



Análise do Desempenho Mecânico de Concretos e Argamassas Mediante a Substituição Parcial da Massa do Agregado Miúdo (Areia) por Vidro Moído Oriundo de Garrafas de Cerveja *Long Neck*.

Kevin de Matos Costa¹, Raíssa Coelho Almeida¹, Thiago A. de Sousa Moreira¹

¹Curso de Engenharia Física – Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Santarém, Pa.

kevinmatoscosta@gmail.com, raissa.almeida07@gmail.com,
thiagoasmoreira@gmail.com

Abstract. *Technological development has significantly increased the production of industrial goods and the volume of mineral resources exploited. One of the sectors that reuse waste the most is the Civil Construction and in view of this scenario, the present work aimed to study the mechanical performance of concrete and mortar by partially replacing the mass of fine aggregate (sand) with ground glass from long neck beer bottles in different strokes. For partial replacement, 10%, 20% and 30% of ground glass in relation to fine aggregate mass were used. The results presented satisfactory performance in all formulations, presenting higher resistance with 20% substitution.*

Resumo. *O desenvolvimento tecnológico tem elevado significativamente a produção de bens industrializados e o volume de recursos minerais explorados. Um dos setores que mais reaproveitam resíduos é o da Construção Civil e diante deste cenário, o presente trabalho visou estudar o desempenho mecânico de concretos e argamassas mediante a substituição parcial da massa do agregado miúdo (areia) por vidro moído oriundo de garrafas de cerveja long neck, em diferentes traços. Para a substituição parcial, foram utilizados teores de 10%, 20% e 30% de vidro moído em relação a massa de agregado miúdo. Os resultados apresentaram desempenho satisfatório em todas as formulações, apresentando maior resistência com substituição de 20%.*

1. Introdução

O desenvolvimento tecnológico demanda uma produção crescente de equipamentos, ferramentas e acessórios que através de mudanças e atualizações fazem com que o volume de recursos minerais explorados aumente a cada ano. Aliado a esse aumento da produtividade e consumo existe um enorme aumento na quantidade de resíduos produzidos, fazendo com que milhões de toneladas de resíduos sejam geradas a cada dia em todo mundo. Esses resíduos são produtos não utilizados pela atividade humana, social e industrial.

Dentre os diversos tipos de resíduos, os resíduos sólidos (RS) merecem destaque, uma vez que representam substancial parcela dentre todos gerados e, quando mal gerenciados, tornam-se um problema sanitário, ambiental e social. Muitos rejeitos, sejam industriais ou urbanos, na maioria dos casos, acabam por poluir o meio ambiente,



causando problemas em sua armazenagem e sistemas alternativos de aproveitamento do mesmo.

Nos últimos anos vários estudos foram efetuados no âmbito da substituição parcial de materiais convencionais por resíduos de diversas indústrias. Tal fato tem alertado as indústrias para o desenvolvimento de alternativas tecnológicas, a nível do processamento e até mesmo do consumo de matérias primas, a fim de poupar recursos para as gerações futuras e preservar o ambiente. Em alguns casos, surgiu a oportunidade de desenvolver novos materiais e produtos, com características físicas e mecânicas semelhantes ou até mesmo superiores quando comparadas aos materiais e produtos convencionais (PEREIRA, 2006).

O aproveitamento de resíduos na área da Construção Civil tem se tornado bastante frequente, já que os materiais alternativos geralmente são mais baratos e, muitas vezes possuem características de resistência e durabilidade iguais ou melhores que os materiais convencionais (COSTA e ALMEIDA, 2017).

Segundo John (2000), através do aprimoramento da tecnologia, é possível reciclar diferentes resíduos e subprodutos oriundos de outras indústrias e inseri-los em substituição ao uso dos recursos naturais no desenvolvimento de materiais construtivos.

Nem todos os resíduos são compatíveis com processos de reciclagem convencionais, por exemplo, durante o processo de fabricação de artefatos de vidro, mais especificamente na etapa de lapidação é gerado um resíduo sólido constituído basicamente de vidro em pó, que diferentemente dos cacos, acarreta entre outros problemas a presença de bolhas de ar no produto final. A reciclagem desse tipo de resíduo é preocupante para as indústrias de vidro, no que tange a preservação do meio ambiente, e a demanda de espaço para que estes resíduos sejam estocados (SANTOS, 2016).

Desta forma, buscou-se identificar com facilidade um resíduo abundante, que são as garrafas de cerveja “*Long Neck*”, decorrente da herança sociocultural em que o consumo das mesmas é constante nos bares e casas noturnas da região, um resíduo recorrente e de difícil destinação e analisar a influência da substituição parcial do agregado miúdo (areia) por vidro moído oriundo de garrafas de cerveja “*long neck*”, no desempenho mecânico de concretos e argamassas, para diferentes traços, por meio de ensaios de compressão simples.

2. O Vidro

O vidro, composto por sílica, que é a base da maioria dos vidros, além de sulfato, calcáreo, dolomita, barrilha, feldspato e hematita, é classificado como um produto inorgânico de fusão que foi arrefecido em uma condição rígida sem cristalizar, podendo ser incolor ou colorido, dependendo de sua utilização. É transparente à luz visível, mas pode ser opaco ou translúcido e apresenta uma estrutura não cristalina, com ausência de ordem de longo alcance, ou seja, amorfa (PADILHA, 2000, CALLISTER JR., 2002, SANTOS, 2016, SETZ, 2019).

As estruturas para sílicas cristalina e não cristalina são apresentadas esquematicamente na Figura 1 (CALLISTER JR., 2002).

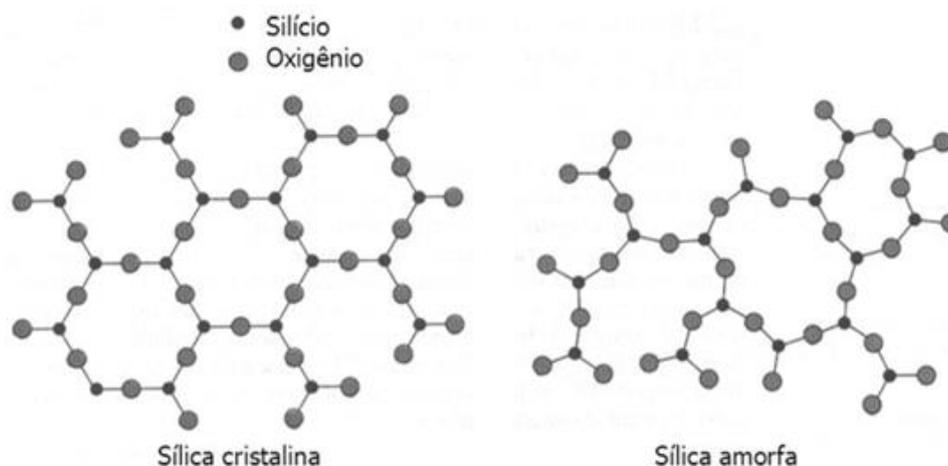


Figura 1. Estrutura cristalina e amorfa da sílica (adaptada de Callister Jr, 2002)

A variação da composição resulta em diversos tipos de vidro, famílias ou grupos, e uma variedade de propriedades correspondentes. As propriedades do vidro dependem sempre da sua composição, permitindo assim um conjunto de propriedades para atender a uma aplicação específica (SANTOS, 2016).

O vidro e o cimento são quimicamente incompatíveis. O alcaolide do cimento Portland e a sílica do vidro reagem na presença de umidade, resultando na reação álcali-sílica (RAS) (SANTOS, 2016).

Para a produção do vidro as principais matérias primas são: areia (sílica), feldspato, calcário, carbonato de sódio, carvão, sulfato de sódio, hematita e sucata de vidro. A areia utilizada deve ser quase quartzo puro e precisa ter determinadas características mineralógicas, químicas e granulométricas para ser usada. A barrilha - Na_2CO_3 - entra na composição do vidro para reduzir a temperatura de fusão da areia. Outros componentes são o óxido de chumbo, carbonatos e outros sais necessários para colorir o vidro. Posteriormente nas operações de acabamento, usam-se diversos produtos, como abrasivos e ácidos fluorídricos (TESTO DO BRASIL, 2014).

Segundo COMLURB (2009), no Brasil, a fabricação do vidro teve início após a Revolução de 30, liderada por Getúlio Vargas, e foi intensificada pela conjuntura mundial da época, centralizada nos problemas deflagrados pela 2ª Guerra Mundial.

A produção está concentrada na Região Sudeste, com cinco plantas, sendo quatro no Estado de São Paulo, uma no Estado do Rio de Janeiro e uma na Região Sul, localizada em Santa Catarina. Em 2013, entraram em operação mais duas empresas que passaram a atuar nesse mercado de vidros planos, a AGC, multinacional japonesa instalada em Guaratinguetá, Estado de São Paulo, a única entre as maiores do mundo que ainda não atuava no Brasil, e a Companhia Brasileira de Vidros Planos – CBVP de capital 100% nacional pertencente ao grupo Cornélio Brennan, a primeira a se instalar na região Nordeste, no Estado de Pernambuco. Apesar do aumento da demanda de vidros planos nos últimos anos, o consumo per capita no Brasil pode ser considerado baixo, quando comparado com a média mundial. Em 2009, enquanto o consumo mundial per capita foi de $0,89 \text{ m}^2$, no Brasil ficou em apenas $0,61 \text{ m}^2$. Este dado indica que o mercado brasileiro ainda apresenta grande potencial de crescimento (SANTOS, 2016).



3. Garrafas de Cerveja *Long Neck*

Para Righi *et al.* (2012), as garrafas de vidro do tipo *long neck* tem sido um dos resíduos gerados de maior problema no mundo, devido as mesmas serem descartadas logo após o consumo, o que gera e ocupa espaço no destino final, os aterros sanitários em maior frequência.

Atualmente apenas duas empresas distribuidoras de bebidas, a Companhia de Bebida das Américas (Ambev) e a Kaiser, e uma entidade, a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (ABIVIDRO), apresentaram ao Ministério Público Estadual (MPE) e à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sema) proposta para diminuir a quantidade de garrafas do tipo I, que atualmente não são recicladas em virtude do baixo valor de mercado na fabricação, por quebrarem com facilidade, além de apresentarem higienização bastante trabalhosa, que contribuem para que esta prática não seja atrativa para as cooperativas (TRIBUNAPR, 2008).

De fato, as *long neck* não são reutilizáveis e são pouco recicladas no Brasil e no mundo. São conhecidas como embalagens “one way”, ou seja, sem chance de um segundo envase. Para competir com as latas de alumínio, a indústria mudou a sua composição química, o que impossibilita a sua reutilização. Não receber as garrafinhas de volta significa que as empresas não garantem a logística reversa, ou seja, não se responsabilizam por esse resíduo sólido. Alguns lugares do Brasil já proíbem a comercialização das *long neck*, como Japurá no interior do Paraná e Nova Mutum, no Mato Grosso (MENOS UM LIXO, 2018).

Simões (2013) enfatizou a importância da substituição do resíduo de vidro em pó (moído) de forma parcial na fabricação do cimento. Sendo assim, a reutilização do pó de vidro com propriedades pozolânicas em elementos fabricados a partir do cimento não apenas permite uma correta destinação ao resíduo, que atualmente é realizada de forma incorreta, como também contribui para a redução da extração de matérias primas necessárias na composição do Cimento Portland.

Neste contexto, Righi *et al.* (2012), apresentaram uma alternativa de reutilização sustentável do vidro, também em substituição de misturas cimentícias, substituindo a areia pelo vidro moído em elevadas temperaturas para já considerar o desempenho mecânico em caso extraordinário de incêndios.

4. Concreto

De maneira sucinta, pode-se afirmar que o concreto é uma pedra artificial que se molda à inventividade construtiva do homem. Este foi capaz de desenvolver um material que, depois de endurecido, tem resistência similar às das rochas naturais e, quando no estado fresco, é composto plástico: possibilita sua modelagem em formas e tamanhos os mais variados. (PEDROSO, 2009).

Segundo Pedroso (2009), baseado nos dados da Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado (FIHP), anualmente são consumidas 11 bilhões de toneladas de concreto, ou seja, um consumo de aproximadamente 1,9 toneladas de concreto por habitante. Por ano, as usinas de concreto brasileiras produziam, estimadamente, o equivalente a 30 milhões de metros cúbicos de concreto. Nesta conjuntura, as usinas de concreto ocupavam um lugar de destaque na economia nacional em virtude dos elevados investimentos e do emprego de mão de obra qualificada.



Segundo Powers (1968), a resistência à compressão do concreto está diretamente relacionada à porosidade da pasta que, por sua vez, é função da relação a/c do concreto, do grau de hidratação do cimento e do teor de ar. Por outro lado, a resistência à tração do concreto, especialmente importante nas peças sujeitas a esforços de flexão, correlaciona-se muito bem com a resistência à compressão (BUCHER e RODRIGUES, 1983).

A porosidade da pasta é também responsável pela permeabilidade ao ar e à água e, por isso, também está diretamente relacionada com a capacidade do concreto de reter água ou de resistir à agressividade do ambiente (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Segundo Mehta e Monteiro (2014), muitos países classificam o concreto baseando-se na sua resistência à compressão, referida a 28 dias da data da fabricação. A NBR 8953 (2015) classifica o concreto em dois grupos de resistência. O Grupo I contém os concretos com resistências à compressão de 10 a 50 MPa e o Grupo II, de 55 a 80 MPa.

De maneira geral, o concreto pode ser considerado convencional quando possuir resistência à compressão até 40 MPa e alta resistência, quando acima desse valor.

5. Argamassa

Argamassa é uma mistura composta basicamente por cimento, areia, cal hidratada e água, mas conforme a influência de características regionais, outros materiais têm sido utilizados na sua composição, como o saibro, o barro e o caulim, entre outros (PORTAL DO CONCRETO, 2018).

Os revestimentos argamassados são os procedimentos tradicionais da aplicação de argamassas sobre as alvenarias e estruturas, atuando como camada de proteção contra a infiltração de águas de chuvas ou simplesmente acabamento. O procedimento tradicional e técnico é constituído da execução de no mínimo três camadas superpostas, contínuas e uniformes (PADUA, 2020)

Coutinho *et al* (2013) consideram que a argamassa de revestimento tem a função de oferecer acabamento final em paredes e fachadas residenciais, edifícios comerciais e industriais, podendo ser aplicadas em superfícies de alvenaria, isoladamente ou sobre as camadas de chapisco e emboço.

Para Figuerola (2004), as principais funções de um revestimento de argamassa de paredes consistem na proteção das alvenarias e das estruturas contra a ação do intemperismo. No caso dos revestimentos externos, além de integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, tais como: isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, oferecem ainda segurança contra o fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais

Comparado à maioria dos outros materiais de engenharia, a produção de argamassas requer consideravelmente menor consumo de energia, incluídos aí a energia para fabricação do cimento e extração do agregado, além de receber grande quantidade de rejeitos industriais em substituição de parte do cimento ou agregado, diminuindo os custos e contribuindo com a conservação do meio ambiente.

6. Metodologia

O presente trabalho foi dividido em três etapas: Na primeira, objetivou-se a obtenção de vidro moído, oriundo das garrafas *long neck*, com características ideais, com a mesma



granulometria do agregado miúdo a ser substituído. Para tal, foi usado um soquete, da marca Solotest, para o processamento manual da moagem das garrafas *long neck*. Na segunda etapa foram calculados os traços com diferentes teores de substituição para produção de concretos e argamassas. Por fim, foram realizados ensaios de compressão simples para análise comparativa de resistência entre concretos e argamassas com diferentes percentuais de substituição.

6.1. Materiais utilizados

No experimento realizado foi utilizado o Cimento CII-E 32 da marca Poty, fabricado segundo a NBR 16697 (2018), cuja composição consiste em Silicatos de Cálcio, Alumínio e ferro, Sulfato de cálcio, filler carbonático e escória de alto forno. As garrafas *long neck* foram coleadas nos bares e casas noturnas do município de Santarém – PA.

6.2. Processamento do Vidro

As garrafas *long neck* coletadas foram, posteriormente, lavadas e secas, ao ambiente. Em seguida foram trituradas em pedaços menores com o auxílio de um martelo. No total foram usadas 72 garrafas para realização deste experimento. Este número foi estimado com base nos percentuais de substituição adotados neste estudo.

Para a moagem do vidro foram usados soquetes fabricados pela empresa Solotest, sendo a mesma realizada de maneira manual. Após a moagem o material foi peneirado e submetido a ensaios de granulometria, a fim de verificar se vidro moído resultante do processo de moagem apresentava a mesma característica do agregado miúdo a ser usado como componente nos traços de concreto.

6.3. Granulometria dos Agregados do Concreto

As Tabelas 1 e 2 mostram as características e distribuições granulométricas dos agregados miúdo e graúdo respectivamente. O agregado miúdo utilizado na confecção dos corpos de prova, foi de origem quartzosa, o disponível na região. Uma brita de origem granítica, com dimensão máxima característica de 12,5 mm, foi utilizada como agregado graúdo. O vidro utilizado na formulação do concreto foi peneirado conforme sua dimensão característica adotada (areia média).

Tabela 1. Caracterização do agregado miúdo

Peneiras (mm)	Peso (g)	% Amostra Total Seca	% Acumulada	% que passa da amostra total	Peneiras (mm)
6,3	2	0,2	0,2	99,8	6,3
4,8	4	0,4	0,6	99,4	4,8
2	21	2,1	2,7	97,3	2,0
1,2	12	1,2	3,9	96,1	1,2
0,6	63	6,3	10,2	89,8	0,6
0,42	345	34,5	44,7	55,3	0,42
0,25	265	26,5	71,2	28,8	0,25
0,15	264	26,4	97,6	2,4	0,15
0,074	16	1,6	99,2	0,8	0,074
Filler	1	0,1	99,3	0,7	Filler

Tabela 2. Caracterização do Agregado Graúdo

Peneiras (mm)	Peso (g)	% Amostra Total Seca	% Acumulada	% que passa da amostra total	Peneiras (mm)
19	172	17,20	17,20	82,8	19
12,5	499	49,90	67,10	32,9	12,5
9,5	207	20,70	87,80	12,2	9,5
6,3	113	11,30	99,10	0,9	6,3
4,8	6	0,60	99,70	0,3	4,8

6.4. Dosagem

Para a dosagem dos concretos, foram utilizados 04 traços, conforme pode ser observado na Tabela 3. Os teores estipulados para substituição foram definidos em acordo com a literatura de referência. Os valores percentuais, em massa, da substituição do agregado miúdo foram calculados a partir do traço de referência, que foi calculado para resistência de 20 MPa. O cálculo do traço seguiu o método brasileiro da ABCP.

Tabela 3. Dosagem dos concretos produzidos

Método Brasileiro de Dosagem de Concreto (20 MPa)					
Traços	Vidro (moído)	Cimento	Areia	Brita	Água
Traço 01 Ref. (0%)	0 g	6,kg	9,000kg	11 Kg	3,500 L
Traço 02 (10%)	900 g	6 kg	8,100 Kg	11 Kg	3,500 L
Traço 03 (20%)	1800 g	6 Kg	7,200 Kg	11 Kg	3,500 L
Traço 04(30%)	2700 g	6 Kg	6,300 Kg	11 Kg	3,500 L

Para avaliar o efeito da substituição de agregado miúdo por teores de vidro moído em concretos, foram calculados 4 traços e 09 corpos de prova para cada traço, segundo a NBR 5738 (2015), ensaiando-se 03 unidades para cada idade (3, 7, 28 dias), totalizando 36 corpos de prova. De forma a garantir uma melhor homogeneidade, o vidro moído foi misturado junto ao agregado miúdo a seco.

Para argamassas, foram moldados 04 corpos de prova para cada teor de substituição (0%, 10%, 20% e 30%). A tabela 4 mostra o detalhamento da dosagem das argamassas utilizadas neste trabalho.

Tabela 4. Dosagem das argamassas

Materiais (g)	0%	10% Vidro	20% Vidro	30% Vidro
Cimento (g)	624	624	624	624
Água (g)	300	300	300	300
Areia Fina (g)	468	421,2 areia +46,8 vidro	374,4 areia +93,6 vidro	327,6 areia +140,4 vidro
Areia Média fina (g)	468	421,2 areia +46,8 vidro	374,4 areia +93,6 vidro	327,6 areia +140,4 vidro
Areia Média Grossa (g)	468	421,2 areia +46,8 vidro	374,4 areia +93,6 vidro	327,6 areia +140,4 vidro
Areia Grossa (g)	468	421,2 areia +46,8 vidro	374,4 areia +93,6 vidro	327,6 areia +140,4 vidro



Foram ensaiados 16 corpos de prova para cada idade (3, 7, 28 dias), totalizando 48 corpos de prova de argamassas. Os traços foram confeccionados obedecendo os critérios da norma NBR 7215 (2019).

6.5. Fabricação do Concreto e Argamassas

Inicialmente foram pesadas as quantidades de materiais pré-determinados dos traços e posteriormente seguiu-se ao procedimento de produção dos concretos e argamassas em uma betoneira. Para verificar a consistência do concreto e das argamassas no estado fresco, retirou-se uma amostra que foi submetida ao ensaio do abatimento pelo tronco de cone (*slump test*), segundo o que estabelece a NBR NM 67 (1998) e a NBR 7215 (2019).

A moldagem, desmolde e o procedimento de cura adotados, seguiram as orientações da ABNT NBR 5738 (2015). As idades para a realização dos ensaios de resistência à compressão simples foram definidas em conformidade com a ABNT NBR NM ISO 7500-1 (2016), executados em uma máquina de ensaio universal classe 1, calibrada na escala referente à empregabilidade no ensaio de ruptura prescrito pela ABNT NBR 5739 (2018).

7. Análise dos Resultados

Os resultados obtidos para todos os traços com substituição aos 28 dias, foram superiores quando comparadas com o traço de referência, o aumento do valor deste parâmetro pode ser explicado pelo efeito do preenchimento dos vazios como consequência da acomodação das partículas de vidro fino, o que demonstra a viabilidade técnica da substituição do agregado fino por vidro moído.

Os resultados apresentados nas Tabelas 5 e 6 mostram o ganho de resistência dos corpos de provas de concreto e argamassa conforme a idade. Observa-se a diferenciação dos valores em MPa de acordo com o percentual de adição dos traços.

Tabela 5. Resultados do Ensaio de Compressão Concreto

Traço	3 Dias (MPa)	7 Dias (MPa)	28 Dias (MPa)
(Ref.) 0%	15,06	16,44	21,57
10%	16,98	20,40	29,27
20%	17,75	25,28	31,39
30%	17,38	23,32	29,78

Os traços de concretos confeccionados com vidro moído oriundo de garrafas de cerveja *long neck* apresentaram resultados significativos para a resistência à compressão, observando-se um ganho médio de resistência da ordem de 35,70 %, aos 28 dias, para um teor de substituição de 10%. Para uma substituição de 20%, aos 28 dias, a resistência média dos concretos obteve um ganho na ordem de 45,53%. Para o teor de 30% de substituição obteve-se uma elevação de 38,06% em relação ao concreto de referência sem substituição.

Para as amostras de argamassas, a partir dos resultados do ensaio de compressão (Tabela 6), observou-se que as argamassas produzidas com pó de vidro moído apresentaram resultados quase equivalentes e alguns até superiores em relação à resistência à compressão de argamassas convencionais, já considerando o erro padrão.

Tabela 6. Resultados do Ensaio de Compressão Argamassa

Traço	3 Dias (MPa)	7 Dias (MPa)	28 Dias (MPa)
(Ref.) 0%	11,15	15,98	20,53
10%	12,41	14,51	20,41
20%	11,43	16,40	21,77
30%	11,69	16,37	21,30

Observou-se um ganho médio de resistência da ordem de 6 %, aos 28 dias para o teor de 20% de substituição e 3,75 % para substituição de 30%. Apenas o teor de 10% de substituição mostrou-se inferior aos demais. A partir destes dados foram plotados gráficos do ensaio de compressão para concretos e argamassas, que podem ser observados nas Figura 2 e 3, respectivamente.

Figura 2. Resultados Ensaio de Compressão Concreto

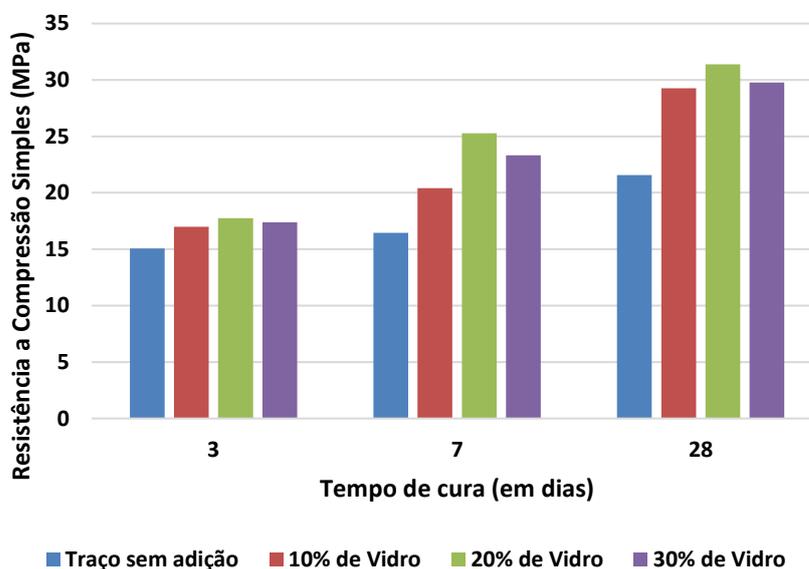
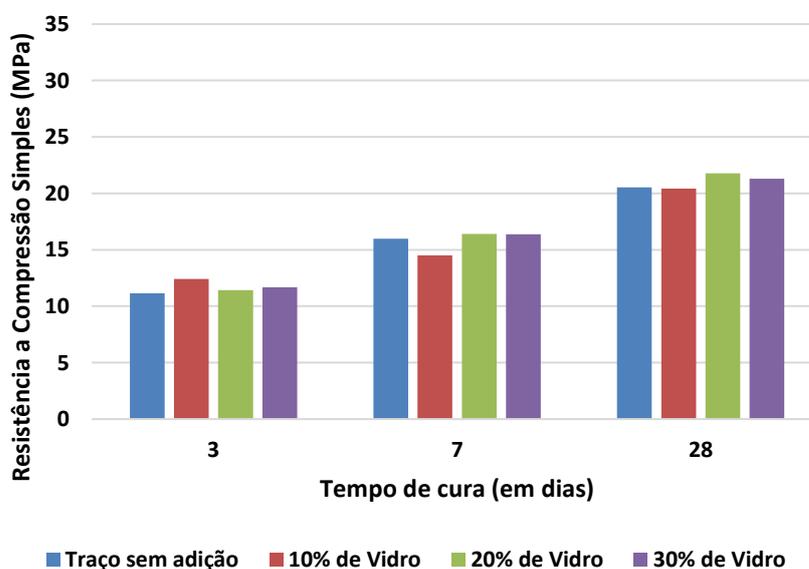


Figura 3. Resultados Ensaio de Compressão Argamassa





Os experimentos corroboraram com os resultados e conclusões obtidos por Righi *et al.* (2012), os quais haviam concluído que o teor mais adequado para a substituição de agregado miúdo por vidro moído tinha sido de 20%, onde foi obtido um patamar de resistência equivalente ao concreto sem substituição. No caso específico deste estudo, a resistência foi elevada, colaborando com a conservação de recursos naturais e diminuindo quantidade de lixo depositado em aterros sanitários e lixões.

No caso da substituição de 30% da areia por vidro, apesar de proporcionar uma resistência mecânica superior, a trabalhabilidade da massa de concreto foi diminuída, fato este que dificultou a moldagem manual dos corpos-de-prova.

8. Conclusões

A substituição parcial da massa de areia por vidro moído, oriundo de garrafas de cerveja *long neck*, apresentaram ganhos satisfatórios quando comparados com o traço sem substituição, para os graus de moagem adotados neste estudo, provando ser viável na confecção de concretos e argamassas.

O resíduo de vidro influenciou na diminuição do teor de ar incorporado, o que dificultou a compacidade dos concretos e proporcionou um ganho em todos os teores substituídos, porém com o aumento do teor de substituição dos materiais pelo vidro moído, verificou-se a diminuição da consistência dos concretos e das argamassas.

Por meio das análises, conclui-se, que é possível a utilização do vidro moído como substituto parcial da massa de agregado miúdo (areia) em traços de concretos e argamassas. Os testes de compressão simples realizados revelaram ganhos significativos quando comparados aos traços de referências, sem adição, com o uso de um resíduo descartável em sua fabricação.

A caracterização química do vidro das garrafas usadas no experimento, bem como a influência da reação Álcali Agregado (RAA) foram baseadas em estudos técnicos já publicados, portanto para melhor análise e entendimento dos resultados obtidos, faz-se necessário em trabalhos futuros, o estudo da microscopia eletrônica de varredura e difratometria de raios-X no gel exsudado.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738 (2015) “Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova”, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 (2018) “Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos”, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215 (2019) “Determinação da resistência a compressão e índice de consistência de argamassas”, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953 (2015) “Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência”, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697 (2018) “Cimento Portland — Requisitos”, Rio de Janeiro.



- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67 (1998) “Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone”, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 7500-1 (2016) “Materiais metálicos - Calibração e verificação de máquinas de ensaio estático uniaxial Parte 1: Máquinas de ensaio de tração/ compressão - Calibração e verificação do sistema de medição da força”, Rio de Janeiro.
- Bucher, H. R. E. e Rodrigues, P. P. F. (1983) “Correlações entre as resistências mecânicas do concreto”. In. Seminário Sobre Controle da Resistência do Concreto. Anais. Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, São Paulo,
- Callister Jr, W. D. (2002) “Ciência e engenharia de materiais: uma introdução”, 5.ed., LTC, Rio de Janeiro.
- Companhia Municipal de Limpeza Urbana, COMLURB (2009) “Gerência de Pesquisas aplicadas – Caracterização Gravimétrica e Microbiológica dos Resíduos Sólidos do município do Rio de Janeiro - 2007”, Centro de Informações Técnicas, - CITE da COMLURB, Rio de Janeiro, RJ.
- Costa, K. M. e Almeida, R. C. (2017) “Estudo e Caracterização da Cinza do Carvão de Açai Despulpado”, Monografia de Bacharéis em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém.
- Coutinho, S. M., Pretti, S. M. e Tristão, F. A. (2013) “Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação: Análise do uso em Vitória-ES”, Espírito Santo.
- Figuerola, V. (2004) “Revestimento de argamassa: A execução de um bom revestimento de argamassa exige cuidados. Veja aqui todas as etapas necessárias”, Blogue Equipe de obra.
- John, V. M. (2000) “Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição a metodologia de pesquisa e desenvolvimento”, Tese (Livre Docência), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 113p.
- Mehta, P. K. e Monteiro, P. J. M. (2014) “Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais”, 2ª Edição, Ed. IBRACON.
- Menos um lixo (2018) “Reciclável x Reciclado | long necks” Menos um Lixo, <https://www.menoslixo.com.br/posts/longneck#:~:text=A%20real%20%C3%A9%20que%20as,que%20impossibilita%20a%20sua%20reutiliza%C3%A7%C3%A3o.>, Janeiro.
- Setz, L. F. G e Silva, A. C. (2019) “O processamento Cerâmico sem Mistério”, 1ª Edição, Blucher.
- Padilha, A. F. (2000) “Materiais de Engenharia - Microestrutura e Propriedades”, Hemus, Curitiba, PR.
- Pádua, M (2020) “ Revestimentos” Prof. Marco Pádua Home Page, <http://profmarcopadua.net/revestimentos1.pdf>, Agosto.



- Pedroso, F. L. (2009) “Concreto: material construtivo mais consumido no mundo. Revista Concreto & Construções”, nº 53, São Paulo.
- Pereira, F. R. (2006) “Valorização de resíduos industriais como fonte alternativa mineral: composição cerâmicas e cimentícias”, Departamento de Engenharia Cerâmica e do vidro, Universidade de Aveiro, Portugal.
- Portal do Concreto (2018) “Argamassas”, Portal do concreto, <https://www.portaldoconcreto.com.br/argamassa#:~:text=Argamassa%20%C3%A9%20uma%20mistura%20composta,e%20o%20caulim%2C%20entre%20outros.,> Agosto.
- Powers, C. (1968) “The properties of fresh concrete”, Wiley, New York.
- Righi, D., Köhler, L., Tabarelli, A., Kirchhof, L. e Lima, R. (2012) “Análise de concretos produzidos com vidro moído quando submetidos às elevadas temperaturas”, In: XXXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural, Infraestrutura e Desenvolvimento, ASAAE - Associação Sul Americana de Engenharia Estrutural, Rio de Janeiro.
- Santos, D. P. (2016) “Influência do resíduo de vidro nas propriedades de uma argamassa colante”, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.
- Simões, L. J. (2013) “Estudo da aplicação de resíduo de vidro laminado na produção de concreto”, Dissertação (Pós-Graduação), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- Testo do Brasil (2014) “Produção de vidro”, Indústrias e energia, Blog – Testo do Brasil Ltda, <http://testobrasil.com.br/blog/producao-de-vidro/>, Dezembro.
- TribunaPR (2008) “Poucas empresas apresentam plano de reciclagem para long necks” Tribuna Paraná, <https://www.tribunapr.com.br/noticias/parana/poucas-empresas-apresentam-plano-de-reciclagem-para-long-necks/>, Agosto.