Análise dos efeitos da substituição do agregado miúdo por resíduo de vidro moído de tipo Long Neck marrom em blocos de concreto

Analysis of the effects of replacing fine aggregate with brown long neck ground glass residue on concrete blocks

Matheus Arthur Bazzan LOTTI¹, Marinês LANGOSKI²

¹ Universidade Regional Integrada, URI, Erechim, RS, Brasil, matheus.lotti@hotmail.com

² Universidade Regional Integrada, URI, Erechim, RS, Brasil, engenheiraml@hotmail.com

Resumo: Atualmente existe um problema relacionado à reciclagem das embalagens de vidro das garrafas Long Neck, uma vez que estas não têm um destino adequado por não serem economicamente viáveis. Com isso, nesta pesquisa estudou-se a possibilidade da utilização do resíduo de vidro moído de Long Neck em substituição parcial ao agregado miúdo (areia), recurso natural utilizado na fabricação de blocos de concreto. Para isso realizou-se a caracterização dos materiais que foram utilizados para confecção dos blocos de referência (0%), e definiram-se a granulometria do vidro moído que foi substituído, já em porcentagens definidas de 10% e 25%. Para métodos comparativos trabalhou-se com uma empresa parceira com sede no município de Mariano Moro - RS, que oportunizou sua estrutura para a produção dos blocos de concreto. Portanto, foram realizados diferentes ensaios para avaliar a influência da substituição do agregado nas propriedades do bloco no estado endurecido (análise dimensional, índice de absorção da água, peso específico e resistência à compressão). Analisando os resultados, sobre análise dimensional, todos os blocos tiveram resultados satisfatórios, porém as dimensões de altura e largura ficaram um pouco acima do exigido por norma; pelo índice de absorção de água todas as composições atenderam a normativa, sendo o teor de substituição 10 % com menor absorção. Para o peso específico o melhor resultado foi obtido para o bloco de teor 25%, com menor valor de 24,52 kN/m³; em relação ao ensaio de resistência à compressão o único bloco que atingiu o determinado por pela NBR 6136 (2016) foi o de teor 25 %, com 3,15 MPa. Com isso, com os resultados obtidos nos ensaios, foi possível concluir a viabilidade da substituição no bloco de concreto com teor 25%, pois atingiu todas as exigências da NBR 6136 (2016).

Palavras-chave: Garrafas Long Neck, areia, bloco de concreto.

Abstract: Currently, there is a problem related to the recycling of glass packaging for Long Neck bottles, since they do not have an adequate destination because they are not economically viable. Thus, in this research, the possibility of using the crushed Long Neck glass residue to partially replace the fine aggregate (sand), a natural resource used in the manufacture of concrete blocks, was studied. For this, the characterization of the materials that were used to make the reference blocks (0%) was carried out, and the granulometry of the ground glass that was replaced was defined, already in defined percentages of 10% and 25%. For comparative methods, we worked with a partner company based in the municipality of Mariano Moro - RS, which provided its structure for the production of concrete blocks. Therefore, different tests were carried out to evaluate the influence of aggregate substitution on the properties of the block in the hardened state (dimensional analysis, water absorption index, specific weight and resistance to compression). Analyzing the results, on dimensional analysis, all the blocks had satisfactory results, however the dimensions of height and width were slightly

above that required by the norm; due to the water absorption index, all compositions complied with the regulations, the substitution content being 10% with less absorption. For the specific weight, the best result was obtained for the 25% content block, with a lower value of 24.52 kN / m³; in relation to the compressive strength test, the only block that reached the level determined by NBR 6136 (2016) was 25%, with 3.15 MPa. Thus, with the results obtained in the tests, it was possible to conclude the feasibility of substitution in the concrete block with 25% content, as it reached all the requirements of NBR 6136 (2016).

Keywords: Long Neck bottles, sand, concrete block.

1. Introdução

De acordo com o Conselho Internacional da Construção – CIB, a indústria da construção é o setor de atividades que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Além dos impactos relacionados ao consumo de matéria e energia, há aqueles associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção. Tais aspectos ambientais, somados à qualidade de vida que o ambiente construído proporciona, sintetizam as relações entre construção e meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2016).

Com isso, quando o assunto recursos naturais é discutido, várias questões são analisadas, seja pelo possível esgotamento no nosso meio ou pelas consequências causadas pela sua retirada do ambiente. A areia, quando extraída de encostas de rios gera problemas ambientais. Estudos realizados verificaram várias consequências devido a sua retirada, sendo que os impactos de maior significância foram incidência de processos erosivos, danos a fauna e a flora terrestres, depreciação da qualidade da água, alterações na geomorfologia fluvial e o aumento da oferta do produto (NOGUEIRA, 2016).

Segundo Andrade (2017), promover a inovação com o foco em sustentabilidade se torna mais importante a cada dia. As necessidades do meio ambiente devem ser levadas em consideração se pensarmos em novas formas de produção capazes de trazer benefícios tanto ao meio ambiente quanto às organizações. Na construção civil, vários estudos estão direcionados nessa área por ser um grande causador desses danos, como extração exagerada de recursos naturais ou a falta de destino adequado de materiais, os quais acabam causando prejuízos ao meio ambiente. Por esses motivos, o presente estudo propõe uma solução viável às ações citadas, substituindo o meio natural pelo material sem descarte.

Como contribuição à estudos da área, foi substituído o agregado miúdo por vidro moído em blocos de concreto, que tem as características do concreto convencional, além de ter uma aplicabilidade maior na construção civil, pois sua fabricação proporciona menos variabilidade de traços e ambientes de fabricação estabilizados, originando um controle mais acessível do vidro em comparação a produção de concreto.

2. Referencial Teórico

2.1 Blocos de concreto

Os blocos de concreto são industrializados e compostos basicamente por cimento Portland, agregados graúdos e miúdos, água e, ainda, adições ou aditivos que lhe proporcionam as características desejadas no bloco (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Os blocos de concreto amparados pela NBR 6136 (2016) possuem formato e dimensões padronizadas, que proporcionam um sistema construtivo limpo, prático, rápido, econômico e eficiente. Além disso, o material concreto possui um módulo de elasticidade similar ao da junta de argamassa, aproximando a resistência da alvenaria à do bloco (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2019).

Análise dos efeitos da substituição do agregado miúdo por resíduo de vidro moído de tipo Long Neck marrom em blocos de concreto

No Brasil, grande parte das fábricas não possuem um controle rigoroso sobre o processo produtivo que confira qualidade e segurança para as unidades produzidas. São poucas as fábricas que possuem o selo de qualidade da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

2.2 Vidros

O vidro é um material inorgânico, cujo elemento básico é a sílica encontrada em abundância na areia, que se une a óxidos fundentes, estabilizantes e substâncias corantes para formar o silicato (DA ROSA et al., 2007).

As embalagens de cerveja tipo Long Neck ou one way são consideradas hoje um dos mais problemáticos resíduos gerados no mundo, pois após o consumo da bebida, são simplesmente descartadas, ocupando espaço do destino final.

Essas embalagens são fabricadas para atender aos interesses das indústrias vidreiras e as indústrias envasadoras de bebidas, visando a competitividade entre as embalagens, especificamente entre o alumínio e o vidro sem pensar nas consequências da poluição causada ao meio ambiente, comprometendo a qualidade de vida e a segurança de todos.

Para deixar este tipo de embalagem competitiva junto ao alumínio, a indústria vidreira retirou alguns componentes químicos que davam certo peso à embalagem, ficando comprometida a sua resistência, não permitindo o retorno para um segundo envase, ou seja, ela só vai ao consumidor não retornando para ser reutilizada, passando a ser um problema ambiental (FUNVERDE, 2009).

2.2.1 Impacto ambiental e reciclagem

O descarte inadequado do material pela população ocasiona o acúmulo em vias públicas, ocasionando problemas em bueiros, bocas de lobos, riachos ou em aterros sanitários que acabam ocupando espaço nesses depósitos que poderiam ser utilizados por materiais orgânicos de rápida decomposição. Em alguns casos o mal armazenamento ocasiona focos de doenças como a dengue, o zika vírus e o chikungunya, agravando o problema ambiental.

O vidro, entre os materiais de uso mais frequente em embalagens, é provavelmente o que apresenta maior facilidade para a reciclagem. Com efeito, o vidro, em termos teóricos, é 100% reciclável, e a mesma “unidade” de vidro pode ser aproveitada inúmeras vezes (DA ROSA et al., 2007).

As embalagens de vidro destinadas a alguns segmentos, como o de bebidas, podem ser não apenas recicláveis, mas também retornáveis, o que significa que a mesma embalagem passa por vários ciclos de utilização. Tais embalagens são normalmente garrafas de certo peso, projetadas para ter resistência mecânica adequada ao longo de sua vida útil (DA ROSA et al., 2007).

Por sua vez, as garrafas Long Neck que não são consideradas para reutilização e nem reciclagem por não serem economicamente viáveis, sendo mais oportuno para as fábricas retirar novamente as matérias-primas da natureza.

2.2.2 Utilização do vidro em blocos de concreto

Com o promissor futuro baseado na importância do uso da sustentabilidade, pesquisadores tem buscado aprofundamento de estudos em materiais ambientalmente corretos ou com diminuição no impacto na sua fabricação e utilização, mas que não prejudiquem as características do mesmo.

Os autores Serpa et al., (2012), analisaram em sua pesquisa o comportamento do vidro reciclado em materiais cimentícios e os resultados obtidos nesta campanha experimental mostram que o vidro reciclado apresenta potencial como agregado ou como adição mineral, embora a sua influência na RAA (reação álcali-agregado) dependa do teor de substituição e da granulometria em que é empregue.

Análise dos efeitos da substituição do agregado miúdo por resíduo de vidro moído de tipo Long Neck marrom em blocos de concreto

A autora Bottega (2017), substituindo o agregado concluiu com a análise de todos os resultados obtidos nos ensaios, que o melhor teor de substituição a ser utilizado é o teor de 50%, pois incorpora mais resíduo de vidro na composição do concreto, melhorando as suas propriedades mecânicas, sendo também ambientalmente recomendável.

A carência de estudos que tratam da substituição de vidro moído por areia em bloco de concreto, aumenta a importância e expectativa nos resultados desse estudo.

3. Metodologia de pesquisa

A metodologia desta pesquisa procura demonstrar as propriedades dos materiais através de resultados obtidos na caracterização física, química e mecânica e procedimentos utilizados para a execução dos ensaios do programa experimental.

A caracterização dos materiais e os ensaios foram executados no Laboratório de Preparo de Amostras e Técnicas Construtivas (LAPATEC), do curso de Engenharia Civil, da URI - Campus de Erechim e no Laboratório de Precisão Analítica, da URI – Campus de Erechim. A Figura 1 demonstra o Programa Experimental da pesquisa.

Fonte: Autores (2021).

Para execução dos ensaios os procedimentos e a quantidade de corpos-de-prova são determinados por norma, e estão demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Propriedades avaliadas, normativas e número de corpos-de-prova (cps)

Propriedades avaliadas	Normas (NBR)	Número de cps por percentual de substituição
Resistência à compressão	12118 (2013)	12
Absorção de água	12118 (2013)	3
Peso específico	15961-1 (2011)	3
Análise dimensional	6136 (2016)	6

Fonte: Autores (2021).

Análise dos efeitos da substituição do agregado miúdo por resíduo de vidro moído de tipo Long Neck marrom em blocos de concreto

4. Resultados

4.1 Análise dimensional

Realizados os procedimentos para determinação das medidas dos blocos, aplicou-se a média aritmética para obtenção dos resultados e comparação com as exigências na NBR 6136 (2016), como demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Análise dimensional dos blocos

Percentual de substituição	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Parede longit. (mm)	Parede transv. (mm)	Furo longit (mm)	Furo transv. (mm)
0 %	142,48	193,17	390,11	28,79	26,02	161,23	86,45
10 %	142,47	193,50	390,06	29,06	26,08	160,52	86,27
25 %	142,45	193,44	390,22	29,03	26,13	160,42	86,26

Fonte: Autores (2021).

Apesar das medidas estatísticas enquadrarem todas as amostras como homogêneas, a média das dimensões da largura e altura, em todos os traços ensaiados, ultrapassou os limites estabelecidos em norma, uma vez que a mesma estabelece uma tolerância na faixa de largura que varia entre 138 mm e 142 mm, e para altura de 187 mm e 193 mm. Os limites ultrapassados podem ser originados pelo processo de fabricação, como a má higienização da prensa, provocando assim uma prensagem maior do que o esperado devido ao acúmulo de concreto na face de prensagem, ou pelo equipamento estar no momento de ter manutenção, podendo assim ter falta de lubrificação na face de prensagem, provocando uma possível perda de calibração na vibro-prensa e um possível desgaste sofrido pela forma da vibro-prensa.

No que se refere aos valores de comprimento nominal do bloco, verificou-se, que todos blocos atenderam ao comprimento estabelecido por norma, pois o recomendado varia entre 387,00mm e 393,00mm.

As espessuras das paredes, tanto longitudinais como transversais superaram as exigências mínimas de 18 mm; as dimensões dos furos também atenderam as especificações.

4.2 Absorção de água

Os valores obtidos para o ensaio de absorção de água, por traço de substituição estão demonstrados no Quadro 3.

Quadro 3 – Resultados de absorção dos blocos

Percentual de substituição	Absorção (%)	Desvio padrão (%)	Coefficiente de variação (%)
0 %	7,10	0,12	1,74
10 %	6,96	0,21	3,01
25 %	7,23	0,19	2,62

Fonte: Autores (2021).

Em análise dos resultados demonstrados no Quadro 3 foi possível inferir que os valores médios obtidos atenderam o proposto pela NBR 6136 (2016), a qual estabelece um limite de 10% para o percentual de absorção.

Análise dos efeitos da substituição do agregado miúdo por resíduo de vidro moído de tipo Long Neck marrom em blocos de concreto

Em análise estatística no programa ANOVA, verificou-se que os percentuais de substituição adotados (0, 10 e 25%) não apresentaram resultados significativos na propriedade avaliada absorção de água.

4.3 Peso específico

Os resultados obtidos para o peso específico para cada percentual de substituição estão demonstrados no Quadro 4.

Quadro 4 – Peso específico dos blocos

Percentual de substituição	Massa média dos blocos secos (g)	Volume médio (cm ³)	Peso específico (g/cm ³)	Desvio padrão (g/cm ³)	Coefficiente de variação (%)
0 %	14566,67	5715,2	2,55	0,10	3,98
10 %	14366,67	5715,2	2,51	0,08	3,04
25 %	14300,00	5715,2	2,50	0,04	1,52

Fonte: Autores (2021).

De acordo com a NBR 15961-1 (2011), o peso específico médio dos blocos de concreto sem uma avaliação precisa é de 14 kN/m³. Tendo em vista o proposto, os traços dos blocos de concreto produzidos estão acima do recomendado, pois atingiram um peso específico médio de 25,01 kN/m³, 24,61 kN/m³ e 24,52 kN/m³, respectivamente aos traços com 0%, 10% e 25% de substituição de vidro moído.

4.4 Resistência à compressão

Os resultados obtidos para a resistência à compressão, para cada percentual de substituição estão demonstrados no Quadro 5.

Quadro 5 – Resultados de resistência à compressão

Percentual de substituição	Resistência média (MPa)	Desvio padrão (%)	Coefficiente de variação (%)
0 %	2,36	0,44	18,71
10 %	2,41	0,21	8,69
25 %	3,15	0,33	10,40

Fonte: Autores (2021).

A Figura 2 mostra a influência do teor de substituição de resíduo de vidro moído sobre a resistência à compressão dos blocos de concreto, a partir da análise estatística (ANOVA).

Figura 2 – Resultados de resistência à compressão

TSV= Teor de substituição de vidro moído

Fonte: Autores (2021).

Analisando a Figura 2 é possível inferir que o aumento significativo de resistência foi obtido para o traço com 25% de substituição, em relação ao traço referência. Não foi observada diferença significativa para o traço com 10% de substituição, em relação ao traço sem substituição.

Para Righi et al., (2011), tal comportamento pode ser justificado pelo resultado do aumento no teor de finos da mistura quando comparado com a curva granulométrica da areia utilizada. Outra justificativa para o aumento com a substituição pode ser a composição do vidro, ao passo que, o material é essencialmente composto por sílica amorfa e outros componentes que podem vir a melhorar a durabilidade da matriz como adição mineral pelo seu potencial pozzolânico (PAIVA, 2009).

5. Conclusões

Em análise de todos os resultados obtidos nos ensaios, o melhor teor de substituição a ser utilizado é o teor de 25%, pois incorpora mais resíduo de vidro na composição do bloco de concreto, somado aos maiores valores de resistência à compressão, sendo também ambientalmente recomendável.

Estudando os requisitos da norma pode-se inferir que somente o bloco com 25% de substituição pode ser usado na construção civil, pois foi o único cuja resistência à compressão ultrapassou o valor mínimo de 3 MPa recomendados por norma. Sua utilização pode ser em muros, alvenarias sem função estrutural, todas demandas de projetos que solicitam blocos de concreto classificados pela classe C da NBR 6136 (2016), dando relevância que somente com a substituição do vidro pela areia, sem alterar traço e um evidente aumento de custos na produção, atingiu o exigido para utilização.

Nesta pesquisa o reaproveitamento do resíduo de vidro, proveniente da moagem de garrafas long neck, na indústria da construção civil se mostrou viável, considerando que quando foi utilizado na produção de blocos de concreto demonstrou resultados satisfatórios, ao serem comparados com os corpos de prova de referência. A utilização desse resíduo evita o descarte incorreto, tornando os blocos de concreto produzidos com a substituição parcial do agregado miúdo um material mais resistente e de construção sustentável.

Referências Bibliográficas

- Andrade, V. Blog Way Carbon. Net, 2017. Disponível em <http://blog.waycarbon.com>. Acesso em 25 de abril de 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-1: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.
- Bottega, S. P. B. Análise dos efeitos da substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de vidro moído no concreto convencional. 2017. 64 f. Projeto final de curso de bacharel em Engenharia Civil. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Erechim, RS.
- Comunidade da Construção. Net, 2019. Disponível em <http://www.comunidadeconstrucao.com.br>. Acesso em 10 de maio de 2019.
- Da Rosa, S. E. S.; Cosenza, J. P.; Barroso, D. V. Considerações sobre a indústria e o vidro no Brasil. Net, 2007. Disponível em <http://web.bndes.gov.br>. Acesso em 05 de junho de 2019.
- Funverde. A poluição causada pelas embalagens long neck e a lei 333/09. Net, 2009. Disponível em <http://www.funverde.org.br>. Acesso em 16 de abril de 2019.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 15 de abril de 2019.
- Nogueira, G. R. F. A extração de areia em cursos d'água e seus impactos: proposição de uma matriz de interação. 2016. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Juiz de Fora. UFJF, 2016.
- Paiva, O. A. Resíduo industrial de vidro moído em argamassa de cimento Portland. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2009.
- Ramalho, M. A.; Corrêa, M. R. S. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. 1 ed. São Paulo: Editora Pini, 174 p, 2003.
- Righi, D.; Kohler, L.; Kirchhof, L.; Lima, R. Efeitos da substituição de areia por vidro moído no comportamento de concretos em elevadas temperaturas. 2011. Revista Engenharia Estudo e Pesquisa. V. 11, n. 2, p. 2835. Rio de Janeiro, 2011.
- Serpa, D.; Silva, S. A.; De Brito, J.; Pontes, J.; Soares, D. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Comportamento do vidro reciclado em materiais cimentícios. Universidade técnica de Lisboa. Lisboa.