XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Incorporação de vidro moído de garrafas *long neck* ao concreto para a fabricação de *pavers*

Incorporation of ground glass from long neck bottles in concrete for the manufacture of pavers

Andrêssa Gomes Nogueira
Instituto Federal de Goiás | Uruaçu | Brasil | agnogueira44@gmail.com
Jéssyca Augusto de Paula
Instituto Federal de Goiás | Uruaçu | Brasil | jessycadepaula5@gmail.com
Jéssica Azevedo Coelho
Instituto Federal de Goiás | Uruaçu | Brasil | jessica.coelho@ifg.edu.br

Resumo

Buscando promover o desenvolvimento sustentável este trabalho analisa a viabilidade do uso de vidro moído proveniente de garrafas long neck, como agregado miúdo na produção de pavers, em conformidade com a NBR 9781:2013. Para isso, foi feito um estudo da dosagem do concreto convencional onde a partir do traço ideal obtido, foram fabricados pavers com incorporação do resíduo e analisado o comportamento de sua resistência à compressão. Concluiu-se que, nenhum dos blocos atingiu o valor mínimo de 35 MPa, entretanto, aqueles que receberam a incorporação do vidro apresentaram comportamentos de resistência superiores aos que não receberam.

Palavras-chave: *Pavers*. Dosagem do concreto. Vidro. *Long neck*.

Abstract

Seeking to promote sustainable development, this research analyzes the feasibility of using crushed glass from long neck bottles as fine aggregate in the production of pavers, according to the NBR 9781:2013. For this, a study of the dosage of conventional concrete was developed, where from the ideal mix obtained, paver blocks were made with the incorporation of the crushed glass, and through that, the performance of their compressive strength was analyzed. It was concluded that none of the blocks reached the minimum value of 35 MPa, however, those that received the incorporation of glass had higher strength performance than those who did not receive.

Keywords: Pavers. Concrete dosage. Glass. Long neck.

Como citar:
NOGUEIRA, A. G.; PAULA, J. A. DE; COELHO, J. A. INCORPORAÇÃO DE VIDRO MOÍDO DE GARRAFAS LONG NECK AO CONCRETO PARA A FABRICAÇÃO DE PAVERS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

A construção civil ao longo dos anos conseguiu avançar a passos largos, devido a modernização dos processos construtivos através do avanço tecnológico industrial. Em razão deste progresso, essa se tornou uma grande responsável pelo desenvolvimento social e econômico da sociedade.

Entretanto, em conjunto com os novos avanços cresceram também os desafios, uma vez que este ramo tem se mostrado como um dos que mais contribui com os vastos impactos ambientais que começam desde a extração de matérias-primas e perdura até o descarte inadequado de resíduos na natureza, assim como afirmam Motta e Aguilar [1].

Marques [2] afirma que em um mundo onde a sustentabilidade é crucial para a sobrevivência da espécie humana, a intensa exploração de recursos naturais deve ser repensada, uma vez que sua reposição pelo meio ambiente possui uma cadência inferior ao seu consumo, é necessário mudar os paradigmas existentes e focá-los no desenvolvimento sustentável.

De acordo com John [3] a construção civil é responsável por consumir de 14% a 50% dos recursos naturais extraídos em todo o planeta. Dessa forma, buscando diminuir esse consumo e promover uma construção sustentável, diversos pesquisadores vêm estudando sobre a possibilidade de aproveitar materiais tidos até então como descartáveis, na confecção de materiais alternativos utilizados neste setor.

Essa investigação se ampara no Objetivo 12 – Consumo e Produção Responsáveis, dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas - ONU. De acordo com Marques [2], consumir e produzir de forma responsável visa por exemplo, recircular um produto ao invés de descartá-lo, minimizando a geração de resíduos e reduzindo as emissões de poluentes ao meio ambiente.

A indústria da construção civil além de consumir possui a capacidade de absorver os resíduos gerados tanto por ela como por outras atividades econômicas, através da incorporação de resíduos na produção dos materiais de construção, entre eles o concreto. Essa investigação se dá principalmente pelo fato de o concreto ser um material com alto potencial empacotador, ou seja, possui a capacidade de incorporar diversos tipos de resíduos, como afirma Simões [4].

Diante disso, os blocos de concreto para pavimentação, os conhecidos *pavers*, por serem peças pré-fabricadas de concreto também são alvos de estudos do gênero. Alguns autores analisaram a incorporação de variados tipos de resíduos nestas peças como substitutos aos agregados naturais, em uma tentativa de proporcionar uma destinação correta para resíduos que são constantemente descartados de forma imprópria na natureza e diminuir a procura por agregados naturais, como salienta Fioriti, Ino e Akasaki [5].

A NBR 9781 [6] define o bloco de concreto para pavimentação como uma peça pré-moldada de concreto, utilizada como material de revestimento em pavimento intertravado. Esta normativa estabelece que o concreto utilizado na fabricação das

peças deve ser constituído de cimento Portland, agregados (miúdo e graúdo) e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos.

Para a fabricação do concreto que originará os blocos, assim como na fabricação do concreto convencional, deve existir uma proporção entre o cimento, agregados e água. Proporção essa que está relacionada à dosagem do concreto, que pode ser definida de acordo com Tango apud HOOD [7] como o conjunto de operações para estabelecimento do traço. O traço por sua vez é a melhor proporção que se expressa essas quantidades de materiais constituintes do concreto, relativo à quantidade de cimento. Existem diversas metodologias que visam estabelecer a melhor dosagem para obter um concreto que além de conseguir atender os requisitos, seja econômico.

Dentre essas metodologias, têm-se um método desenvolvido no Brasil e que é muito utilizado no país, trata-se do Método IPT/EPUSP, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. De acordo com Marchioni [8], esse método considera que a melhor proporção entre os agregados disponíveis é aquela que consome a menor quantidade de água para obter um certo abatimento requerido. Uma vez fixada a trabalhabilidade, exploram-se diferentes teores de argamassa e relações água cimento (a/c).

A formulação do concreto utilizando este método expressa o traço em massa e quantidades relativas ao cimento, no formato: 1: a: p: x (cimento: areia: pedra: água/cimento), ou no formato 1: m (cimento: agregados). Para utilização deste método, são necessários três pontos para montar o diagrama de dosagem, sendo sugerido a fixação de um ponto inicial para servir de partida para obter informações necessárias para confecção dos traços complementares. É sugerida a fixação do traço base 1:5, um traço mais rico em cimento 1:3,5 e outro mais pobre 1:6,5; como afirmam Helene e Terzian [9].

Entre os materiais que vêm sendo estudados como possíveis de serem incorporados ao concreto para a produção dos *pavers* tem-se o vidro. De acordo com Rosa, Cosenza e Barroso [10] as pesquisas envolvendo o resíduo de vidro vem ganhando destaque pelo fato do vidro ser considerado um material física e quimicamente inerte, o que o torna um material com bastante potencial para ser explorado na construção civil em adições não convencionais.

A quantidade de resíduo gerado por esse tipo de material é cada vez maior e necessita de uma destinação correta, visto que este material pode acarretar diversos problemas. É o caso das conhecidas garrafas *long neck*, essas que vem ganhando destaque nos últimos anos e se tornando comum principalmente no armazenamento de bebidas alcoólicas. O resíduo gerado pelo descarte inadequado dessas garrafas representa um resíduo preocupante gerado hoje em todo o mundo.

O fato das *long necks* não serem retornáveis se tornou um motivo de preocupação. Após o consumo elas são descartadas no lixo e posteriormente levadas a lixões ou aterros sanitários. Esse hábito ocasiona poluição ambiental, visto que o espaço ocupado pelas garrafas nesses depósitos poderia ser ocupado por materiais de rápida decomposição, uma vez que o vidro não é biodegradável, ou seja, a natureza não é capaz de absorvê-lo, segundo Vasques, Rocha e Fernandes [11].

À vista disto, este trabalho justifica-se importante pois pretende analisar tecnicamente a substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de vidro na fabricação de *pavers*, uma vez que se comprovada essa possibilidade poderá ser empregado na construção civil um material mais ecologicamente correto e encontrar uma destinação final adequada às *long necks*, minimizando seu descarte inadequado na natureza.

De acordo com a justificativa abordada anteriormente, este trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade técnica do uso do resíduo sólido de vidro moído proveniente do beneficiamento de garrafas de vidro *long neck*, como agregado miúdo na produção de blocos de concreto para pavimentação. Como objetivos específicos têm-se o estabelecimento de um traço de referência para a partir dele incorporar o resíduo de vidro, confeccionar os *pavers* com traço definido e analisar o comportamento da resistência mecânica à compressão de acordo com a NBR 9781 [6].

MATERIAIS E MÉTODOS

Em relação à abordagem, a pesquisa classifica-se como explicativa, pois através das experiências, ensaios e dados coletados busca-se desenvolver uma dosagem para a produção dos blocos de concreto com incorporação de resíduo de vidro e analisar suas características mecânicas. Quanto ao método de procedimento, este trabalho utilizou-se da pesquisa experimental que consiste em avaliar as variáveis referentes a um objeto de estudo, fazendo, que o pesquisador atue como agente ativo da pesquisa, como afirma Gil [12].

As garrafas *long neck* utilizadas para a obtenção do resíduo de vidro foram arrecadadas por meio de campanhas de arrecadação através das redes sociais. Garrafas de diversas cores e marcas foram obtidas, entretanto, com o intuito de padronizar o resíduo que seria utilizado, somente as garrafas da cor verde e de uma marca específica foram selecionadas para o experimento. Buscando obter a pureza do resíduo, as garrafas foram lavadas e seus rótulos foram retirados, após a higienização foram dispostas em lonas plásticas para secagem para posteriormente seguirem para a etapa de moagem.

O resíduo de vidro foi obtido através da fragmentação das garrafas até que se alcançou granulometria próxima à da areia. O processo de moagem foi terceirizado, alugou-se um equipamento utilizado no garimpo, um moinho de rolo, que foi capaz de triturar as garrafas por completas e de forma mais rápida e prática conseguiu-se obter o resíduo com a granulometria desejada. O processo de obtenção do resíduo de vidro pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Obtenção do resíduo de vidro



A: Garrafas prontas para moagem; B: Moinho utilizado para triturar as garrafas; C: Resíduo de vidro obtido. Fonte: as autoras.

Com base nos trabalhos de Cenci [13] e Jen et al [14], que também analisaram a incorporação de vidro ao concreto para a produção de *pavers*, constatou-se que o vidro é um bom substituto em teores de até 20% de substituição. Com isso, foram escolhidas para esta pesquisa taxas de substituição em massa de agregado miúdo pelo resíduo de vidro de 0%, 15%, 20% e 25%.

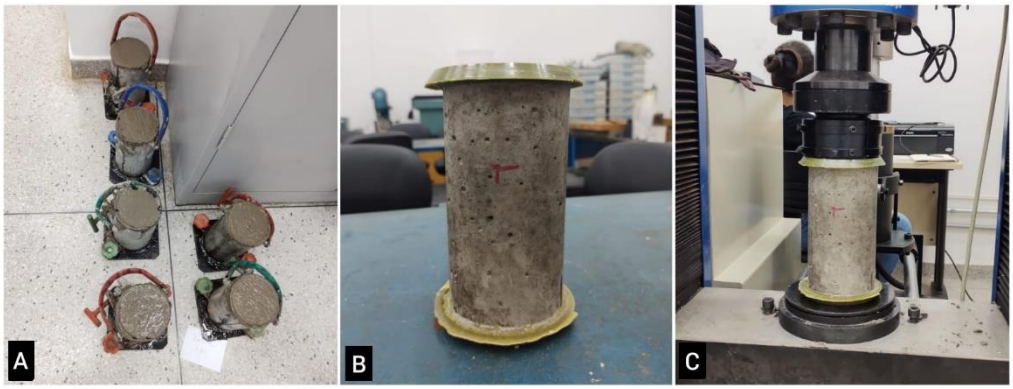
Antes de realizar a substituição de fato, foi realizado o estudo do traço a fim de verificar a melhor dosagem para o concreto convencional, sem incorporação do resíduo. Para isso, utilizou-se o método IPT/EPUSP para dosagem do concreto, pois buscou-se investigar qual o melhor traço utilizando-se os agregados disponíveis na região, que são os materiais comumente empregados pelos fabricantes locais na confecção dos blocos.

Para o estudo do traço foram moldados corpos de prova cilíndricos (CPC's) em três traços: base, pobre em cimento e rico em cimento (1:5; 1:6,5; 1:3,5, respectivamente) e *Slump Test* de 8±1 cm. Com estes CPC's foi realizado aos 7, 21 e 28 dias de idade o ensaio de resistência mecânica à compressão para que dessa forma, consiga-se obter o traço de referência. Para a realização do ensaio as unidades ensaiadas foram capeadas com enxofre, formando duas camadas uniformes nas superfícies superior e inferior.

O ensaio foi realizado utilizando-se a máquina de ensaio DL-60000 da marca EMIC. A taxa de carregamento utilizada no ensaio de compressão simples dos blocos foi de 0,450 MPa/s. O processo de fabricação e preparação dos corpos de prova é apresentado na Figura 2.

Após a realização do ensaio de resistência mecânica à compressão com os corpos de prova cilíndricos e elaboração do traço ideal, os *pavers* foram produzidos. Para cada teor de substituição inicialmente estipulado (0%, 15%, 20% e 25%) foram fabricadas 15 unidades. Os materiais utilizados foram o cimento CP V de Alta Resistência Inicial (ARI), brita 1, areia média e resíduo de vidro.

Figura 2: Fabricação e preparação dos CPC's para ensaio

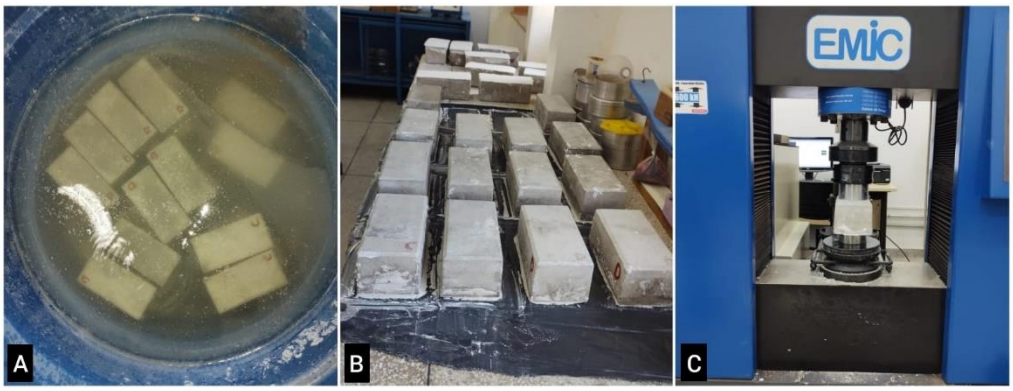


A: CPC's no estado fresco; B: CPC capeado com enxofre e pronto para ensaio; C: Ensaio de resistência à compressão dos CPC's. Fonte: as autoras.

As peças foram moldadas todas no mesmo dia na empresa Uruaçu Indústria e Comércio e após três dias foram desmoldadas, identificadas e transportadas para o IFG - Campus Uruaçu, onde foram colocadas imediatamente em solução saturada de hidróxido de cálcio para realização do ensaio de resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Para a realização do ensaio mecânico de resistência à compressão a superfície das peças foram retificadas com argamassa de gesso 24 horas antes da realização do ensaio, para que dessa forma a força aplicada pudesse ser distribuída em uma superfície plana e uniforme, auxiliando assim em uma maior confiabilidade nos dados. Ensaiou-se 6 peças, escolhidas aleatoriamente de cada teor de substituição, dessa forma, foram ensaiadas no total 24 peças. O processo de preparação dos *pavers* é mostrado na Figura 3.

Figura 3: Preparo dos *pavers* para realização do ensaio

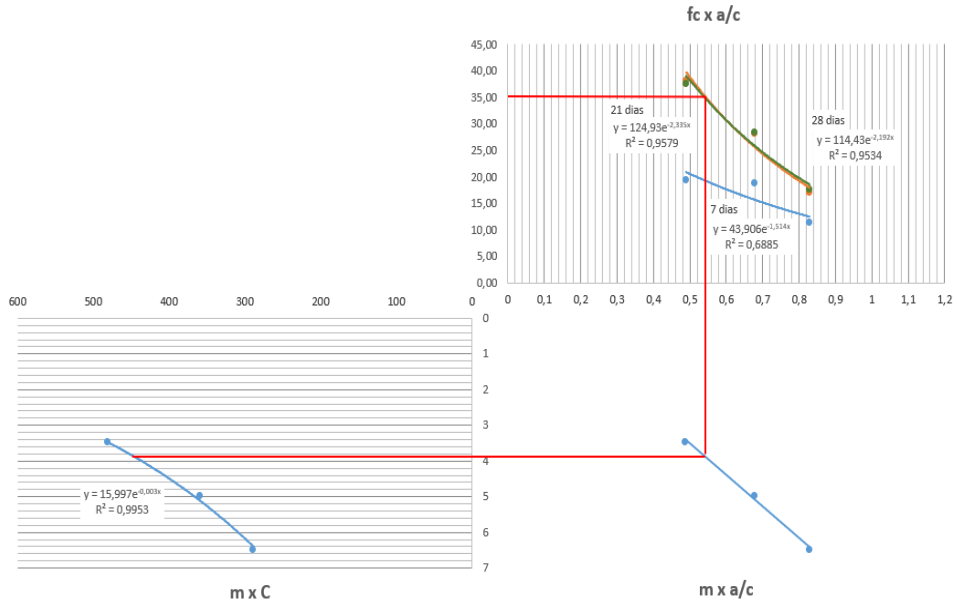


A: *Pavers* em solução saturada para cura; B: Capeamento com argamassa de gesso; C: Ensaio de resistência à compressão das peças. Fonte: as autoras.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do ensaio de resistência mecânica à compressão realizado com os corpos de prova cilíndricos foi possível construir o ábaco apresentado na Figura 4 a fim de direcionar a melhor dosagem do concreto empregado na confecção dos *pavers*.

Figura 4: Ábaco de dosagem



Fonte: as autoras.

Analisando o ábaco e tendo como referência a resistência de 35 MPa estabelecida pela NBR 9781 [6] para tráfego leve, obtém-se uma relação água-cimento (a/c) de 0,54 e um traço ótimo de 1:4. Explicitando melhor em proporções de cimento, agregado miúdo e agregado graúdo, têm-se o traço 1:1,6:2,4 como o traço ideal para a confecção dos blocos, sendo a partir deste traço feita a incorporação do resíduo de vidro em massa.

A Tabela 1 mostra as quantidades de materiais em quilogramas empregadas na produção das peças de concreto, de acordo com cada teor de substituição previamente escolhido, tendo como base o traço encontrado acima.

Tabela 1: Quantidade de materiais empregados na produção dos *pavers*

Teor de Substituição	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Resíduo de vidro (Kg)	Brita (Kg)
0%	10,87	18,48	0,00	25,00
15%	10,87	15,71	2,77	25,00
20%	10,87	14,78	3,70	25,00
25%	10,87	13,86	4,62	25,00

Fonte: as autoras.

Cabe destacar que a quantidade de brita e de cimento foram fixadas, portanto, não variaram de um teor para outro. A variação aconteceu na massa de agregado miúdo pois é este material que estava sendo substituído parcialmente pelo resíduo de vidro.

Quanto ao ensaio mecânico de resistência à compressão dos blocos de concreto para pavimentação, os resultados das tensões resistidas para todos os teores de incorporação do resíduo de vidro estão apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Resistências dos *pavers* ensaiados

Teor de Substituição	Corpo de prova	Tensão Resistida (MPa)	Tensão Média (MPa)	Desvio Padrão	Resistência Característica Estimada (fpk,est em MPa)
0%	1	26,91	22,38	3,559	19,07
	2	27,08			
	3	19,32			
	4	20,13			
	5	20,44			
	6	20,39			
15%	7	27,70	26,10	0,936	25,24
	8	25,13			
	9	26,51			
	10	26,17			
	11	25,34			
	12	25,74			
20%	13	26,76	25,53	1,866	23,81
	14	24,47			
	15	27,89			
	16	25,61			
	17	25,90			
	18	22,52			
25%	19	20,25	23,49	2,172	21,49
	20	26,12			
	21	24,54			
	22	21,90			
	23	23,07			
	24	25,03			

Fonte: as autoras.

Nota-se que nenhuma das unidades ensaiadas atingiu a resistência mínima de 35 MPa estabelecida pela NBR 9781 [6]. Também é possível observar que as resistências das peças que receberam a incorporação do vidro em diferentes teores de substituição se sobressaíram em relação às resistências das peças que foram moldadas com o concreto convencional, ou seja, sem adição do resíduo de vidro.

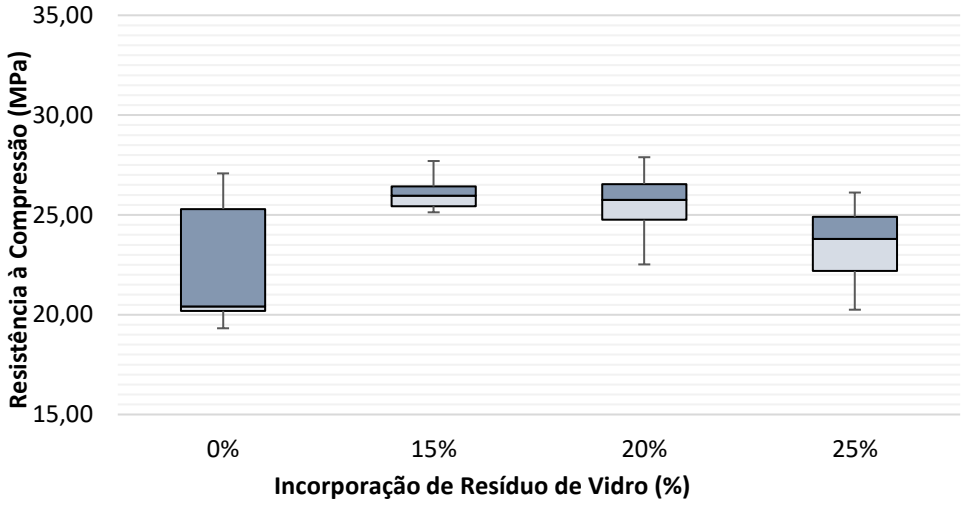
Observa-se que os menores valores de resistências individuais que, por consequência, levaram à menor resistência característica estimada (fpk, est) pertencem às peças que não receberam incorporação do vidro.

Ademais, verifica-se que o desvio padrão do grupo de peças que não receberam a incorporação do vidro foi bastante elevado, indicando uma heterogeneidade das resistências individuais dos blocos. Enquanto isso, o desvio padrão das peças que

receberam a incorporação do vidro foram valores menores, sendo o desvio padrão da substituição de 15% o menor valor dentre os resultados obtidos.

Observando a Figura 5 é possível verificar o comportamento das resistências individuais de cada lote de uma forma mais visualmente clara.

Figura 5: Resistência à compressão por lote analisado – Boxplot



Fonte: as autoras.

Quanto ao lote que não recebeu incorporação de vidro, percebe-se que as resistências se comportam com amplitude e dispersão elevadas, visto que os valores oscilam em uma faixa maior. Nota-se também, ainda na análise deste lote, que os valores se comportam de forma positivamente assimétrica, ou seja, acima da mediana. Agora, analisando o lote de 15%, trata-se do lote que possui menor amplitude e dispersão dos dados, uma vez que os valores estão concentrados em um intervalo menor. Percebe-se, além disso, que este é também o lote em que os dados se comportam de maneira mais simétrica e homogênea, possuindo apenas um ponto de máximo mais significativo que o ponto de mínimo.

Quanto ao lote de 20% de incorporação, observa-se que a amplitude dos valores assim como a dispersão se comportam de maneira nem muito elevada e nem muito baixa, e como a mediana ficou um pouco mais próxima do terceiro quartil, pode-se dizer que os dados são negativamente assimétricos. Por fim, analisando o lote de 25%, é possível observar que este é o segundo lote dentre os analisados com maior amplitude e dispersão dos dados, ficando atrás apenas do lote de 0% de incorporação. Quanto a simetria, mais uma vez os valores são ditos como negativamente assimétricos, visto que a mediana se aproxima mais do terceiro quartil novamente.

Como já comentado acima, nenhuma das peças ensaiadas atingiu a resistência esperada de 35 MPa. Sabe-se que quando se trata de concreto, diversos fatores podem interferir nas suas propriedades. No caso deste trabalho, um dos fatores que pode ter interferido foi o local de moldagem e secagem das peças, uma vez que elas foram fabricadas e secas na fábrica de artefatos de concreto, em um galpão coberto somente

por cima e aberto nas laterais, não sendo possível controlar fatores como umidade e temperatura.

Como o cimento utilizado foi o CP V – ARI, que é um tipo de cimento que faz com que o concreto atinja uma resistência alta já nos primeiros dias de idade, fatores como os mencionados acima devem receber uma atenção especial, visto que podem interferir de forma significativa nos resultados finais. Ademais, o tempo de desmolde das peças pode ter influenciado também, uma vez que após a fabricação as peças demoraram três dias para serem desmoldadas e colocadas em solução saturada para cura.

Salienta-se que nesta pesquisa as peças foram moldadas sem o uso de aditivos, superplastificantes e demais produtos do gênero. Talvez se estes artifícios tivessem sido utilizados, os valores mínimos de resistência à compressão fossem alcançados. Dessa forma, sugere-se para pesquisas futuras o uso de tecnologias que auxiliem as peças a atingirem os requisitos estabelecidos pela normativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que se refere à resistência à compressão das peças, concluiu-se que as amostras que receberam a incorporação do vidro apresentaram resistências mais elevadas do que as que não receberam incorporação deste material. Entretanto, nenhuma das peças analisadas atingiu a resistência mínima estabelecida pela norma.

Contudo, mesmo não atingindo a resistência mínima, acredita-se que os blocos ainda assim podem ser utilizados em ambientes de baixa intensidade de sobrecarga, como calçadas, parques, jardins, praças e ciclovias. Sugere-se que a norma especifique melhor os valores mínimos de resistência, levando em consideração a finalidade de aplicação das peças, tendo em vista o local específico que elas serão empregadas depois de confeccionadas.

Além disso, destaca-se que os valores de resistência atingidos por todas as peças ensaiadas foram superiores a resistência mínima de 20 MPa estipulada pela NBR 6118 [15] para concreto com fins estruturais. Dessa forma, pode-se sugerir a investigação de incorporação de resíduo de vidro de garrafas *long neck* na produção de concretos com finalidade estrutural.

Ademais, vale ressaltar que a utilização de peças como essas, contribui positivamente para a diminuição de resíduos que vem sendo gerados em grande proporção atualmente pelo descarte inadequado das *long necks* na natureza.

Esta pesquisa pode ser utilizada como norteadora para trabalhos futuros, a fim de encontrar uma taxa de substituição ideal do agregado miúdo pelo resíduo de vidro de garrafas *long neck* que melhore os valores de resistência à compressão de blocos de concreto para pavimentação. Verifica-se que este trabalho se resumiu a substituições de 0 a 25%, entretanto não é descartada a possibilidade de um possível aumento de resistência e melhores índices de absorção de água com o uso de tecnologias específicas para isso.

Por fim, salienta-se a importância de pesquisas como esta, no ramo da sustentabilidade, que buscam diminuir os impactos negativos causados pelo descarte de resíduos na natureza e promover um desenvolvimento sustentável.

AGRADECIMENTOS

Nossa gratidão aos nossos amigos e às Prefeituras dos municípios de Hidrolina - GO e Pilar de Goiás por todo empenho na arrecadação das garrafas *long neck*. À empresa Uruaçu Indústria e Comércio, por todo apoio financeiro e executivo oferecido no desenvolver desta pesquisa. A Sebastião Rodrigues Nunes por todo o auxílio na execução dos ensaios e Jonas Costa dos Santos pela ajuda na moagem das garrafas. Ao IFG - Campus Uruaçu por proporcionar equipamentos, espaço, materiais e todo suporte necessário para a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] MOTTA, S. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, [S.l], 2009. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50953/55034. Acesso em: 29 janeiro 2022.

[2] MARQUES, M. F. C. **Agenda 2030: objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU: desafios ao desenvolvimento tecnológico e à inovação empresarial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Qualidade e Ambiente) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2020. Disponível em: http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21//12318/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf. Acesso em: 27 maio 2022.

[3] JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: https://ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/LV_Vanderley_John__Reciclagem_Residuos_Construcao_Civil.pdf. Acesso em: 14 junho 2021.

[4] SIMÕES, L. J. **Estudo da aplicação de resíduo de vidro laminado na produção de concretos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/161367129.pdf. Acesso em: 14 junho 2021.

[5] FIORITI, C. F.; INO, A.; AKASAKI, J. L. Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 4, p. 43-54, Porto Alegre, 2007. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3753/2106. Acesso em: 25 abril 2021.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

[7] HOOD, R. S**. Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. Dissertação (Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12112/000623333.pdf;sequence=1. Acesso em: 15 maio 2021.

[8] MARCHIONI, M. L. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18072013-150832/publico/dissertacao_marianamarchioni.pdf. Acesso em: 20 maio 2021.

[9] HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

[10] ROSA, S. E. S.; COSENZA, J. P.; BARROSO, D. V. **Considerações sobre a indústria do vidro no Brasil**. BNDES Setorial, [S.l], 2007. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2666/1/BS%2026%20Considera%C3%A7%C3%B5es%20sobre%20a%20ind%C3%BAstria%20do%20vidro_P.pdf. Acesso em: 25 junho 2021.

[11] VASQUES, R. A.; ROCHA, V. C.; FERNANDES, D. M. P. **Vidro Reciclado Aplicado a Revestimentos Cerâmicos**. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 51, 2007, Salvador. Disponível em: https://abceram.org.br/wp-content/uploads/area_associado/51/artigos/51cbc-9-15.pdf. Acesso em: 25 maio. 2021.

[12] GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

[13] CENCI, C. S. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de vidro cominuído na produção de blocos de concreto para pavimentação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2019. Disponível em: http://dspace.unipampa.edu.br:8080/handle/riu/4191. Acesso em: 16 junho 2021.

[14] JEN, C. J; PAULA, A.; ALVES, A. L.; FERREIRA, A. A.; SANTOS, A. S**. Incorporação parcial de resíduo de vidro no concreto para produção de pavers de pavimentação caracterização mecânica**. In: Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 2, 2019 Foz do Iguaçu. Disponível em: http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/VII-049.pdf. Acesso em: 16 junho 2021.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.