

ÁREA TEMÁTICA: Reciclagem

VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE CONCRETO ORIUNDO DE PRÉ-FABRICADO COMO AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Gabriela Arruda Vasconcelos¹ (gabrielaarrudavasconcelos@gmail.com), Ana Luíza Xavier Cunha¹ (analuzaxcunha@gmail.com), Géssica de Paula Alves Marinho¹ (gessica.marinho1993@gmail.com), Romildo Morant de Holanda¹ (romildomorant@gmail.com)
1 Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE

RESUMO

O setor da construção civil atualmente é um dos que mais geram resíduos no Brasil. Estes materiais muitas vezes são descartados no meio ambiente sem nenhum tipo de controle, trazendo sérios danos e desperdiçando um material que possivelmente pode ser reutilizado. Este trabalho tem o intuito de analisar a viabilidade técnica de utilização de resíduos, oriundos da pré-fabricação de concreto estrutural, como agregado graúdo para produção de novos concretos, que geralmente não possuem nenhuma utilidade, mostrando que o seu uso em um novo concreto é ambientalmente satisfatório, além de diminuir a extração de matéria prima do meio ambiente. Para comprovar este fato, neste trabalho foram utilizados resíduos de peças pré-fabricadas de concreto, produzidas por uma empresa especializada. Foram produzidos três traços, com diferentes teores de substituição do agregado graúdo (20 e 40%) e um traço apenas com agregados naturais como referência. Em cada um dos traços foram moldados 8 corpos de prova, sendo 4 para serem rompidos com 7 dias de cura e mais 4 com 28 dias de cura. Os resultados de resistência à compressão mostraram que com 40% de substituição do agregado reciclado, sua resistência pode ser a mesma ou maior, comparando com o traço referencial. O reaproveitamento desses materiais trazem às empresas diminuição de seus gastos, garantem a qualidade dos seus produtos, ajudando a natureza e ainda podendo economizar financeiramente, visto que será um gasto a menos em seus orçamentos.

Palavras-chave: Meio ambiente; Agregado reciclado; Resíduo e construção.

TECHNICAL FEASIBILITY OF CONCRETE USE OF PRE-MANUFACTURED AS RECYCLED AGGREGATES OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION RESIDUES

ABSTRACT

The construction industry is currently one of the most wasteful in Brazil. These materials are often disposed of in the environment without any kind of control, leading to serious damage and wasting material that could possibly be reused. This work intends to analyze the technical feasibility of using concrete residues from the precast structural concrete as a large aggregate for the production of new concretes, which usually have no utility, showing that its use in a new concrete is environmentally satisfactory, in addition to reducing the extraction of raw material from the environment. To prove this fact, in this work were used precast concrete parts, produced by a specialized company. Three traces were produced, with different levels of substitution of the large aggregate (20 and 40%) and a trace only with natural aggregates as reference. In each of the traces were molded 8 specimens, 4 to be ruptured with 7 days of cure and 4 more with 28 days of cure. The results of resistance to compression showed that with 40% replacement of the recycled aggregate, its resistance can be the same or greater, comparing with the reference trait. The reuse of these materials bring companies to reduce their expenses, guarantee the quality of their products, helping nature and still save money, as it will be an expense less in their budgets.

Keywords: Environment; Recycled aggregate; Waste and construction.

1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo o concreto vem sendo utilizado em processos construtivos no Brasil e no mundo pelo fato da facilidade com que elementos estruturais de concreto podem ser executados, numa variedade de formas e tamanhos, por ser mais barato e mais facilmente disponível no canteiro de obra. O processo de fabricação consiste de um meio contínuo aglomerante, aonde estão mergulhadas partículas ou fragmentos de agregados. (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

A indústria da construção civil é essencial ao desenvolvimento do país, sendo um dos mais importantes setores da economia e a maior consumidora de recursos naturais. A consequência desta ação poderá ocasionar escassez de recursos num futuro muito próximo caso não seja tomada nenhuma medida de contenção ou diminuição no uso destes bens tão valiosos que a natureza fornece (ROTH; GARCIAS, 2016).

Do ponto de vista ambiental, os principais problemas dos resíduos da construção civil e demolição (RCD) são os grandes volumes gerados, que chegam em alguns casos, a 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos, comprovando assim o grande desperdício de materiais que acontece constantemente neste meio construtivo. A situação é agravada visto que, estes resíduos não são, em grande parte dos casos, descartados corretamente (BOURSCHEID; SOUZA, 2010).

O descarte de forma inadequada pode promover a poluição dos mananciais, problemas sanitários, o assoreamento de rios e córregos, a contaminação do solo, deslizamentos, obstrução dos sistemas de drenagem e inundações, acabando, inclusive, por onerar as administrações municipais que têm que se responsabilizar pela remoção e disposição desses. É necessário, portanto, adotar medidas que venham a disciplinar essas ações, como a seleção e implantação de áreas localizadas em pontos estratégicos, próximas aos pontos de geração desses resíduos, com a finalidade de receber, reaproveitar e reciclar esse material resíduos (BOSCOV, 2008).

Segundo Butler (2013), dentre os vários tipos de resíduos da indústria da construção civil, os resíduos de concreto possuem um dos maiores potenciais de reutilização, devido principalmente ao conhecimento de suas características básicas (fck e idade) e seu menor grau de contaminação por outros materiais, quando comparado com outros resíduos da construção. Os principais agentes geradores de resíduos de concreto são as fábricas de pré-fabricados, as demolições de construções e de pavimentos rodoviários de concreto.

A reciclagem, potencialmente, pode resultar na redução de custos e do volume de extração da matéria-prima, preservando os recursos naturais limitados, e também na minimização dos problemas com gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos municípios, juntamente diminuindo os agentes poluidores (LEITE, 2001).

O aprofundamento das discussões a respeito do que fazer com o grande volume de entulho gerado pelo setor da construção, depositado inadequadamente nos locais não propícios para esse fim, vem, aos poucos, ocupando espaço nas discussões políticas, dadas a importância do tema e a conscientização ambiental por parte da sociedade.

Como resultado de algumas pesquisas, já se sabe que a reciclagem do RCD pode ser aplicada para diversos fins, tais como: serviços de pavimentação, na fabricação de argamassas de assentamento e revestimento, na fabricação de concretos, pré-moldados (blocos, meio-fio). Desta forma surgiu a necessidade de compreender a influência da substituição de agregados graúdos naturais por reciclados de concreto para discutir a viabilidade técnica de realizar ensaio de resistência para novo concreto com resíduos de uma fábrica de pré-fabricados de concreto estrutural.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade técnica de utilização de resíduos, oriundos da pré-fabricação de concreto estrutural, como agregado graúdo para produção de novos concretos.

3. METODOLOGIA

3.1 Materiais

3.1.1 Cimento

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland de alta resistência inicial (CP V). Tem a peculiaridade de atingir altas resistências já nos primeiros dias da aplicação. O desenvolvimento

da alta resistência inicial é conseguido pela utilização de uma dosagem diferente de calcário e argila na produção do clínquer, bem como pela moagem mais fina do cimento, de modo que, ao reagir com a água, ele adquira elevadas resistências, com maior velocidade.

Tabela 1. Limites de composição do cimento Portland de Alta Resistência Inicial.

CP V	Clínquer + Sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material Pozolânico	Material Carbonático
	90 - 100	0	0	0 - 10

Fonte: ABNT NBR 16697:2018.

Tabela 2. Requisitos físicos e mecânicos do cimento Portland de Alta Resistência Inicial.

Sigla	Classe	Finura (%)	Tempo de início de pega (min)	Tempo de fim de pega (min)	Expansibilidade a quente (mm)	Resistência à compressão (Mpa)			
		Resíduo na peneira 75 µm				1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
CP V	ARI	≤ 6,0	≥ 60	≤ 600	≤ 5	≥ 14,0	≥ 24,0	≥ 34,0	-

Fonte: ABNT NBR 16697:2018.

3.1.2 Agregado natural miúdo

O agregado miúdo utilizado nas dosagens foi uma areia natural fina, procedente de uma Jazida. Após análise dos ensaios de caracterização do agregado miúdo, mostrados na Tabela 3, verificou-se que o material é muito fino, com diâmetro máximo de 0,6 mm e módulo de finura de 1,425.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de caracterização do agregado miúdo.

Peneiras		Material Retido			% Passando da A. Total
Nº	mm	Peso (g)	% Amostra Total	% Acumulada	
4	4,8	0	0	0	100
8	2,4	0	0	0	100
16	1,2	3,92	0,79	0,79	99,21
30	0,6	12,45	2,5	3,29	96,71
50	0,3	222,17	44,6	47,89	52,11
100	0,15	212,36	42,63	90,52	9,48
200	0,075	44,87	9,01	99,53	0,47
Fundo		2,32	0,47	100	0
Módulo de Finura (MF)					1,425
Diâmetro Máximo (DM)					0,6
Massa Uni. Aparente Solta (Kg/m ³)					1,501
Massa Específica Real (Kg/m ³)					2,63
Absorção (%)					0,5
Mat. Pulverulento (%)					1,0
Impureza Orgânicas					ND
Teor de argila e Mat. Friáveis					ND

Fonte: AUTOR (2018).

3.1.3 Agregado natural graúdo

O agregado graúdo, utilizado nas dosagens, foi uma brita "granítica" com diâmetro máximo de 19mm.

Com a análise dos ensaios de caracterização do agregado graúdo natural, mostrados na Tabela 4, verificou-se que o material possui diâmetro máximo de 19 mm.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de caracterização do agregado graúdo natural.

Peneiras		Material Retido			% Passando da A. Total
Nº	mm	Peso (g)	% Amostra Total	% Acumulada	
1"	25	0	0	0	100
3/4"	19	146,5	4,9	4,9	95,1
1/2"	12,5	1375,1	45,97	50,87	49,13
3/8"	9,5	770,95	25,77	76,64	23,36
1/4"	6,3	394,36	13,18	89,82	10,18
4	4,8	47,75	1,6	91,42	8,58
8	2,4	46,85	1,57	92,99	7,01
16	1,2	40,7	1,36	94,35	5,65
30	0,6	31,06	1,04	95,39	4,61
50	0,3	34,31	1,15	96,54	3,46
100	0,15	38,45	1,29	97,83	2,17
200	0,075	32,58	1,09	98,92	1,08
Fundo		32,62	1,09	100,01	0

Módulo de Finura (MF)	6,5
Diâmetro Máximo (DM)	19
Massa Uni. Aparente Solta (Kg/m ³)	1470
Massa Específica Real (Kg/m ³)	2703
Absorção (%)	0,7
Índice de Forma	ND
Abrasão Los Angeles (%)	ND
Material Carbonosos (%)	ND

Fonte: AUTOR (2018).

3.1.4 Agregado reciclado

Os resíduos de concreto utilizado para a parte experimental da pesquisa foram fornecidos por uma empresa de Pré-Fabricados. As amostras foram coletadas de um bota-fora, onde a resistência do concreto que originou os resíduos era de 40 MPa. Os resíduos passaram por um processo de triagem para remover impurezas tais como ferro, borracha, plástico e material orgânico (Figura 1), antes de serem triturados e separados em função de sua granulometria (NBR NM 248:2003).

Figura 1. Resíduos de peças de concreto pré-fabricado depois do processo de triagem.



Fonte: AUTOR (2018).

Tabela 5. Resultados dos ensaios de caracterização do agregado graúdo reciclado.

Peneiras		Material Retido			% Passando da A. Total
Nº	mm	Peso (g)	% Amostra Total	% Acumulada	
1"	25	0	0	0	100
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,5	669,3	22,42	22,42	77,68
3/8"	9,5	655	21,95	44,37	55,63
1/4"	6,3	530,8	17,79	62,16	37,84
4	4,8	216,2	7,24	69,4	30,6
8	2,4	263	8,81	78,21	21,79
16	1,2	190	6,37	84,58	15,42
30	0,6	150,4	5,04	89,62	10,38
50	0,3	125,2	4,19	93,81	6,19
100	0,15	91,6	3,07	96,88	3,12
200	0,075	55,3	1,85	98,73	1,27
Fundo		37,8	1,27	100	0

Módulo de Finura (MF)	6,569
Diâmetro Máximo (DM)	19
Massa Uni. Aparente Solta (Kg/m ³)	1474
Massa Específica Real (Kg/m ³)	2410
Absorção (%)	2,4
Índice de Forma	ND
Abrasão Los Angeles (%)	ND
Material Carbonosos (%)	ND

Fonte: AUTOR (2018).

3.2- Caracterização Física do Agregado

Testes de caracterização física de agregados foram feitas, tais como: determinação da massa específica de acordo com as especificações da NBR NM 52: 2009 por agregados finos e NBR NM 53: 2009 para os agregados grosseiros, determinação da massa unitária e do volume como especificações da NBR NM 45: 2006 e classificação dos agregados de acordo com a composição granulométrica, como visto na NBR 7211: 2009.

3.3- Seleção da dosagem

A dosagem foi realizada conforme os procedimentos dispostos na NBR 7212: 2012, considerando um fck de 40 MPa e relação água cimento de 0,45. O consumo de cimento mais usual para Fckj admitido e relação água/cimento que obtenha a consistência desejada, atendendo a NBR 12655: 2015.

As proporções de mistura de concreto, em massa, selecionados para este estudo foi: 1: 1,893: 2,367: 0,40 no que diz respeito a cimento, areia, brita e relação água cimento, respectivamente. A partir da proporção de mistura para o concreto de referência, foram produzidas outras com a incorporação do resíduo em substituição dos agregados nos traços apresentados na Tabela 6.

A proposta foi criar 3 traços, sendo o primeiro um traço de referência chamado TR 1, que manteve as características do traço padrão em relação a massa específica teórica do cimento (MeCo), consumo de cimento (CCi), Relação água cimento (A/C) e fator de argamassa (Fa). Nos outros 2, foram substituídos parte dos agregados graúdos por agregados reciclados, com proporções de 20% (TR 2) e 40% (TR 3).

Segundo Santos et al. (2016), utilizou-se os seguintes parâmetros como base para cálculo da dosagem: Massa Específica Teórica do Concreto (Meco) = 2500 kg/m³, Consumo de Cimento (Cci) = 450 kg/m³, Relação Água Cimento (A/C) = 0,30, Fator de Argamassa (Fa) = 55%.

Tabela 6. Traços utilizados e suas características

TRAÇO	CIMENTO	AGREGADO MIÚDO			ÁGUA	SLUMP (mm)
		AREIA	BRITA	RECICLADO		
TR 1	1,000	1,893	2,367	-	0,30	90
TR 2 (20%)	1,000	1,893	1,8936	0,4734	0,30	90
TR 3 (40%)	1,000	1,893	1,4202	0,9468	0,30	120

Fonte: AUTOR (2018).

Foi utilizado o *Slump test* para determinação da consistência, estabelecendo uma faixa de consistência de 100 ± 20 mm, de acordo com a NBR 67: 1998.

As amostras de concreto cilíndrico foram moldadas, com dimensões 10 x 20 cm, para realizar os seguintes testes: preparo e o controle tecnológico do concreto (NBR 12655:2015) e determinação da resistência à compressão (NBR 5739: 2007). A mistura foi feita num misturador de concreto intermitente de eixo inclinado (NBR 5738: 2008), e depois as amostras foram moldadas na mesa vibratória e curadas, submersas num tanque de água - com cal, durante 7 e 28 dias, de acordo com as especificações da NBR 5738: 2008. Após a cura, as amostras cilíndricas foram corrigidas através de um corte com disco diamantado, para obter uma superfície perfeitamente plana (NM 77: 2001) , para a execução do teste a resistência à compressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na resistência à compressão, os 8 corpos de prova de cada um dos 3 traços, foram submetidos à prensa para verificar a sua resistência à compressão de acordo com a NBR 5739.

4.1- Resistência com idade de 7 dias

Os dados de resistência à compressão de 7 dias são apresentados na Tabela 7.

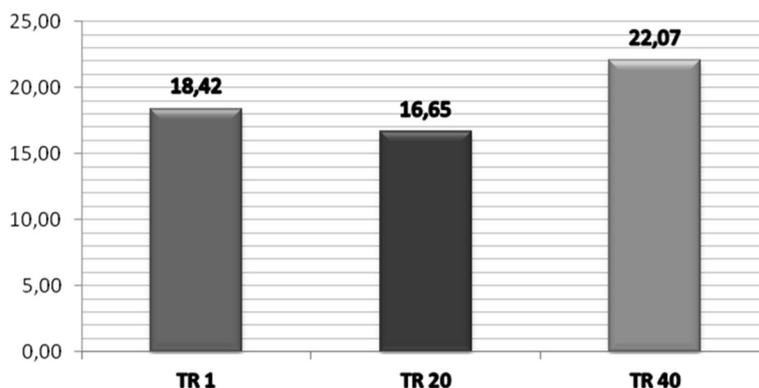
Tabela 7. Resistência à compressão aos 7 dias

TRAÇOS	RESISTÊNCIA EM 7 DIAS (MPa)				MÉDIA	DESVIO PADRÃO (MPa)
	1	2	3	4		
TR 1	17,78	21,59	17,78	16,51	18,42	5,5
TR 20	16,69	16,71	16,45	16,73	16,65	5,5
TR 40	21,92	22,07	19,31	24,96	22,07	5,5

Fonte: AUTOR (2018).

O Gráfico 1 mostra uma comparação entre as médias em MPa dos quatro corpos de prova de cada um dos três traços.

Gráfico 1. Comparativo das médias de resistência com 7 dias



Fonte: AUTOR (2018).

4.2- Resistência com idade de 28 dias

Os dados de resistência à compressão de 28 dias são apresentados na Tabela 8.

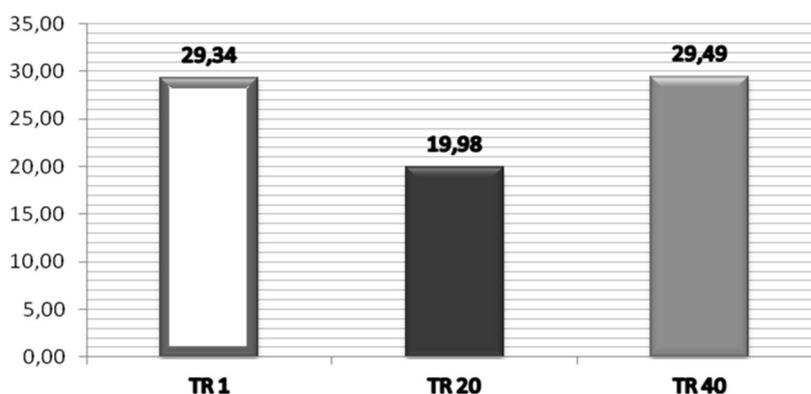
Tabela 8. Resistência à compressão aos 28 dias

TRAÇOS	RESISTÊNCIA EM 28 DIAS (MPA)				MÉDIA
TR 1	32,52	28,45	26,77	29,6	29,34
TR 20	20,5	21,46	17,9	20,07	19,98
TR 40	29,93	29,84	28,96	29,22	29,49

Fonte: AUTOR (2018).

O Gráfico 2 mostra uma comparação entre as médias em MPa dos quatro corpos de prova de cada um dos três traços.

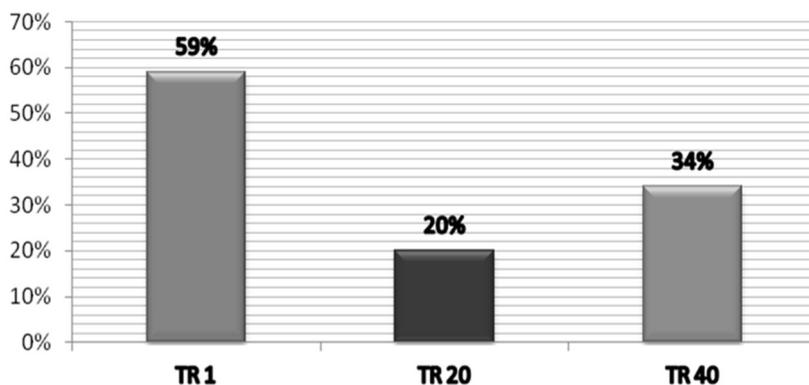
Gráfico 2. Comparativo das médias de resistência com 28 dias



Fonte: AUTOR, 2018.

Analisando os Gráficos 1 e 2, observa-se um ganho de resistência entre o período de 7 e 28 dias, este aumento está demonstrado no gráfico 3.

Gráfico 3. Ganho de resistência entre 7 e 28 dias



Fonte: AUTOR (2018).

5. CONCLUSÃO

Após analisar os resultados de cada uma das dosagens é possível verificar que, aos 7 e aos 28 dias de cura, todas as dosagens estudadas apresentaram níveis de resistências acima do F_{ck} especificado no estudo. Os altos valores de resistências obtidos podem ser justificados, primeiro por terem sido utilizados nos estudos um cimento de alta resistência inicial, que apresenta em sua composição, diferentes percentuais de calcário e argila na produção do clínquer, que contribui para uma alta área específica (Blaine), resultando em um material muito fino que, ao reagir com a água, adquire elevadas resistências, com maior velocidade (NEVILLE, 2015). A presença do percentual de fino do agregado reciclado, que é constituído por parte do fino da rocha e da pasta de cimento do concreto, também favoreceu para estes níveis de resistências.

Analisando os resultados médios aos 28 dias de cura, verifica-se que quanto maior o teor de agregado reciclado na mistura, maior é a compacidade da mesma, devido ao empacotamento que resulta em menores índices de vazios, contribuindo para a obtenção de níveis de resistências a compressão simples maiores. Quanto ao traço TR 20, que na sua composição foi utilizado menor percentual de agregado reciclado, subentende-se que o percentual de finos não contribuiu de forma significativa na compacidade da mistura, deixando certo índice de vazios o que resultou menores níveis de resistência tanto em relação TR 1 quanto ao traço TR 40.

O percentual de crescimento das resistências em relação ao tempo de cura, verifica-se que o traço TR 40 apresentou menor percentual, apesar de ter apresentado maiores valores de resistências aos 7 e 28 dias de cura.

Apesar do pequeno universo de características estudadas, verificou-se que é válida a utilização do agregado reciclado oriundo de pré-fabricação de concreto estrutural, em substituição ao agregado graúdo para a fabricação de concretos estruturais.

O incentivo econômico para as indústrias pode mudar o destino dos resíduos, principalmente se tratando de uma empresa de pré-fabricados, pois seus materiais provenientes do concreto darão origem a uma nova peça que poderá obter qualidade tão boa quanto na primeira vez que foi feita.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52:2009 – Agregado miúdo-Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

NBR 12655:2015 – Concreto – Preparo, Controle e Recebimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

____ 5739:2007 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

____ 7211:2009 – Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

____ 7212:2012 – Execução de concreto dosado em central - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

____ 7222:2011 – Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2009.

____ 9778:2009 – Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

NBR NM 45:2006 – Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

____ 53:2009 – Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

____ 67:1998 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

____ 77:2001 – Concreto – Preparação das bases dos corpos-de-prova e testemunhos cilíndricos para o ensaio de compressão. Rio de Janeiro, 2001.

BOSCOV, M.E. Geotecnia Ambiental. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2008. 248 p.

BOURSCHEID, J. A.; SOUZA, R. L. Resíduos de Construção e Demolição como material alternativo. 1 ed. Florianópolis: Publicações do IFSC, 2010.

BUTTLER, A. M. Concreto com Agregados Graúdos Reciclados de Concreto – Influência da Idade de Reciclagem nas Propriedades dos Agregados e Concretos Reciclados. São Carlos, 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

LEITE, M. B. Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994, p. 01-02.

NEVILLE, M.A.; BROOKS, J.J. Tecnologia do Concreto. 5ª edição. 2015.

PEREIRA, A. Cimento Portland. Universidade do Estado de Mato Grosso, Sinop, p. 3-5, 2013.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. Construção Civil e a Degradação Ambiental. Desenvolvimento em questão. n. 13, p.111-128, 2016.

SCOBAR, R. L. Concreto leve estrutural: substituição do agregado graúdo convencional por argila expandida. Campo Mourão, 48 p., 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.