

# UTILIZAÇÃO DE RCD COMO AGREGADO EM CONCRETOS ESTRUTURAIIS

DANIEL DUARTE COSTA<sup>1</sup> & BÁRBARA HÉLLEN RODRIGUES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Graduando em Engenharia Civil, danielduarteengenheiro@outlook.com*

<sup>2</sup>*Professora do Curso de Engenharia Civil, barbarahellen@gmail.com*

---

*Caderno Saberes, n. 6, 2020*

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade da substituição de agregados graúdos naturais em concretos estruturais por agregados provenientes de RCD (Resíduo de construção e demolição), consistindo em coletar amostras de RCD beneficiadas em processo de britagem, aplicando-as em traços comparativos de concreto estrutural com resistência à compressão variada, a fim de observar o comportamento dos agregados de RCD submetido a cargas de compressão. Verificou-se, ainda, a trabalhabilidade do concreto em estado fresco e evidenciou-se que os agregados provenientes de RCD não interferem na trabalhabilidade do concreto fresco e que o RCD pode ser utilizado como agregado para concretos estruturais, porém em traços comparativos a resistência à compressão, os concretos moldados com agregados provenientes de RCD, obtiveram menor resistência se comparado ao concreto comparativo utilizando agregados naturais.

**Palavras-chave:** Concreto. Concreto estrutural de RCD. Concreto reciclado. RCD. Resíduo de construção e demolição.

## INTRODUÇÃO

O setor da Construção civil é um dos setores com maior influência econômica e participação na produção de resíduos, gerando um enorme impacto ambiental, sendo um dos setores mais importantes para o crescimento do país. Por isso, surge a necessidade de reaproveitamento desses resíduos, o que faria com que fossem reduzidos não só a quantidade de entulho produzido, mas ainda a quantidade de agregados naturais consumidos no decorrer da construção.

Uma forma de redução desses insumos, seria fazer concreto com o próprio RCD (Resíduo de Construção e Demolição). Uma vez já descartado, o mesmo voltaria a ser novamente utilizado como agregado britado e devidamente peneirado e separado de acordo com a sua faixa granulométrica, para a obtenção de um concreto que reduza o impacto ambiental e que se enquadre nos padrões necessários.

Assim, é relevante um estudo que vise o reaproveitamento desses resíduos, que consiste em avaliar a possibilidade da utilização do concreto proveniente de RCD, e posteriormente fazer testes analisando a resistência à compressão de um concreto que reutilize o RCD sem perder as suas propriedades necessárias e aplicações de um concreto do modelo estrutural auto adensável.

O desenvolvimento deste trabalho tem como base o reaproveitamento de RCD (Resíduos de Construção e Demolição) da construção civil, e sua reaplicação no concreto substituindo um percentual de agregado natural, a fim de reduzir custos durante o processo de instituição do concreto e minimizar o impacto ambiental reduzindo a produção de resíduos no decorrer do processo de construção e demolição.

## MATERIAL & MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, inicialmente foi realizada coleta de agregados graúdos de RCD beneficiados pelo processo de britagem primária, que passaram pelo mesmo processo de caracterização que os agregados naturais, onde foi feita a classificação granulométrica, massa específica, massa unitária, composição e granulométrica e absorção de água dos agregados.

A fim de analisar o comportamento dos agregados graúdos provenientes de RCD e compará-los com agregados naturais já utilizados em concretos, foram estabelecidos 4 traços comparativos de concreto auto adensável, seguindo o método de dosagem utilizando parâmetros de cálculo pelo método ABCP.

Para a escolha do abatimento ideal, foi levado em conta que seriam moldados concretos autoadensáveis, portanto, foi adotado

espalhamento de  $700 \pm 50$  mm, em seguida foram analisados os resultados das caracterizações dos agregados naturais e foi estabelecido um teor de argamassa para o concreto. Em seguida, foi avaliado o consumo de cimento para cada traço, sendo esse a única variável entre os traços iniciais, por último foi avaliada a relação de água/cimento para se obter concretos com alta resistência final, para que sejam concretos e que se enquadrem como concretos estruturais, o consumo de água foi calculado inicialmente como 160 litros/m<sup>3</sup>, que seria ajustado caso o abatimento não se encontrasse dentro dos parâmetros iniciais estabelecidos.

Todos os traços foram calculados partindo dos parâmetros de elaboração de traço e foi utilizado o mesmo teor de argamassa de 0,56, o mesmo consumo inicial de água de 160 litros/m<sup>3</sup>, mantendo o mesmo teor de ar incorporado de 0% totalizando um volume de concreto de 10,5 litros, valor esse que é correspondente a pouco mais do que o volume de concreto para moldagem de 06 corpos de prova, a única variante entre os 4 traços comparativos foi justamente o consumo de cimento que foi de 500 kg de cimento/m<sup>3</sup> para o traço inicial, 425 kg de cimento/m<sup>3</sup> para o traço secundário, 350 kg de cimento/ m<sup>3</sup> para o traço terciário e 275 kg de cimento/ m<sup>3</sup> no traço final.

A dosagem dos aditivos foi calculada dentro dos padrões estabelecidos da ficha técnica dos aditivos fornecidas pelos fabricantes. Foi utilizado em todos os concretos o mesmo

percentual de aditivo sendo 0,7% da massa em relação ao consumo de cimento para o aditivo polifuncional, e um consumo de 0,65% em relação ao cimento para o aditivo superplastificante.

Com o intuito de avaliar a resistência inicial e final dos concretos estruturais, foram moldados 6 corpos de prova cilíndricos com Ø10 x 20cm para cada traço, sendo 2 corpos de prova para cada data pré-estabelecida de ruptura de cada traço analisado no trabalho, sendo avaliado o maior resultado de resistência a compressão entre os 2 corpos de prova rompidos à compressão no ensaio de ruptura de corpos de prova cilíndricos 10 x 20 cm. Ainda foram escolhidas as idades para o ensaio de ruptura de 3, 7 e 28 dias, seguindo os parâmetros indicados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 5739, (2007).

## RESULTADOS & DISCUSSÃO

### Caracterização do Agregado Miúdo

Foi feito o ensaio de caracterização no qual se obteve a composição granulométrica, módulo de finura do agregado, em seguida gerada uma curva granulométrica do agregado. Também foram feitos ensaios complementares, tais como ensaio de massa específica, massa unitária, volume de vazios e absorção, representados pela FIG. 1.

FIGURA 1 - Caracterização do agregado miúdo.

ENSAIOS	RESULTADO
Massa específica seca	2,66
Massa específica S.S.S.	2,67
Massa específica	2,69
Massa unitária no estado solta	1,70
Massa unitária no estado solta S.S.S.	1,70
Volume de vazios no estado solto	36
Massa unitária no estado compactada	1,93
Massa unitária compactada S.S.S.	1,93
Volume de vazios compactado	27
Absorção de água	0,2

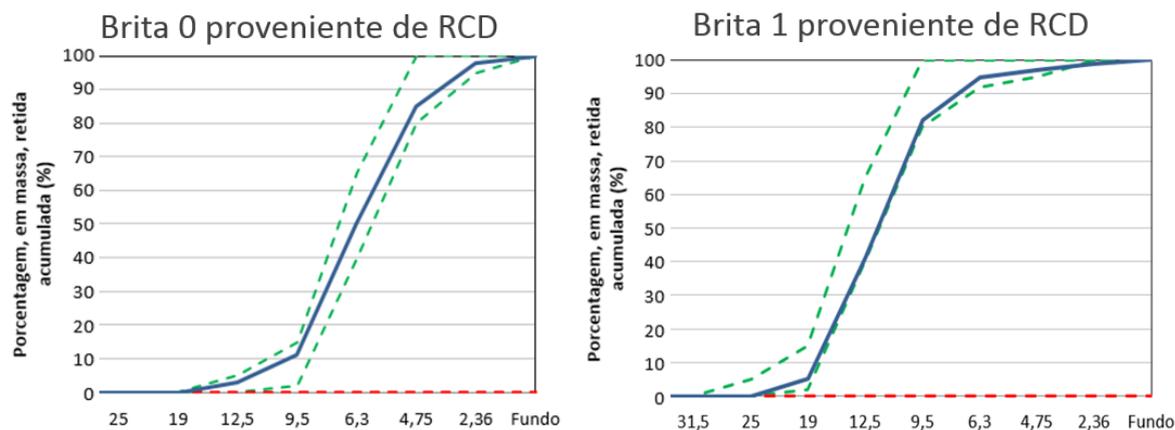
Fonte: Dados da Pesquisa.

### Caracterização dos Agregados Graúdos

Foi feito ensaio de caracterização dos

agregados graúdos, a partir do qual foi gerada uma curva granulométrica com base no resultado do ensaio granulométrico de cada um dos agregados (FIG. 2.)

FIGURA 2 - Caracterização dos agregados graúdos de Brita 0 e Brita 1 RCD



Fonte: Dados da Pesquisa.

Para o ensaio comparativo, agregados naturais foram utilizados agregados que tivessem granulometria bem similar à obtida pelo ensaio dos agregados de RCD.

Também foram feitos ensaios complementares aos agregados graúdos de RCD tais como, ensaio de massa específica, massa unitária e absorção de água, onde os resultados estão representados pela FIG. 3.

FIGURA 3 - Ensaio complementares dos agregados graúdos.

Ensaio	Brita 0 (RCD)	Brita 1 (RCD)	Brita 0 Natural	Brita 1
<b>Natural</b>				
Massa específica seca	2,01	2,06	2,59	2,62
Massa específica S.S.S.	2,24	2,27	2,62	2,64
Massa específica aparente	2,62	2,61	2,68	2,68
Massa unitária no estado solta	1,09	1,22	1,35	1,40
Massa unitária no estado solta S.S.S.	1,22	1,34	1,37	1,41
Volume de vazios no estado solto	46	41	48	47
Massa unitária no estado compactado	1,24	1,35	1,53	1,54
Massa unitária no estado compac. S.S.S	1,39	1,49	1,55	1,55
Volume de vazios no estado compactar	38	34	41	41
Absorção de água	11,8	10,1	1,3	0,8

Fonte: Dados da Pesquisa.

### Caracterização do Concreto em Estado Fresco

Na caracterização dos concretos em estado fresco, foram adotados 2 aditivos, sendo o primeiro, um superplastificante com dosagem de 0,65% em relação ao peso do cimento, a utilização deste aditivo se deu com o intuito de reduzir o consumo de água no concreto, além de deixar o concreto em estado plástico, para que se pudesse classificar os concretos como auto adensáveis.

O outro aditivo utilizado foi um aditivo polifuncional, que teve a função de evitar a segregação do concreto, melhorar a trabalhabilidade e auxiliar na abertura de flow.

Todos os concretos tiveram o mesmo consumo de água/m<sup>3</sup> equivalente a 160 l/m<sup>3</sup>, porém o consumo de água real de água dos concretos com agregados provenientes de RCD foi maior, pois os agregados de RCD tiveram um índice de absorção de água bem superior ao de agregados naturais.

A FIG. 4, mostra os valores obtidos no ensaio de flow com auxílio de tronco de cone dentro da faixa de abertura de 700 (± 50) mm.

FIGURA 4 – Resultado de abertura no ensaio de Flow.

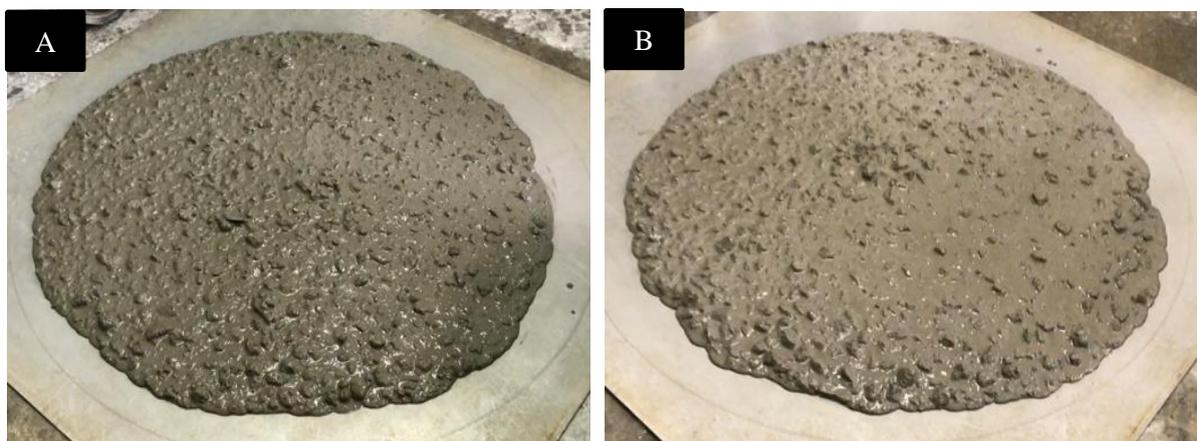
Série	CP V-ARI NACIONAL	Agregado Graúdo	Aglomerante Total	Água (kg/m <sup>3</sup> )	Relação a/c	Teor argamassa	Abertura (mm)
439	500	Natural	500	160	0,320	0,560	700
440	424	Natural	424	160	0,376	0,560	720
441	350	Natural	350	160	0,457	0,560	740
442	275	Natural	275	160	0,582	0,560	735
443	489	RCD	489	160	0,320	0,560	690
444	410	RCD	410	160	0,376	0,560	710
445	340	RCD	340	160	0,457	0,560	735
446	267	RCD	267	160	0,582	0,560	745

Fonte: Dados da Pesquisa.

Pela análise do aspecto visual, todos os concretos a partir de agregados naturais, quanto os concretos a partir de agregados provenientes de RCD, moldados neste trabalho, tiveram

velocidade de espalhamento, coesão, não tiveram colarinho, não tiveram perda de água, não tiveram exsudação ou segregação dos agregados, representado na FIG. 5.

FIGURA 5 - Ensaio de flow concreto com RCD (A) e concreto com agregados naturais (B).



Fonte: Dados da Pesquisa.

### Consumo de Água

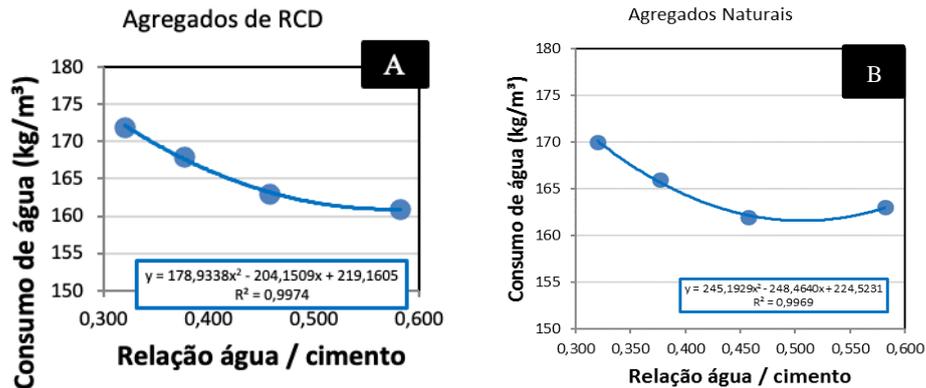
A partir do ensaio de abertura foi possível calcular qual seria o consumo de água ideal para cada um dos concretos moldados presentes neste trabalho, em que o consumo de água varia em relação a razão água/cimento.

O teor de argamassa foi mantido em 0,56 para todos os concretos, para que não houvesse

mais variáveis para a análise do resultado final.

A FIG. 6 mostra o resultado da curva juntamente à equação do consumo de água variando em relação a razão água/cimento, gerada a partir do resultado dos ensaios de abertura do concreto para os concretos moldados com agregados de RCD e agregados naturais.

FIGURA 6 - Consumo de água do concreto com RCD (A) e concreto com agregados naturais (B).



Fonte: Dados da Pesquisa.

### Resistencia à Compressão

Foram moldados dois corpos de prova para cada idade presente em cada um dos traços, os resultados de ruptura dos dois corpos de prova foram analisados e foi escolhido o maior resultado de resistência à compressão entre os

dois corpos de prova.

A partir desses resultados obtidos, foi montada uma curva de Abrams em formato de gráfico, para a comparação final deste trabalho.

Os resultados de resistência a compressão apresentam-se na FIG. 7.

FIGURA 7 - Resultados de resistencia à compressão.

Série	Relação a/c	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	
Agregados Naturais	439	0,320	61,4	64,6	71,0
	440	0,376	49,5	56,4	58,9
	441	0,457	43,7	50,2	52,0
	442	0,582	29,4	35,9	39,3
Agregados de RCD	443	0,320	43,8	50,0	55,5
	444	0,376	36,4	41,4	47,3
	445	0,457	30,0	33,2	40,3
	446	0,582	19,7	24,8	30,2

Fonte: Dados da Pesquisa

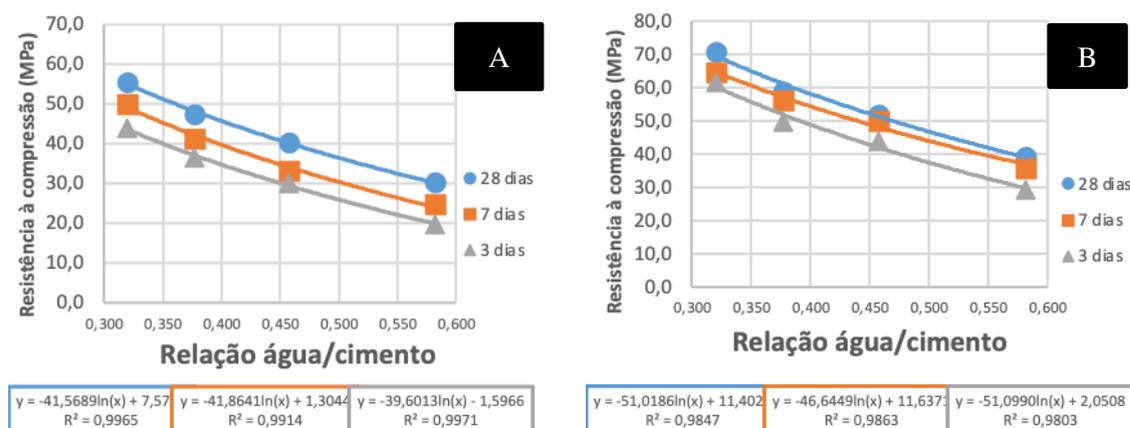
### Conclusão de Dosagem

Com o intuito de avaliar o comportamento dos agregados, a partir dos resultados de resistência, foi possível estabelecer curvas de resistência adquirida dada

a relação água/cimento, contudo foram estabelecidas curvas de Abrams a fim de avaliar esse comportamento.

A FIG. 8 mostra as curvas juntamente às equações obtidas a partir dos resultados de ruptura dos corpos de prova dos traços com agregados naturais.

FIGURA 8 - Curva de Abrams do concreto com RCD (A) e concreto com agregados naturais (B).



Fonte: Dados da Pesquisa.

Por conclusão das equações obtidas pela curva de Abrams, foi possível estabelecer cartas de traços predefinidos tanto para os agregados

provenientes de RCD quanto para os agregados naturais, que estão apresentados nas FIGs. 9 e 10.

FIGURA 9 - Carta de traço para concreto com agregados de RCD.

TRAÇOS PARA OS CONCRETOS ESTRUTURAIIS COM AGREGADOS DE RCD							
f <sub>ck</sub> (MPa)	C 20	C 25	C 30	C 35	C 40	C 45	C 50
f <sub>c28</sub> (MPa)	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
f <sub>c7</sub> (MPa)	13,8	18,9	23,9	28,9	34,0	39,0	44,0
f <sub>c3</sub> (MPa)	10,2	15,0	19,8	24,5	29,3	34,1	38,8
Relação a/c	0,742	0,658	0,583	0,517	0,458	0,406	0,360
Teor de argamassa	56,0%	56,0%	56,0%	56,0%	56,0%	56,0%	56,0%
Aglomerante A	224	247	276	312	356	408	468
Ag. Miúdo A	1.055	1.041	1.018	987	947	898	842
Ag. Graúdo A	247	248	248	248	247	247	246
Ag. Graúdo B	583	586	587	586	585	583	581
Água	166	162	161	161	163	166	169
Adt/Adição A	1,568	1,728	1,932	2,186	2,492	2,854	3,279
Adt/Adição B	1,456	1,604	1,794	2,030	2,314	2,651	3,045

Fonte: Dados da Pesquisa.

FIGURA 10 - Carta de traço para concreto com agregados naturais.

TRAÇOS PARA OS CONCRETOS ESTRUTURAIIS COM AGREGADOS NATURAIS							
f <sub>ck</sub> (MPa)	C 20	C 25	C 30	C 35	C 40	C 45	C 50
f <sub>c28</sub> (MPa)	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
f <sub>c7</sub> (MPa)	19,5	24,1	28,6	33,2	37,8	42,4	46,9
f <sub>c3</sub> (MPa)	10,7	15,7	20,7	25,7	30,7	35,7	40,7
Relação a/c	0,845	0,766	0,695	0,630	0,571	0,518	0,469
Teor de argamassa	56,0%	56,0%	56,0%	56,0%	56,0%	56,0%	56,0%
Aglomerante A	224	232	245	262	285	312	345
Ag. Miúdo A	1.020	1.030	1.031	1.023	1.008	986	958
Ag. Graúdo A	277	281	284	285	286	287	287
Ag. Graúdo B	654	663	670	674	676	677	676
Água	190	178	170	165	163	162	162
Adt/Adição A	1,571	1,627	1,716	1,837	1,994	2,186	2,415
Adt/Adição B	1,459	1,511	1,593	1,706	1,851	2,029	2,243

Fonte: Dados da Pesquisa.

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nas análises e nos ensaios de caracterização dos agregados, moldagem de concreto, ruptura de corpos de prova, tabelas, gráficos e pela interpretação de dados apresentados ao longo do trabalho, é possível concluir que:

É possível a aplicação de resíduos provenientes de RCD como agregado para concretos autoadensável, atendendo aos requisitos da ABNT NBR 15823 (2010).

É aplicável a utilização de agregados provenientes de RCD em todos os concretos estruturais do grupo I, referente a norma ABNT NBR 8953 (2009).

A resistência indefinida dos agregados de RCD é outro indicativo do motivo da perda de resistência nos concretos provenientes de RCD em comparação a concretos de agregados naturais.

A substituição de agregados naturais por agregados provenientes de RCD leva a uma redução da resistência à compressão do mesmo.

A absorção de água dos agregados provenientes de RCD faz com que o concreto consuma mais água, e por consequência reduza a resistência do concreto.

Atualmente, a utilização de concretos com agregados provenientes de RCD é inviável tanto do ponto de vista financeiro, quanto do ponto em que se tem um consumo maior de cimento em concretos provenientes de RCD para que se obtenha uma resistência comparativa a outros concretos estruturais.

Sendo assim, espera-se que os resultados obtidos neste trabalho contribuam para o desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis para estruturas em concreto. Além disso, contribua para a utilização de metodologias semelhantes, contribuindo para a realização de estudos utilizando o RCD em concretos estruturais na busca de estruturas ecologicamente eficientes.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 5739. Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro: 2007. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 8953. Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência*. Rio de Janeiro: 2009. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR NM 248. Agregados – Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro: 2003. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NM 52. Agregado miúdo – Determinação de massa específica aparente*. Rio de Janeiro: 2009. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT *NBR 15823. Concreto auto adensável, Parte 1: Classificação, controle e aceitação do estado fresco*. Rio de Janeiro: 2010 12 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. *Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002*. Publicada no DOU nº136, em 17 de julho de 2002, seção I, p.95-96. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi =307>>. Acesso em: 16 de maio de 2019.

METHA, P. K. & MONTEIRO, P.J. *Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais*. 2ªed. IBRACON, 2014. 741 p.