



**Análise experimental da resistência do concreto leve produzido com  
resíduo de pedra basáltica**

**Claudio Nelson Mateus Lucas**

Mestrando, UNESP, Brasil  
mateus.lucas@unesp.br

**Maximiliano dos Anjos Azambuja**

Professor Doutor, UNESP, Brasil  
m.azambuja@unesp.br

## RESUMO

O aproveitamento de resíduos como agregados para o concreto é relevante, pois diminui a extração de recursos naturais, por exemplo, areia natural. É embrionário o estudo de resíduos de pedra basáltica para produção de concretos leves, entretanto, é uma alternativa, pois a areia, é produzida a partir do resíduo de rochas basáltica triturada, chamada areia de britagem. A argila expandida é tradicionalmente utilizada por diversos pesquisadores para produção de concreto leves. O presente trabalho estudou a resistência mecânica de concreto leve produzido com argila expandida com substituição parcial de 20% de areia natural pela areia de britagem, com aditivo plastificante. Foram elaborados dois traços, o primeiro Traço 1 de referência (AN100%) e o segundo Traço 2 com a substituição de 20% da areia natural por areia de britagem (AB20%). A resistência a compressão e resistência à tração por compressão diametral foi analisada. Os resultados mostram que o concreto produzido na pesquisa é promissor, pois cumpriu com as especificações da NBR NM 35, 1995, e os resultados de resistência a compressão, aos 7 dias, foram de aproximadamente 23,1MPa (T1) e 22,5MPa (T2), valores maiores que 17MPa, aos 28 dias, mínimo estabelecido para concretos leves estruturais na NBR NM 35, 1995. A substituição de 20% da areia natural pela areia de britagem provocou uma redução de 9% da resistência a tração por compressão diametral e uma redução de 10% da resistência a compressão em relação ao traço (T1) que não contem areia de britagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto leve. Argila Expandida. Areia de Britagem.

## 1. INTRODUÇÃO

A descoberta do concreto teve seu início no final do século XIX, mas seu uso constante foi apenas no início do século XX que se tornou o material mais usado pelo homem depois da água. O concreto revolucionou a maneira de construir e sempre esteve presente no desenvolvimento das civilizações até os dias de hoje (HELENE; ANDRADE, 2007, p. 905).

Durante os anos de 1824 até 1970 o concreto foi basicamente a mistura de cimento, água e agregados simples, com poucas mudanças em suas propriedades. Nos últimos 40 anos com os grandes avanços tecnológicos e com a necessidade de melhorar a forma de elaborar e aplicar o concreto foram surgindo novos materiais como agregados para o concreto (ROSSIGNOLO, 2009).

O sector da construção é um dos principais agentes que degradam o meio ambiente, razão pela qual se tem inovado e procurando novos materiais e técnicas de construção para então acabar com este impacto negativo na natureza. O surgimento de novos agregados para o concreto tem proporcionado o reuso dos materiais deixados pela construção e a utilização agregados artificiais que não infectem de maneira negativa o meio ambiente. Cabe destacar que para a produção de 1 tonelada de clínquer de cimento são necessárias 0,5 toneladas de dióxido de carbono por causa da calcinação de calcário e 0,45 toneladas de combustível, transformando assim a indústria do cimento comum (Cimento Portland) uma das que mais polui o meio ambiente (HELMY, 2016; WANDERLEY, 2018).

Segundo Viero (2010) apesar dos grandes avanços na construção ainda assim o consumo de matérias primas da natureza utilizada para elaborar os principais elementos

construtivos como no concreto provoca grandes problemas na natureza. Problemas tais como extração da areia do leito dos rios razão pela qual o setor da construção vem procurando alternativas ao uso da areia natural na elaboração de concretos estruturais. Uma dessas alternativas que se vem estudando é o uso de areia produzida a partir das rochas basáltica triturada chamada areia de britagem.

De acordo com Aquino (2013) a substituição da areia natural pela areia de britagem no concreto tem grandes benefícios ao meio ambiente ao se reduzir a extração da areia natural nos rios. Cabe ressaltar que o resíduo do processo de britagem das rochas basálticas é utilizado para produção da areia de britagem, portanto, um benefício ecológico para este subproduto.

Segundo Angelin (2014) a evolução tecnológica mundial tem proporcionado novos métodos construtivos no ramo da construção originando assim a utilização dos concretos especiais, sobretudo os concretos elaborados com agregados leves, por possuírem massa específica inferiores aos concretos convencionais, conseqüentemente, desempenho térmico superior.

O concreto leve estrutural elaborado com argila expandida apresenta grandes vantagens com respeito ao conforto térmico em relação aos concretos convencionais, e cabe destacar que o seu uso constante nas vedações e coberturas é devido a redução da absorção e a transferência de calor transmitida pelas radiações solares (ANGELIN, 2014).

A massa específica seca abaixo de  $2000 \text{ kg/m}^3$  é uma das características dos concretos leves em comparação aos concretos convencionais e apresentam significativas mudanças em algumas propriedades, como trabalhabilidade, resistência mecânica, modulo de deformação e retração. As propriedades térmicas dos concretos leves são expressivamente diferentes das analisadas nos concretos tradicionais, sobretudo devido à quantidade de vazios na estrutura celular dos agregados leves, como a argila expandida, que reduz a transferência e a absorção de calor em relação aos agregados tradicionais (ROSSIGNOLO, 2009).

A partir do exposto, a presente pesquisa avaliou as propriedades mecânicas de concreto leve produzido com argila expandida como agregado graúdo e a substituição de 20% da areia natural por areia de britagem. Foram feitos ensaios de resistência à tração por compressão diametral e de resistência à compressão com finalidade de qualificar os concretos leves estruturais produzidos em laboratório.

## 2. OBJETIVOS

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar as propriedades de resistência mecânica de concretos leves elaborados com argila expandida (agregado graúdo) com substituição de 20% da areia natural pela areia de britagem, com adição de superplastificante.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa de caráter experimental e exploratória planejou os ensaios preliminares para produção de concretos leves estruturais, com argila expandida, com definição dos quantitativos dos insumos necessários para dosagem experimental. No Traço 1 (T1), de referência, foi produzido com areia natural (100%), enquanto, no Traço 2 (T2), com substituição de 20% de areia natural pela areia de britagem.

O agregado leve de argila expandida é utilizado por vários pesquisadores na produção de concretos leves com resultados adequados para resistência mecânica, por este motivo, sua escolha como traço padrão (referência).

A dosagem e os ensaios foram realizados no Laboratório de Construção Civil da UNESP/FEB/DEC e os ensaios preliminares foram realizados com 6 repetições de corpos-de-prova para cada avaliação aos 7 dias de idade, totalizando 24 corpos-de-prova cilíndricos.

Os ensaios realizados foram no concreto no estado fresco (slump test) e no estado endurecido (resistência à tração diametral e a resistência à compressão) embasados nas normas técnicas da ANBT.

#### 3.1 MATERIAIS

##### 3.1.1. Cimento

Para produção dos concretos foi utilizado o cimento Portland CII-E-32 Votoran, com características em conformidade com a ABNT NBR 11578:1991.

##### 3.1.2. Agregados

**Areia Natural:** Foi utilizada a areia quartzosa de graduação média, isenta de materiais orgânicos, proveniente do rio Tietê, no município de Pederneiras, Estado de São Paulo. A tabela 1 apresenta as características da areia natural segundo as prescrições da ABNT NBR 7211/2009.

**Tabela 1: Granulometria da Areia Natural**

Composição granulométrica- ABNT NBR 7211/2009		
Peneira	% Retida	% Acumulada
4,8	0,65	0,65
2,4	6,83	7,48
1,2	21,93	29,41
0,6	24,08	53,48
0,3	23,32	77,30
0,15	14,24	91,54
Fundo	8,26	100
Dimensão Máxima característica	4,8 mm	
Modulo de finura	2,6	

Fonte: OS AUTORES, 2020.

**Areia de britagem:** o material utilizado foi o resíduo proveniente da pedra basáltica, cujo local de extração foi na Pedreira Nova Fortaleza, localizada no município de Pederneiras, estado de São Paulo. A tabela 2 apresenta as características granulométricas da areia de britagem.

**Tabela 2: Granulometria da Areia de Britagem**

Composição granulométrica- ABNT NBR 7211/2009		
Peneira	% Retida	% Acumulada
4,8	5,09	5,09
2,4	47,81	52,90
1,2	27,31	80,21
0,6	9,07	89,28
0,3	3,71	92,99
0,15	2,16	95,15
Fundo	4,85	100
Dimensão Máxima característica	4,8 mm	
Modulo de finura	4,2	

Fonte: OS AUTORES, 2020.

A figura 1 mostra os agregados miúdos utilizados na pesquisa e a figura 2 apresenta as curvas granulométricas dos agregados miúdos.

Figura 1: Agregados miúdos (areia natural e areia de britagem) e agregado graúdo.

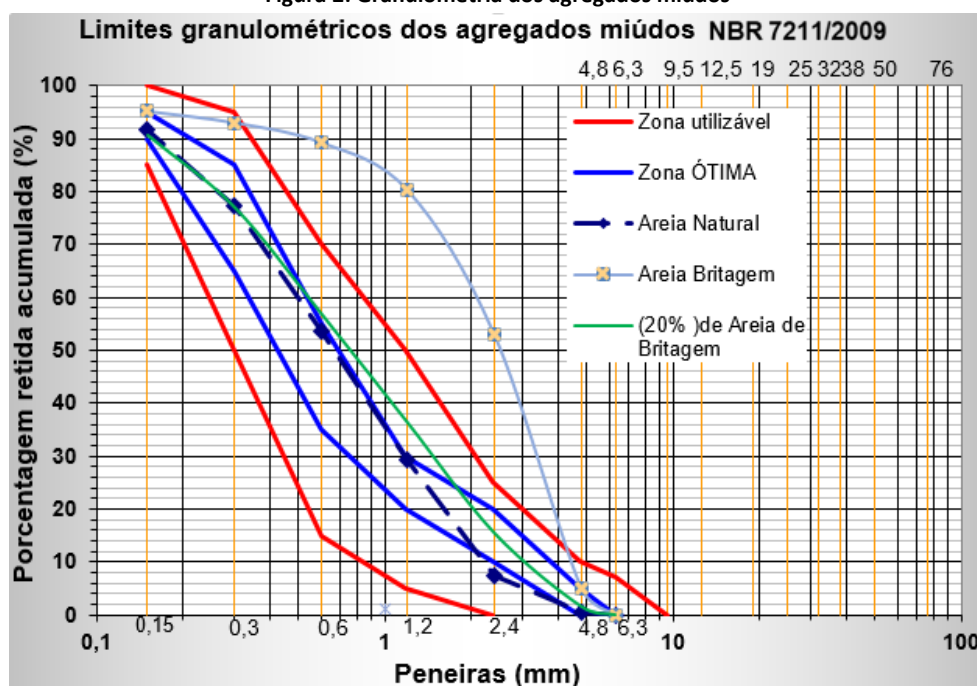


a) Areia Natural    b) Areia de Britagem

Argila expandida Cinexpan 1506

Fonte: OS AUTORES, 2020.

Figura 2: Granulometria dos agregados miúdos



Fonte: OS AUTORES, 2020.

**Argila Expandida:** como agregado graúdo usado foi a argila expandida 1506 produzida pela empresa brasileira Cinexpan. A tabela 3 apresenta as propriedades do agregado graúdo.

**Tabela 3: Propriedades do agregado graúdo**

Propriedade da Argila Expandida Cinexpan 1506	
Densidade Aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	600±10%
Massa Específica (Kg/m <sup>3</sup> )	1,11
Varição Granulométrica (mm)	6-15
Resistência Mecânica (MPa)	2,3
Condutividade Térmica (W/m. k)	0,10 a 0,16
Absorção da água nas 24 horas (%)	7
Isolamento Acústico (dB)	44

Fonte: CATALOGO CINEXPAN, 2020.

**Água:** na produção dos concretos foi utilizada água potável proveniente da rede de abastecimento local-Bauru/SP.

**Aditivo Plastificante:** foi usado o aditivo plastificante lignosulfonatos, cujas características são apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4: Características do Aditivo**

Aditivo: CEMIX 2000	
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1,22
Aparência	Líquido marrom escuro, isento de cloretos
Composição básica	Lignosulfonatos
pH	9
Odor	Característico
Faixa de temperatura de ebulição	100°C
Ponto de fulgor	100°C

Fonte: VEDACIT, 2020.

### 3.3. DOSAGEM DOS CONCRETOS

A tabela 5 apresenta os traços dos concretos leves produzidos na dosagem experimental.

**Tabela 5: Dosagens dos concretos leves**

Traços	Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	Areia Natural (Kg/m <sup>3</sup> )	Areia de Britagem (kg/m <sup>3</sup> )	Argila Expandida (Kg/m <sup>3</sup> )	Água (Kg/m <sup>3</sup> )	Aditivo (%)
1-AN100%	400	840	-	320	155,73	1,50
2-AB20%	400	672	168	320	183,80	1,50

Fonte: OS AUTORES, 2020

### 3.4. PRODUÇÃO DOS CONCRETOS

O processo de mistura dos materiais ocorreu com colocação dos materiais na betoneira, de capacidade de 350 litros, de forma sequencial, antes se fez a imprimação. Primeiro foi colocada a argila expandida, depois água e com o aditivo superplastificante, com a betoneira em movimento, e por fim o cimento e a areia. Em seguida ocorreu a mistura dos materiais na betoneira por aproximadamente 5 minutos. Após o processo de amassamento do concreto em betoneira a mistura apresentou-se homogênea. Realizou-se o ensaio de abatimento do tronco de cone de acordo a ABNT NBR 67: 1998, na qual se verificou a consistência e plasticidade do concreto. A moldagem do concreto foi realizada em corpos-de-prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura e o processo de adensamento mediante mesa de vibração. Após 24 horas de cura do concreto, foram desmoldados os corpos-de-prova e em seguida colocados na câmara úmida para processo de cura úmida. Os corpos-de-prova permaneceram na câmara úmida por 7 dias, depois foram ensaiados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

##### 4.1. Resistência à tração compressão diametral

Os resultados de resistência a tração por compressão diametral foram determinados na idade de 7 dias, utilizando-se 6 corpos-de-prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura para cada traço, conforme prescrito na ABNT NBR 7222:2001. A figura 2 ilustra o ensaio realizado de resistência à tração por compressão diametral. A figura 3 ilustra os corpos-de-prova após a ruptura por tração diametral, que não houve segregação do agregado leve. A tabela 6 apresenta os resultados do traço 1 (AN100%) e a tabela 7 apresenta os resultados do traço 2 (20%).

Figura 3: Ensaio de resistência à tração por compressão diametral



Fonte: OS AUTORES, 2020.

Figura 4: Corpos-de-prova após ruptura



Fonte: OS AUTORES, 2020.



**Tabela 6: Resultados para o Traço 1 (AN100%)**

	Força de ruptura (KN)	Tensão de ruptura (MPa)
Valor mínimo	4265	13,58
Valor máximo	7865	25,03
Média	5850	18,62
Desvio Padrão (S)	1480	4,712
Coeficiente (%)	25,31	25,31

Fonte: OS AUTORES, 2020

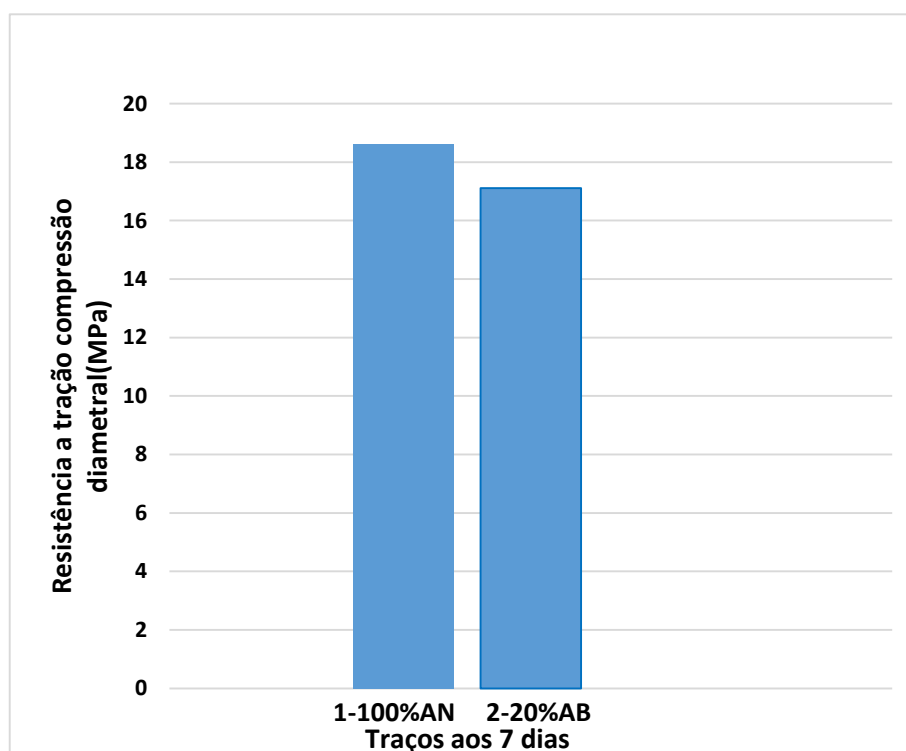
**Tabela 7: Resultados para o Traço 2 (AB20%)**

	Força de ruptura (KN)	Tensão de ruptura (MPa)
Valor mínimo	4589	14,61
Valor máximo	6057	19,28
Média	5377	17,11
Desvio Padrão (S)	503,04	1,602
Coeficiente (%)	9,362	9,362

Fonte: OS AUTORES, 2020

A figura 5 apresenta os valores de resistência à tração por compressão diametral dos dois traços na idade de 7 dias.

**Figura 5: Resultado da resistência à tração por compressão diametral**



Fonte: OS AUTORES, 2020

Como se pode observar nos resultados apresentados na figura 4, houve um decréscimo de 9% do traço com 20% de substituição da areia natural pela areia de britagem em relação ao traço de referencia (AN100%).

#### 4.2. Resistência à compressão

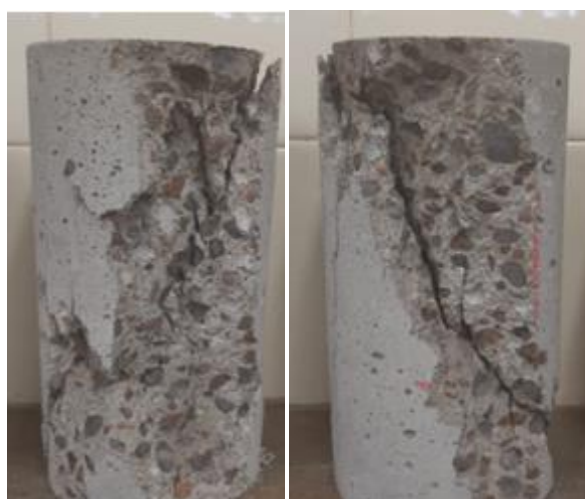
Os resultados de resistência à compressão foram determinados na idade de 7 dias, utilizando-se 6 corpos-de-prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm e altura para cada traço, seguindo a prescrição da ABNT NBR 5739:2007. A figura 6 ilustra o ensaio realizado de resistência à compressão e figura 7 ilustra os corpos-de-prova após a ruptura por compressão, na qual é possível observar os tipos de ruptura. As tabelas 8 e 9 apresentam os resultados de resistência à compressão para os traços estudados. Figura 8 apresenta os resultados de resistência à compressão dos traços.

Figura 6: Ensaio de Resistência à compressão



Fonte: Autor, 2020

Figura 7: a) Tipo D – Cônica e Cisalhada e b) Tipo E - Cisalhada



(a)

(b)

Fonte: Autor, 2020

**Tabela 8: Resultados para o traço 1 (AN100%)**

	Força de ruptura (KN)	Tensão de ruptura (MPa)
Valor mínimo	15550	19,41
Valor Máximo	21360	26,57
Media	18620	23,08
Desvio Padrão (S)	2554	3,258
Coeficiente (%)	13,72	14,12

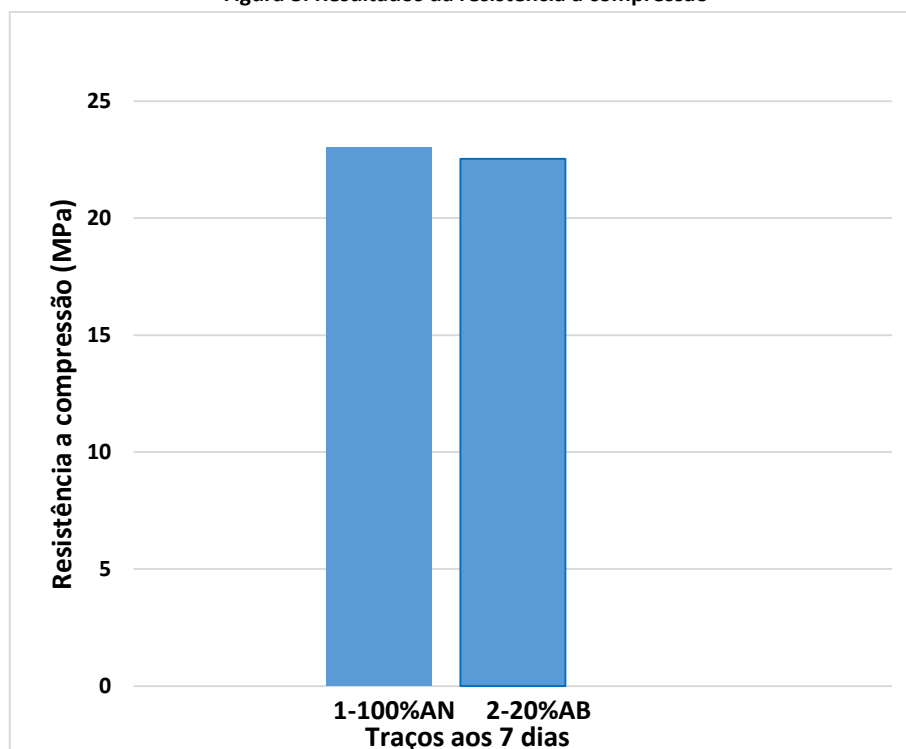
Fonte: OS AUTORES, 2020

**Tabela 9: Resultados para o traço 2 (AB20%)**

	Força de ruptura (KN)	Tensão de ruptura (MPa)
Valor mínimo	16760	20,83
Valor Máximo	21730	25,27
Media	18580	22,53
Desvio Padrão (S)	1842	1,787
Coeficiente (%)	9,913	7,933

Fonte: OS AUTORES, 2020

**Figura 8: Resultados da resistência à compressão**



Fonte: OS AUTORES, 2020

Como se pode notar a substituição de 20% da areia natural pela areia de britagem resultou uma redução da resistência à compressão em 10% em relação ao traço que não contém areia de britagem. Embora haja esta redução na resistência à compressão, a areia de britagem apresentou resultados adequados para produção de concretos leves, pois os valores de resistência a compressão para todos os traços aos 7 dias, superam o valor mínimo de 17 MPa aos 28 dias, estabelecido pela NBR NM 35, 1995 no item 4.3.1.1.

## 6. CONCLUSÃO

A pesquisa apresentou resultados aceitáveis para os parâmetros avaliados de resistência a compressão diametral e resistência à compressão, aos 7 dias de idade, para o estudo exploratório de dosagem experimental de concreto leve produzido com argila expandida com substituição do agregado miúdo de areia natural por 20% de areia de britagem. A sequência dos estudos avaliará os parâmetros aos 28 dias, para afirmar, a potencialidade de uso estrutural do concreto leve produzido. Ressalta-se que os traços produzidos, nos 7 dias de idade, já atingiram as resistências mínimas sugeridas nas normas técnicas brasileiras.

## 6. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Instituto Nacional Angolano de Gestão de Bolsas de Estudos (INAGBE) pelo apoio financeiro e a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP – Campus de Bauru).

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABREU, F. de S. **Análise da Durabilidade de Concreto Leve de Argila Expandida com Camada Protetora Submetida a Meio Agressivo Ácido**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

ANGELIN, A. F. **Concreto leve estrutural: Desempenhos físicos, térmicos, mecânicos e microestruturas**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, 2014.

ÂNGULO, S. C.; FIGUEIREDO, A. D. Concreto com agregados reciclados. In: ISAIA, G. C. (Org.). **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011. v. 2, p. 1731-1767.

AQUINO, J. L. S. **Desenvolvimento de Compósitos de Matriz Cimentícia Utilizando Resíduos de Politereftalato de Etileno (Pet) e de Areia de Britagem na Produção de Concretos**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, 2013.

ARAUJO, E. C., DIAS, F. M. Massa Específica e Absorção de Água de Concretos Manufaturados com Agregados Alternativos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, [S. l.]**, v. 4, p.764-783, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5739**, Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos de Provas Cilíndricos, Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9778**, Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, Rio de Janeiro, 1987.

ASSUNÇÃO, J. W. **Concreto Leve Auto adensável: Avaliação da Influência da Argila Expandida do Processo de Dosagem e nas Propriedades do Concreto**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2016.

BASTOS, S. R. B. **Uso da Areia Artificial Basáltica em Substituição Parcial à Areia Fina Para a Produção de Concretos Convencionais**. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

BORJA, E. V. de. **Efeito da Adição de Argila Expandida e Adições de Minerais na Formulação de Concretos Estruturais Leves Auto adensáveis**. Tese (Doutorado)- Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011.

CABRAL, K. O. **Influência da Areia Artificial Oriunda da Britagem de Rocha Granito-Gnaiss nas Propriedades do Concreto Convencional no Estado Fresco e Endurecido**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, 2007.

CARNEIRO, S. S.; RIBEIRO, J. M. S.; MOREIRA, K. M. V. Areia de Britagem como Agregado Miúdo em Concretos. Encontro Nacional Sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 5., 2017, Fortaleza CE. **Anais [...]**. Ceará: UniChristus, 2017, p. 168-182.

CHUNG, S.-Y. *et al.* Evaluation of the effects of crushed and expanded waste glass aggregates on the material properties of lightweight concrete using image-based approaches. **Materials**, [S. l.], v.10, 2017

DRAGO, C.; VERNEY, J. C. K. de; PEREIRA, F. M. Efeito da Utilização de Areia de Britagem em Concretos de Cimento Portland. **Revista Escola de Minas**, [S. l.], v. 62, n. 3, p. 399-408, 2009.

FABRO, F. *et al.* Influência da Forma dos Agregados Miúdos nas Propriedades do Concreto. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, [S. l.], v. 4, p.191-212, 2011.

GOMES, P. C. C. *et al.* Obtenção de Concreto Leve Utilizando Agregados Reciclados. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 31-46, 2015.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. *In*: ISAIA, G. C. (Org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. v. 2, p. 905-944.

HELMY, A. I. I. Intermittent curing of fly ash geopolymer mortar. **Construction and Building Material**, [S. l.], v. 110, p. 54-64, 2016

LANG, C. L. **Avaliação do uso de Areia Britada de Origem Basáltica Lavada e não Lavada para Utilização em Concreto à Base de Cimento portland**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

LYRA, G. P. **Agregados Leves de Cerâmica Vermelha com Incorporação de Cinza do Bagaço de Cana-De-Açúcar Sinterizados em Fornos de Micro-ondas**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2019.

MORAVIA, W. G. *et al.* Caracterização Microestrutural da Argila Expandida para Aplicação como Agregado em Concreto Estrutural Leve. **Cerâmica**, [S. l.], v. 52, p. 193-199, 2006.



MORAVIA, W. G.; GUMIERI, A. G.; VASCONCELOS, W. L. Fator de Eficiência e Módulo de Elasticidade do Concreto Leve com Argila Expandida. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, [S. l.], v. 3, p. 195-204, 2010.

OLIVEIRA, A. de.; GARCIA, S. L. G.; CORDEIRO, G. C. Avaliação do Desempenho Estrutural em Serviço de Lajes Treliçadas Pré-moldadas de Concretos com Agregados Leves. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 37-45, 2011.

ROSSIGNOLO, J.A. **Concreto leve estrutural: Produção, propriedades, microestrutura e aplicações**. São Paulo: Editora PINI, 2009.

SACHT, H.M.; ROSSIGNOLO, J.A.; SANTOS, W.N. Avaliação da condutividade térmica de concretos leves com argila expandida. **Revista Matéria**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 31-39, 2010.

SARTORI, A. L. *et al.* Aderência entre barras de aço e concreto leve com pérolas de EPS. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, [S. l.], v. 10, n. 1, 2017.

VIERO, E. H. **Aplicação de Areia de Britagem de Rochas Basálticas na Fabricação de Concreto de Cimento Portland**. Dissertação (Mestrado) –Universidade de Caxias do Sul, 2010.

WANDERLEY, G. V. **Produção de Material para Enchimento Leve de Elementos das Edificações a partir da Mistura de Geopolímero com Argila Expandida**. Dissertação (Mestrado) –Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, 2018.