



# COBENGE

2019

XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e II Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE

17 a 20 SETEMBRO de 2019

Fortaleza - CE

"Formação por competência na engenharia no contexto da globalização 4.0"

## ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO DO CONCRETO POR SUCATA DE VIDRO PLANO TEMPERADO

*Primeiro Autor – e-mail\**

*Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento\**

*Endereço \**

*CEP – Cidade – Estado\**

*Segundo Autor – e-mail\**

*Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento\**

*Endereço \**

*CEP – Cidade – Estado\**

*Terceiro Autor – e-mail\**

*Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento\**

*Endereço \**

*CEP – Cidade – Estado\**

*\* Como as avaliações serão às cegas, os nomes/dados dos autores não deverão constar na versão para a submissão. Caso não seja atendida essa determinação o artigo será desclassificado. Aqueles artigos que obtiverem aprovação deverão ser reenviados com tais informações.*

**Resumo:** Voltado à sustentabilidade na construção civil e incentivo ao estudo de novos materiais inovadores na construção civil, propõe-se o uso de cacos de vidro temperado em substituição à brita 0 em concretos. Teve como objetivo a análise de resistência a compressão de concretos com traço 1:0,65:1,83:1,44 e percentuais de substituição de 0%, 25%, 50% e 75%, submetidos à cura em câmara úmida, durante 28 dias. Após ensaio de resistência à compressão, foram caracterizados: concreto referência (0% substituição) classe C35, 25% de substituição C30, 50% e 75% de substituição C25. O desempenho do concreto com substituições foi satisfatório tendo em vista que as propriedades mecânicas foram adequadas em aplicações não estruturais sustentáveis.

**Palavras-chave:** Concreto. Substituição. Agregado.

### 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades que mais consomem recursos, dentre eles o concreto, material de construção mais consumido no mundo, que requer elevada quantidade de recursos naturais (GASTALDINI e ISAIA, 2004).

O reaproveitamento de resíduos pela indústria da construção civil vem crescendo ao lado da cultura emergente da sustentabilidade. Esta ação reduz o impacto ambiental gerado pelo

Promoção:



Associação Brasileira de Ec

SENAI

CIAMATEO

SISTEMA

FIEB

Realização:

FACULDADE

UNEB

UNIVERSIDADE DO



UFBA

Universidade

UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:



setor, reduzindo custos. Assim, o uso de resíduos industriais, tais como materiais não convencionais aplicados na construção civil, cresce gradativamente.

No caso do vidro temperado, apesar da possibilidade de reciclagem, há vários fatores limitantes para execução desse processo, como impurezas e mescla de sucatas de cores diferentes, que se tornam um grande problema na sua separação, uma vez que misturadas.

Visto que este possui propriedades mecânicas superiores às do vidro comum devido a sua distinta forma de ser produzido, o habilita para o cargo de enchimento em concreto como substituição ao agregado graúdo (SILVA e MORAIS, 2014).

## 2 OBJETIVO

O objetivo do trabalho é analisar a resistência mecânica à compressão do concreto mediante as substituições em 25%, 50% e 75% da Brita 0 por cacos de vidro temperado e analisar a viabilidade do uso deste material tecnicamente associado a sustentabilidade e economia, incentivando o estudo de novos materiais e métodos inovadores.

## 3 EMBASAMENTO TEÓRICO

### 3.1 Concreto convencional

Quando falamos em concreto, podemos concluir que é uma pedra artificial que se molda à necessidade construtiva do homem, capaz de desenvolver um material que, depois de endurecido, tem resistência similar às das rochas naturais e, quando no estado fresco, é composto plástico, possibilitando sua modelagem em formas e tamanhos dos mais variados (CONCRETO E CONSTRUÇÕES IBRACON, 2009), segue figura 1.

Figura 1- Concretagem do piso de Aeroporto em Bologna.



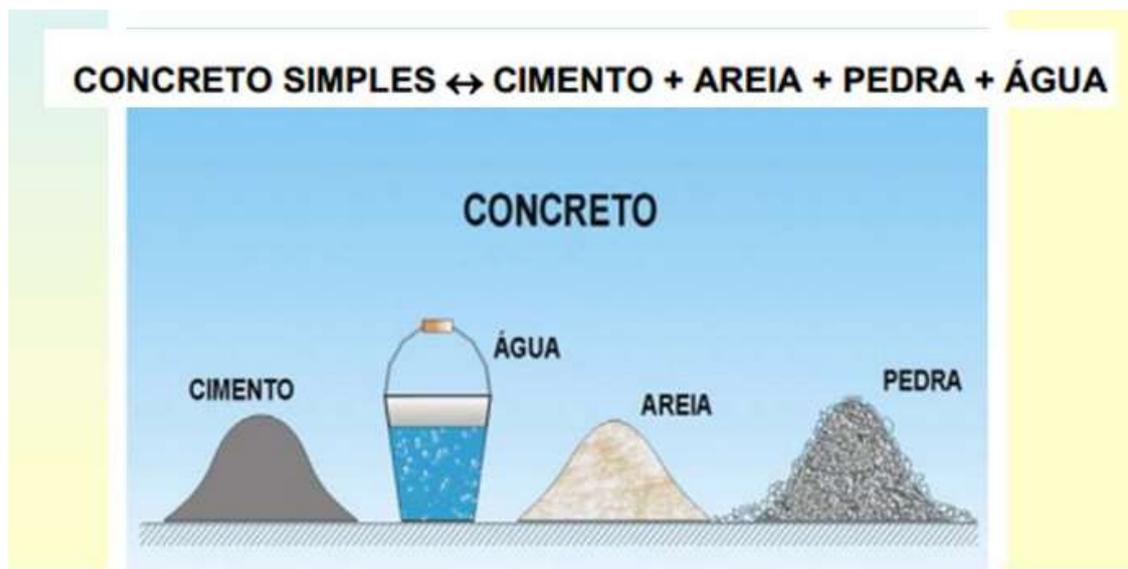
Fonte: Concreto e Construções Ibracon, (2009).

O preparo do concreto é feito de forma que o cimento Portland é misturado com água, à hidratação produz um gel composto basicamente por silicatos de cálcio hidratados e aluminato de ferro tetracálcico, que se une às outras partículas no agregado, formando uma massa rígida



que dá pega. O concreto então endurece conforme a hidratação progride. Nesse processo de hidratação os agregados assumem um importante papel nas propriedades de resistência mecânica, em especial a resistência à compressão, principal característica do concreto. Segue figura 2, composição do concreto.

Figura 2– Imagem da composição do concreto.



Fonte: Barbieri, (2017).

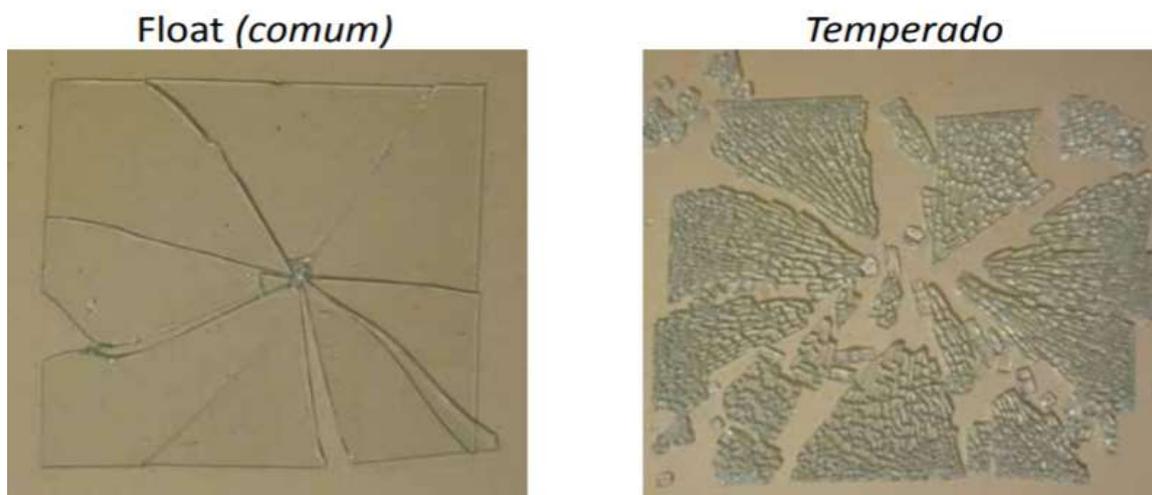
Os agregados (areia e brita de diferentes tamanhos), são materiais geralmente inertes quimicamente, não possuindo nenhuma reação química com o cimento, chegam a atingir até 80% do volume total da mistura. São adicionados com os objetivos de aumentar a resistência mecânica, minimizar a retração durante a secagem e reduzir seus custos na produção (SILVA e MORAIS, 2014).

### 3.2 Vidro temperado

Consiste em ser um vidro que foi submetido a um tratamento térmico de têmpera, onde o vidro é aquecido de forma controlada, chegando a atingir aproximadamente 700°C e, em seguida, resfriado bruscamente, o que gera tensões internas que tornam o vidro até cinco vezes mais resistente a choques mecânicos e também aumenta sua resistência a choques térmicos, mantendo as características de aparência, transmissão luminosa e composição químicas inalteradas (PINHEIRO, 2007).

Devido ao tratamento térmico de têmpera, o vidro temperado quando vai a ruptura tem características distintas em seus cacos, produzindo frações menores com ausência de vértices pontiagudos, se soltando da chapa de vidro original, como na representação da figura 3.

Figura 3– Distinção de cacos.



Fonte: Fernando Simon Westphal, (2016).

### 3.3 Concreto com vidro

Atualmente a busca por novas opções de reciclagem de material na construção civil é muito grande.

O uso do vidro comum como agregado miúdo na forma triturada em substituição ao agregado natural já é estudado profundamente, apesar da perda na trabalhabilidade, atende a aplicações em concreto estrutural e não estrutural, por suas propriedades mecânicas satisfatórias (RIGHI et al., 2011).

O concreto com cacos de vidro temperado como agregado graúdo tem sido analisado nos últimos anos, com substituição em variadas porcentagens, demonstrando resultados satisfatórios para seu uso estruturalmente.

Segundo o trabalho realizado por SILVA e MORAIS (2014), o concreto produzido com sucata de vidro plano temperado em substituição de 50% da brita 0, demonstrou resultados satisfatórios em relação ao concreto sem substituição, apresentando valores de resistência a compressão até superiores.

## 4 METODOLOGIA

Foram utilizados agregados miúdos e graúdos convencionais, cimento CP II F-32 e sucata de vidro plano temperado proveniente de vidraças por doação do comércio de vidraçarias de Fernandópolis-SP.

A determinação da composição granulométrica da brita 0, cacos de vidro plano temperado e areia, foi feita com base nas Normas ABNT NBR NM 248/2003 e Norma ABNT NBR 7211, utilizando a mesa vibratória, localizada no laboratório Engenharia Civil da Universidade Brasil campus Fernandópolis, consta na figura 1.

Figura 1. Ensaio Granulométrico.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Logo após foi calculado o traço do concreto sujeito a substituição. Em seguida, no laboratório de materiais de construção civil foram realizados traços com substituição 0%, 25%, 50% e 75% do agregado graúdo (brita 0) pela sucata de vidro temperado, com acréscimo de aditivo plastificante Mc-Bauchemie.

Foram realizados ensaios de abatimento por tronco de cone, para classificar a trabalhabilidade do concreto no estado fresco, como consta na figura 2.

Figura 2. Ensaio de abatimento por tronco de cone.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Foram produzidos 48 corpos de prova, correspondendo à 12 unidades para cada percentual de substituição seguindo as recomendações das normas da ABNT pertinentes (NBR NM 33, NM 67, 5738, 7211, 12655).

A cura ocorreu em câmara úmida saturada de cal, durante a idade de 28 dias. Logo após foram submetidos a ensaios de resistência à compressão simples (RCS), na prensa da marca EMIC localizada no laboratório de Engenharia Civil da Universidade Brasil campus Fernandópolis, que consta na figura 3.

Figura 3. Prensa EMIC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Com o concreto já no estado endurecido, foram feitos ensaios de resistência à compressão simples nos 48 corpos de prova com base na ABNT NBR 12655/2015, como consta na figura 4.

Figura 4. Ensaio de resistência a compressão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

## 5 RESULTADOS

Através da tabela 1, pode-se observar que módulo de finura do vidro temperado plano demonstrou compatibilidade com a brita 0. Isso possibilita praticamente as mesmas condições

de empacotamento do concreto referência (0% de vidro) em relação concretos produzidos com agregado de vidro plano temperado.

Tabela 1 – Caracterização granulométrica dos agregados.

	Brita 0	Vidro Plano Temperado	Areia Média	Norma (ABNT)
Dimensão máxima (mm)	12,5	12,5	2,38	NM 248
Módulo de finura	4,55	4,25	3,4	NM 248

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A caracterização dos exemplares por Amostragem Total foi feita com base na ABNT NBR 12655/2015, separando os 6 corpos de prova de maior resistência dos 12 confeccionados para cada substituição e selecionando o de menor resistência entre eles.

Os resultados obtidos na caracterização constam na tabela 2.

Tabela 2 – Resistências dos concretos curados na idade de 28 dias.

Concreto sem vidro												
Tonf.	22,17	25,35	25,35	25,48	26,81	27,54	28,07	28,44	28,56	28,64	28,64	28,72
MPa	28,23	31,63	31,63	31,79	33,45	34,36	35,03	35,49	35,64	35,74	35,74	35,84
Concreto substituição 25%												
Tonf.	22,2	24,55	25,88	26,07	26,82	26,85	27,36	27,67	27,75	27,81	28,24	29,32
MPa	27,7	30,63	32,29	32,53	33,47	33,5	34,14	34,53	34,63	34,7	35,24	36,58
Concreto substituição 50%												
Tonf.	21,16	21,27	21,3	21,34	21,95	22,01	23,86	23,87	23,98	24,06	24,15	24,2
MPa	26,94	26,54	26,58	26,63	27,39	27,46	29,77	29,78	29,92	30,02	30,13	30,19
Concreto substituição 75%												
Tonf.	19,69	19,91	21	22,06	22,24	22,32	22,64	22,8	22,93	22,95	23,05	23,08
MPa	24,57	25,84	26,2	27,53	27,75	27,85	28,25	28,45	28,61	28,64	28,76	28,8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Os resultados obtidos na caracterização constam na tabela 3.

Tabela 3 – Porcentagem das perdas resistência dos concretos.

Teores de substituição	Resistência (MPa)	Perda de resistência
0% vidro	35,03	0%
25% vidro	34,14	3%
50% vidro	29,77	15%
75% vidro	28,25	19%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

## 6 CONCLUSÕES

O desempenho do concreto com emprego de cacos de vidro plano temperado como agregado graúdo (brita 0) foi satisfatório, visto que as propriedades mecânicas foram adequadas para aplicações em concreto não estrutural, como contrapisos, calçadas ou até mesmo em mistura estética ao concreto branco. Observou-se perda de resistência para todos os percentuais, porém de substituição 25% de vidro com resistência 34,14MPa demonstrou perda relativamente baixa com relação aos outros percentuais, tornando-o mais aceitável.

A procura por novas opções de economia e sustentabilidade se faz mais importante a cada dia na construção civil, mas infelizmente, o incentivo para estudar novos materiais e meios sustentáveis objetivamente, ainda é reduzido. Não se tem uma disciplina voltada para o desenvolvimento dessa prática, o que sem dúvidas estimularia o aluno a buscar novos meios.

### *Agradecimentos*

À Universidade Brasil e aos professores do curso de Engenharia Civil por todo o incentivo e apoio profissional para a elaboração deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7211**: Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 2005. p. 12.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003. p. 6.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 33**: Concreto - Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro. 1998. p. 5.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da resistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. p. 8.

\_\_\_\_\_. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro. 2015. p. 3.

\_\_\_\_\_. **NBR 12655**: Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro. 2015. p. 23.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro. 2015. p. 6.

**CONCRETO E CONSTRUÇÕES IBRACON**. São Paulo: Ispis, n. 14, 2009. Disponível em:

<[http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas\\_ibracon/rev\\_construcao/pdf/Revista\\_Concreto\\_53.pdf](http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf)> Acesso em 17 de agosto de 2017.

ISAIA, G. C., GASTALDINI, A. L. G. : Perspectivas ambientais e econômicas do concreto com altos teores de adições minerais : **um estudo de caso**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria- RS. p 19. Jun. 2004. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3537/1937>>, acesso em 09 de abril de 2017.

SILVA, J. G. C. R. S. , MORAIS, C. R. S., Análise microestrutural por microscopia óptica digital de concretos com vidro plano temperado. **21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. Fortaleza-Ce. p 3881-3887. Nov.2014. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/21cbecimat/cd/PDF/216-022.pdf>>, acesso em 11 de abril de 2017.

## ANALYSIS OF THE REPLACEMENT OF AGGREGATE GRAFT OF CONCRETE BY TEMPERED FLAT GLASS

**Abstract:** *Aimed at sustainability in civil construction and encouragement for the study of new innovative materials in civil construction, it is proposed to use tempered glass shards instead of grit 0 in concretes. The objective of this study was to analyze the compressive strength of concrete with 1: 0.65: 1.83: 1.44 and 0%, 25%, 50% and 75% replacement percentages, subjected to curing in a humid chamber, for 28 days. After compressive strength test, we characterized: concrete reference (0% replacement) class C35, 25% replacement C30, 50% and 75% replacement C25. The performance of the concrete with substitutions was satisfactory considering that the mechanical properties were suitable for sustainable non-structural applications.*

**Key-words:** Concrete. Replacement. Aggregate.