



Tampa de bueiro utilizando resíduo de vidro temperado como agregado graúdo

Gabriel Messias Medeiros de Melo¹, Márcia Almeida Arcos Amaral da Silva²

Resumo

O concreto tornou-se um material comum para confecção de tampas de bueiro, o que é mais economicamente viável, porém, sua produção acarreta diariamente danos nocivos ao meio ambiente, devido ao desperdício de matéria-prima e o descarte indevido do mesmo. A forma mais eficaz para a resolução desse problema consiste na substituição dos agregados que o compõe, onde pode ser requisitado o resíduo do vidro. Pesquisas anteriores demonstram que o mesmo possui potencial energético para reutilização. O objetivo deste trabalho consiste em realizar a substituição em porcentagem de sólidos desse resíduo em relação à brita utilizada na confecção de tampas. Para isso, é necessário entender qual a proporção ideal que garanta uma resistência similar ou superior. Assim, foram confeccionados 24 corpos de prova com diferentes proporções do resíduo, para determinar qual delas proporcionaria ao concreto uma resistência mecânica aceitável. Além disso, foram confeccionados 4 corpos de prova para se comparar o uso do traço industrial com o traço determinado através da pesquisa. Com base nos resultados, a porcentagem de 30% do resíduo mostrou-se a mais eficaz, caso seja utilizado o traço adequado, o que faz com que a resistência atinja valores aceitáveis. Porém, conclui-se que, ainda que o mesmo resíduo seja, a grosso modo, eficaz como substituinte do agregado graúdo, a tampa de bueiro com vidro que for produzida não deve ser utilizada em ruas, mas apenas em calçadas ou locais que não trafeguem veículos.

Palavras-Chave: concreto, resistência, reaproveitamento, traço.

Manhole cover using tempered glass residue as a large aggregate. Concrete has become a common material for making manhole covers, which is more economically viable, but their production causes daily damage to the environment due to waste of raw material and undue discard the same. The most effective way to solve this problem is to replace the composite aggregates, where glass residue may be required. Previous research has shown that it has the potential for energy reuse. The objective of this work is to perform the substitution in percentage of solids of this residue in relation to the gravel used in the manufacture of covers. For this, it is necessary to understand the ideal proportion that guarantees similar or superior resistance. Thus, 24 specimens with different ratios of the residue were made to determine which would provide the concrete with acceptable mechanical strength. In addition, 4 specimens were prepared to compare the use of the industrial trace with the trace determined by the research. Based on the results, the 30% percentage of the residue proved to be the most effective, if the appropriate trace is used, which causes the resistance to reach acceptable values. However, it is concluded that, although the same residue is roughly effective as a substitute for the bulk aggregate, the manhole cover with glass that is produced should not be used on streets, but only on sidewalks or places that do not travel vehicles.

Key-words: concrete, resistance, reuse, trace

¹ Graduando do curso de Engenharia de Materiais, na Universidade Federal do Amazonas, Email: gabriel.medeiros13@gmail.com

² Msc.^a atuante como professora no curso de Engenharia de Materiais, na Universidade Federal do Amazonas. Email: marcinha.arcos@bol.com.br



1. Introdução

O concreto tornou-se um dos materiais mais imprescindíveis em nosso cotidiano, graças à sua facilidade em manuseio, resistência, versatilidade estrutural, o que faz dele responsável por uma considerável movimentação da indústria e de geração de empregos, levando em conta a amplitude de sua aplicação.

As aplicações mais comuns tem se concentrado na área urbana, que contribui para o melhoramento da mobilidade dos pedestres, como é o caso da tampa de bueiro. Esse tipo de material é comumente utilizado na forma de concreto, devido à sua tenacidade e resistência, considerando que essa matéria-prima pode estar localizada em zonas de trânsito constante, e que, portanto, deve resistir à força que automóveis, transportes públicos, e outros veículos (ou até mesmo a força da água) causam em sua estrutura. Além do mais, sua confecção é mais viável economicamente do que tampas de ferro.

O uso de concreto, em compensação, tem causado impactos negativos ao meio ambiente, como o uso excessivo de recursos naturais para sua fabricação, ainda que o homem tenha buscado pela sua minimização, explorando causas e projetos, passando por políticas de preservação ambiental, até a valorização de termos como “sustentabilidade”.

Uma forma de reduzir esses impactos estaria no uso de resíduos alternativos como substituinte dos agregados naturais, como o vidro, o qual já possui aplicação industrial como agregado fino para produção de concretos (CRENTSIL et al., 2001), uma vez que as partículas do material são capazes de preencher os vazios existentes na estrutura cristalina do concreto, permitindo o aumento da resistência, e impedimento de surgimento de poros na superfície. No Brasil, por exemplo, o vidro tem sido empregado de forma aceitável em processos de reciclagem, alcançando em torno de 45% do seu material recolhido, um número significativo, ainda que o país produza quase 1 milhão de toneladas de descarte de vidro em aterros ou lugares distintos (CEMPRE, 2009).

Uma das vantagens em utilizar o vidro como agregado em concreto consiste nas propriedades de sua composição, uma vez que, dependendo da quantidade e granulometria utilizada de resíduos de vidro, ele pode adquirir propriedades pozolânicas

em contato com a massa de cimento + água. O uso de vidro temperado é ainda mais satisfatório, já que apresenta melhor manuseio, pois, quando encontrado em forma residual, eles não apresenta uma superfície cortante e pontiaguda, a qual pode gerar ferimentos danosos.

O uso dos resíduos de vidro temperado se apresenta como uma alternativa aos problemas apresentados pelo concreto tradicional, uma vez que viabiliza a redução no uso excessivo da brita (ou seixo rolado, como é regionalmente conhecida) como agregado graúdo, que gera consequências irreparáveis em sua natureza, quando não possui reposição adequada, além da diminuição dos impactos ambientais que o descarte desses resíduos causa na natureza, devido à complexidade de sua reciclagem e de sua natureza não-biodegradável.

Levando em conta que o concreto possui propriedades que asseguram sua eficácia de uso, como a resistência mecânica, deve-se assegurar que, ao utilizar os resíduos de vidro temperado na composição, essas propriedades serão mantidas, ou mesmo, ampliadas. Importante também, salientar o uso adequado dos componentes na produção do concreto, especificando a natureza dos agregados e do cimento, de forma a averiguar a eficácia de seu uso, quando devidamente combinados em um traço ideal.

Busca-se, portanto, estudar e analisar a viabilidade da produção de uma tampa de bueiro que consiste em um concreto, o qual utiliza resíduos de vidro temperado como substituinte de determinada parte de agregado graúdo (a brita), de forma que consiga manter, ou ainda, aperfeiçoar, as propriedades mecânicas de uma tampa de bueiro de concreto tradicional, para que possa ser aplicado em uma área cotidiana, caracterizando uma porcentagem ideal (em sólidos) de resíduo de vidro temperado, que será utilizada como substituinte do agregado graúdo natural.

2. Material e Método

O tipo de cimento utilizado para todos os materiais confeccionados foi o CP-IV-32, enquanto a água foi proveniente dos poços e reservatórios da UFAM, obedecendo todas as diretrizes impostas pela ABNT NBR 15900-1/2009. A água utilizada nas dependências da SEMINF, para confecção da tampa e de alguns corpos-de-prova, é proveniente de abastecimento público, portanto, a mesma é

PIBIT/2016-2017 – Universidade Federal do Amazonas

qualificada como adequada para uso de produção de concreto.

O agregado miúdo que compôs todos os concretos produzidos foi a areia, e o agregado graúdo natural foi a brita nº1, ambos fornecidos para uso na produção dos concretos pelo Laboratório de Dosagem, localizado na UFAM. A origem inicial desses materiais não foi informada, porém, todos obedecem as diretrizes impostas pela ABNT NBR 7211/2005. Para o caso da areia e brita utilizada nas dependências da SEMINF, ambas foram fornecidas pelo setor de drenagem da empresa, também não especificando a origem.

A adição mineral utilizada na substituição do agregado graúdo natural para confecção de todos os materiais foi o resíduo de vidro temperado, obtido na indústria da empresa Vidro Rios Ltda., situada no Distrito Industrial de Manaus.

Por meio da análise granulométrica, determinou-se que o módulo de finura da areia obtida foi de 1,89, enquanto ambos agregados graúdos obtiveram diâmetro máximo de 19 mm. A massa específica da areia equivaleu a 2,6 g/cm³, a massa específica da brita equivaleu a 2,63 g/cm³, e a massa específica do resíduo de vidro equivaleu a 2,5 g/cm³.

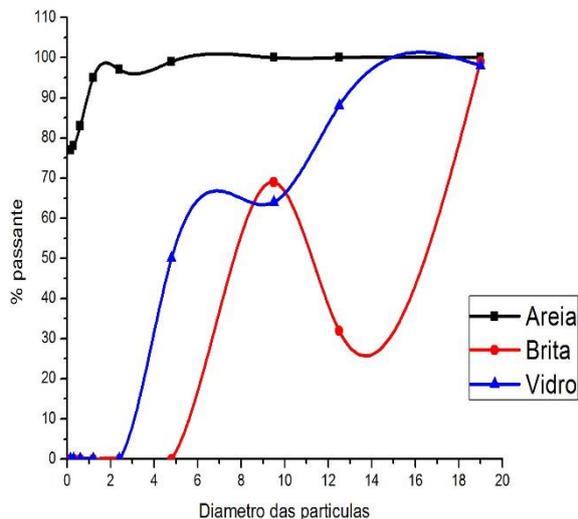


Figura 1: Distribuição granulométrica dos agregados.

Foram inicialmente produzidos 24 corpos de prova, conforme as diretrizes da norma NBR NM 67/1998, considerando quatro traços distintos: Um contendo 30% de resíduo de vidro em substituição da brita, o segundo contendo 50% de resíduo em

substituição, o terceiro com total substituição da brita, e um quarto traço, sem adição de resíduo. Para cada tipo de traço, foram produzidos 6 corpos de prova, com idade de 7, 14 e 28 dias de cura para cada dois corpos de prova de cada traço. Todos os traços foram desenvolvidos baseando-se no método de dosagem ACI/ABCP. Utilizou-se abatimento do concreto de 60 a 80 mm, e Fck de 20 Mpa para se obter os seguintes traços.

Tabela 1: Relação entre o traço unitário e a composição do corpo de prova.

Tipo de Traço	Traço Unitário
Traço 1 (100% Brita, 0% Vidro)	1 : 1,9 : 2,85 : 0,47
Traço 2 (70% Brita, 30% Vidro)	1 : 1,9 : 1,995 : 0,855 : 0,47
Traço 3 (50% Brita, 50% Vidro)	1 : 1,9 : 1,425 : 1,425 : 0,47
Traço 4 (0% Brita, 100% Vidro)	1 : 1,9 : 2,85 : 0,47

Visou-se, também, analisar como o material se comportaria se fosse comumente aplicado de forma empírica, num processo de fabricação comum de concretos. Para isso, com o apoio da SEMINF, foram produzidos 4 corpos de prova (dois corpos de prova convencionais, sem adição de vidro, e outros dois com adição do resíduo do vidro) todos com idade de 7 dias, apenas para averiguar se a resistência do concreto, utilizando o traço industrialmente utilizado, causaria alguma distinção na resistência.

Por fim, para reforçar o uso da aplicação em escala industrial, foi produzida uma tampa de bueiro, esta já utilizando o resíduo do vidro temperado, sendo que o seu local de aplicação seria escolhido conforme os resultados obtidos, ou seja, se o resíduo poderia garantir tampas de alta resistência ou apenas tampas comuns para calçadas, as quais suportam apenas esforços leves.

Todos os corpos de prova produzidos foram rompidos em seus respectivos dias de cura em uma prensa hidráulica, localizada nas dependências da UEA-EST, no Laboratório do Concreto.

3. Resultados e Discussão

Através dos resultados, torna-se perceptível a eficiência do uso de pouca quantidade do resíduo

PIBIT/2016-2017 – Universidade Federal do Amazonas

em substituição. Isso porque, como será visto adiante, os valores obtidos com 50 e 100% de substituição do resíduo de vidro causaram danos indesejáveis à resistência do concreto, ao passo que a substituição de apenas 30% conseguiu se equiparar ao valor obtido na resistência do concreto tradicional.

A distinção entre os corpos de prova de traço experimental e industrial torna-se evidente ao se analisar a fratura gerada após o rompimento.



Figura 2: Corpo de prova, de traço experimental, após ruptura.

Na figura 2, nota-se um padrão observado no rompimento dos corpos de prova produzidos com o traço experimental. A sua grande maioria obteve fratura do tipo A, nas quais as tensões se concentram no centro do corpo, o que permite que o corpo suporte o máximo de tensões até a ruptura.



Figura 3: Corpos de prova, de traço industrial, após a ruptura.

Na figura 3, nota-se um padrão observado no rompimento dos 4 corpos de prova produzidos com o traço industrial. A sua grande maioria obteve fratura do tipo F e G, caracterizada por concretos com dosagem inadequada ou porosidade acentuada, fatores que geram pontos de iniciação de microtrincas na borda do concreto, o que facilita a concentração de tensões e, após a propagação dessas microtrincas, o rompimento do concreto.

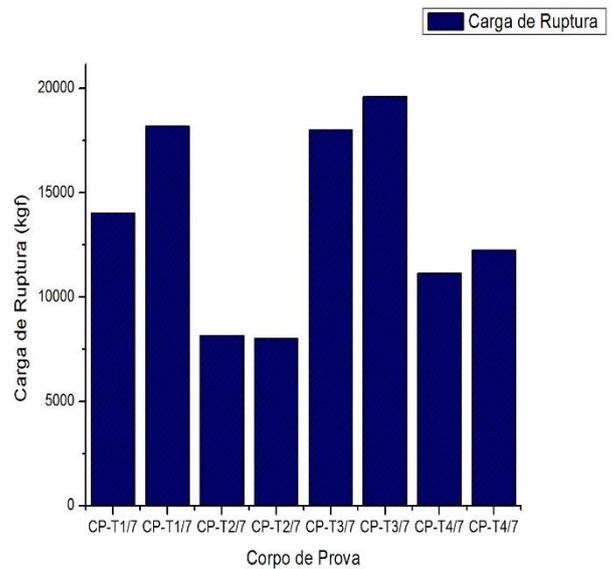


Figura 4: Valores de carga de ruptura para os corpos de prova comprimidos em 7 dias.

Analisando a idade de 7 dias, os corpos convencionais obtiveram a tensão de ruptura mínima esperada, em torno de 20 MPa (um deles não conseguiu atingir tal limite, enquanto o outro ultrapassou o mesmo), o que pode ser utilizado como padrão de referência para os demais traços. Assim, observou-se que, quanto menor for a porcentagem do resíduo de vidro, mais eficiente a resistência seria verificada: enquanto o traço correspondente à substituição total de vidro exibiu péssimo desempenho, a substituição parcial de 50% mostrou resultados mais consideráveis, ainda que muito abaixo do esperado, enquanto que o traço de 30% surpreendeu com seus resultados, obtendo valores ainda maiores que a tensão de ruptura de referência.

Os dados obtidos na idade de 14 dias foram proporcionais aos estabelecidos pela idade de 7 dias, apenas demonstrando a evolução da resistência do concreto conforme o seu estado de cura adequado.

O interessante a ressaltar é que os valores do traço convencional, em comparação ao do traço 3, referente à substituição de 30%, obtiveram resultados semelhantes, demonstrando que essa mínima parcela de resíduo de vidro, ainda que não possa se afirmar que a mesma eleva a resistência mecânica do concreto, ela tem funcionalidade adequada para servir como substituinte, de forma a garantir o mesmo desempenho de um concreto comum. Pensando nesse sentido, ainda que pareça uma quantidade mínima, se um número elevado de concretos fossem confeccionados com essa substituição, pode-se sugerir, ainda que à grosso modo, que a porcentagem de resíduos que seriam facilmente descartados, poderiam ter seu potencial energético reaproveitado.

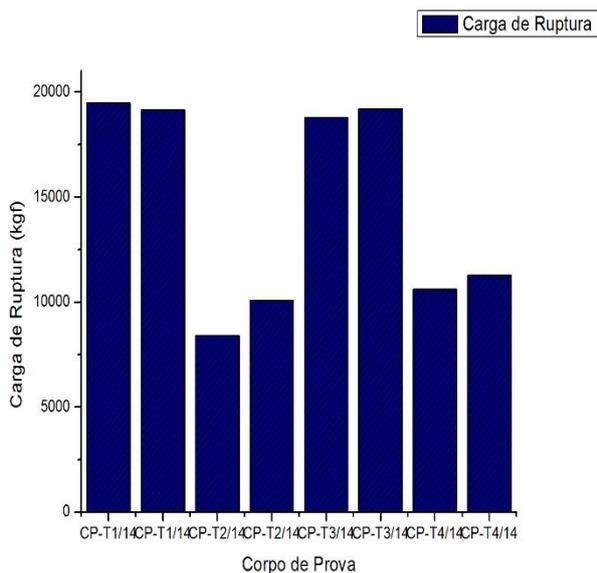


Figura 5: Valores de carga de ruptura para os corpos de prova comprimidos em 14 dias.

Para os ensaios na idade de 28 dias, pode-se estabelecer, ainda que superficialmente, algumas sentenças: o uso total do vidro não é eficaz para aplicação alguma, o que já era um dado esperado, já que o potencial energético do vidro não é suficiente para ser utilizado para tal função, além que sua dimensão geométrica e sua aderência à pasta do cimento não é eficaz tal qual a brita convencional. Ao se utilizar uma porcentagem média de resíduo de vidro, torna-se arriscado considerar sua aplicação, já que, considerando um concreto como compósito, sabe-se que o agregado graúdo funciona como reforço de carga, sendo

responsável, de certa forma, por garantir a resistência do concreto (dependendo da natureza do concreto, já que, no caso de concretos armados, são as ferragens as principais responsáveis por equiparar a resistência do concreto em questão), e, como a brita é um reforço de potencial energético comprovadamente eficiente e possui aderência ideal com a pasta do cimento, o uso de apenas 50% da brita não seria suficiente para garantir a resistência ideal do concreto.

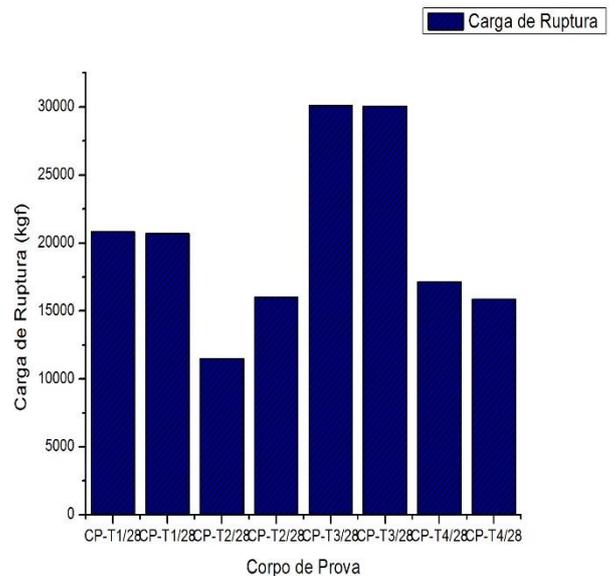


Figura 6: Valores de carga de ruptura para os corpos de prova comprimidos em 28 dias.

Para o caso as substituição de 30%, foi observado como ideal a porcentagem de substituição, uma vez que, se o resíduo tem potencial energético eficaz, porém sem uma certeza comprovada em comparação à brita, a mínima quantidade de uso é suficiente para desempenhar sua função, sem comprometer o rendimento que seria esperado no convencional. Como pode analisado, o uso do resíduo elevou as expectativas, atingindo valores de tensão de ruptura superiores a todos os outros registrados. Isso não garante exatamente que o resíduo de vidro é superior à brita, mas que, sob determinada proporção, ele pode exercer adequadamente a função imposta, até mesmo analisando no ponto de vista do concreto como compósito, já que a adição mínima de qualquer reforço de carga pode ser suficiente para se obter resultados adequados, o que pode sugerir que, se as análises fossem feitas com valores de substituição ainda menores (entre 10 a

PIBIT/2016-2017 – Universidade Federal do Amazonas

20%, por exemplo), provavelmente, os resultados seriam igualmente satisfatórios, ou mesmo ainda, mais notórios.

Ao se analisar a carga de ruptura dos corpos de prova produzidos com traço industrial, expostos na figura 6, com os dados de 7 dias dos corpos de prova confeccionados a nível laboratorial, expostos na figura 4, observa-se uma diferença notória em relação aos dados obtidos anteriormente. A figura 7 demonstra mais sucintamente essa diferença, implicando que os corpos de prova com traço experimental garantiram ao concreto maior resistência, ao passo que os corpos de traço industrial renderam resultados inadequados em termos de resistência. Isso porque, o uso do material disponibilizado pela SEMINF e seu traço não se mostraram adequados o suficiente para produção de corpos de prova resistente. Ainda que os corpos foram moldados com toda as especificações exigidas pela norma, a natureza do material provavelmente pode ter tido alguma influência, e provavelmente a matriz cimentícia não demonstrou boa interação com o resíduo de vidro, em termos de transferência de carga.

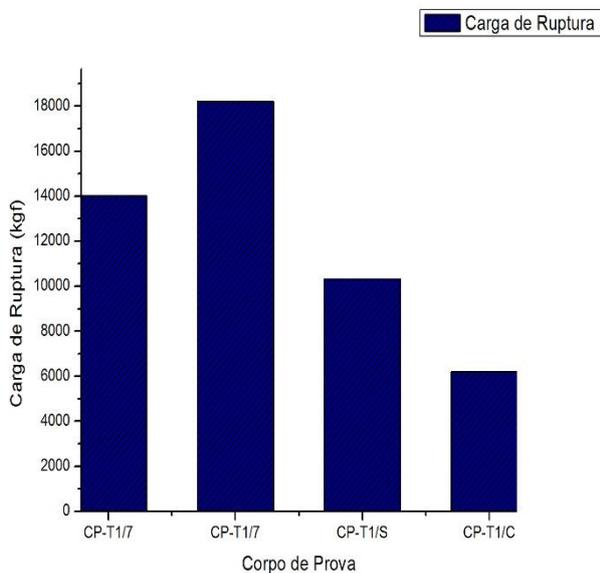


Figura 7: Valores da carga de ruptura para os corpos de prova de traço industrial.

Nas figuras 8 e 9, obtidas durante o ensaio dos 4 corpos de prova finais, observa-se a duração do tempo de ensaio, demonstrando a evolução do comportamento do concreto até o momento exato da ruptura. Como já esperado, por se tratar de um concreto, comparando os dados obtidos no gráfico,

com um gráfico comum de tensão x deformação de um material, nota-se que, por ser um material de natureza relativamente rígida, pode-se sugerir que o concreto é um tipo de material com módulo elástico relativo, o que explica a considerável linearidade da curva em relação à carga aplicada, em função do tempo. Haja vista que, ainda sim, a natureza do concreto é frágil, ainda que ele demonstre pelas figuras, uma considerável tenacidade.

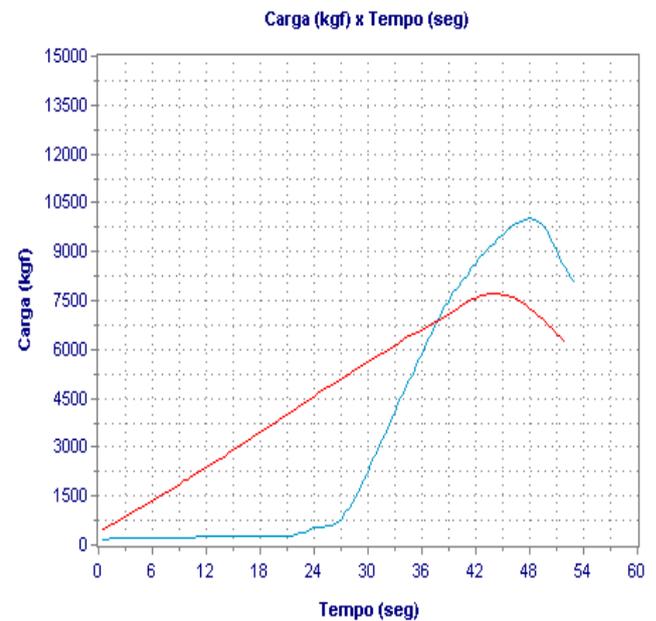


Figura 8: Relação entre carga e resistência dos corpos (sem adição de vidro) em função do tempo.

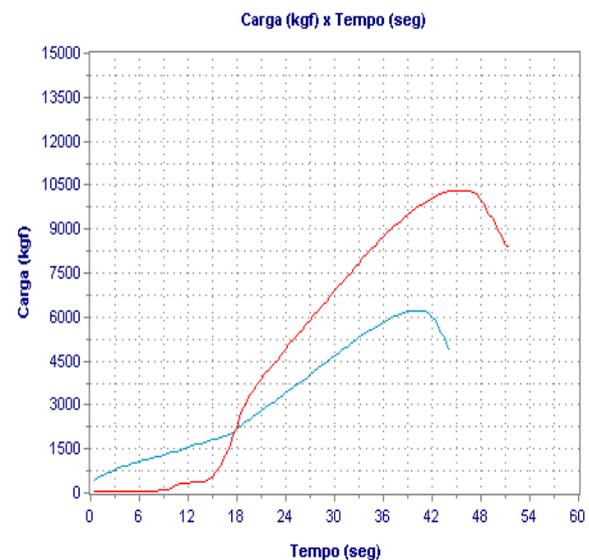


Figura 9: Relação entre carga e resistência dos corpos (com adição de vidro) em função do tempo.

Isso pode ser explicado pelas condições de superfície interna/externa dos corpos, que podem ter microfissuras geradas por alguma inadequação de seu processamento, ou a presença dos poros e vazios, que podem proliferar a propagação das microfissuras. O interessante de destacar essa observação é que, ainda que o concreto possa ter tenacidade suficiente para suportar certa carga por determinado tempo, a proliferação das microfissuras acaba por acelerar o processo da ruptura, gerando fraturas internas, algo que era perceptível até mesmo nos primeiros corpos de prova, que atingiam o rompimento, mesmo que a superfície aparentasse estar estável.



Figura 10: Tampa de bueiro contendo resíduo de vidro temperado.

Após todos os procedimentos realizados com os corpos de prova, e com base nos dados obtidos a partir deles, foi definido como objetivo central da pesquisa, e para contribuição socioeconômica com a sociedade, a confecção de uma tampa de bueiro, destinada para esforços leves, sendo posicionada na esquina de uma rua, localizada no bairro de Petrópolis, na Rua Cunha Melo, nº 1500.

Para a confecção da tampa que realmente foi aproveitada e encontra-se atualmente em uso cotidiano, foram utilizados os mesmos procedimentos comuns às tampas convencionais produzidas pela empresa. A escolha da tampa para ser aplicada em calçadas torna-se mais segura, visando que o resultado obtido com o material não tornava viável a confecção de uma tampa para ruas. Com isso, a tampa circular foi produzida sob

solicitação de demanda para a rua especificada, e o apoio do setor administrativo da SEMINF possibilitou o uso do resíduo para sua primeira aplicação no dia-a-dia, a qual espera-se um desempenho satisfatório ao longo de sua duração.

Ainda que não foi possibilitado realizar algum tipo de ensaio na tampa produzida para testar sua resistência, sugere-se pelas condições adequadas de moldagem, confecção e cura, que a mesma é apta para durabilidade, em condições normais, onde não é submetida a algum esforço consideravelmente danoso à sua estrutura.

4. Conclusão

Traçando uma comparação entre as porcentagens do uso do resíduo de vidro, como a resistência mecânica obteve resultados mais satisfatórios em cada redução da porcentagem de resíduo, isso pode sugerir que uma dosagem ideal utilizando esse resíduo assumiria porcentagens mínimas do vidro, provavelmente em torno de 10% poderia ser obtido um valor ainda mais satisfatório.

Analisando todo o uso do resíduo do vidro temperado na confecção dos concretos, torna-se seguro ressaltar como adequado o reaproveitamento de seu potencial energético diante de todo o descarte inadequado que o mesmo sofre, de forma a contribuir também com a valorização da brita como agregado graúdo convencional, de forma a impedir seu desperdício e incentivar a buscar de novos substituintes.

Importante salientar que o resíduo não é eficaz como substituinte total como agregado graúdo, ainda que uma porcentagem máxima de 30% em uso pode possibilitar resultados satisfatórios, analisando no ponto de vista da resistência mecânica. Para tampas, nesse caso, o ideal é que a substituição seja feita em tampas que requeiram esforços leves, como em calçadas.

Além disso, há diversas possibilidades, como o estudo da degradabilidade da tampa contendo resíduo, influência de agentes químicos e biológicos, controle dimensional do resíduo de vidro, ou porcentagens ainda inferiores de resíduo de vidro como substituinte, que podem ser discutidas e analisadas para futuras propostas.

Agradecimentos

Os devidos agradecimentos à PROTEC e à coordenação do PIBITI, por proporcionar ao aluno a oportunidade de desenvolver um projeto de



PIBIT/2016-2017 – Universidade Federal do Amazonas

devida importância, tanto no ramo social quanto científico; ao Laboratório do Concreto da UEA-EST, que proporcionou seu espaço e seus equipamentos para a realização dos ensaios de rompimentos dos corpos de prova em seus respectivos dias de cura; ao Laboratório de Dosagem da UFAM, que proporcionou a análise granulométrica dos agregados e a confecção dos corpos de prova; à SEMINF, que disponibilizou seu espaço e material para confecção da tampa de bueiro; e à Vidro Rios Ltda., por doar os resíduos de vidro temperado necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

E em geral, um agradecimento à todos que puderam assegurar, com suas contribuições, a possibilidade do desenvolvimento da seguinte pesquisa.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1:** Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:** Agregados pra concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:** Agregado: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45:** Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52:** Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

Scientia Amazonia, S1, 71-78, 2018
Revista on-line <http://www.scientia-amazonia.org>
ISSN:2238.1910

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53:** Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção da água. Rio de Janeiro, 2000.

CEMPRE, **Consórcio Empresarial para a Reciclagem**, www.cempre.org.br.

COSTA, E.B. **Análise de parâmetros influentes na aderência das matrizes cimentícias.** Tese – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

CRENTSIL, K.S.; BROWN, T.; TAYLOR, A. **Recycled glass as sand replacement in premix concrete**, Ed. Eco-Recycled Australia and CSIRO, 2001

LÓPEZ, D.A. R; AZEVEDO, C. A. P. de; BARBOSA NETO, E. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino.** Revista Cerâmica, São Paulo, v.51, n.318, 2009.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. Tradução de Salvador E.Giammusso.

RIGHI, D. et al. **Análise de concretos produzidos com vidro moído quando submetidos a elevadas temperaturas.** ASAAE – Associação Sul Americana de Engenharia Industrial. Rio de Janeiro, 2012.

SHAO, Y.; LEFORT, T.; MORAS, S.; RODRIGUEZ, D. **Studies on concrete containing ground waste glass.** Cement and Concrete Research. Elmsford, v.30, n.1, p. 91–100, 2000.

TEIXEIRA, R.F. et al. **Análise estatística da resistência à compressão do concreto.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 13, n. 1, p. 635-643, 2015.