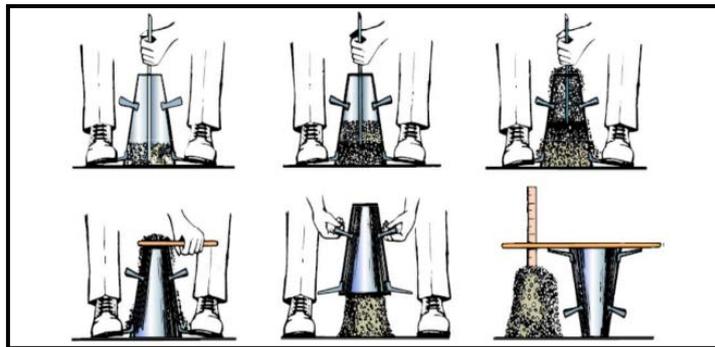


**Figura 4 – Materiais na betoneira**  
**Fonte: Elaborada pelos autores, 2018**

Após a mistura dos componentes, foi feito o teste de *slump*. A norma que condiciona o ensaio de abatimento é a NBR NM 67/1998, estabelecendo parâmetros e instruções para a realização do ensaio, os quais são descritos a seguir e mostrados na figura 5:

- O ensaio é feito através de um cone metálico com 20cm de diâmetro na base, 10cm de diâmetro no topo e 30cm de altura;
- Molda-se o concreto em 3 camadas iguais, adensadas com 25 golpes cada, com uma haste metálica normalizada;
- A camada final é rasada pelo rolamento da haste;
- Após o preenchimento, o cone é lentamente erguido e o concreto liberado sofre abatimento (diferença de altura).

Conferido o *slump*, a massa foi colocada nas formas com o auxílio de uma colher de pedreiro.



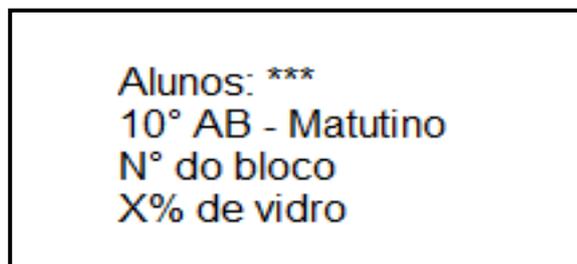
**Figura 1 - Ensaio de abatimento do tronco de cone**  
Fonte: NBR NM 67(1998).

Na realização do procedimento de fabricação dos blocos foi necessário acrescentar mais água na mistura, pois não foi possível torna-los moldáveis. A partir desse acréscimo de água determinou-se o novo fator água/cimento.

### **Adensamento**

O adensamento das amostras foi feito de forma manual, onde colocou-se duas camadas de concreto dentro da forma do bloco, onde cada camada foi adensada com leves batidas na lateral da forma, para que o concreto preenchesse todos os vazios da mistura e da forma. O excesso de massa sobre a forma foi retirado, deixando assim a superfície com um bom acabamento.

Os corpos de prova assim que adensados foram separados de acordo com o traço, onde em cada mistura produzidas (0%, 20% e 40% de vidro) foram colocadas etiquetas com a sua identificação, como demonstrado na figura 6.



**Figura 6 - Etiqueta de identificação dos blocos**  
Fonte: Elaborada pelos autores, 2018

## Cura dos corpos de prova

Os corpos de prova inicialmente iriam para uma câmara úmida, porém devido às incertezas quanto ao funcionamento correto da mesma, tanto diariamente quando aos finais de semana optou-se por buscar novas alternativas de cura que são utilizadas, na qual fosse possível obter resultados a partir da cura para não desfavorecer a resistência final dos blocos. Assim, de acordo com o estudo feito por Bauer (2000), o método mais ideal de cura é a submersão em água, o qual pode ser empregado com sucesso em lajes, pisos e pavimento onde conta com uma grande área exposta e não há utilização nos primeiros dias. Por essa razão, essa foi a metodologia adotada para realizar a cura dos corpos de prova.

Os blocos após um dia em temperatura ambiente foram desformados e levados para um tanque de água, tendo como finalidade evitar a evaporação da água utilizada no amassamento do concreto e assim garantir que os componentes do cimento se hidratem, mantendo o concreto saturado, sendo desta forma a cura submersa.

## REALIZAÇÃO DE TESTES

### Inspeção visual

Foi observado se as peças estavam com defeitos que podiam vir a prejudicar o assentamento, desempenho visual ou estético do pavimento. As peças no final deviam ter aspecto homogêneo, estando com arestas regulares, ângulos retos, sem rebarbas e defeitos. Também foram coletadas as dimensões de comprimento, largura e espessura real de todas as faces dos blocos através de um paquímetro digital.

Foram separados 6 corpos de prova de cada tratamento para realização da inspeção visual, sendo 3 tratamentos (0%, 20% e 40% de vidro), no total 18 corpos de prova foram inspecionados. Cada um foi observado individualmente, sendo que, todos os aspectos mencionados anteriormente foram examinados atentamente.

### Absorção de água

Neste teste os blocos passaram por uma verificação do quanto absorveram de água em sua composição, onde obteve-se a sua massa ao ficarem 24 horas imersos em água, (foi repetido este procedimento a cada 2 h, até que em duas determinações sucessivas não se registrasse para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5 % em relação ao valor anterior, anotando-se então a sua massa saturada  $m_2$ ). Posteriormente os blocos foram levados a estufa, onde após 24 horas foi possível obter-se a sua massa seca (foi também repetido este procedimento a cada 2 h, até que em duas determinações sucessivas não se registrasse para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5 % em relação ao valor anterior, anotando-se então a sua massa seca  $m_1$ ). O bloco como resultado final não deve contemplar mais que 6% de absorção de água. Para o cálculo da absorção de água foi utilizada a fórmula descrita abaixo:

$$Absorcao\% = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

Após anotados os dados de massa úmida e massa seca foram descritos todos os dados em uma tabela, conforme tabela 3.

**Tabela 3 - Descrição das informações da absorção de água**

Nº	Massa úmida (g)		Porcentagem (%)	$m_1$	Massa Seca (g)		Porcentagem (%)	$m_2$	Absorção (%)
	1	2			1	2			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

## Resistência característica à compressão

### Restrições

Neste teste os blocos foram submetidos a uma prensa hidráulica de compressão onde o equipamento exerceu uma carga sobre o corpo de prova até que ele se rompesse. A norma solicita que seja utilizado de acordo com o anexo A.1.2 da NBR 9781/2013, placas auxiliares, circulares, com diâmetro de  $(85\pm 5)$  mm e espessura de 20 mm, confeccionadas em aço, com dureza superficial maior que 60 RC. Essas placas auxiliares devem ser acopladas à máquina de ensaio de compressão.

Desta forma, todos os blocos produzidos, tanto os de 0% como os de 20% e os de 40% foram encaminhados à uma empresa especializada em rompidos de blocos, sendo essa a MECFOR Engenharia localizada na cidade em questão.

### Capecamento

Antes da realização do ensaio a compressão, de acordo com o anexo A item A.3 da NBR 9781/2013, todas as amostras deveriam ser retificadas ou capeadas. A empresa na qual foram enviados os blocos trabalha com o método de capecamento, que é a formação de uma película de argamassa sobre as faces do bloco, esta argamassa deve possuir um traço similar ou superior ao do bloco afim de não interferir nos resultados que serão obtidos.

Assim as amostras foram levadas à empresa para serem capeadas conforme figura 7, para aos 28 dias de fabricação serem rompidas no teste de resistência. Todas as amostras foram capeadas nas duas faces onde foram aplicadas a carga da máquina de compressão.



**Figura 7 – Capecamento nas duas faces do bloco**  
**Fonte: Mecfor Engenharia, 2018.**

### Obtenção dos valores de resistência

Após os corpos de prova atingirem 28 dias os mesmos foram submetidos ao teste de resistência à compressão em uma prensa hidráulica. Foi efetuada a leitura da carga exercida sobre as amostras até o momento do seu rompimento, anotando assim o pico máximo de carga em quilograma força (kgf).

A resistência à compressão da peça, é expressa em Mega Pascal (MPa), assim, obtida dividindo-se a carga de ruptura, expressa em newtons (N), pela área de carregamento, expressa em milímetros quadrados ( $\text{mm}^2$ ), multiplicando-se o resultado pelo fator  $p$ , função da altura da peça, conforme Tabela A.1 da NBR 9781/2013.



A área de carregamento é a da placa circular utilizada pela MECFOR, com valor de diâmetro de 85,1 mm. Já o fator  $p$  para a altura da peça fabricada de 60 mm é de 0,95.

Assim:

$$Rc = \frac{F}{A} \times p$$
$$Rc = \frac{F}{\pi \times \frac{d^2}{4}} \times p$$
$$Rc = \frac{F}{\pi \times \frac{85,1^2}{4}} \times 0,95$$

$Rc$  = Resistência a compressão (MPa)

$F$  = Força (kN)

$D$  = diâmetro (mm)

$p$  = fator multiplicativo

Também é solicitado pela norma o cálculo de  $f_{pk,est}$  (a resistência característica estimada à compressão), expressa em megapascals (MPa), onde admite-se que as resistências à compressão obedecem à distribuição normal, sendo o valor característico estimado pela equação:

$$f_{pk,est} = f_p - t \times s$$

Sendo

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n - 1}}$$

$f_p$  = Resistência média das peças, expressa em megapascals (MPa)

$f_{pi}$  = Resistência individual das peças, expressa em megapascals (MPa)

$f_{pk,est}$  = Resistência característica estimada à compressão, expressa em Mega Pascal (MPa)

$n$  = Número de peças da amostra

$s$  = Desvio-padrão da amostra, expresso em megapascals (MPa);

$t$  = coeficiente de Student, fornecido por tabela, em função do tamanho da amostra.

O coeficiente de Student  $t$  é obtido de acordo com a tabela A.2 da NBR 9781/2013, sendo para  $n$  de 6 amostras um  $t$  de 0,92.

Após feitos todos os testes, foram analisados os resultados obtidos em cada um desses, podendo assim verificar se estarão ou não de acordo com os parâmetros exigido pela NBR 9781/2013.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### MASSA ESPECÍFICA

#### Cimento

Tendo como valor disponibilizado pelos fabricantes, a massa específica média do CP V-ARI CAUE é 3,12 g/cm<sup>3</sup>.

#### Agregado miúdo

Por intermédio do frasco de Chapman foi determinada a massa específica da areia, como sendo a média de duas repetições do ensaio com o material em questão (Figura 8).



**Figura 8 – Frasco de Chapman**  
**Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.**

Após a realização do procedimento o resultado encontrado ficou em 2,63 g/cm<sup>3</sup>. Assim os valores encontrados no ensaio estão demonstrados na Tabela 4.

**Tabela 4 – Massa específica da areia**

Determinação da massa específica		1°	2°
Ms	MASSA DE AREIA SECA (g)	500	500
Lo	LEITURA INICIAL (cm <sup>3</sup> )	200	200
L	LEITURA FINAL (cm <sup>3</sup> )	390	390
p	VALOR MÉDIO (Kg/dm <sup>3</sup> )	2,63	2,63

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

### Vidro

Por intermédio do frasco de Chapman foi determinada a massa específica do vidro. Foram realizados duas vezes o ensaio com o material em questão obtendo-se a média dos dois valores encontrados (Figura 9).



**Figura 9 – frasco de Chapman com vidro**  
**Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.**

Sendo o procedimento realizado com base na ABNT NBR NM 52:2002, o resultado da massa específica encontrada foi de 2,494 g/cm<sup>3</sup>, onde os valores obtidos no ensaio estão expressos na Tabela 5.

**Tabela 5 - Massa específica da areia**

Determinação da massa específica		1°	2°
Ms	MASSA DO VIDRO (g)	500	500
Lo	LEITURA INICIAL (cm <sup>3</sup> )	200	200
L	LEITURA FINAL (cm <sup>3</sup> )	400	401
p	VALOR MÉDIO (Kg/dm <sup>3</sup> )	2,50	2,49
MÉDIA (Kg/dm <sup>3</sup> )		2,494	

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

### **Agregado graúdo**

A massa específica da brita foi calculada como sendo a média de duas repetições do ensaio, através do método do picnômetro (Figura 10).



**Figura 10 – Picnômetro com brita**  
**Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.**

Sendo o procedimento realizado, o resultado da massa específica encontrado foi de 2,95 g/cm<sup>3</sup>, onde os valores obtidos no ensaio estão expressos na Tabela 6.

**Tabela 6 – Massa específica da brita**

Determinação da massa específica		1°	2°
Ms	MASSA DA AMOSTRA (g)	500	500
M1	PICNOMETRO+ÁGUA (g)	2370,8	2370,9
M2	PICNOMETRO+ÁGUA+AMOSTRA (g)	2701,3	2701,3
p	MASSA ESPECÍFICA (Kg/dm <sup>3</sup> )	2,95	2,95
MÉDIA (Kg/dm <sup>3</sup> )		2,949	

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018

## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Com a análise granulométrica dos agregados miúdo, graúdo e vidro foi possível obter suas respectivas curvas granulométricas.

### Areia

As porcentagens retidas obtidas nas amostras de areia seguem demonstradas na Tabela 7.

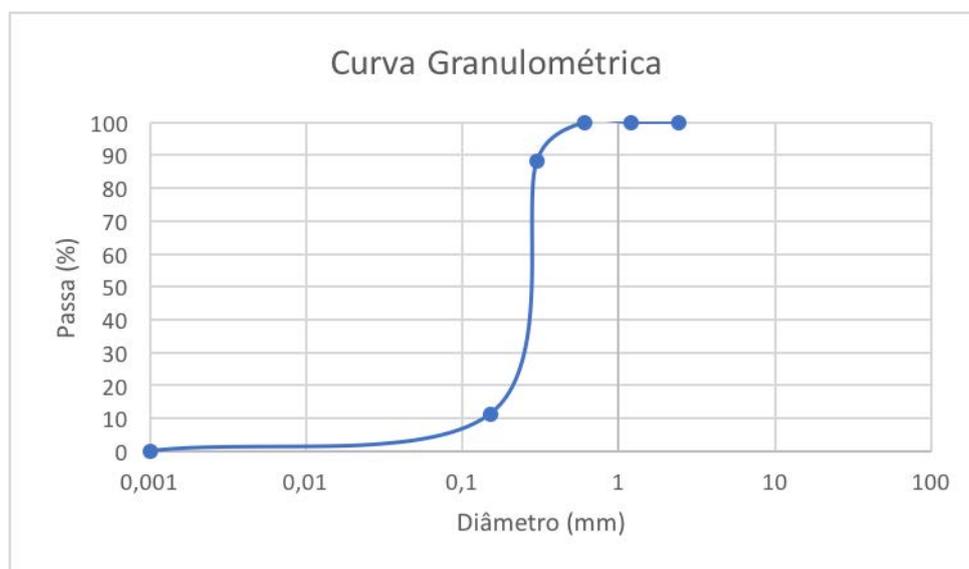


**Tabela 7 - Porcentagens retidas no ensaio de granulometria da areia.**

PENEIRAS ABNT (mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA INDIVIDUAL	% RETIDA ACUMULADA
	M1	M1	
4,8	0	0	0
2,4	0	0	0
1,2	0,25	0,08	0,08
0,6	0,01	0,003	0,083
0,3	35,30	11,77	11,85
0,15	230,52	76,84	88,69
Fundo	33,61	11,20	99,89

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Com os dados obtidos foi possível observar que a areia utilizada para o estudo é considerada fina, onde a maior porcentagem de grãos que é de aproximadamente 77% ficou retida na peneira de malha 0,15 mm. O módulo de finura determinado foi de 1,00. A figura 11 demonstra o resultado da curva granulométrica.



**Figura 11 – Curva granulométrica da areia**

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

## Vidro

Para o ensaio com o vidro moído as porcentagens retidas do material estão presentes na Tabela 8.

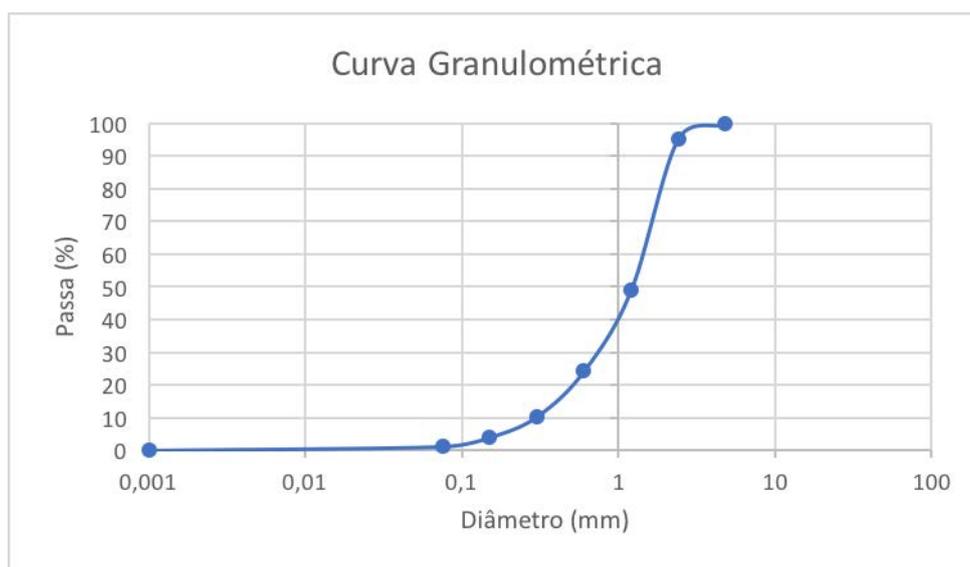


**Tabela 8 - Porcentagens retidas no ensaio de granulometria do vidro**

PENEIRAS ABNT (mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA INDIVIDUAL	% RETIDA ACUMULADA
	M1	M1	
9,5	0	0	0
4,8	3,45	0,345	0,35
2,4	43,66	4,366	4,71
1,2	462,28	46,228	50,94
0,6	248,0	24,824	75,76
0,3	139,04	13,904	89,67
0,15	63,18	6,318	95,99
0,075	27,88	2,788	98,77
Fundo	11,77	1,177	99,95

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Ao se analisar os resultados encontrados pode-se observar que com o as amostras ensaiadas a peneira com malha de 1,2 mm foi a que apresentou a maior quantidade de grãos retidos. Também pode-se observar que os grãos de vidro demonstram ter uma distribuição de granulometria mais linear, diferentemente da areia. O módulo de finura determinado foi de 4,16. A figura 12 demonstra a curva granulométrica encontrada.



**Figura 12 – Curva Granulométrica do vidro**  
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

### Brita

As porcentagens retidas obtidas nas amostras de brita seguem demonstradas na Tabela 9.

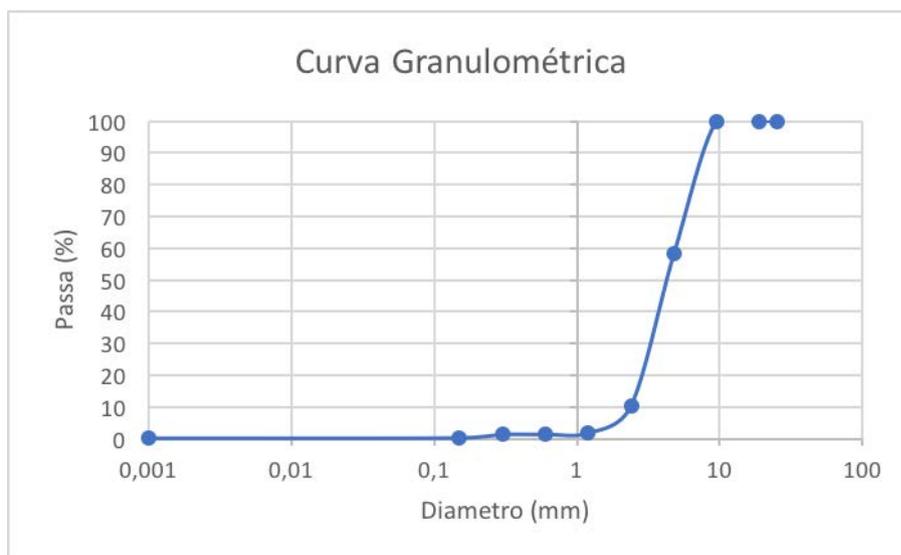


**Tabela 9 - Porcentagens retidas no ensaio de granulometria da brita**

PENEIRAS ABNT (mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA INDIVIDUAL	% RETIDA ACUMULADA
	M1	M1	
25	0	0	0
19	0	0	0
9,5	0	0	0
4,8	416,40	41,64	41,64
2,4	479,70	47,99	89,61
1,2	86,40	8,64	98,25
0,6	4,0	0,40	98,65
0,3	0,53	0,053	98,703
0,15	0,64	0,064	98,767
FUNDO	11,0	1,10	99,867

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Assim, a dimensão máxima característica corresponde a abertura da malha da peneira na qual o agregado apresentou uma porcentagem acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% da massa total, sendo assim 9,5 mm. A figura 13 demonstra a curva granulométrica encontrada.

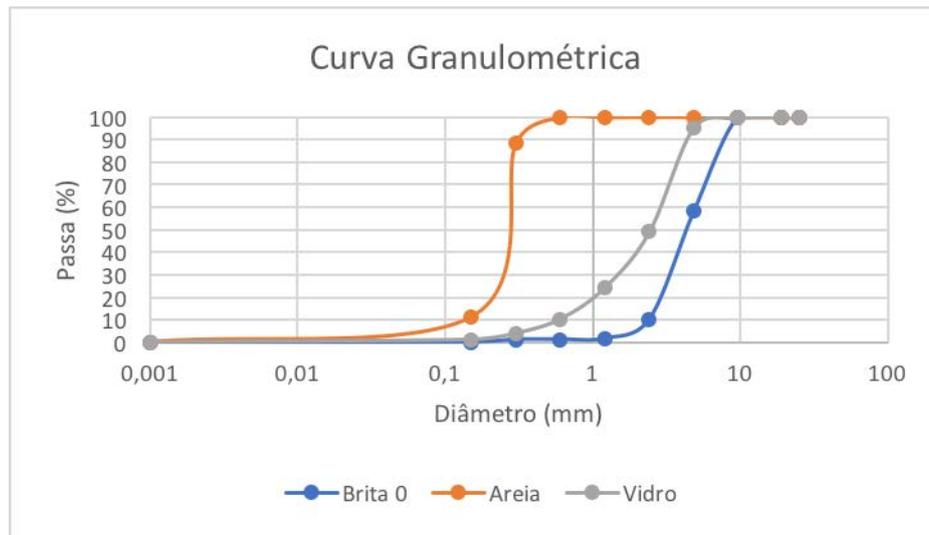


**Figura 13 - Curva Granulométrica da brita**

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

### Curvas granulométricas da areia, vidro e brita

Na Figura 14 estão apresentados em uma mesma tabela as curvas granulométricas dos agregados, areia, vidro e brita 0 utilizadas.



**Figura 14 Curva Granulométrica da areia, vidro e brita**  
**Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.**

Identifica-se na curva granulométrica do vidro que o mesmo ficou mais próximo da curva da brita 0, porém ainda assim sendo considerado agregado miúdo de classificação grossa, por ter a maior parte da amostra retida na peneira de malha 1,2mm.

#### Massa unitária do agregado em estado compactado

Foi necessário a obtenção da massa unitária da brita, para a determinação do consumo de agregado graúdo. Assim, foi calculada como sendo a média de duas repetições do ensaio (Tabela 10), finalizado com o valor de 1,557 kg/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 10 – Massa unitária da brita**

DETERMINAÇÃO		1°	2°
Mc	MASSA DO RECIPIENTE (kg)	6,48	6,56
Mt	MASSA DO RECIPIENTE+AMOSTRA (kg)	22,14	22,38
M	MASSA DA AMOSTRA (kg)	15,66	15,82
V	VOLUME DO RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> )	10,098	10,1145
u	MASSA UNITÁRIA (kg/dm <sup>3</sup> )	1,551	1,564
	VALOR MÉDIO (kg/dm <sup>3</sup> )	1,557	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

#### TRAÇO DO BLOCO INTERTRAVADO

Utilizado o método da ABCP e os dados obtidos através dos ensaios, chegou-se ao traço que foi utilizado na fabricação dos blocos, tanto para o bloco de referência como para os com substituição da areia por vidro.

#### Bloco de concreto intertravado de referência

Para o bloco de referência com 0% de vidro ficou definido o traço 1:1,11:1,72:0,46 (cimento, areia, brita e água).



### Bloco de concreto intertravado com substituição de vidro

Com o traço de referência retirou-se 20% de areia e adicionou a mesma porcentagem de vidro, ficando o traço conforme definido a seguir:

- 1:0,89:0,22:1,72:0,46 (cimento, areia, vidro, brita e água)

Para o traço dos blocos com 40% de vidro executou-se o mesmo procedimento que o de 20% de vidro, ficando o traço conforme definido a seguir:

- 1: 0,67: 0,44: 1,72:0,46 (cimento, areia, vidro, brita e água).

### ANÁLISE DE INSPEÇÃO VISUAL

Após serem feitas a medição dos blocos, e calculadas as médias das dimensões encontradas, as amostras apresentaram valores conforme descrito nas tabelas 11, 12 e 13.

**Tabela 11 – Dimensões do bloco com 0 % de vidro**

0% de vidro			
Amostras	Media		
	Espessura	Largura	Comprimento
1	57,1	98,3	199,6
2	57,7	98,6	199,4
3	57,1	99,6	199,9
4	58,2	99,1	199,7
5	57,2	98,8	200,0
6	57,4	99,5	199,7

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Nota-se de acordo com a tabela 11 que nas amostras de 0% em relação a dimensão pré-determinadas do bloco sendo de 100x200x60mm, a largura ficou com variação de no máximo 2 mm, o comprimento com 1 mm de variação e a espessura com 3 mm. Desta forma todas as dimensões ficaram com variação de no máximo 3 milímetros, sendo esta tolerância máxima dada pela NBR 9781/2013.

**Tabela 12 - Dimensões do bloco com 20 % de vidro**

20% de vidro			
Amostras	Media		
	Espessura	Largura	Comprimento
1	57,5	97,9	200,0
2	57,8	98,1	199,5
3	57,2	97,7	198,9
4	58,6	97,7	198,5
5	57,6	97,6	198,5
6	56,8	97,9	199,1

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Já nos blocos com 20% de vidro é possível observar de acordo com a tabela 12 que apenas a amostra 6 apresentou uma variação quanto a espessura menor do que a tolerada descrita na norma sendo de 56,8 milímetros.

**Tabela 13- Dimensões do bloco com 40 % de vidro**

40% de vidro			
Amostras	Média		
	Espessura	Largura	Comprimento
1	57,0	97,9	199,2
2	56,7	98,9	199,8
3	56,8	97,9	199,4
4	56,9	98,2	199,4
5	56,8	97,9	199,3
6	56,6	98,2	199,4

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Já nos blocos com 40% de vidro (Tabela 13), observa-se que somente na amostra 1 com relação a sua espessura, ocorreu uma variação de no máximo 3 milímetros, estando todas as outras amostras com variação dimensional de espessura maior do que a tolerada pela norma. Já a largura e comprimento das amostras de 40% de vidro não tiveram problemas em relação a variação máxima de 3 milímetros.

Acredita-se que a variação da espessura em todos os blocos fabricados pode ter ocorrido devido ao método adotado no preenchimento das formas, que foi de maneira manual e visual, assim dificultando colocar a mesma quantidade de massa em todas as amostras.

Peres, J. G. M; Tavares, D. S., et al. 2013 estudaram a viabilidade da adição de resíduos de vidro moído na produção de argamassa cimentícia e obtiveram uma variação na espessura dos corpos de prova fabricados, esta irregularidade pode ter sido devido a algum erro experimental no momento em que estavam compactando o material no molde.

Todas as peças também apresentaram aspecto homogêneo, arestas regulares e ângulos retos e livres de rebarbas, defeitos, delaminações e descamação, conforme figura 15. Assim os resultados para os blocos foram satisfatórios nestes aspectos citados anteriormente, pois com a substituição do vidro como agregado, independente da porcentagem utilizada (20% ou 40%), não se teve alterações nos aspectos físicos dos corpos de prova.



**Figura 15 – Inspeção visual dos blocos de 0%, 20% e 40%**  
 Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

### Análise da determinação de absorção de água

Aos 28 dias os corpos de prova passaram pelo teste de absorção de água, apresentando os resultados conforme abaixo nas tabelas 14, 15 e 16.

**Tabela 14 – Porcentagem de absorção do bloco de 0% de vidro**

0%									
Nº	Massa úmida (g)		Porcentagem (%)	m1	Massa Seca (g)		Porcentagem (%)	m2	Absorção (%)
	1	2			1	2			
1	2641,6	2642,4	-0,0302	2642,4	2517	2516,3	0,0278	2516,3	5,0113
2	2656,8	2656,7	0,0037	2656,7	2534,1	2533,9	0,0078	2533,9	4,8463
3	2706	2706,3	-0,0111	2706,3	2579,4	2578,3	0,0426	2578,3	4,9645
<b>MÉDIA</b>									4,9407
<b>DESVIO PADRÃO</b>									0,0694

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

De acordo com a tabela 14 foi possível observar que as amostras convencionais sem substituição do vidro obtiveram média de 4,94% de absorção de água e com um desvio padrão de 0,06.

**Tabela 15 - Porcentagem de absorção do bloco de 20% de vidro**

20%									
Nº	Massa umida (g)		Porcentagem (%)	m1	Massa Seca (g)		Porcentagem (%)	m2	Absorção (%)
	1	2			1	2			
1	2674,4	2675,1	-0,02617	2675,1	2559,5	2558,3	0,04688	2558,3	4,5655
2	2638	2637,5	0,01895	2637,5	2526,8	2526,7	0,00395	2526,7	4,3852
3	2642,1	2642,6	-0,01892	2642,6	2517,9	2517,8	0,00397	2517,8	4,9567
<b>MÉDIA</b>									4,6358
<b>DESVIO PADRÃO</b>									0,2385

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

De acordo com a tabela 15 foi possível observar que as amostras com 20% de substituição do vidro obtiveram média de 4,63% de absorção de água e com um desvio padrão de 0,23.

**Tabela 16 - Porcentagem de absorção do bloco de 40% de vidro**

40%									
Nº	Massa umida (g)		Porcentagem (%)	m1	Massa Seca (g)		Porcentagem (%)	m2	Absorção (%)
	1	2			1	2			
1	2562,3	2562,2	0,0039	2562,2	2442	2441,8	0,0082	2562,2	4,9308
2	2582	2582,4	-0,0155	2582,4	2459,2	2459,1	0,0041	2582,4	5,0140
3	2686,6	2685,9	-0,0311	2685,9	2570,1	2570,9	0,0260	2685,9	4,4731
<b>MÉDIA</b>									4,806
<b>DESVIO PADRÃO</b>									0,2378

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Com a tabela 16 foi possível observar que as amostras com 40% de substituição do vidro obtiveram média de 4,80% de absorção de água e com um desvio padrão de 0,24.



É possível observar que houve um aumento de absorção de água nas amostras de 20% para as amostras de 40%, sendo de 4,53% e 4,8% respectivamente. VAZ, 2015 estudou o pavimento intertravado de concreto reforçado com fibras de vidro, e obteve em seu teste um aumento de absorção de água quando comparado as amostras com quantidade de fibra de vidro de 7,5kg/m<sup>3</sup> para 10kg/m<sup>3</sup>.

Porém com os resultados obtidos de absorção de água foi possível observar que as amostras apresentaram valores menores que 6% de absorção tanto do bloco convencional, como o de 20% e 40% de vidro. Em todas as amostras foram atingidos o padrão exigido pela NBR 9781/2013 sendo um valor médio menor ou igual a 6% não sendo admitido nenhum valor individual maior de 7% de absorção, se tornando aptos para serem utilizados.

### RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO

Com os resultados recebidos da empresa MECFOR, foram elaborados gráficos para melhor compreensão dos resultados.

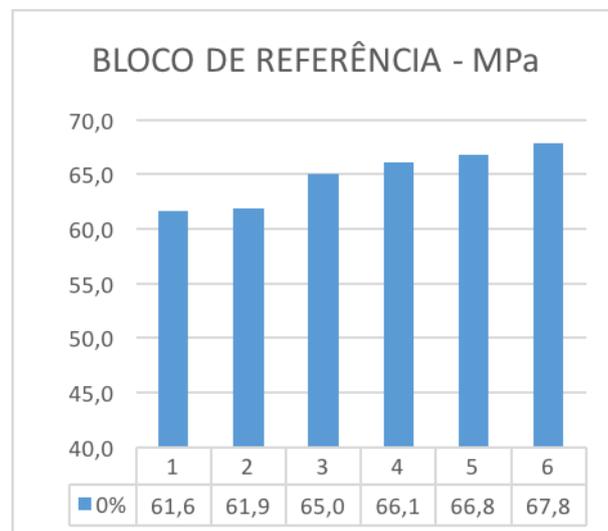


Figura 16 - Resistência aos 28 dias dos 6 blocos sem vidro  
Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Conforme a figura 16 é possível observar que a menor resistência encontrada para os blocos de referência sem substituição do vidro foi de 61,6 MPa e a maior de 67,8 MPa.

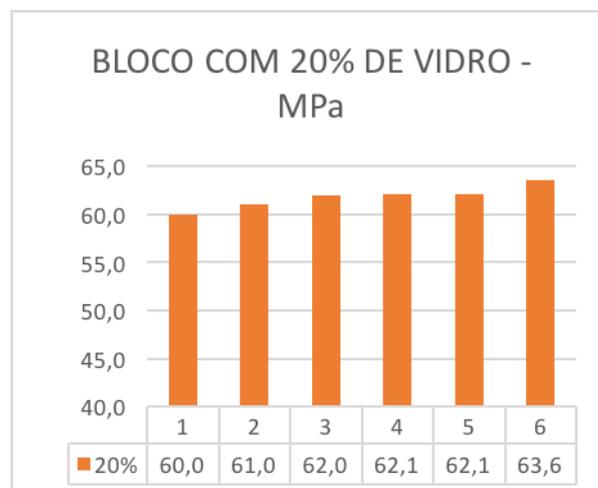
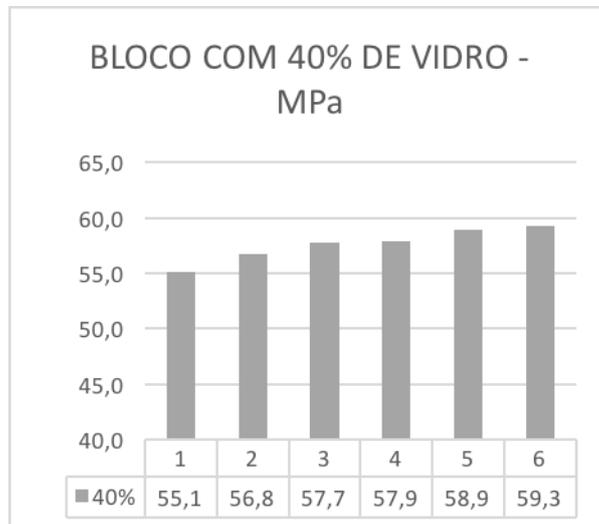


Figura 17 - Resistência aos 28 dias dos 6 blocos com 20% de vidro  
Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.



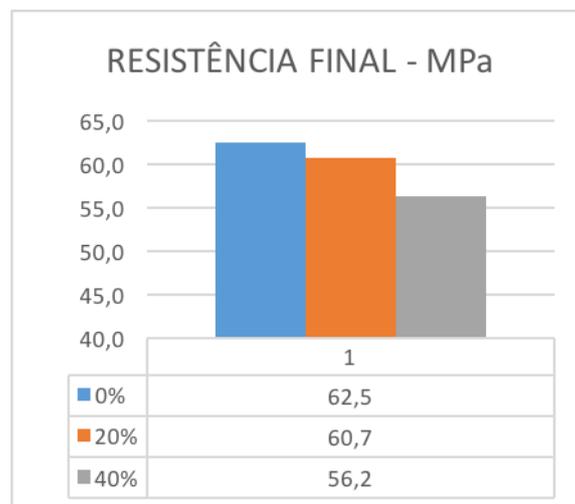
De acordo com a figura 17 é possível observar que a menor resistência encontrada para os blocos com 20% de vidro foi de 60,0 MPa e a maior de 63,6 MPa.



**Figura 18 - Resistência aos 28 dias dos 6 blocos com 40% de vidro**  
Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Conforme a figura 18 é possível observar que a menor resistência encontrada para os blocos com 40% de vidro foi de 55,1 MPa e a maior de 59,3 MPa.

Estes dados obtidos de cada amostra em todos os tratamentos com ou sem o vidro são os valores já com o fator multiplicativo de 0,95 exigido pela NBR 9781/2013. Os valores médios obtidos em cada tratamento [média de resistência característica estimada à compressão são apresentados na figura 19.



**Figura 19 – Resistência média a compressão estimada das amostras**  
Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Na resistência média final que se refere à resistência de compressão estimada chegou-se na resistência para o bloco de 0% em 62,5 MPa, para o bloco de 20% em 60,7 MPa e para o de 40% 56,2 MPa.

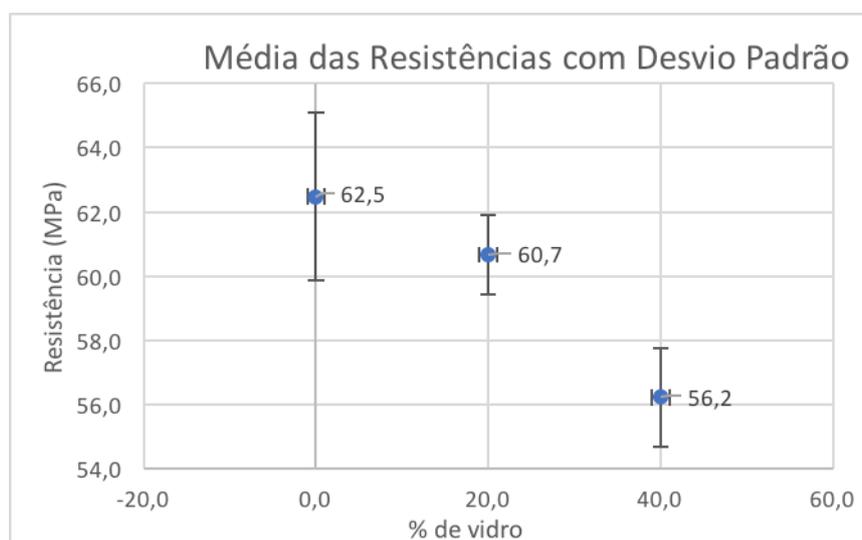
A resistência requerida que foi definida inicialmente no cálculo do traço era de 40 MPa aos 28 dias, porem obteve-se uma resistência final em todas as amostras em torno de 50% a mais. Isso deve-se a curva de Abrams

utilizada que foi de 35 MPa e não de 50 MPa. Com isso admite-se que foi utilizado uma resistência normal aos 28 dias menor da qual ele realmente suporta. Porém outros fatores também interferiram na resistência final encontrada.

O método de cura adotado, que foi por imersão dos corpos em água (submerso) é um desses fatores, onde assim não faltou água para o cimento reagir e assim ganhar alta resistência. De acordo com Petrucci (1998), em seu livro Concreto de cimento Portland, há uma série de benefícios frente a outros métodos de cura, os quais também são citados por Bauer (2000) em Materiais da construção: a cura úmida melhora as características finais; é possível recuperar parte da resistência perdida pelo abandono da cura somente com sua retomada na cura submersa. Para 28 dias, idade de referência, existe um acréscimo de cerca de 40% na resistência entre a cura ao ar e a cura úmida. Dos resultados obtidos conclui-se que quanto maior o tempo de permanência em cura úmida maior é a resistência a compressão de todos os concretos, independentemente de seu nível de resistência (BATTAGIN, CURTI, SILVA E MUNHOZ, 2002).

Outro fator que também pode ter interferido na resistência final dos corpos de prova é o adensamento adotado, sendo o de forma manual. De fato há uma variação na resistência do concreto de modo a aumentar ou reduzir a resistência característica mecânica dependendo do método de adensamento utilizado, onde segundo Barcelos, *et. al.*, (2011) que estudou a variabilidade causada pelos diferentes métodos de adensamento de concreto em corpos de prova cilíndricos, concluiu que entre o adensamento manual ou com mesa vibratória e até mesmo utilizando um vibrador interno ou externo, há um diferença final nas resistências, onde o adensamento que mais se destacou foi o vibrador interno.

Analisando os resultados encontrados foi possível observar que não houve uma queda tão significativa nas resistências comparando os blocos de 0% de vidro com os blocos de 20% vidro na mistura. Tendo um desvio padrão das amostras sem vidro de 2,6 MPa, a resistência final estaria entre 59,9 MPa e 65,1 MPa e das amostras de 20% de vidro tendo desvio padrão de 1,2 MPa, a resistência final estaria entre 59,5 MPa e 61,9 MPa. Estes dados demonstram que as resistências encontradas podem ser consideradas equivalentes (Figura 20). No estudo de RIGHT *et al.*, 2011 foi confirmado que amostras com 0% e 20% de vidro poderiam demonstrar uma resistência semelhante.



**Figura 20 – Média das resistências com desvio padrão**  
Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Também pode-se observar que houve uma queda significativa entre os tratamentos de 40% de vidro e o convencional, tendo uma diminuição de 6,3 MPa na sua resistência. O vidro utilizado neste estudo foi classificado como “grosso” onde a maior parte dos grãos ficou retida na peneira de 1,2 mm, de acordo com o ensaio granulométrico. Segundo o estudo de D. A. R. López *et al.*, 2005 o uso de granulometrias grossas de vidros quando usados como agregado produz concretos com baixa resistência à compressão, por causa das

características do vidro assim como: forma de fratura, características superficiais pobres e alta fragilidade. As partículas de vidro quando mais finas demonstram uma forma mais regular e uma fragilidade muito menor (apud Meyer e Xi e Polley et al.1999). Lopes, D. A. R. *et al.* (2005), avaliando as propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro como agregado fino constatou um aumento na tensão de ruptura com o uso do vidro com granulometria de 0,15-0,30 mm e uma diminuição nesta resistência quando utilizado uma granulometria maior, sendo de 0,30-0,60 mm.

De forma geral, analisando as resistências das amostras fabricadas, tanto as convencionais, como as com 20% de vidro como as de 40% atingiram os padrões mínimos de resistência a compressão aos 28 dias exigido pela NBR 9781/2013.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise bastante satisfatória em relação aos testes realizados nos blocos de concreto com substituição do vidro em 20% e 40% quanto a sua viabilidade técnica.

Quanto ao traço elaborado o mesmo apresentou como resultado final uma alta resistência, o que possibilitou a utilização do bloco não somente para tráfego leve mas também para finalidades onde há solicitações maiores de carga. Contudo o ideal seria fazer uma adaptação do traço, a fim de que a mistura final apresente uma menor quantidade de cimento, onde mesmo com essa diminuição os blocos se enquadrassem aos parâmetros normativos.

Em relação a inspeção visual dos blocos, apenas as amostras com 40% de vidro ficaram com uma variação maior que de 3 mm, não se enquadrando ao tolerado na norma, diferentemente das amostras de referência e do bloco com 20% de vidro. Porém o traço elaborado não se torna inviável para novas fabricações de blocos de concreto intertravado, pois basta-se tomar o cuidado na produção da nova remessa dos blocos de preencher a quantidade de massa adequada nas formas, afim de a espessura do bloco não ultrapassar as dimensões tolerada pela norma.

Quanto ao teste de absorção de água, tanto no traço de referência como no de substituição da areia por vidro em 20% e no de 40% não ultrapassaram a quantidade máxima de absorção exigido pela norma que é de 6%.

Em relação ao teste de resistência mecânica dos blocos, pode-se concluir que houve em todas as amostras um resultado satisfatório, podendo assim os blocos fabricados serem utilizados na pavimentação, tanto para fins de tráfego leve quanto para tráfego com grandes solicitações.

De conclusão geral, os blocos fabricados se enquadraram nos parâmetros normativos, sendo os mesmos viáveis tecnicamente, se tornando uma opção de uso como agregado afim de diminuir o volume de vidro depositados em aterros e em até mesmo lixões.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABCP, **Associação Brasileira de Cimento Portland**, 1998. Parâmetros de Dosagem do Concreto. Disponível <<https://engcivil20142.files.wordpress.com/2017/06/dosagem-abcp.pdf>>. Acesso 20 Maio 2018.
2. ALBACH, Dulce de Meira. RAZERA, Dalton Luiz. ALVES, Jorge Lino. **DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE E A RELAÇÃO HISTÓRICA DAS EMBALAGENS COM QUESTÕES AMBIENTAIS**. Mix sustentável, 2016. Edição 3. Disponível em <<http://nexus.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1295/643>>. Acesso em 22 março 2018.
3. ARY JUNIOR, Ivan José. **Pavimento intertravado como ferramenta de moderação do tráfego nos centros comerciais de travessias urbanas – Estudo de Caso Guaiuba**, CE. 2007, 221 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Acesso em 01 abril 2018.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781:2013. **Peças de concreto para pavimentação: especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013. Acesso 15 março 2018.



5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Resíduos sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. Acesso 16 março 2018.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 67: **Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248:2001 **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 52:2002 **Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente**.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 45:2006 **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 53: 2003 **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**.
11. BARCELOS, MARIANA MÜLLER; et, al. **Avaliação experimental da variabilidade no ensaio de resistência à compressão pelo emprego de diferentes métodos de adensamento de concreto**. Anais do 53º Congresso Brasileiro de concreto, 2011. Porto Alegre, RS.
12. BATTAGIN, A. F.; CURTI, R.; SILVA, C. O.; MUNHOZ, F. A. C.. **Influência das condições de cura em algumas propriedades dos concretos convencionais e de alto desempenho**. 44º Congresso Brasileiro do Concreto, 2002.
13. BELLEN, HANS MICHAEL VANS. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa**. RIO DE JANEIRO. Editora FGV, 2005. 256P. Acesso: 05 abri. 2018.
14. BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei no 12.305 de 02 de agosto de 2010. Brasília, DF, 2010. Disponível em: < [Http://www.mma.gov.br/pol/C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos](http://www.mma.gov.br/pol/C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos) > Acesso em 08 março 2018.
15. CEMPRES – **Consórcio Empresarial para a Reciclagem**. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 05 maio 2018.
16. CEMPRES - Compromisso Empresarial para a Reciclagem. **Ciclosoft 2016. Radiografando a coleta seletiva**. Disponível em:< <http://cempre.org.br/ciclosoft/id/8> > Acesso em 05 abril 2018.
17. CEMPRES - Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Um panorama reciclagem no Brasil. CEMPRES REVIEW, 2015. Disponível em: < <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos> >. Acesso em 05 abril 2018.
18. ECYCLE. **Onde reciclar garrafas de vidro?**, 2011. Disponível em < <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/61-vidro/228-onde-reciclar-garrafas-de-vidro.html>> Acesso 05 abril 2018.
19. FIDELIS, Raiza Pinheiro. CUNHA BRANDÃO, Jeane de Fátima. JONATAS BRANDÃO, Isac. **EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA ESTADUAL MARIA LUIZA ALVES VIEIRA, MUTUM-MG**. II Seminário Científico da FACIG. MUTUM-MG, 2016. Disponível em: <<http://www.pensaracademico.facig.edu.br/index.php/semiarciocientifico/article/view/62/47>>. Acesso 05 abril 2018.
20. FIORITI, César Fabiano; AKASAKI, Jorge Luís; INO, Akemi. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus**. 2007. Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3753/2106>>. Acesso: 26 MAR 2018.
21. GUNTER, Wanda Maria Risso. **Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental**, 2008. Universidade de São Paulo - SP – Faculdade de Saúde Pública. Acessado em 05 de abril de 2018.
22. INTERCEMENT BRASIL. Massa específica do cimento CAUÊ CPV-ARI. Disponível em: <[http://brasil.intercement.com/app/files/Arquivos/FICHA-01-FISPQ-Ficha-de-Informacoes-de-Seguranca\\_InterCement\\_2016.pdf](http://brasil.intercement.com/app/files/Arquivos/FICHA-01-FISPQ-Ficha-de-Informacoes-de-Seguranca_InterCement_2016.pdf)> Acesso 08 ago 2018
23. JOEL JUNIOR, Vieira Batista. ROMANEL, Celso. **Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras**, 2013. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/urbe/v5n2/a04v5n2.pdf> > Acesso 01 maio 2018.
24. LÓPEZ, D. A. R. et al. - **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino**, Rio Grande do Sul – 2005. Cerâmica 51, 318-324.
25. MACHADO, Gleysson B. **A Reciclagem**. Portal Resíduos Sólidos, 2013. Disponível em < <https://portalresiduossolidos.com/a-reciclagem> >. Acesso em 07 de abril de 2018.

26. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. **Gestão Integrada dos resíduos sólidos**, Rio de Janeiro 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>> acesso em 10 de março de 2018.
27. MC MAQUINAS. **FÔRMAS PARA PISOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO**, 2013. Goiânia, GO. Disponível em: < <http://mcmaquinas.blogspot.com.br/2013/05/formas-metalicas.html>> Acesso 02 maio 2018.
28. PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. 2015. IBGE.
29. Disponível em: < <https://teen.ibge.gov.br/sobre-o-brasil/populacao/populacao-rural-e-urbana.html> > Acesso 01 maio 2018.
30. Peres, J. G. M; Tavares, D. S., et al. **Estudo da viabilidade da adição de resíduos de vidro moído na produção de argamassa cimentícia**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal , v. 10, n. 4, p. 03-00026, jul /ago. 2013.
31. PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13. ed. São Paulo: Globo, 1998. 307 p.
32. RHINO PISOS. **Pisos Intertravados de Concreto**, 2018. Disponível em: <[http://www.rhinopisos.com.br/site/produtos/11/bloco\\_retangular\\_piso\\_intertravado\\_pavimento\\_concreto](http://www.rhinopisos.com.br/site/produtos/11/bloco_retangular_piso_intertravado_pavimento_concreto)>. Acesso 05 abril 2018.
33. RIGHI, D. et al. **Efeitos da Substituição de Areia por Vidro Moído no Comportamento de Concretos em Elevadas Temperaturas**, 2011. Disponível em: <[http://revistaeep.com/imagens/volume11\\_02/cap03.pdf](http://revistaeep.com/imagens/volume11_02/cap03.pdf)> Acesso: 20 Maio 2018.
34. RIBEIRO, Rafaela. **Como e por quê separar o lixo?**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/8521-como-e-por-que-C3%AA-separar-o-lixo>>. Acesso em: 20 março. 2018.
35. Rossi, Fabrício. **Assentamento de Piso Intertravado - Passo a Passo**, 2011. Disponível em: <<https://pedreiro.com.br/assentamento-de-piso-intertravado-passo-a-passo/>> Acesso em: 20 março. 2018.
36. SAUER, A. S. **Estudo do potencial de aplicação do resíduo de vidro laminado em argamassas de recuperação estrutural**, 2013. Universidade Federal do Espírito Santo, centro tecnológico programa de pós – graduação em engenharia civil, Vitoria – ES. Acesso em: 15 Maio 2018. Disponível em <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/3959>>.
37. SEMA Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Kit resíduos – Versão verde: desperdício zero**. 2. ed. Curitiba, 2009. 278 p. Acesso em: 13/03/2018 as 09:52. Disponível em [http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cors/kit\\_res\\_3\\_vidro.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cors/kit_res_3_vidro.pdf)
38. SETOR VIDREIRO. **Composição do vidro**, 2013. Disponível em: <<http://www.setorvidreiro.com.br/o-que-procura/428/composicao+do+vidro>> acessado: 19 de março 2018.
39. SILVA, CLAUDIO O. **Pavimento intertravado**. Apresentação em tema: "Pavimento Intertravado" 2015. Disponível em: < <http://slideplayer.com.br/slide/3136337/>> Acesso: 05 abril 2018.
40. SILVA, LUCIANA URUGA DA. **Disposição dos resíduos sólidos urbanos e a responsabilidade dos geradores e do poder público**. 2015. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015. Acessado em: 07 abril de 2018.
41. SIQUEIRA, Mônica Maria; MORAES, Maria Silvia de. **Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo Ciência & Saúde Coletiva**, vol. 14, núm. 6, 2009. Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva Rio de Janeiro, Brasil. Acesso: 07 abril 2018.
42. SOUZA, Adriano Aldrey Pereira. CRUZ, Diana Bárbara Portela. CORREA, Magno Pereira Correa. GOMES, Claudemir. **A RESPONSABILIDADE AMBIENTAL NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO CIVIL**. REVISTA DO CEDS, N. 3 – Volume 1, 2015. Disponível < [http://www.undb.edu.br/public/publicacoes/rev.\\_ceds\\_n.\\_3\\_-\\_a\\_reponsabilidade\\_ambiental\\_na\\_formacao\\_do\\_engenheiro\\_civil\\_-\\_adriano\\_sousa\\_diana\\_cruz\\_magno\\_correa.pdf](http://www.undb.edu.br/public/publicacoes/rev._ceds_n._3_-_a_reponsabilidade_ambiental_na_formacao_do_engenheiro_civil_-_adriano_sousa_diana_cruz_magno_correa.pdf)>. Acesso 05 abril 2017.
43. TEIXEIRA, Orci Paulino Bretanha. **O Direito ao Meio Ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2006. Acesso: 24 março 2018.
44. TORRESI, SUSANA I CORDOBA. PARDINI, VERA L. FERREIRA, VITOR F. **O que é sustentabilidade?**, Editora Qn. Química Nova vol.33 no.1 São Paulo 2010. Disponível <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422010000100001&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422010000100001&script=sci_arttext&tlng=es)> Acesso 05 abril 2018.
45. VAZ, Viviane Visnardi. **Pavimento intertravado de concreto reforçado com fibras de vidro**. Dissertação (mestrado) Universidade estadual de campinas faculdade de tecnologia. Limeira, SP 2015.