

# ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DO REJEITO BRITADO DE MÁRMORE, EM COMPARAÇÃO À BRITA CONVENCIONAL, PARA USO COMO AGREGADO DE CONCRETOS

Igor Vieira Fernandes <sup>1</sup>  
José Ginetom da Silva Araújo <sup>2</sup>  
Renan Camilo de Lima Paulo <sup>3</sup>  
Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça <sup>4</sup>

## RESUMO

Com o crescimento das preocupações relativas às questões ambientais em todos os setores da sociedade na atualidade, com o setor da construção civil não tem sido diferente. A busca por produtos que sejam eficientes e ao mesmo tempo sejam capazes de causar pouco ou nenhum dano ao meio ambiente, vem incentivando numerosas pesquisas sobre materiais oriundos de fontes renováveis e cuja exploração gere benefícios para a sociedade que os explore. O composto mais utilizado atualmente como agregado graúdo na confecção de concretos é a brita de origem granítica, porém em diversos lugares está implicando na escassez desse recurso natural pela alta demanda de consumo. Ademais, como a grande quantidade e variedade de resíduos gerados no processamento e beneficiamento de mármore e granitos tem se tornado um grande problema ambiental devido à forma inadequada de disposição, a reciclagem sistemática desses resíduos tem se mostrado como uma solução para minimizar esses impactos ambientais e agregar valor ao rejeito indesejado. Então, o objetivo deste trabalho é avaliar as características do rejeito britado de mármore, comparando com as características da brita convencional, a fim de observar a viabilidade de sua utilização como agregado graúdo em concretos. Foram realizados ensaios de caracterização física do agregado graúdo convencional e do resíduo de mármore, além de pesquisa bibliográfica. Observou-se que tanto a brita granítica utilizada neste trabalho quanto o rejeito britado de mármore apresentam características satisfatórias para serem utilizados em concreto.

**Palavras-chave:** Concreto, agregado graúdo, resíduo.

## INTRODUÇÃO

A partir dos anos 90, iniciou-se uma maior preocupação com relação à natureza e meio ambiente. Dessa forma, boa parte dos ramos industriais começou a tomar iniciativas para que os danos causados pela operação das mesmas fosse o mínimo possível através de uma maior sustentabilidade e reciclagem de produtos.

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [igorvf95@gmail.com](mailto:igorvf95@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [ginetom.araujo@gmail.com](mailto:ginetom.araujo@gmail.com);

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [renancamilo007@gmail.com](mailto:renancamilo007@gmail.com);

<sup>4</sup> Professora orientadora: Doutora, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [ana.duartemendonca@gmail.com](mailto:ana.duartemendonca@gmail.com).

Tendo em vista que a construção civil é de forma invejável um dos setores da economia que mais tem importância no PIB (Produto Interno Bruto) de um país (por ser um dos grandes geradores de empregos e rendas pela soma de recursos aplicados) e, por ser um dos grandes vilões na geração de impactos ambientais, desde a extração até a geração de resíduos, o setor da construção civil tem buscado soluções para a redução de impactos causados pelos resíduos durante e ao final das obras. Muitas construtoras têm criado sistemas de gestão eficientes, bem como buscado a incorporação de materiais alternativos de construção, a fim de obterem grau de excelência na qualidade e sustentabilidade em suas obras de edificações. A incorporação dos mais diversos tipos de resíduos na construção civil é uma das saídas encontradas para aliviar a pressão causada ao ambiente, e, portanto, pesquisas constantemente buscam reaproveitar alguns materiais em virtude dos mesmos apresentarem composições ou características similares às matérias-primas naturais, os quais podem gerar diminuição de custos finais em uma obra civil (MATTOS, 2014; BATISTA, 2018).

Dentro desse aspecto, o setor de rochas ornamentais é uma atividade de grande impacto ao meio ambiente. Em todas as etapas da cadeia produtiva, principalmente extração e beneficiamento, ocorrem uma grande geração de resíduos (que podem apresentar-se sob a forma de mactões, casqueiros, lamas, materiais particulados, sobras de chapas recortadas e danificadas, entre outros) que, na sua grande maioria, ficam depositados nos pátios das empresas à espera de uma destinação final, que, muitas vezes, não é adequada.

No Brasil, para rochas de processamento especial, que são aquelas extraídas em blocos e serradas em teares ou talha-blocos, para posterior acabamento de face, a perda no beneficiamento é de no mínimo 35–40%. Para as rochas de processamento simples, essa perda no beneficiamento pode atingir até 70% da matéria-prima, o que também destaca a necessidade de aproveitamento dos rejeitos do setor de rochas (BRASIL, 2009).

Um dos componentes do concreto é o agregado graúdo, sendo a brita de origem granítica o composto mais utilizado atualmente para esta finalidade. Comercialmente, a brita de origem granítica é mais procurada que a de origem calcária, devido tanto ao não conhecimento desta, como também por possuir algumas características menos favoráveis comparada à pedra granítica, como sua dureza inferior (HERMETO, 2000).

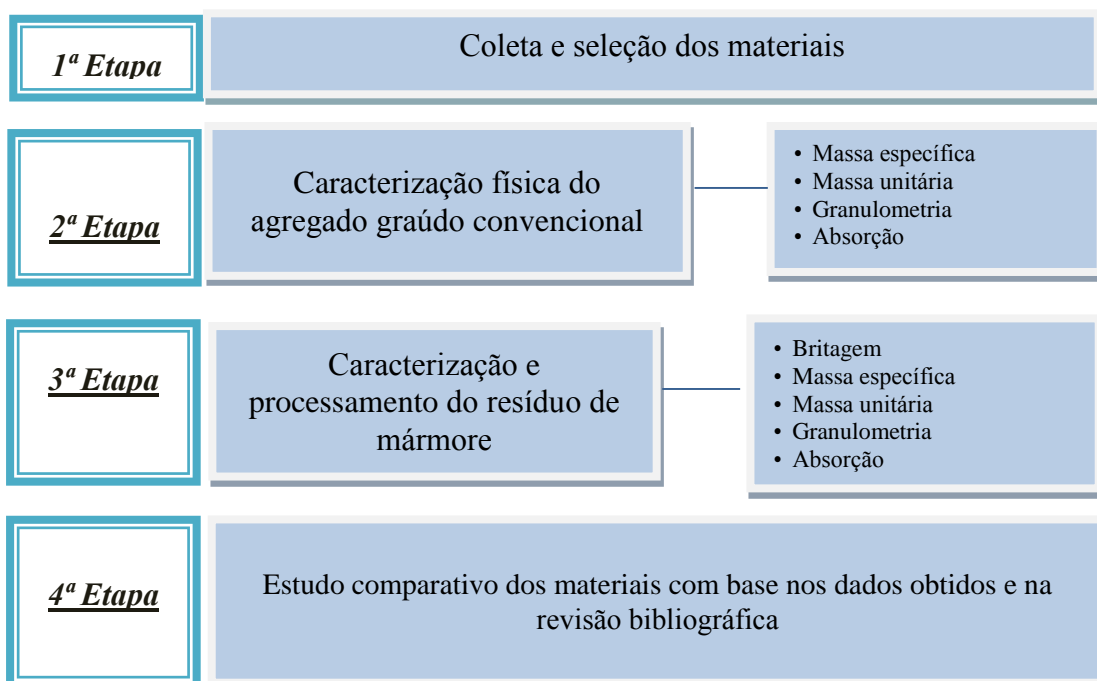
Sabendo que o rejeito de mármore utilizado nesta pesquisa pertence ao grupo Cálcaro, como classifica Neville (2016), e ciente de que a utilização de resíduos tem se mostrado como uma boa alternativa na redução do impacto causado pelo consumo desordenado de matérias-primas naturais, por contribuir para redução das áreas de disposição dos rejeitos descartados,

bem como para agregar valor ao resíduo indesejável, houve a motivação para estudar as características do agregado britado oriundo de sobras da serragem de mármore em comparação com a brita granítica, conforme ABNT NBR 7211:2009, para a produção de concretos.

## METODOLOGIA

A Figura 1 ilustra o Fluxograma das etapas da pesquisa.

**Figura 1** - Fluxograma das etapas da pesquisa.



Coleta e seleção dos materiais: Nesta etapa foram adquiridos os materiais para realização do estudo, que se dividem em dois grupos:

- **Agregado graúdo convencional:** O agregado graúdo utilizado na pesquisa foi o agregado britado, de origem granítica proveniente da pedreira explorada pela CONTEC, situada no município de Pocinhos-PB, apresentando diâmetro máximo padronizado para brita 0 (cascalhinho).
- **Resíduo de mármore:** O resíduo de mármore utilizado no desenvolvimento deste projeto, foi um agregado proveniente da britagem de mármore, que foi fornecido pela indústria GRANFUJI, situada na Alça Sudoeste, no distrito industrial de Campina Grande-PB.

Caracterização física do agregado graúdo convencional: Etapa na qual foram realizados ensaios de granulometria, massa específica real, massa unitária e absorção para caracterização da brita de origem granítica:

- **Análise granulométrica**

O ensaio de granulometria determina a distribuição percentual dos diferentes tamanhos dos grãos do agregado. É representada pela curva de distribuição granulométrica que mostra o percentual de material passando na peneira em questão versus logaritmo do diâmetro da abertura da peneira. O ensaio de composição granulométrica foi realizado segundo o método de ensaio da ABNT NBR NM 248:2003.

- **Determinação da massa específica real**

A massa específica do agregado é a relação da massa e o seu volume, não considerando os vazios permeáveis da água. Este valor tem importância no cálculo do consumo dos materiais a serem determinados no traço de concreto. A determinação da massa específica foi alcançada utilizando-se a norma ABNT NBR NM 53:2009.

- **Determinação da massa unitária**

A massa unitária de um agregado no estado solto é obtida pelo quociente da massa deste agregado em um recipiente de volume conhecido, considerando-se também os vazios entre os grãos. A massa unitária compactada, por outro lado, é relação entre a massa dos agregados e o volume que os mesmos ocupam, quando compactados. O ensaio foi realizado seguindo as Normas da ABNT NBR NM 45:2006.

- **Absorção**

É o acréscimo de massa de um corpo sólido poroso devido à penetração de um líquido em seus poros permeáveis, em relação a sua massa no estado seco. A determinação da absorção dos agregados graúdos foi realizada segundo o método de ensaio ABNT NBR NM 53:2009.

Caracterização física e processamento do rejeito de mármore: Inicialmente foi realizada a britagem. Em seguida, os resíduos passaram por um peneiramento para retirar as partículas de pó e, então, serem submetidos aos ensaios de caracterização. Da mesma forma

que pro agregado graúdo convencional, foram realizados os ensaios de granulometria, seguindo as determinações da ABNT NBR NM 248:2003 e massa específica real, massa unitária (aparente) e absorção de acordo com ABNT NBR NM 53:2009.

- **Britagem**

A britagem é definida como a operação que tem como objetivo a fragmentação de materiais, levando-os a granulometrias compatíveis para a utilização direta ou para um posterior processamento (FIGUEIRA et al., 2010). Esta etapa foi realizada com os resíduos a fim de permitir a compatibilização dos mesmos com a brita 9,5 mm, já que possuem tamanhos variados. Foi utilizado o britador de mandíbula em laboratório para realização do procedimento.

*Estudo comparativo dos materiais:* Etapa na qual foi realizado um estudo comparativo entre os materiais com base nos dados obtidos com a execução dos ensaios e com base na pesquisa bibliográfica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Agregado graúdo convencional

O agregado graúdo utilizado nesta pesquisa foi a brita convencional, de origem granítica, de 9,5 mm. A tabela 1 apresenta os resultados obtidos para sua caracterização física.

**Tabela 1:** Caracterização física da brita 9,5 mm

Agregado	Parâmetro determinado	Média dos valores
Brita 9,5mm	Massa unitária (aparente) (g/cm <sup>3</sup> )	1,43
	Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )	2,59
	Absorção (%)	0,5

**Fonte:** Dados da pesquisa (2018)

Os valores de absorção para agregados de origem granítica, de acordo com Chagas Filho (2013), são de aproximadamente 0,3%, de tal modo que o resultado obtido neste estudo foi satisfatório. Observa-se, ademais, que o agregado graúdo utilizado se encontra dentro dos parâmetros para utilização em concreto, como é estabelecido por Neville (2016).

Os resultados obtidos para a composição granulométrica da brita 9,5 mm, estão ilustrados na tabela 5.

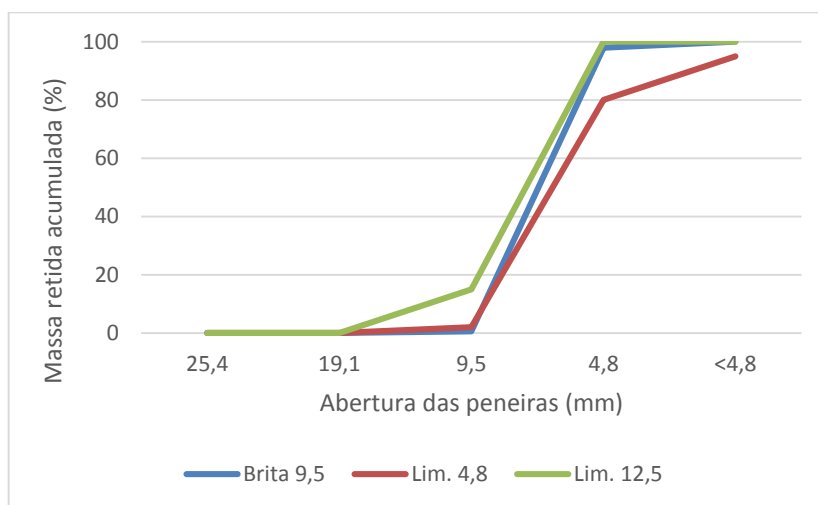
**Tabela 5:** Composição granulométrica da brita 9,5 mm

<b>Composição Granulométrica</b>				
<b>Peneira (mm)</b>	<b>Material Retido</b>			<b>% Que passa da amostra total</b>
	<b>Massa (g)</b>	<b>% Amostra Total</b>	<b>% Acumulada</b>	
25,4	0	0	0	100
19,1	0	0	0	100
9,5	18,9	0,63	0,63	99,37
4,8	2919,2	97,31	97,94	2,06
<4,8	61,9	2,06	100	0

**Diâmetro máximo = 9,5 mm**  
**Módulo de finura = 5,98**  
**Fonte:** Dados da pesquisa (2018)

A Figura 3 ilustra a curva granulométrica obtida para a brita 9,5mm utilizada neste estudo.

**Figura 3:** Curva granulométrica da brita 9,5 mm



**Fonte:** Dados da pesquisa (2018)

### **Resíduo de mármore**

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos para a caracterização física do rejeito britado proveniente das sobras da serragem de mármore.

**Tabela 7:** Caracterização física do rejeito britado proveniente do corte de mármore

Parâmetro determinado	Média dos valores
Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	1,33
Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )	2,76
Absorção (%)	1,61

**Fonte:** Dados da pesquisa (2018)

Comparando-se os resultados obtidos para a caracterização física do rejeito de mármore com os que foram obtidos para o agregado graúdo convencional, observa-se que os valores encontrados para a massa unitária e massa específica de ambos são valores próximos. Mas para a absorção percebe-se um aumento considerável. Isto se dá devido ao fato desse agregado ter origem de rocha calcária. Segundo Neville (2016), o rejeito de mármore utilizado neste estudo, pertencente ao grupo Calcário, no qual a porosidade pode variar até 37,6%, podendo contribuir para o aumento da absorção, e que a massa específica real possui valores entre 2,5 e 2,8 g/cm<sup>3</sup>, que condiz com o valor determinado neste trabalho, de 2,76 g/cm<sup>3</sup>.

Alhadas (2008), verificou a influência das diferentes origens mineralógicas nas propriedades mecânicas do concreto. Em relação ao agregado de calcário, o resíduo de mármore apresentou massa específica real 7,81% superior, massa unitária 8,90% inferior, e absorção aproximadamente 4 vezes maior do que os resultados obtidos para o agregado convencional. Portanto, constatou que a brita calcária é bastante semelhante à granítica quando se refere às massas específica e unitária, mas difere consideravelmente na absorção.

Na Tabela 8 está apresentada a composição granulométrica do rejeito britado resultante das sobras da serragem de mármore.

**Tabela 8:** Composição granulométrica do rejeito britado resultante do corte de mármore

Composição Granulométrica				
Peneira (mm)	Material Retido			% Que passa da amostra total
	Massa (g)	% Amostra Total	% Acumulada	
25,4	0	0	0	100
19,1	0	0	0	100
9,5	128,56	4,29	4,29	95,71
4,8	2871,44	95,71	100	0

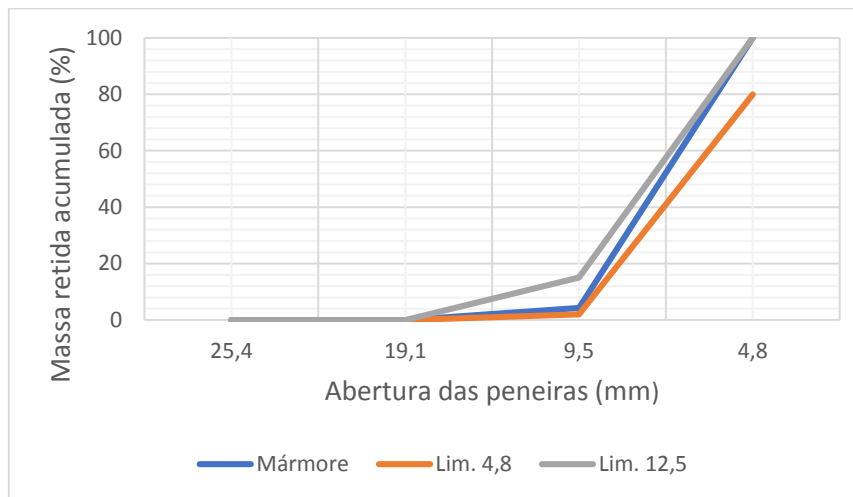
**Diâmetro Máximo** = 9,5 mm

**Módulo de finura** = 6,04

**Fonte:** Dados da pesquisa (2018)

A Figura 4 ilustra a curva granulométrica obtida para o rejeito britado resultante das sobras da serragem de mármore.

**Figura 4:** Curva granulométrica do rejeito britado resultante do corte de mármore



**Fonte:** Dados da pesquisa (2018)

De acordo com a classificação da ABNT NBR 7211:2009, o rejeito britado proveniente das sobras da serragem de mármore se encontra dentro dos limites estabelecidos para brita 0. A curva granulométrica representada possui diferença em relação à da brita convencional utilizada, devido ao processo de beneficiamento através do peneiramento.

Além disso, na ABNT NBR 7211:2009, o limite máximo de material pulverulento é de 1,0 %, mas em casos de agregados graúdos onde seus finos não interfiram nas propriedades do concreto, esse máximo pode ser considerado como 6,3%. No trabalho de Silva Júnior e Martinelli (2014), o teor encontrado para a brita calcária foi de 8,16%, superando o limite máximo estabelecido, enquanto o valor encontrado para a brita granítica foi de apenas 0,38%, confirmando a grande presença de finos na brita calcária e sua ausência na brita granítica.

As rochas calcárias são classificadas como sedimentares, formadas pelo processo de litificação de sedimentos, por meio de deposição e posterior compactação natural no decorrer do tempo. Já as rochas graníticas podem ser classificadas como magmáticas plutônicas, formadas pelo resfriamento lento do magma a grandes profundidades, possibilitando uma maior organização cristalina. Estes fatos, explicam a maior facilidade de desgaste das rochas sedimentares (que são menos resistentes a desagregação de suas partículas, devido o maior desgaste superficial, e, portanto, maior quantidade de partículas finas, comparada as rochas graníticas) e a capacidade de absorção das rochas calcárias, que se formam com maior quantidade de microporos, e, conseqüentemente, mais absorventes



Com estas informações, é possível inferir que concretos fabricados com brita calcária deverão possuir fator água/cimento e/ou concentração de plastificantes superiores ao mesmo traço confeccionado com brita granítica a fim de corrigir a trabalhabilidade do compósito com maior lubrificação entre as partículas no estado fresco.

## CONCLUSÕES

Observou-se que tanto a brita granítica utilizada neste trabalho como o rejeito de mármore, que pode ser classificado como brita calcária, apresenta massa específica que satisfaz ao valor limite máximo e pode-se concluir que os materiais utilizados apresentam características satisfatórias para serem utilizados em concreto de acordo com Neville (2016) a ABNT NBR 7211:2009.

Foi possível perceber que, em termos de massa unitária e massa específica, o rejeito britado de mármore se assemelha ao agregado convencional, mas que difere consideravelmente na absorção. O que, com a revisão da literatura, compreendeu-se que se dá devido às maiores porosidade e concentração de finos presentes no resíduo.

Então, considerando que a absorção do rejeito de mármore é maior e que influenciará na absorção do concreto, é possível inferir que concretos fabricados com essa brita de origem calcária possuirão relação água/cimento e concentração de plastificantes (quando necessário para melhorar a trabalhabilidade) superiores ao mesmo traço produzido com agregado convencional, o que pode-se induzir um favorecimento ao não aparecimento de exsudação nesses concretos.

A utilização do rejeito britado de mármore em concreto, visando à substituição parcial do agregado graúdo contribui significativamente para redução do descarte deste material no meio ambiente, além de agregar valor ao resíduo indesejável. Ademais, por se apresentar como nova alternativa, contribui para redução do consumo de matérias-primas naturais.

## REFERÊNCIAS

ALHADAS, M. F. S. **Estudo da influência do agregado graúdo de diferentes origens mineralógicas nas propriedades mecânicas do concreto**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gérias, Belo Horizonte.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7211: **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NM 45: **Determinação da massa unitária e volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NM 53: **Agregado Graúdo** - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NM 248: **Agregados** - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BATISTA, J. H. R. F. ; **Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça** ; SOUSA NETO, V. F. ; BATISTA, W. R. F. ; SILVA, C. C. V. P. ; NUNES, C. G. L. . Desempenho de blocos de concreto simples incorporados com resíduos de rochas ornamentais. **EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR**, v. 33, p. 08-13, 2018.

BRASIL; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (2007). **Rochas Ornamentais**. Brasília: Ministério da Educação, 29 p.

CHAGAS FILHO, M. B. **Estudo de agregados lateríticos para utilização em concretos estruturais**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB. 2013.

FIGUEIRA, H. V. O.; LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. Britagem e Moagem. In: Luz, A. B. et al. **Tratamento de Minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/COPM. 2010. Cap. 4, p. 143-211.

HERMETO BUENO, C. F. **Tecnologia de materiais de construção**. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. MG. 2000.

MATTOS, B. B. M. **Estudo do Reuso, Reciclagem e Destinação Final dos Resíduos da Construção Civil na Cidade do Rio de Janeiro**. 2014. Projeto de Graduação (em Engenharia Civil) - UFRJ / Escola Politécnica, Rio de Janeiro.

NEVILLE, A. M.; CREMONINI, R. A. **Propriedades do Concreto**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

SILVA JUNIOR, F. A.; MARTINELLI, A. E. **Análise das Propriedades do Agregado Graúdo**: Brita de Origem Calcária, Proveniente do Rejeito da Fabricação de Cimentos, para Compósitos Cimentícios. In: CBCIMAT, 2014, Cuiabá. Anais 21º CBECIMAT. 2014.