

## **SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR VIDRO MOÍDO NO CONCRETO CONVENCIONAL**

Ianne Sousa Martins

*Discente do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis  
(iannesousa14@hotmail.com)*

Ana Lúcia Carrijo Adorno

*Professora Doutora do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro  
Universitário de Anápolis (ana.carrijo@unievangelica.edu.br)*

Isa Lorena Silva Barbosa

*Professora Mestra do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de  
Anápolis (Isa\_barbosa@hotmail.com)*

### **RESUMO**

A construção civil é um importante fator econômico, responsável pelo desenvolvimento econômico da sociedade, e em contrapartida causadora de desgastes ambientais significativos, visto que, além da extração exorbitante de recursos naturais ainda gera inúmeros resíduos que na sua maioria são descartados de forma inapropriada. A implantação da sustentabilidade vem sendo realizada de modo que os resíduos gerados pela sociedade possam ser reutilizados de forma benéfica na própria construção, diminuindo a extração de matéria-prima e o grande descarte de materiais com potencial de utilização, reduzindo os impactos ambientais. Este trabalho analisa a possibilidade de substituir parcialmente o agregado miúdo, areia, por vidro moído no concreto convencional. O material quando não reciclado é descartado na natureza como lixo comum, algo que é prejudicial ao meio ambiente. Foi realizado o estudo de caso da substituição da areia pelo vidro moído, onde os resultados terão como finalidade confirmar sua utilização como agregado miúdo e a base comparativa para com o material de uso tradicional, levando em consideração testes de resistência. No presente estudo todos os ensaios laboratoriais presentes nas normativas para caracterização dos materiais foram realizados. Após a análise de 28 dias foi possível analisar que não é possível utilizar o vidro como agregado do concreto convencional, devido ao mesmo não ter resistência similar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agregados. Areia. Concreto. Desgastes ambientais. Sustentabilidade. Vidro moído.

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil, devido ser um material maleável com grande resistência e atender a diferentes situações, em geral é basicamente um composto originado da mistura de pelo menos um aglomerante, no caso o cimento e, também, água, pedra e areia, além de outros materiais eventuais, os aditivos.

Esse material construtivo é amplamente disseminado, podendo ser encontrado em todas as casas de alvenaria, em rodovias, em pontes, nos edifícios mais altos do mundo, em torres de resfriamento, em usinas hidrelétricas e nucleares, em obras de saneamento e até em plataformas de extração petrolífera móveis. É estimado que, anualmente, são consumidos 11 bilhões de toneladas de concreto, onde segundo a Iberoamericana de Hormigón Premesclado (FIHP), dá um consumo de 1,9 toneladas de concreto por habitante por ano (PEDROSO, 2009).

Segundo a Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM), o concreto é um material compósito, constitui de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas de diferentes origens.

O aglomerante é o cimento em presença de água. Já o agregado é qualquer material granular, como areia, pedregulho, seixos, rocha britada, escória de alto-forno e resíduos de construção e de demolição. Se as partículas de agregado são maiores do que 4,75mm, o agregado é dito graúdo, se forem menores o agregado é o miúdo.

Os aditivos e adições são substâncias químicas adicionadas ao concreto em seu estado fresco que lhe alteram algumas propriedades, adequando-as às necessidades construtivas.

A construção civil é um importante fator econômico, responsável pelo desenvolvimento econômico da sociedade, e em contrapartida causadora de desgastes ambientais significativos, visto que, além da extração exorbitante de recursos naturais ainda gera inúmeros resíduos que na sua maioria são descartados de forma inapropriada.

Segundo Neto (2005), o desperdício de materiais em grande escala está diretamente relacionado com a construção civil. As buscas por soluções sustentáveis têm levantado muitos debates, desenvolvimentos tecnológicos e metodologias para tentar amenizar os impactos ambientais resultantes das atividades humanas.

A implantação da sustentabilidade vem sendo realizada de modo que os resíduos gerados pela sociedade possam ser reutilizados de forma benéfica na própria construção, diminuindo a extração de matéria prima e o grande descarte de materiais com potencial de utilização, reduzindo os impactos ambientais.

A possibilidade de incorporação de resíduos em misturas à base de cimento é uma contribuição da construção civil para reciclagem de resíduos prejudiciais ao meio ambiente, podendo também melhorar o desempenho dos materiais com sua adição.

Segundo o CEMPRE (2009), no Brasil é produzido em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, usando cerca de 45% de matéria-prima reciclada na forma de cacos. Esses cacos são provenientes em parte de refugo nas fábricas e em parte na coleta seletiva dos municípios. O principal mercado para recipientes de vidros usados é formado pelas vidrarias, que compram o material de sucateiros na forma de cacos ou recebem diretamente de suas campanhas de reciclagem. Além de voltar à produção de

embalagens, a sucata pode ser aplicada na composição de asfalto e pavimentação de estradas, construção de sistemas de drenagem contra enchentes, produção de espuma e fibra de vidro, bijuterias e tintas reflexivas.

De acordo com Ferrari e Jorge (2010), em sua forma pura, o vidro é um óxido metálico super resfriado, transparente, de elevada dureza, essencialmente inerte e biologicamente inativo, que pode ser fabricado com superfícies muito lisas e impermeáveis. Essas propriedades desejáveis conduzem a um grande número de aplicações, distinguindo-se de outros materiais por várias características, tais como baixa porosidade, absorvidade, dilatação e condutibilidade térmica, suportando pressões de 5.800 a 10.800 kg/cm<sup>2</sup>.

O uso do vidro como agregado já vem sendo utilizado em alguns países, como por exemplo, a Austrália que utiliza vidros descartados como lixo comum em seus concretos (CRENTSIL, 2001).

A sucata de vidro apresenta um baixo índice de reciclagem, fazendo com que aproximadamente 2% do lixo gerado e depositado nos lixões e aterros sanitários do país seja composto por vidros. Estima-se que aproximadamente 70% dos aterros estarão com sua capacidade muito reduzida no próximo milênio, pois o tempo estimado de decomposição do vidro é aproximadamente um milhão de anos (SANTOS, 1998).

Uma alternativa sustentável para reduzir esse volume de vidros depositados em lixões seria utilizá-los na construção civil, incorporados em misturas à base de cimento, tais como na produção de concretos com sucata de vidro moído em substituição à areia.

Será realizado no presente trabalho o estudo de caso da substituição parcial da areia pelo vidro moído, onde os resultados terão como finalidade confirmar ou não sua utilização como agregado miúdo tendo como base comparativa o concreto tradicional, levando em consideração, testes de resistência à compressão.

## **2 METODOLOGIA**

Será realizado o estudo dos materiais utilizados através de bibliografias, artigos científicos e afins, e posteriormente realização da análise laboratorial comparativa dos dois concretos ensaiados em relação às características mecânicas. A metodologia será experimental com caracterização específica e definição do traço de concreto convencional, e os com substituição por pó de vidro; serão confeccionados três corpos de provas nas proporções de 5%, 10% e 15% submetidos à resistência a compressão aos 3, 7, 14 e 28 dias para possibilitar a comparação dos concretos usados.

### **2.1 MÉTODO EXPERIMENTAL**

O método experimental tem como finalidade analisar a probabilidade de utilização de vidro moído na confecção de concretos. Para tal fim foi utilizado o método experimental da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Os materiais passaram pelo processo de caracterização, que será descrito nos próximos tópicos.

### 2.1.1 Variáveis do método experimental

A elaboração do método experimental teve como objetivo determinar quais as informações, parcela e as condições que o resultado deverá obter. Este procedimento visa o estudo de viabilidade da substituição. Foi definido então os fatores dependentes, independentes e tipo, conforme a tabela 1.

Tipo de fator	Fatores
Dependente	→ Resistência à compressão aos 28 dias (25MPa)
Independente	→ Parcela de vidro moído (0, 5, 10 e 15%)
	→ Idade da realização de cada corpo de prova
Controle	→ Tipo de cimento (CPII E - 32)
	→ Tipo de agregados
	→ Relação água/cimento
	→ Processo de mistura
	→ Processo de cura

FONTE: AUTORES, 2018.

## 2.2 MATERIAIS

Foram usados para a confecção dos 36 corpos de prova de concreto, os seguintes materiais: areia natural e brita, cedida pela UniEVANGÉLICA, cimento Portland CP II – E que foi adquirido em material de construção, água fornecida pela companhia de saneamento Saneago e retalhos de vidros doados de diversas vidraçarias de Anápolis.

### 2.2.1 Cimento

O cimento Portland utilizado para realização do estudo foi do tipo CP II E -32 conforme a norma NBR 11578 (ABNT, 1991). Foi escolhido um cimento comum e mais popular, que é encontrado com facilidade no mercado, além do custo mais acessível. As características físico-químicas e a granulometria foram retiradas do laudo do fabricante.

### 2.2.2 Agregados

Para agregado miúdo foi utilizado areia prevista na NBR 7211 (ABNT, 2009) inclusa no limite da zona ótima. Para fim de caracterizar o agregado, foram realizados ensaios no Centro Tecnológico da UniEvangélica – CT/UniEvangélica. As características estão detalhadas na tabela 2.

Tabela 2- Características do agregado miúdo (areia)

<b>Características</b>	<b>Método de ensaio</b>	<b>Resultado</b>
Módulo de finura	NBR NM 248 (ABNT, 2003)	2,41
Dimensão máxima característica (mm)	NBR NM 248 (ABNT, 2003)	2,36
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 52 (ABNT, 2009)	3,57
Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> )	NBR NM 45 (ABNT, 2006)	1,21

FONTE: AUTORES, 2018.

Para o agregado graúdo foi utilizado a brita, em duas especificações conhecidas por brita 0 e brita 1. Para fim de caracterizar o agregado, foram realizados ensaio no CT/UniEvangélica. As características das britas estão detalhadas na tabela 3.

Tabela 3 - Características do agregado graúdo (brita 0 e 1)

<b>Características</b>	<b>Método de ensaio</b>	<b>Resultado</b>
Dimensão máxima característica (BRITA 0) (mm)	NBR NM 248 (ABNT, 2003)	12,5
Dimensão máxima característica (BRITA 1) (mm)	NBR NM 248 (ABNT, 2003)	12,5
Massa específica (BRITA 0)(g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 53 (ABNT, 2009)	2,84
Massa específica (BRITA 1)(g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 53 (ABNT, 2009)	2,81
Massa unitária (BRITA 0) (kg/m <sup>3</sup> )	NBR NM 45 (ABNT, 2003)	1,23
Massa unitária (BRITA 1) (kg/m <sup>3</sup> )	NBR NM 45 (ABNT, 2003)	1,34

FONTE: AUTORES, 2018.

### 2.2.3 Vidro moído

O vidro usado para o estudo foi de doação de vidraçarias de Anápolis – Goiás, que preferiram não se identificarem. O material foi cedido por meio de retalhos, cacos quebrados ou sobras de corte. Para obter o vidro moído, em pequenas partículas para assemelhar-se com a areia, houve uma quebra manual, portando de todos os EPI'S. A figura 1 indica todo o processo que foi executado, a obtenção até o vidro em pequenas partículas.

Figura 1 - Esquemática da obtenção do vidro moído



FONTE: AUTORES, 2018.

Assim que os maiores cacos do vidro foram se despedaçando foi surgindo um pó, um material considerado como pulverulento, e esse material por absorver demasiadamente água poderia atrapalhar a trabalhabilidade do traço, portanto, conforme a moagem era executada as partículas obtidas eram peneiradas, por agitador mecânico, nas peneiras de malhas da ABNT, até que atingir uma granulometria um pouco similar a da areia. As partículas maiores eram devolvidas a moagem e o material que restava no fundo eram descartados. Após a moagem e o peneiramento de toda a amostra obtida foi possível chegar ao resultado mostrado na figura 2.

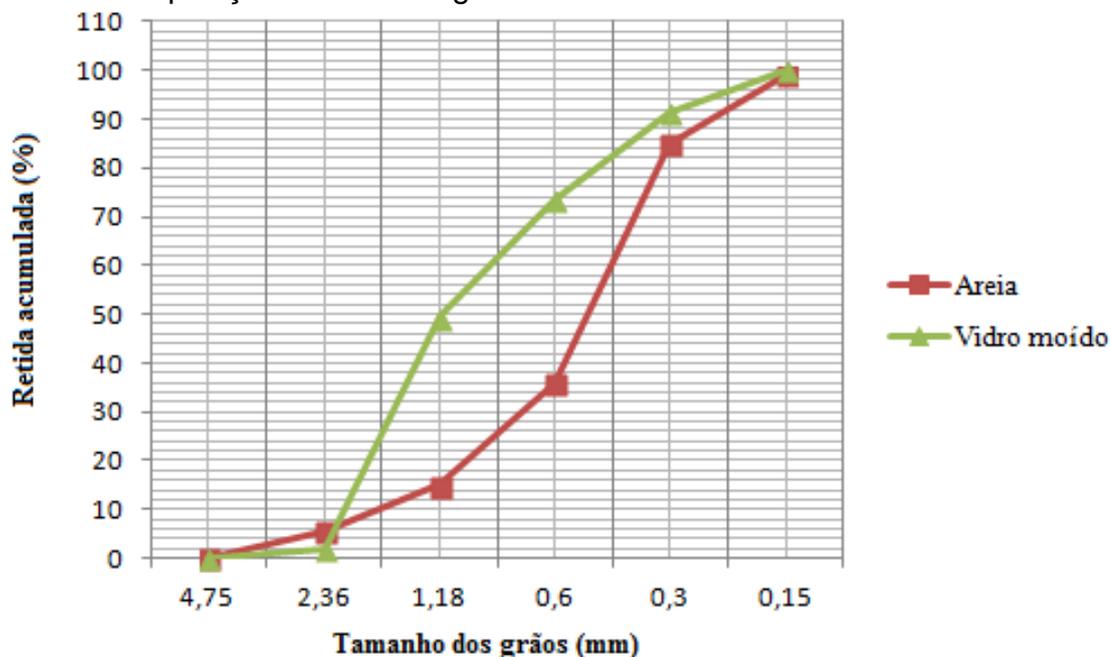
Figura 2 - Vidro moído peneirado



FONTE: AUTORES, 2018.

A partir da caracterização do vidro moído foi possível obter o módulo de finura, que foi encontrado de 3,16. A fim de comparar as propriedades da areia com o vidro moído, a figura 3 representa a sobreposição das curvas granulométricas desses dois agregados.

Figura 3 - Sobreposição das curvas granulométricas da areia e vidro moído



FONTE: AUTORES, 2018.

### 2.3 PREPARAÇÃO PARA CONFECÇÃO E ENSAIOS

Após a caracterização dos materiais, foram preparados os traços de concreto conforme a substituição apresentada, para a realização dos ensaios no estado endurecido e fresco.

Os corpos de prova foram preparados e quatro tipos, o primeiro sem adição de vidro moído (traço referência) e traços com substituição parcial de vidro moído pela areia, nas seguintes proporções: 5, 10 e 15%. Tais porcentagens foram definidas conforme a revisão bibliográfica, onde mostra que a substituição em grandes porcentagens acarreta ao colapso do corpo de prova. As nomenclaturas adotadas para cada traço confeccionado foram listadas na tabela 4, simultaneamente com a composição, em kilogramas, dos demais materiais.

Logo após a manipulação dos traços de concreto foi iniciado a moldagem dos corpos de prova, em formas cilíndricas de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, conforme a norma NBR 5739 (ABNT, 2003). Os corpos moldados e identificados estão ilustrados na figura 4. Todos os corpos de prova da imagem foram rompidos, a fim da realização do ensaio de compressão axial.

Tabela 41 - Nomenclatura dos tipos de traços e quantidade de massa de cada material (kg)

<b>Detalhamento</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Cimento</b>	<b>Areia</b>	<b>Vidro moído</b>	<b>Brita 0</b>	<b>Brita 1</b>	<b>a/c</b>
Traço referência	T0	11,5	24,52	0	12,32	5,2	5,75
Traço com 5% de substituição	T5	11,5	23,29	1,22	12,32	5,2	5,75
Traço com 10% de substituição	T10	11,5	22,07	2,45	12,32	5,2	5,75
Traço com 15% de substituição	T15	11,5	20,84	3,68	12,32	5,2	5,75

FONTE: AUTORES, 2018.

Figura 4 - Corpos de prova moldados



FONTE: AUTORES, 2018.

Depois de passados 24 horas os corpos de prova foram desmoldados, identificados, com data de moldagem e tipo de traço. Posteriormente foram armazenados em câmara úmida a fim de iniciar sua cura, foram mantidos na câmara até os dias de realização do ensaio.

### 2.3.1 *Slump test*

Em seguida do término da mistura na betoneira foi realizado o ensaio de consistência pelo abatimento de tronco de cone. O ensaio foi realizado conforme a NBR

NM 67 (ABNT, 1996) e foram classificados conforme NBR 8953 (ABNT, 2009), e a consistência adotada foi a S50 classificada conforme a NBR 8953 (ABNT, 2009). A tabela 5 descreve os resultados obtidos.

Tabela 5 - Resultados do *Slump Test*

Traço	Índice de consistência obtido	Classe	Abatimento
T0	80		
T5	70	S50	50 < A < 100
T10	68		
T15	72		

FONTE: AUTORES, 2018.

O traço calculado foi para um *Slump test* 80 mm a 100 mm. O traço referência foi satisfatório, porém os traços com substituição sofreram uma diminuição na consistência, mas todas as misturas foram consideradas trabalháveis.

### 2.3.2 Resistência à compressão

No estado endurecido foram realizados os ensaios mecânicos de resistência à compressão. Os corpos de prova foram mantidos até a data do ensaio em câmara úmida, atendendo as normas brasileiras.

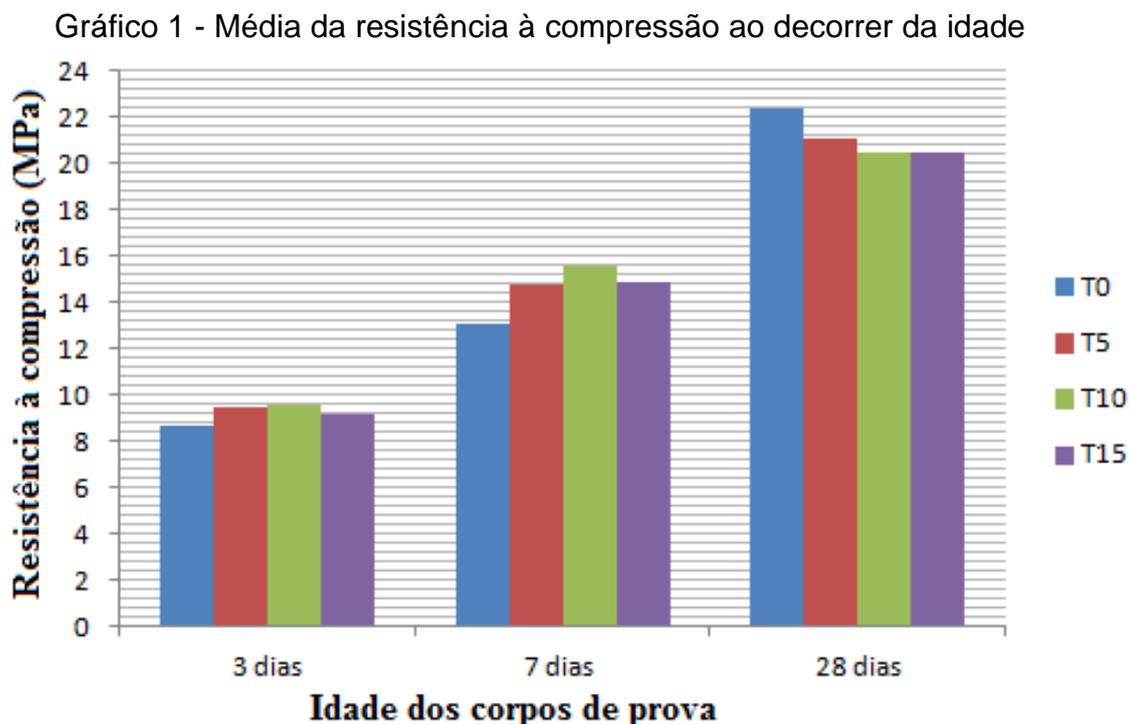
Para cada traço e cada idade, foram rompidos 3 corpos de prova sendo as idades de ensaios de 3, 7 e 28 dias conforme NBR 5739 (ABNT, 2007). Os valores da compressão axial aos 3, 7 e 28 dias podem ser observados na tabela 6.

Tabela 2 - Compressão axial dos traços

Traço	Idade	Resistência à compressão			Resistência média à compressão (Mpa)
T0	3	7,9	10,4	7,8	8,70
	7	11,4	12,7	15	13,03
	28				0
T5	3	10,7	9,3	8,5	9,50
	7	16,4	13,9	14	14,73
	28				0
T10	3	10,2	9,6	8,9	9,57
	7	15,5	15,2	16	15,60
	28				0
T15	3	9,9	9,2	8,5	9,20
	7	15,2	14,5	15	14,87
	28				0

FONTE: AUTORES, 2018.

Os valores obtidos na resistência à compressão comprovam um crescimento médio da resistência com o aumento da idade. O gráfico 1 demonstra a média das resistências apresentadas nos gráficos acima.



FONTE: AUTORES, 2018.

Os traços foram aumentando a resistência ao decorrer da idade, porém na última verificação houve uma estagnação na resistência. Sendo assim é possível notar no gráfico 1 que a resistência desejada não foi a desejada.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios de resistência à compressão do concreto aos 28 dias de idade não obtiveram resultados satisfatórios, possivelmente pelas diferenças entre prensas dos ensaios de 3, 7 e 28 dias. Os ensaios de 3 e 7 dias foram realizados no CT-UniEvangélica, contudo no ensaio de 28 dias a prensa não estava funcionando portanto, o ensaio foi realizado no IFG.

Apesar do módulo de finura da fibra de vidro não ser tão semelhante ao do agregado miúdo, foi o que mais se aproximou dentre os materiais, além da proximidade com a densidade.

Em relação ao traço referência (T0) o traço com substituição T5 foi 5,76% menor a resistência à compressão e o T10 e T15 foram de 8,63% de menor a resistência. Entre os traços T0 e T15 a diferença de resistência foi mínima, logo é descartada uma diferença para análise. Com isso, não foi possível definir a proporção com que a resistência à compressão continuaria a diminuir com a substituição.

Pelo fato de não haver uma diferença significativa na substituição de 10% e 15% pelo vidro moído, sugere-se estudos com maiores quantidades a fim de se determinar a influência da substituição da resistência à compressão do concreto com maiores porcentagens.

#### 4. REFÊRENCIAS

AOKI, Jorge. **Adicionar água suplementar ao concreto exige cuidados**. 2013. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/adicionar-agua-suplementar-ao-concreto-exige-cuidados/>>. Acesso em: 03 out. 2018.

BAUER, L. A. FALCÃO. **Materiais de Construção: Novos Materiais para Construção Civil**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 471 p. v. 1.

CONCRETO, Clube do. **Curva de Abrams**. 2016. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2016/05/curvas-de-abrams.html>>. Acesso em: 08 out. 2018.

ENGENHARIA CIVIL, Blog da. **Cura do Concreto - Conceito e Métodos de Cura**. 2012. Disponível em: <<https://engciv.wordpress.com/2012/07/26/cura-do-concreto-conceitos-e-metodos-de-cura/>>. Acesso em: 01 out. 2018.

KULAIF, YARA. **Análise dos mercados de matérias primas minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do estado de São Paulo**, São Paulo, 2001.

MAUA, Cimento. **Traço de concreto: a importância da água para a mistura do material**. 2017. Disponível em: <<https://cimentomaua.com.br/blog/traco-de-concreto-importancia-da-agua-para-mistura-material/>>. Acesso em: 08 out. 2018.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. Tradução de Salvador E. Giammusso.

PETRUCCI, ELADIO G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 6. ed. Porto Alegre: Globo, 1979. 307 p. v. 1.