

POTENCIAL DE USO DO RESÍDUO DE VIDRO NA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO

Patryck Machado de Almeida (patryckdealmeida@gmail.com); Ingrid Scaramussa Colombi Guidi (scgingrid@gmail.com); Cristina Engel de Alvarez (engelalvarez@hotmail.com); Cláudia Rodrigues Teles (clauteles@hotmail.com); Jéssica de Mello Machado (jessicadmm@hotmail.com)

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Brazil

Palavras chave: Resíduo de vidro, Concreto, Reciclagem de vidro

O aumento populacional não acompanhado de uma política de mudança na cultura do desperdício tem como uma de suas principais consequências o aumento da geração de resíduos. Em paralelo, a indústria de reciclagem não acompanha esse crescimento, fazendo com que o desperdício de materiais e a destinação incorreta dos mesmos ocasionem graves danos ao meio ambiente e riscos à saúde e bem estar da população. No entanto, embora o setor da construção civil seja um grande consumidor de matérias primas, ele também é capaz de absorver diversos resíduos em grandes quantidades. Nesse sentido, este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o uso de resíduos de vidro moído na produção de concreto por meio de substituição parcial de areia e/ou de cimento. Para o estudo foram analisados ensaios de resistência à compressão, granulometria, absorção de água e índice de vazios. Conclui-se que a utilização do resíduo de vidro moído é eficaz em ambas as substituições, porém em diferentes porcentagens. Ressalta-se a importância da realização de uma correta gestão e uso dos resíduos, e a necessidade de incentivo dos órgãos públicos a fim de potencializar seus efeitos e contribuir para o desenvolvimento sustentável.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um importante campo de desenvolvimento econômico e social do Brasil, todavia, este setor consome grande volume de matérias primas, recursos naturais e energia. Em contrapartida ao elevado consumo, este setor é responsável por absorver expressiva quantidade de resíduos para reaproveitamento. Um dos resíduos que se enquadra neste cenário é o de vidro, podendo ser utilizado na elaboração de diversos produtos, desde materiais cimentícios, cerâmicos, até a construção de rodovias.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental do Estados Unidos (EPA), aproximadamente 5% das emissões de CO₂ de origem humana no mundo provêm da produção de cimento, sendo o Brasil, até 2010, responsável por 1,4% das emissões (EPA, 2010).

Sendo assim, observa-se nos últimos anos um aumento no consumo de recursos naturais e energia, ocasionando preocupações relacionadas à limitação de diversos recursos e a elevada emissão de CO₂ no planeta. Diante desse contexto, percebe-se um efetivo incremento nos estudos relacionados ao consumo consciente, bem como a busca por soluções tecnológicas e processos produtivos distintos aos tradicionais, visando mitigar o uso de recursos naturais. Uma dessas soluções é a utilização de resíduos de vidro na produção de concreto (GUIGNONE, 2017).

De acordo com Lee (2013), o significativo aumento populacional tem como uma de suas consequências o aumento da geração de resíduos, sendo especificamente a gestão dos resíduos vítreos um problema expressivo enfrentado por muitas cidades do mundo. A

indústria de reciclagem não consegue acompanhar o elevado consumo de resíduos, fazendo com que o desperdício de materiais e a destinação incorreta dos mesmos ocasionem graves danos ao meio ambiente e riscos à saúde e bem estar da população. Segundo a Abvidro (2013), no Brasil, o procedimento de reciclagem do vidro contempla apenas 49% da parcela total de vidro no país.

O Brasil produz em média 980 mil toneladas de vidro por ano e usa cerca de 45% da matéria-prima reciclada a partir de cacos, sendo parte dessa reciclagem proveniente de refugo da própria indústria (CEMPRE, 2017). Entre outros aspectos, ressaltam-se como vantagens do aumento da reutilização do vidro, a redução dos custos de coleta urbana e o aumento da vida útil dos aterros sanitários.

Os resíduos de vidro que são desperdiçados ocupam amplo espaço nos aterros (Figura 1), uma vez que o vidro é um material não biodegradável (JANI; HOGGLAND, 2014). Uma gestão incorreta ou inexistente de resíduos reflete na redução da saúde da população, na degradação dos recursos naturais – especialmente no solo e nos recursos hídricos –, além de afetar parte da população, que obtêm nos resíduos a sua sobrevivência (CHAVES, 2012).



Figura 1. Aterro de resíduo de vidro. Fonte: OS do vidro. (2018)

Conforme a resolução 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, o resíduo de vidro é classificado como “Classe B”, e deve ser reutilizado, reciclado ou encaminhado para áreas de armazenamento temporário, sendo disposto de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura, não obstante esse procedimento de destinação, na maioria dos casos, não seja realizado (CONAMA, 2002).

Diversas pesquisas são realizadas para a utilização do resíduo de vidro moído em concreto, utilizando-o como substituição parcial do agregado miúdo (Figura 2), agregado graúdo, aditivo para concretos especiais e substituição parcial do cimento.



Figura 2. Vidro moído como agregado miúdo. Fonte: Sousa. (2016)

Dessa forma, esta pesquisa teve por objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o uso do resíduo de vidro moído como substituição parcial de areia e cimento no concreto, e comparar os resultados encontrados com diversos percentuais de substituição.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização da pesquisa foi dividida em pesquisa bibliográfica e análise qualitativa dos resultados.

Para a etapa de pesquisa bibliográfica foram utilizadas as bases de dados Scopus e Web of Science, a ferramenta de busca Google Scholar, além dos repositórios das universidades. Foram analisadas bibliografias nacionais e internacionais, relacionadas ao uso de resíduo de vidro moído como substituição parcial da areia e do cimento no concreto. Embora tenha sido dada ênfase aos artigos científicos publicados em periódicos, também foram analisados trabalhos acadêmicos como teses e dissertações a respeito do tema.

Após o levantamento bibliográfico, foi realizada análise dos resultados por meio de textos, gráficos e tabelas, avaliando o comportamento das amostras e os respectivos resultados de cada autor, relacionados aos ensaios de compressão, granulometria, abatimento, absorção de água e índice de vazios. Por fim, realizou-se a conclusão das análises realizadas.

3. PROPRIEDADES E CARACTERIZAÇÃO DO VIDRO

O vidro é caracterizado como uma substância inorgânica, homogênea e amorfa, tendo como principais qualidades a transparência e a dureza. Assemelha-se a dois estados da matéria, o líquido e o sólido, resultando na definição do estado vítreo (AKERMAN, 2000).

A partir do processo de moagem do vidro as partículas apresentam forma angular, podendo apresentar formatos planos e alongados, todavia, quanto mais as partículas são moídas, menores serão seus ângulos (RASHAD, 2014).

Obtido pelo resfriamento de uma massa sílica em fusão, o vidro possui substâncias inorgânicas e amorfas (AKERMAN, 2000). Sua fabricação pode ocorrer de diversas formas, entre elas, pela mistura da sílica (óxido de silício), dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), calcário (CaCO_3) e carbonato de sódio (Tabela 1), elevados à altas temperaturas que podem chegar a 1600°C (JANI, HOGLAND, 2014).

Tabela 1. Composição química do vidro, elaborado a partir de Silva et al. (2011)

Composto	(%)
SiO ₂	72
Na ₂ O	14
CaO	9
Al ₂ O ₃	0,7
MgO	4
K ₂ O	0,3

É sabido que o vidro pode ser produzido com diversas colorações e formas assim, levando em consideração sua composição química, estas propriedades podem dificultar o reaproveitamento em algumas situações específicas (MOHAJERANI *et al.*, 2017).

Observa-se que o vidro é um material que apresenta fragilidade, porém, essa característica não o torna fraco, apresentando grande resistência à ruptura, rigidez e dureza, embora não seja tenaz, não possibilitando o seu uso em locais sujeitos à impactos (AKERMAN, 2000).

Quanto a região elástica, o vidro apresenta comportamento semelhante ao do aço, uma vez que retorna ao estado inicial após sofrer tensões. Este material não se deforma plasticamente à temperatura ambiente, e ao ser solicitado além do limite de resistência, se rompe sem dar sinais anteriores, detectando o limite de resistência semelhante ao limite de ruptura (AKERMAN, 2000).

As propriedades químicas do vidro influenciam nas características mecânicas e estruturais do mesmo, dependendo da concentração dos componentes utilizados na produção (AKERMAN, 2000).

4. RESÍDUO DE VIDRO COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA NO CONCRETO

Os resultados obtidos pelos trabalhos que utilizaram a substituição parcial de areia no concreto são descritos de forma sintetizada nos itens a seguir, destacando-se os resultados mais expressivos de casa ensaio.

4.1. Resistência à compressão

Na figura 3 é possível visualizar os resultados dos ensaios de resistência à compressão para as pesquisas selecionadas. Verifica-se que a substituição, principalmente até 25%, da areia por resíduo de vidro, apresenta índices de resistência à compressão satisfatórios, quando comparados ao concreto de referência sem a substituição.

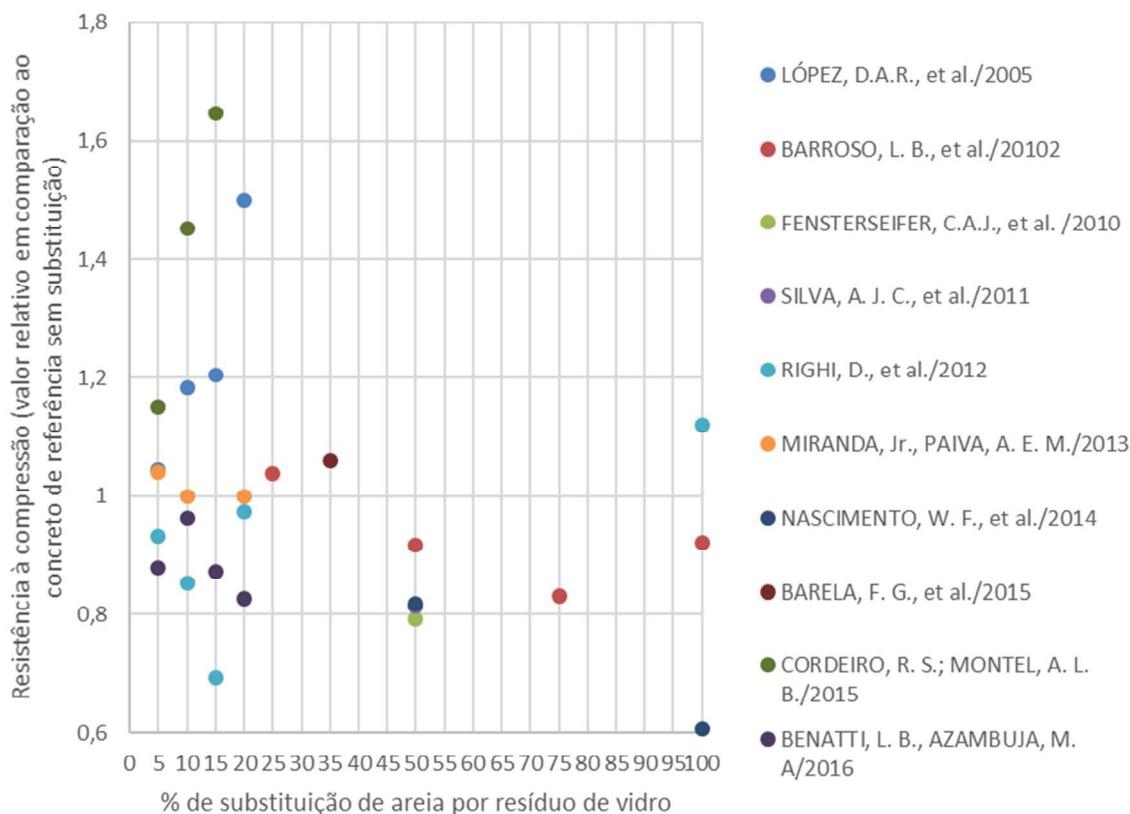


Figura 3. Resultados para a resistência à compressão do concreto com substituição parcial da areia por resíduo de vidro

Dentre as referências consideradas, destaca-se López *et al.* (2005) que identificaram que os traços com resíduo obtiveram maior resistência comparados ao traço de referência, dando destaque à amostra com 5% de resíduo que suportou 57% a mais para compressão que o concreto sem resíduo.

Na pesquisa de Barroso *et al.* (2010), foram elaboradas cinco diferentes composições, com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição de areia por resíduo. Após os 28 dias definidos em norma, foram realizados os ensaios e detectou-se que apenas a amostra com 75% obteve média inferior à amostra de referência. Ressalta-se que esse resultado mantém-se no desvio padrão aceitável, viabilizando assim o uso dos resíduos de vidro moído na substituição da areia no concreto, com melhores resultados considerando a substituição de até 25%.

Cordeiro e Montel (2015) também identificaram elevado desempenho nos corpos de prova com adição de resíduo de vidro. Para estes autores, o aumento da resistência à compressão nessas amostras está associado a redução do índice de vazios das peças, consequentemente elevando a sua resistência.

4.2. Granulometria

Alguns autores realizaram testes de granulometria, a fim de verificar qual dimensão do resíduo de vidro é a mais apropriada para utilização no concreto. Destaca-se López *et al.* (2005) que realizaram testes a fim de identificar a granulometria ideal, obtendo como resultado que o melhor intervalo granulométrico é de 0,15-0,30mm. O aumento da resistência à compressão com essa faixa granulométrica do resíduo se deve ao fato de que o agregado com dimensões menores é capaz de preencher maior número de vazios, reduzindo a porosidade do concreto.

4.3. Abatimento

Com relação ao abatimento, López *et al.* (2005) apontam que conforme o percentual de substituição de areia por vidro é aumentado, o abatimento se torna menor. Essa situação é explicada devido às dimensões do resíduo utilizado serem menores do que as do agregado miúdo natural, utilizando-se maior quantidade de água para hidratar as partículas, causando assim, redução do abatimento quando se utiliza o mesmo valor de relação água/cimento.

No caso da pesquisa de Silva *et al.* (2011), a alteração do resultado do teste de abatimento foi inferior, devido às dimensões do resíduo de vidro serem similares às dimensões do agregado miúdo, tornando assim a hidratação e consistência parecidas com a do concreto de referência.

4.4 Absorção de água e índice de vazios

A absorção de água e índice de vazios interferem na resistência e durabilidade do concreto, ou seja, quanto menor esses índices, melhor é a qualidade do material e maior é sua massa específica. Miranda e Paiva (2013) observaram que o índice de vazios do concreto é menor na medida que é substituído o agregado miúdo natural pelo resíduo de vidro. Essa situação é explicada porque a granulometria do resíduo de vidro é menor do que a da areia natural.

López *et al.* (2005) indicam que a redução da porosidade do concreto e absorção de água aumenta a durabilidade do material e, conseqüentemente, leva ao aumento da proteção contra corrosão do aço utilizado, apontando assim mais um ponto positivo para o uso de resíduo de vidro como material de substituição no concreto estrutural.

Entretanto, Benatti e Azambuja (2016) ensaiaram cinco proporções diferente de inserção de resíduos de vidro, que foram 0%, 5%, 10%, 15% e 20%. As amostras com 5%, 15% e 20% apresentaram aumento de aproximadamente 20% na absorção de água e no índice de vazios comparado ao concreto de referência; e a amostra com 10% de resíduo obteve resultados semelhantes ao traço de controle (0%). O trabalho não indica as dimensões dos resíduos utilizados, que é uma das principais propriedades que interferem nos resultados desses testes.

5. RESÍDUO DE VIDRO COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO NO CONCRETO

Os resultados obtidos pelos trabalhos que utilizaram a substituição parcial de cimento no concreto são descritos nos itens a seguir, destacando-se os resultados mais expressivos de casa ensaio.

5.1. Compressão

As proporções de resíduos utilizadas nos traços das amostras e a forma como eles são empregados difere entre os autores selecionados. A figura 4 apresenta a síntese dos resultados dos ensaios de resistência à compressão dos trabalhos analisados.

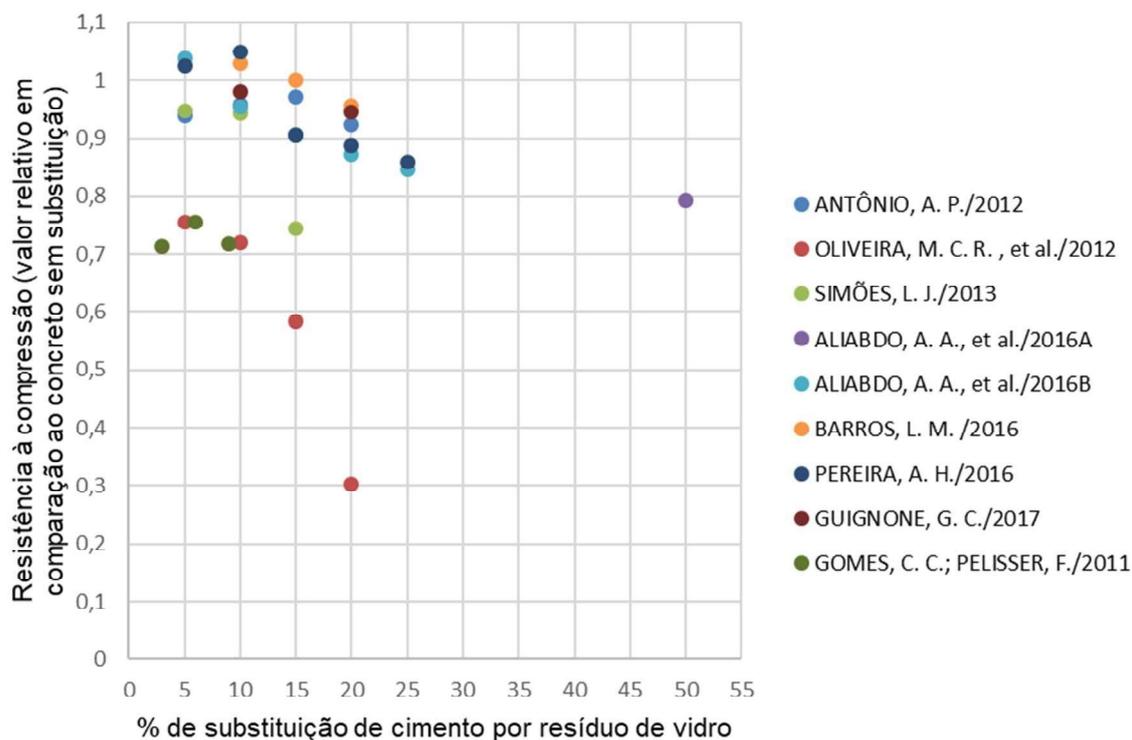


Figura 4. Resultados da resistência à compressão do concreto com substituição parcial do cimento por resíduo de vidro

A partir dos ensaios com diferentes proporções de substituição, Gomes e Pelisser (2011) identificaram que o aumento da resistência não foi significativo, uma vez que todos os corpos de prova não apresentaram variação relevante com relação ao aumento de resistência.

Barros (2016) produziu cinco traços de concreto com vidro em pó, realizando ensaios em cinco etapas de cura, concluindo que as amostras com 15 e 20% obtiveram os menores resultados em todos os ensaios comparados com a amostra de referência. O corpo de prova com 20% de resíduo – com metade de resíduo de vidro e a outra metade com sílica em pó – obteve resultados satisfatórios após 21 dias de cura do concreto, com aumento após 28 dias. Já Aliabdo, Elmoaty e Aboshama (2016) identificaram que amostras com mais de 10% de vidro como substituição do cimento apresentaram redução da resistência à compressão.

Dessa forma, e de acordo com os resultados obtidos pelos autores consultados, pode-se afirmar que a substituição do cimento por resíduo de vidro é possível, desde que a proporção seja inferior a 10%.

5.2. Granulometria

Cordeiro e Montel (2015) identificaram que os resíduos com granulometria inferior à 60 µm resultam em produtos que podem ser classificados como pozolânicos, independentemente do tipo de moagem e morfologia da partícula, tornando viável a substituição parcial do cimento pelo resíduo de vidro.

Para Barros (2016), os ensaios granulométricos por peneiras não são suficientes para caracterizar agregados finos, uma vez que as partículas alongadas conseguem atravessar as peneiras menores, da mesma forma que partículas inferiores à 22 µm apresentam elevada dificuldade de serem separadas por peneiras, tornando assim mais eficiente a granulometria à laser, uma vez que é fundamental para o concreto um controle da dimensão das partículas

5.3. Abatimento

O uso de pó de vidro em substituição ao cimento não afetou o tempo de ajuste inicial e final da amostra, tendo efeito insignificante sobre os períodos. Todas as peças analisadas por Aliabdo, Elmoaty e Aboshama, (2016) apresentaram expansão máxima dentro do limite de 10mm, não afetando negativamente na solidez dos traços com resíduo, satisfazendo os limites necessários.

Barros (2016) identificou que o resíduo de vidro reduziu o nível de abatimento, devido à menor hidratação das misturas, resultando em menor fluidez, uma vez que foram realizadas a mesma relação de água e aglomerante em todas os concretos.

Para Jamshidi (2016), quando o resíduo de vidro é utilizado como substituição de cimento verifica-se uma reação pozolânica, derivada da reação do hidróxido de cálcio com a sílica amorfa, obtendo-se uma massa coesa e integrada, indicando que o uso do pó de vidro eleva a taxa de dissolução do cimento e a reação de hidratação.

5.4. Absorção de água e índice de vazios

Aliabdo, Elmoaty e Aboshama (2016) identificaram que a cada 5% de cimento substituído por resíduo de vidro equivale a, aproximadamente, 0,4% de menos água na mistura. Esse desempenho pode estar associado à baixa absorção de água pelo pó de vidro e à distinta granulometria do resíduo de vidro e do cimento, apresentando assim melhoria das propriedades mecânicas do concreto, devido à menor absorção de água e redução de vazios no concreto.

De acordo com Barros (2016) e demais autores citados anteriormente, as partículas de resíduo de vidro, conforme sua granulometria, podem preencher os vazios não ocupados pelo cimento e pelos produtos de hidratação, permitindo maior encapsulamento e acréscimo da resistência em idades posteriores.

6. CONCLUSÃO

A partir das pesquisas analisadas constata-se, em relação à substituição do agregado miúdo natural (areia) por vidro moído, que a substituição de até 20% de areia por resíduo de vidro no concreto apresenta resultados superiores de desempenho, de acordo com os testes realizados e publicados na maioria das bibliografias analisadas, principalmente com relação a resistência à compressão, redução do índice de vazios e absorção de água. Quanto à substituição do cimento pelo resíduo obtiveram os melhores resultados nos testes citados anteriormente as amostras com até 10% de substituição.

A reutilização do resíduo de vidro estabelece um benefício relevante para o desenvolvimento sustentável, pois evita o descarte em locais inadequados e insere os resíduos ao processo produtivo, consequente reduzindo a extração de matérias-primas em reservas naturais. Sendo assim, é necessária uma gestão eficiente das diversas formas de resíduos de vidro, para que se alcance a destinação correta e a reutilização dos materiais.

Devido a capacidade de utilização de resíduos pelo setor da construção civil, é importante incentivar a prática através de políticas públicas que devem incluir desde a coleta seletiva até campanhas junto às indústrias de concreto e construtoras em geral, a fim de fomentar o reuso do resíduo de vidro. É importante, também, a elaboração de normas que possibilitem a necessária parametrização técnica e a segurança jurídica para utilização do resíduo de vidro em estruturas de concreto.

Observa-se que para a utilização do resíduo de vidro em concreto estrutural em grande escala, é necessário o estudo do comportamento físico e químico desse material combinado com os demais componentes do concreto.

Com relação à durabilidade, recomenda-se que sejam realizadas pesquisas para a análise do desempenho em ensaios de absorção, capilaridade, carbonatação e ensaio acelerado de ataque de íons cloretos. Torna-se importante também, o início de novas pesquisas simulando os quatro ambientes de agressividade determinados pela NBR 6118/2007.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKERMAN, M. (2000). *Natureza Estrutura e Propriedades do Vidro*, CETEV (Centro Técnico de Elaboração do Vidro).
- Aliabdo, A. A.; Elmoaty, a. E. M. A.; Aboshama, A. Y. (2016). *Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete*. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 124, p.866-877.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1983b). *NBR 7211: agregado para concreto: especificação*. Rio de Janeiro.
- Barros, L. M. (2016). *Concreto de alta resistência a partir de matérias primas amazônicas e vidro reciclado*. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos (USP). São Carlos, Brasil.
- Barroso, L. B.; Mohamad, G.; Lopes, M. I. P.; Maciel, A. V. (2010). *Viabilidade tecnológica para o uso do vidro moído em argamassa e concreto*. In: *Anais do 52º Concreto Brasileiro do Concreto*. Fortaleza: IBRACON.
- Benatti, L. B., Azambuja, M. A. (2016) *Reciclagem de vidro como alternativa para concreto*. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 04, n. 26, p. 16-27.
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro>>.
- Chaves, I. R. (2012). *Benefícios sociais, econômicos e ambientais a partir da gestão de resíduos sólidos urbanos: uma estimativa para o Rio Grande do Sul*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Economia do desenvolvimento). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia (PUCRS). Porto Alegre, Brasil.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 307 92002). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>.
- Cordeiro, R. Dos S.; Montel, A. L. B. (2015). *Estudo da viabilidade para a produção de concretos com adição de resíduos de vidro em substituição ao agregado miúdo na cidade de Palmas-TO*. *DESAFIOS: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins [S.I.]*, v. 2, p. 104-123.
- Guignone, G. C. (2017). *Desempenho de concretos com a utilização de resíduos da lapidação do vidro como substitutos parciais ao cimento*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico (UFES). Vitória, Brasil.
- Gomes, C. C.; Pelisser, F. (2011). *Propriedades mecânicas do concreto com adição de vidro reciclado*. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/202>>.
- Jamshidi, Ali; Kurumisawa, K.; Nawa, T.; Igarashi, T. (2016). *Performance of pavements incorporating waste glass: The current state of the art*. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 64, p.211-236.
- Jani, Y.; Hogland, W. (2014). *Waste glass in the production of cement and concrete – A review*. *Journal Of Environmental Chemical Engineering*, [s.l.], v. 2, n. 3, p.1767-1775.
- Kozlova, S.; Millrath, K.; Meyer, C.; Shimanovich, S. (2004). *A suggested screening test for ASR in cement-bound composites containing glass aggregate based on autoclaving*. *Cement And Concrete Composites*, [s.l.], v. 26, n. 7, p.827-835.

- Lee, G.; Poon, C. S.; Wong, Y. L.; Ling, T. C. (2013). *Effects of recycled fine glass aggregates on the properties of dry-mixed concrete blocks*. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 38, p.638-643.
- López, D. A. R.; Azevedo, C. A. P.; Barbosa Neto, E. (2005). *Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino*. *Cerâmica*. São Paulo, v.51, n.320, p. 318-324.
- Miranda, Jr., Paiva, A. E. M. (2012). *Concreto de cimento portland contendo resíduo vítreo como agregado miúdo: resistência à compressão e índice de vazios*. In: *Anais 20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*. Joinville: CBECiMat.
- Mohajerania, A.; Vajnaa, J.; Cheunga, T. H. H.; Kurmusa, H.; Arulrajahb, A.; Horpibulsukc, S. (2017). *Practical recycling applications of crushed waste glass in construction materials: A review*. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 156, p.443-467.
- Nascimento, W. F.; Santos, D. A.; Silva, B. A.; Temponi, G. J.; Andrade, D.; Luz, B. S.; Alexandrino, C. H.; Carli, A. P. (2014). *Caracterização de compósitos de concreto utilizando agregado miúdo do vidro*. *XI Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas*. Poços de Caldas.
- *PS do Vidro*. Disponível em: < <http://www.psdovidro.com.br/descubra-tudo-sobre-a-reciclagem-de-vidro/>>.
- Rashad, A. M. (2014). *Recycled waste glass as fine aggregate replacement in cementitious materials based on Portland cement*. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 72, p.340-357.
- Silva, A. J. C.; Barbosa, F. R.; Mota, J. M. F.; Carvalho, J. R. (2011). *Utilização de vidro reciclado para produção de concreto verde em Fernando de Noronha*. *VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*. Vitória.
- Souza, T. M. (2016). *Análise das propriedades mecânicas de argamassas com adição de vidro triturado*. *Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil)*. Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Engenharia Civil (UEPB). Araruna, Brasil.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio à pesquisa.