

Análise do Desempenho de Concretos Produzidos com Vidro

Catiane Nascimento Santos¹, Luana do Carmo Miranda², Alex Mizael Martins³

Resumo

É enorme a quantidade de vidro descartado na natureza. Como é um material que demora a se decompor, seu descarte (como é feito nos moldes atuais) torna-se um problema ambiental. Algumas alternativas têm sido desenvolvidas para amortizar esses efeitos, utilizando vidros de forma reciclada ou os reutilizando na elaboração de outros materiais. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo analisar as propriedades mecânicas de concretos produzidos com resíduo de vidro recolhidos em vidraçarias. Para tanto, foram realizados ensaios de resistência à compressão e módulo de elasticidade em CPs sem tratamento térmico e também em CPs com tratamento térmico (aquecidos por 30 minutos a 600 °C). Nesta pesquisa foram moldados 4 traços diferentes, porém com a mesma relação água/cimento de 0,5. Os traços continham 0%, 5%, 20% e 40% de substituição do agregado graúdo por vidro. Os resultados obtidos não foram muito precisos em relação à resistência à compressão, contudo, foi observado que todos os concretos estudados apresentaram resultados acima dos 25 MPa, mesmo aqueles que receberam tratamento térmico - sendo destaque o concreto com substituição de 5%, que teve um melhor desempenho em resistência à compressão em relação aos outros, chegando a 40,24 MPa. Já em relação ao módulo de elasticidade, os resultados mostraram uma tendência de redução quando comparados os concretos não aquecidos com os aquecidos. O traço com 40% de vidro foi o que obteve o maior módulo (34,4 GPa) para concretos não aquecidos e, em contrapartida, também foi o que obteve o menor valor (15,9 GPa) para concretos aquecidos.

Palavras-chave: Vidro, Concreto, Resistência à Compressão, Módulo de Elasticidade.

1. Introdução

A busca por tecnologias que visam o aperfeiçoamento do concreto vem crescendo com o passar do tempo. Em linhas gerais, é de grande interesse a qualidade, resistência e durabilidade deste material e, por consequência, a economia gerada. Estudos já realizados constataram que o concreto é utilizado duas vezes mais que outros materiais comumente empregados na construção civil para fins estruturais, como a madeira e o aço. Isso se deve ao fato de que nenhum desses outros materiais pode substituí-lo em termos de valor, eficácia e durabilidade no atual cenário da construção civil. Estima-se que, em média, são utilizadas três toneladas por pessoa a cada ano (Cement Sustainability Initiative, 2007).

¹ catianenascimento@live.com, graduanda em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde.

² luanadocarmomiranda@hotmail.com, graduando em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde.

³ alexmizael@unirv.edu.br, professor Mestre, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde.

A utilização em larga escala do concreto, além de outros materiais aplicados na construção civil, pode gerar alguns desperdícios advindos de uma série de fatores como mão de obra inadequada e falta de projetos; conseqüentemente, também provoca descartes em grandes quantidades, trazendo sérios problemas ao meio ambiente e à sociedade em geral. Além da construção civil, outros segmentos de indústria e mercado produzem efeitos negativos. Dentre os vários materiais descartados, muitos podem ser utilizados na composição do concreto, como, por exemplo, o vidro. O vidro é um material sólido amorfo que mostra temperatura de transição vítrea. Em sua verdadeira forma, o vidro é um óxido metálico muito esfriado, translúcido, de alta rigidez e basicamente estático, e pode ser produzido com superfície excessivamente lisa e impermeável (SAMO, 2016).

Essas características direcionam a um grande número de aplicações, diferenciando o vidro de outros materiais por várias propriedades, como baixa porosidade, baixa dilatação, baixa absorvidade e baixa condutibilidade térmica, resistindo a forças de 5.800 a 10.800 kg/cm² (FERRARI; JORGE, 2010). A inclusão de resíduos no concreto é uma contribuição da engenharia civil para a reciclagem de materiais lesivos ao meio ambiente, sendo capaz de aperfeiçoar as suas propriedades mecânicas (MARQUES et al, 2006). Segundo pesquisadores, o vidro não prejudica o meio ambiente, porém, no futuro não haverá espaço em aterros sanitários devido ao seu grande volume e tempo de dissolução, pois não é um material biodegradável, demorando quatro mil anos para entrar em processo de decomposição (Eco-Unifesp, s.d.). Portanto, sendo o vidro um dos produtos mais utilizados no dia a dia, acaba-se gerando grandes quantidades de entulho. Segundo a CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem) estima-se que no Brasil, em média, cerca de 980 mil toneladas de embalagens de vidro são produzidas anualmente e os índices de reciclagem não chegam a 50%. Em 2011, por exemplo, apenas 47% desse material foi reciclado, resultando num total de 480 toneladas. Para se ter uma ideia, na Alemanha os índices de reciclagem chegam a 87% e na Suíça a 95%.

Diante deste tema, uma alternativa para a reutilização/reciclagem do vidro é a sua incorporação no concreto, visando à manutenção das propriedades mecânicas, além de atender-se também à questão sustentável. A utilização de vidro na composição do concreto vem sendo bastante explorada. López, Azevedo e Barbosa Neto (2005) avaliaram a resistência à compressão em concretos com 5% de vidro moído (substituído em relação ao agregado miúdo), com granulometria entre 150 e 300 µm, e constataram um aumento de 60% nesta propriedade, o que, por causa da penetração de vidro fino, diminuiu a porosidade do concreto. Simões (2013) avaliou a potencialidade da utilização de vidro laminado procedente dos vidros de para-brisas de automotores para substituir parcialmente o cimento, destacando as propriedades mecânicas dos concretos feitos com diferentes porcentagens de substituição.

Foram definidas as proporções de 0%, 5%, 10% e 15% para todos os ensaios estudados, onde se constatou uma redução de resistência à compressão. Cabreira *et al.* (2011) utilizaram 3%, 6% e 9% de substituição de vidro moído com granulometria de 50mm, mais uma relação sem adição de vidro 0% para comparação, e concluíram que, da forma que foram elaborados os ensaios e o uso dos materiais, ficou inviável a melhoria das propriedades mecânicas, ressaltando que também não houve perda de resistência.

Perante o exposto, este trabalho se mostra importante pois também avaliará as propriedades dos concretos com adição do vidro em sua composição.

1.1. Objetivo geral

- Avaliar o desempenho de concretos produzidos com adição de vidro em substituição ao agregado graúdo.

1.2. Objetivos específicos

- Analisar a resistência à compressão dos concretos estudados.
- Analisar o módulo de elasticidade dos concretos estudados.
- Analisar a resistência a fogo dos concretos produzidos.

2. Material e métodos

Nesta pesquisa foi produzido um concreto convencional e, posteriormente, foi realizada a substituição de parte dos agregados graúdos. A mistura do concreto foi composta por cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, água, aditivos e resíduos de vidro. As etapas realizadas na pesquisa estão apresentadas na Figura 1.

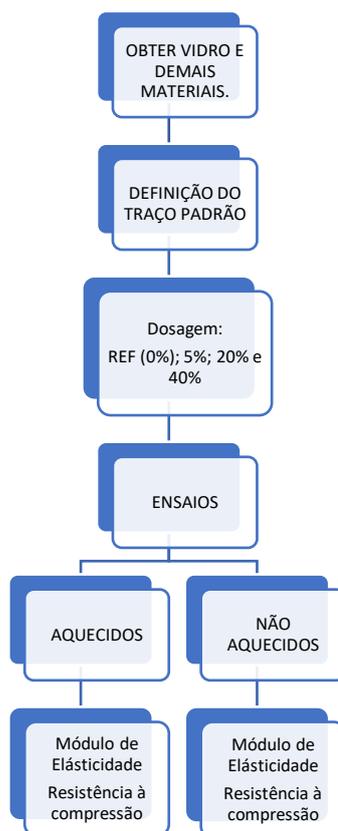


Figura 1 - Etapas da pesquisa.
Fonte: Próprio autor (2018)

2.1 Materiais Básicos

Os materiais obtidos para esta pesquisa, como o cimento, a brita e a areia, foram doados pela Universidade de Rio Verde (UniRV). O cimento utilizado foi CPV ARI da marca CAUÊ, juntamente com areia e brita naturais. Os materiais foram caracterizados de acordo com os ensaios elencados no Quadro 1.

Quadro 1 - Caracterização dos materiais da pesquisa.

Material	Ensaio	Norma
Cimento	Massa específica	NBR NM 23
Areia	Massa específica, granulometria	NBR NM 52
Brita	Massa específica, massa unitária, granulometria	NBR NM 53, 45, 248
Vidro	Granulometria	NBR NM 52

Fonte: próprio autor.

O Quadro 2 apresenta os resultados dos ensaios apresentados na Quadro 1.

Quadro 2 - Resultados de caracterização dos materiais.

Massa específica do cimento	3.035 kg/m ³
Massa unitária compactada do agregado graúdo	1.757,8 kg/m ³
Massa específica do agregado miúdo	2.614,3 kg/m ³

Massa específica do agregado graúdo	2.9014 kg/m ³
-------------------------------------	--------------------------

Fonte: próprio autor.

2.1.1 Vidro

O vidro utilizado foi recolhido em uma vidraçaria na cidade de Bom Jesus, no estado de Goiás. O material foi obtido em placas inteiras e, para ser utilizado em substituição à brita, foi adotado o seguinte procedimento⁴: enrolou-se as placas em lençóis e procedeu-se com “pancadas” para quebrá-las em pedaços menores. Esse procedimento foi seguido até a obtenção da granulometria aproximada da brita “0”, ou seja, aproveitou-se o vidro que ficava retido na peneira 4,75mm.

2.2 Definição do Traço

Depois da caracterização de todos os materiais, definiu-se o traço de referência por meio do método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland e American Concrete Institute ABCP/ACI. Primeiramente, fixou-se a relação água/cimento em 0,50 e depois procedeu-se com os cálculos, obtendo-se o traço 1: 2,06: 1,94 (cimento: areia: brita) em massa, para tal dimensionamento de dosagem usou-se a fórmula $F_{c28} = 30 + 1,65 \cdot f_c$, ficando então a resistência esperada de 36,6 Mpa.

2.2.3 Traços

Depois de estabelecido o traço de referência, determinou-se os outros três traços pelas porcentagens de substituição da brita pelo vidro. As substituições foram de 5%, 20% e 40%. Portanto, a pesquisa teve no total quatro diferentes misturas (traços) de concreto e estas estão apresentadas na Quadro 3.

Quadro 3 - Misturas (traços) estudados.

Misturas	Traço em massa (Cimento: areia: brita)
1 (REF)	1: 2,06: 1,94
2 (CV5)	1: 2,06: 1,85: 0,09
3 (CV20)	1: 2,06: 1,56: 0,39
4 (CV40)	1: 2,06: 1,17: 0,78

Fonte: próprio autor.

⁴ Essa “moagem” manual foi adotada em detrimento à moagem mecânica pois esta última não foi possível devido ao maquinário disponível no laboratório. Vale ressaltar que todos os EPIs foram utilizados a fim de evitar qualquer acidente.

2.3.1 Concretagem

A concretagem foi realizada nos laboratórios da UniRV, e procedeu-se da seguinte maneira:

- Primeiramente, foram separados e pesados todos os materiais a serem utilizados em cada traço individualmente.
- Com a betoneira desligada, retirou-se qualquer excesso de material que pudesse estar nela.
- Colocou-se a brita na betoneira juntamente com metade da água total que seria utilizada; em seguida, o equipamento foi ligado por aproximadamente 3 minutos.
- Depois, foi lançado o cimento, deixado também rodando por 3 minutos, e sempre que possível retirou-se excessos grudados no fundo da betoneira com o auxílio de uma colher de pedreiro.
- Posteriormente, adicionou-se a areia, repetindo todo o processo de mistura e limpeza.
- Por fim, foi adicionado o restante da água, com a betoneira ligada até que fosse obtida uma mistura de concreto homogênea.

Para os traços com adições de vidro, o material foi introduzido juntamente com o agregado graúdo. Ressalta-se que foi rodada uma betonada para cada mistura, perfazendo um volume suficiente para moldar 12 corpos de prova (CP) cilíndricos de 10 x 20 cm (diâmetro x altura); logo, foram moldados 48 CPs. Do total de 12 CPs de cada betonada, 3 foram destinados aos ensaios de resistência à compressão sem aquecimento das amostras; 3 ao mesmo ensaio, mas com as amostras pré-aquecidas; outros 3 foram dedicados aos ensaios de módulo de elasticidade com as amostras não aquecidas; e 3 foram reservados aos ensaios de módulo de elasticidade com as amostras aquecidas.

2.3.2 Ensaio no estado fresco

No estado fresco avaliou-se apenas a consistência do concreto (Figura 2) por meio do ensaio de abatimento descrito na NBR NM 67 (ABNT, 1998). Contudo, como a relação água/cimento dos concretos era relativamente baixa, eles não apresentaram a consistência de concretos bombeáveis.



Figura 2 - Ensaio de abatimento.
Fonte: próprio autor.

Após a realização dos ensaios no concreto fresco, os CPs foram moldados (Figura 3a) e desenformados após 24 horas, então armazenados em um tanque com água em temperatura ambiente, e depois levados à cura úmida por 21 dias (Figura b). Tal procedimento é regido pela NBR 5738 (ABNT, 2016). Depois desse período, as amostras foram retiradas da câmara úmida e colocadas à cura ao ar durante 7 dias. Esse procedimento foi feito para eliminar os focos de umidade do concreto e, assim, não haver problemas no seu aquecimento.



(a)



(b)

Figura 3 - a) Corpos de prova em fôrmas por 24 horas; b) Corpos de prova levados a cura em tanque com água após 24 horas.

Fonte: próprio autor.

2.3.3 Estado endurecido

Os ensaios que foram realizados nessa etapa avaliaram as propriedades mecânicas do concreto com 28 dias. Foram realizados os ensaios de resistência à compressão e módulo de elasticidade em concretos sem aquecimento e em concretos pré-aquecidos. Esses últimos foram realizados para testar a capacidade que os concretos com vidro têm de suportar as tensões provocadas pelo calor.

Para a realização destes ensaios seguiu-se os procedimentos descritos nas seguintes normas:

- O ensaio de resistência à compressão, realizado conforme os preceitos da NBR 5739 (ABNT, 2018). Esse ensaio foi realizado em concretos não aquecidos e aquecidos.
- O ensaio de módulo de elasticidade, realizado conforme dita a NBR 8522 (ABNT, 2017). Esse ensaio foi realizado em concretos não aquecidos e aquecidos.

Para o aquecimento dos corpos de prova foi utilizado um forno (Figura) com controle digital de temperatura e capacidade térmica de até 1200 °C. Foi adotado o seguinte procedimento:

- Primeiramente, o forno foi pré-aquecido a 600 °C, conforme mostra figura 4a;
- Em seguida, os corpos de prova foram colocados no forno com auxílio de EPIs adequados e de uma pinça;
- Foram colocados 6 CPs por vez, deixados ao aquecimento durante 30 minutos contados após o fechamento do forno (ressalta-se que não foi feito o ciclo de resfriamento e aquecimento entre uma fornada e outra).

Tal procedimento foi baseado no trabalho de Righi (2012).



(a)



(b)

Figura 4 - Procedimento para ensaio em concretos aquecidos: a) colocação dos concretos no forno; b) pré-aquecimento do forno a 600 °C.

Fonte: próprio autor.

3. Resultados

Para os resultados apresentados nos gráficos a seguir, foram ensaiados 6 CPs de cada traço, sendo destes 3 aquecidos e 3 não aquecidos, submetidos à mesma condição de ensaio. Dos resultados obtidos, foram tiradas as médias e alguns resultados atípicos foram eliminados.

3.1 Resistências à compressão dos concretos não aquecidos.

No gráfico da figura 5 observa-se que o concreto de referência 0% obteve uma resistência à compressão de 33,96 MPa. Ao comparar os demais concretos ao padrão observou-se que nos concretos com 5% de substituição da brita por vidro houve um aumento de 15,60% na resistência à compressão; nos concretos de 20% houve uma queda de -1,20% dessa resistência, variação considerada baixa para concretos, o que torna sua utilização viável, pois mantiveram uma boa resistência em relação à especificada na dosagem do traço; já nos que tiveram 40% de substituição verificou-se uma queda de resistência de -26,76%, o que torna este concreto viável, estruturalmente falando, porém inviável em relação ao FCK estabelecido em sua dosagem. Diversas razões podem ter feito a resistência dos concretos de 20% e 40% diminuir e o de 5% aumentar. Para Mehta e Monteiro (1994), muitos são os fatores que influenciam na resistência do concreto, que podem ser dimensões e geometria das amostras, porosidade da zona de transição, tipo de agregado etc. Assim, é impossível definir uma causa concreta para os resultados aqui apresentados, fazendo-se necessário maiores estudos.

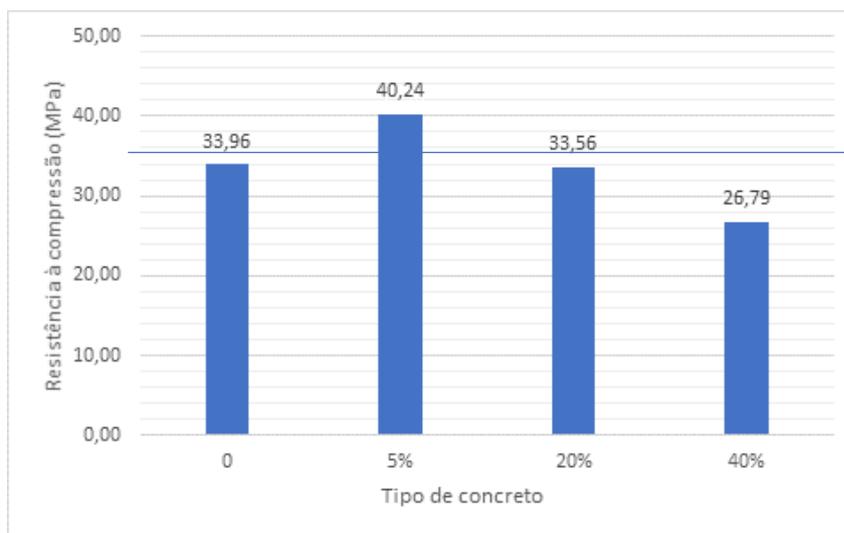


Figura 5 - Resistências à compressão obtidas dos ensaios nos concretos não aquecidos.
Fonte: próprio autor.

3.2 Resistências à compressão dos concretos aquecidos

O concreto é um elemento incombustível que apresenta um comportamento estrutural suficiente mesmo enquanto é exposto a um alto grau de temperatura, e não libera gases tóxicos (MEHTA; MONTEIRO, 2008). O gráfico apresentado na Figura 6 mostra a resistência à compressão de todos os traços aquecidos a 600 °C. Nele, observa-se que o traço de referência obteve uma resistência à compressão de 36,34 MPa e que nos traços com 5% e 20% de substituição houve uma queda de 31% e 14%, respectivamente. Já o concreto com 40% de substituição apresentou um aumento na resistência à compressão de 2,84% em

relação ao concreto padrão. Todos os concretos, mesmo após tratamento térmico, mantiveram uma resistência à compressão acima de 25 MPa, ou seja, mesmo passando por um aquecimento de 600°C, mantiveram-se com propriedades mecânicas acima do especificado pela NBR 6118/2014 para concreto estrutural, porém abaixo do esperado, ficando apenas o concreto com 40% de adição de vidro com resistência acima da resistência prevista que é de 36,6Mpa.

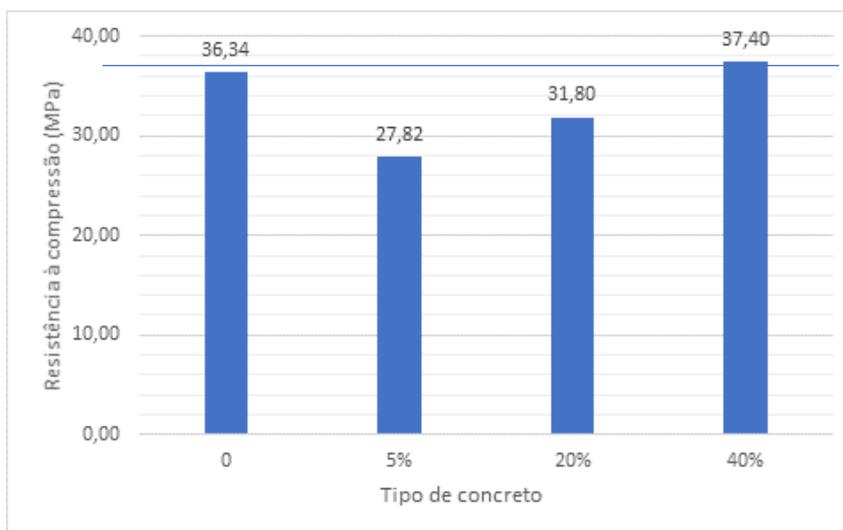


Figura 6 - Resistências à compressão obtidas dos ensaios nos concretos aquecidos.
Fonte: próprio autor.

3.3 Análise global de resistência à compressão dos concretos estudados

No gráfico da Figura 7 tem-se todos os traços e resultados experimentais de resistência à compressão simples realizados nesta pesquisa. Observa-se que tanto os concretos aquecidos a 600 °C quanto os não aquecidos obtiveram uma resistência à compressão acima de 25 MPa, o que, de acordo com a NBR6118 (ABNT, 2014), pode ser caracterizado como concreto estrutural, como já havia sido citado no item anterior.

Ao analisar o concreto referência percebe-se um aumento de resistência à compressão em 7%, porém, Cánovas (1988) relata que entre 300 °C e 600 °C o concreto perde sua resistência em até 50% em relação ao seu original. Isso é o que acontece com o concreto que contém 5% de substituição de brita por vidro, que baixou sua resistência em um pouco mais de 30% em relação ao seu original. Já no concreto com 20% de vidro, essa baixa na resistência à compressão foi de apenas 5%. No traço com 40% de substituição os concretos aquecidos obtiveram resistência mais elevada do que os concretos não aquecidos, chegando a um aumento de aproximadamente 40%. Não foram encontradas nas bibliografias justificativas plausíveis para explicar esse comportamento atípico.

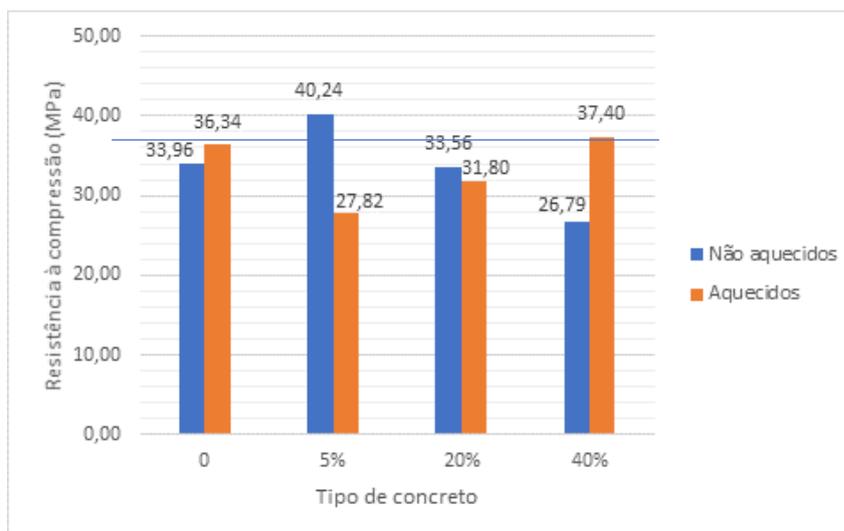


Figura 7 - Comparação entre as resistências à compressão obtidas dos ensaios nos concretos não aquecidos e aquecidos.

Fonte: próprio autor.

3.4 Módulo de elasticidade dos concretos não aquecidos

Na Figura 8 apresenta-se os resultados para os concretos sem aquecimento submetidos ao ensaio de módulo de elasticidade. Para esta propriedade é possível afirmar que os módulos de elasticidade encontrados nos ensaios feitos são aceitáveis para todos os traços, ficando todos os valores compatíveis com sua resistência à compressão, de acordo com a tabela 8.1 da ABNT NBR 6118/2014. Os traços com maior substituição de vidro, 20% e 40%, tiveram um aumento de 2,86% e 3,66% em relação ao traço de referência, respectivamente. De acordo com Neville (1997), as propriedades do agregado influenciam no módulo de elasticidade apesar de não influenciarem diretamente na resistência à compressão. Segundo Metha e Monteiro (2008), entre as propriedades principais que influenciam no módulo de elasticidade está a porosidade. Tal fato se deve pela rigidez do concreto ser diretamente afetada pela porosidade do agregado. Contudo, para os concretos do traço com 5% de substituição, houve, em relação à referência, uma queda de 2,86% no módulo de elasticidade.

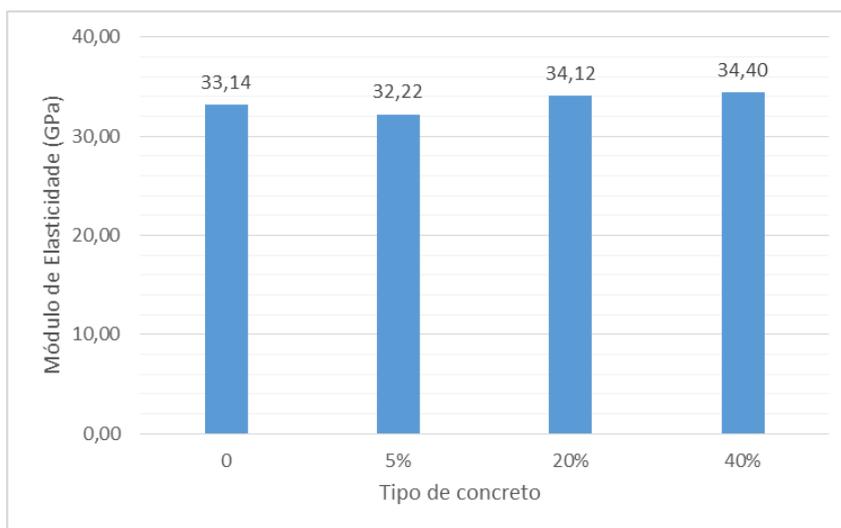


Figura 8 - Módulo de elasticidade obtidos dos ensaios nos concretos não aquecidos.
Fonte: próprio autor.

3.5 Módulo de elasticidade dos concretos aquecidos

Para os concretos submetidos a alta temperatura observa-se, no gráfico da Figura 9, uma queda nos valores encontrados para o módulo de elasticidade. Todos os traços com substituição parcial de vidro (5%, 20% e 40%) tiveram, respectivamente, quedas de 21,88%; 11,76% e 27,28% em relação ao concreto com traço de referência. De acordo com Neville (1997), esse comportamento já era esperado. O autor afirma que concretos aquecidos a temperaturas de 600 °C e 700 °C sofrem perda total e irreversível das propriedades mecânicas, e que o tipo de agregado tem grande influência quanto à resposta do concreto submetido a alta temperatura. Neville ainda destaca que quando a água pode ser expulsa do concreto, ocorre uma redução progressiva do módulo de elasticidade, o que ocorre quando os concretos são submetidos a temperaturas entre 50°C e 800°C, redução esta que ocorre devido à relaxação da aderência. Os concretos expostos a alta temperatura também têm sua aderência entre pasta de cimento e agregado graúdo prejudicada, segundo Lima *et al.* (2005).

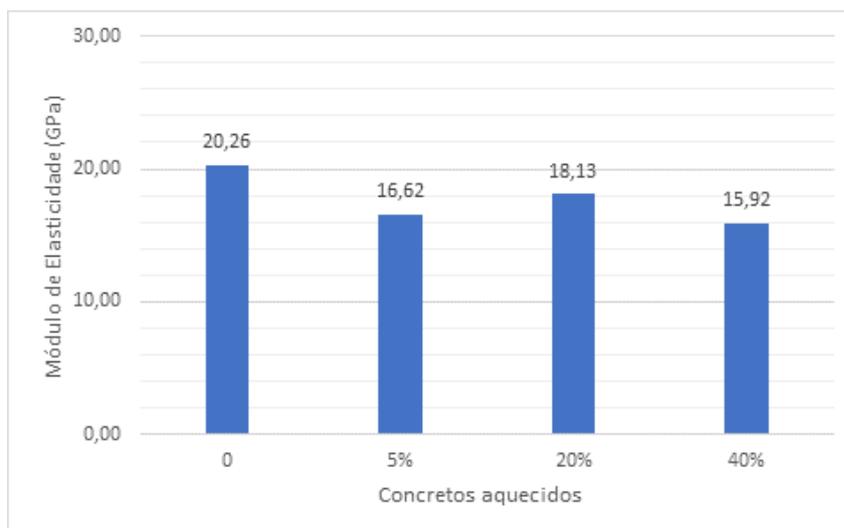


Figura 9 - Módulo de elasticidade obtidos dos ensaios nos concretos aquecidos.
Fonte: próprio autor.

3.6 Análise global do módulo de elasticidade dos concretos estudados

Conforme vê-se na Figura 0, comparando individualmente os CPs aquecidos e não aquecidos de cada traço, conclui-se que, para módulo de elasticidade, o tratamento térmico é prejudicial ao concreto. Apresentam-se as seguintes quedas: 63,62%, 93,88%, 88,25%, 116,17% nos traços 0%, 5%, 20% e 40%, respectivamente, em relação aos concretos não aquecidos. Tal queda pode ser justificada pela perda das propriedades mecânicas do concreto quando exposto a elevadas temperaturas, fato já citado anteriormente.

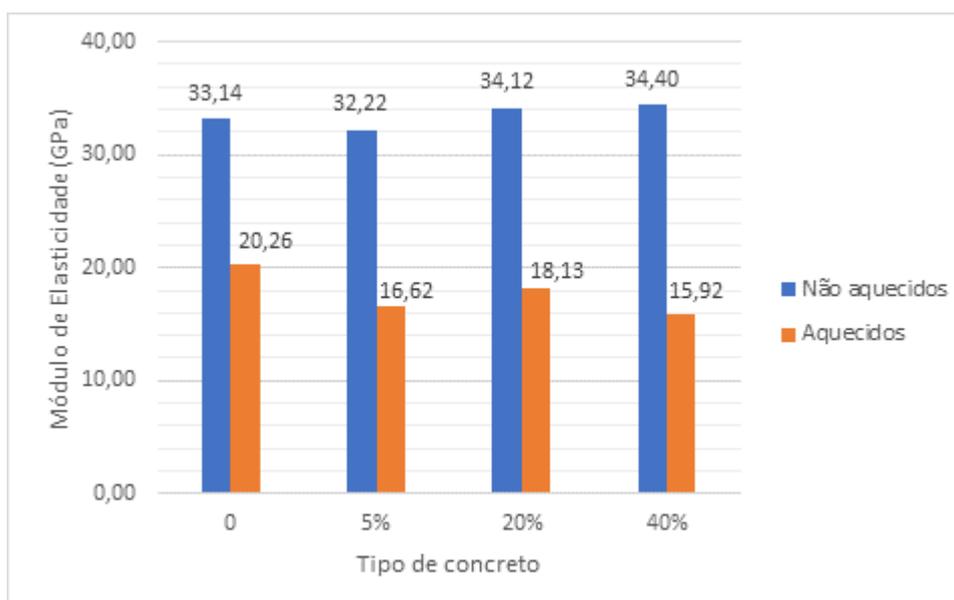


Figura 10 - Comparação entre os módulos de elasticidade obtidos dos ensaios nos concretos não aquecidos e aquecidos.
Fonte: próprio autor.

4. Conclusões

Através dos estudos feitos nesta pesquisa, constatou-se que todos os concretos com substituição de 5%, 20% e 40% de brita por vidro são viáveis para aplicação estrutural, pois todos alcançaram uma resistência à compressão acima do previsto pela NBR 6118 (ABNT, 2014), com destaque ao concreto com 5% de substituição, que teve um aumento de resistência de 15% em relação ao concreto padrão e, mesmo depois de aquecido a 600 °C, a resistência à compressão foi mantida em 27,82 MPa.

Para os resultados de módulo de elasticidade, se comparados com os valores da NBR 6118 (ABNT, 2014), que apresenta valores estimados para uso estrutural, pode-se concluir que todos os concretos com substituição e não submetidos a tratamento térmico apresentaram comportamento satisfatório. De forma oposta, quando se avalia os concretos aquecidos, conclui-se que não mantêm a propriedade aceitável.

Ressalta-se que são necessários mais ensaios, com mais amostras, para se chegar a análises mais precisas, pois são vários os fatores que podem influenciar nas propriedades mecânicas do concreto.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND- **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7 ed. São Paulo, 2002.

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

_____.NBR NM 248. **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003

_____.NBR NM 53. **Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2003.

_____.NBR NM 52. **Agregado miúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009.

_____.NBR NM 23. **Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica**, Rio de Janeiro, 2001.

_____.NBR 8522: **Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão deformação - Método de ensaio**. Rio de Janeiro 2003.

_____.NBR NM 67. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**, Rio de Janeiro, 1998.

_____.NBR NM 248. **Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão.** Rio de Janeiro, 2017.

_____.NBR NM 5739. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

_____.NBR 6118: **Concreto – Projetos de estruturas de concreto.** Rio de Janeiro, 2014.

_____.NBR NM 5738. **Concreto – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto.** Rio de Janeiro, 2003.

CABREIRA, C.G. **Propriedades Mecânicas do Concreto Com Adição de Vidro Reciclado.** Criciúma/SC 2011.

CÁNOVAZ, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado.** São Paulo: Pini, 1988.
CEMPRE - **Consórcio Empresarial para a Reciclagem.** Disponível em:
www.cempre.org.br/. Acesso em: 19/09/2018.

CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE. **Local Impacts and land stewardship.**
Switzerland,
2002.Disponível em;<http://www.wbcscement.org/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=136. Acesso em 22 de setembro de 2018.

Cempre, **Consórcio Empresarial para a Reciclagem**, www.cempre.org.br, Internet em 18 de setembro de 2018.

LÓPEZ, D. A. R.; DE AZEVEDO C. A. P.; BARBOSA NETO, E. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino.** Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v51n320/29526.pdf>.

Eco-Unifesp. (s.d.). **Tempo de decomposição.** Fonte: Eco-Unifesp:
http://dgi.unifesp.br/ecounifesp/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=11.

FERRARI, G.; JORGE, J. **Materiais e Tecnologias.** São Paulo: Universidade Bandeirantes. (**Notas de aula**). Disponível em: <http://ebookbrowse.com/apostila-part1revmateriaispdfd108975701>.

LIMA, R.C.A. **Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MARQUES, A. C.; RICCI, E. C.; TRIGO, A. P. M.; AKASAKI, J. L. **Resistência Mecânica do Concreto Adicionado de Borracha de Pneu Submetido à Elevada Temperatura. Anais das XXXII Jornadas Sul americanas de Engenharia Estrutural.** Campinas São Paulo. 2006.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M.; 1997, **Propriedades do concreto**, tradução Salvador E. Giammusso, ed. 2ª, São Paulo-SP, PINI.



RIGHI, D. **Análise de concretos produzidos com vidro moído quando submetidos à elevadas temperaturas.** Rio de Janeiro, 2012.

SAMO, M. U.. **O vidro (Definição, Características, Tipos de vidro).** Escola de Moz. Disponível em: <https://www.escolademoz.com/2016/10/o-vidro-definicao-caracteristicas-tipos.html>. Acesso em: 02/09/2018.

SIMÕES, L.J. **Estudo da aplicação de resíduo de vidro laminado na produção de concreto.** Vitoria-ES 2013.