

**Viabilidade na reutilização da ardósia em substituição do agregado
graúdo na dosagem do concreto****Study of the reuse of slate replacing the coarse aggregate in dosing
concrete**

DOI:10.34117/bjdv6n1-065

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 07/01/2020

Maurício Pessoa Rosa

Graduando Engenharia Civil

Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail:mauriciopessoa049@gmail.com)

Matheus Alves Borges

Graduando Engenharia Civil

Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail:matheuscsr95@gmail.com)

Laécio Guedes do Nascimento

Graduando Engenharia Civil

Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail:laecioguedes25@hotmail.com)

Samuel Campelo Dias

Engenheiro Civil e Mestrando em Ciência e Engenharia dos Materiais, UFP

E-mail:c.dias@hotmail.com

Erika Marques da Guia Costa

Graduanda Engenharia Civil

Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail:erikamark@hotmail.com

Marcelle Ribeiro Costa Cajueiro

Graduanda Engenharia Civil

Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail:cajueiro86@gmail.com

Pablo Eduardo Oliveira de Meneses
Graduando Engenharia Civil
Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)
E-mail:pablo.edu1226@gmail.com

Samuel Jônatas de Castro Lopes
Engenheiro Civil
Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)
E-mail:samueljonatas99@hotmail.com

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é analisar a influência da reutilização da ardósia ao substituí-la como agregado graúdo na dosagem do concreto para demonstrar suas variações na trabalhabilidade, abrasão superficial, massa específica, absorção de água e resistência à compressão demonstrando se é viável ou não utilizá-lo. Para isso foram reaproveitados a ardósia que é uma rocha metamórfica geralmente com característica muito resistente, que são utilizadas na fabricação de tampas de sinucas e que dificilmente são reaproveitadas. O método utilizado nesta pesquisa foi apresentar comparativos por meio de ensaios de consistência, abrasão superficial, massa específica, absorção de água e resistências à compressão das dosagens do concreto com utilização de brita 2 em comparação com dosagens com a rocha ardósia nos percentuais de 25%, 50%, 75% e 100% em relação a quantidade de agregado graúdo utilizado no concreto convencional. Os ensaios realizados para tal fim, foram: Determinação da Abrasão “*Los Angeles*” (NBR MN 51/01), Massa específica e Absorção de água (NBR NM 53/09), *Slump test* (NBR NM 67/98) e Compressão de corpos-de-prova cilíndricos (NBR 5739/18). Os resultados dos ensaios foram satisfatórios para a dosagem de 50% de brita e 50% de ardósia, obtendo uma resistência média para 3 corpos de prova de 32,61MPa em comparação com o concreto convencional que obteve uma resistência média para mesma quantidade de 31,97MPa, um aumento na resistência relativamente pequena, mas que demonstra que é possível utilizá-lo nesse percentual. Nos demais ensaios notou-se uma proximidade de resultados, isso nos leva a concluir que a ardósia pode ser usada em conjunto com a brita para assim garantir a estabilidade em sua resistência e dando um destino sustentável a esse material, podendo até mesmo influenciar no preço final do concreto. Como sugestão para trabalhos futuros pode-se incluir a esta pesquisa a caracterização dos tipos de pedra ardósias existentes na região a fim de verificar possíveis diferenças, preço de região em região, podendo incluir sua aplicabilidade na construção civil.

Palavra-Chave: Concreto, Ardósia, Reutilização, Ensaios mecânicos, Sustentabilidade

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the influence of sludge reuse on replacing it as a large aggregate in the concrete dosage to demonstrate its variations in workability, surface abrasion, specific mass, water absorption and compressive strength, demonstrating whether

it is feasible or not it. For this, the slate, which is a metamorphic rock generally with a very resistant characteristic, is used for the manufacture of sinook lids and is hardly reused. The method used in this research was to present comparative tests of consistency, surface abrasion, specific mass, water absorption and compressive strength of the dosages of the concrete with the use of crushed stone 2 in comparison to dosages with slate rock in the percentages of 25% , 50%, 75% and 100% relative to the amount of bulk aggregate used in conventional concrete. The tests performed for this purpose were: Determination of Los Angeles Abrasion (NBR MN 51/01), Specific Gravity and Water Absorption (NBR NM 53/09), Slump test (NBR NM 67/98) and Compression of cylindrical specimens (NBR 5739/18). The results of the tests were satisfactory for the dosage of 50% of gravel and 50% of slate, obtaining an average resistance for 3 specimens of 32.61MPa in comparison with the conventional concrete that obtained a mean resistance for the same amount of 31, 97MPa, a relatively small increase in strength but demonstrates that it is possible to use it in this percentage. In the other tests it was observed a close proximity of results, which leads us to conclude that the slate can be used in conjunction with the gravel in order to guarantee stability in its resistance and giving a sustainable destination to this material, and may even influence the final price of concrete. As a suggestion for future work, it is possible to include to this research the characterization of the types of slate stone existing in the region in order to verify possible differences, region price in region, and may include its applicability in civil construction.

Keywords: Concrete, Slate, Reuse, Mechanical tests, Sustainability

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

O concreto de cimento Portland é o mais essencial dos componentes estruturais na construção civil atualmente. Mesmo a sua descoberta estando recente em relação aos materiais que fazem parte de estruturas na construção, pode ser considerada uma das descobertas mais importantes da história da construção civil, como também da humanidade. No Brasil, como em outros países, o concreto tem um papel muito importante, sendo o principal e mais utilizado dos materiais na obra, sendo, até mesmo, o segundo produto mais consumido no mundo, depois da água. (ANDRADE; HELENE, 2010).

Sobre os materiais desse concreto, é constituído por três componentes básico: cimento Portland, agregados e água, podendo também adicionar outros materiais, como a finalidade de manter as mesmas propriedades, ou até mesmo melhorá-las, como também desenvolver novas propriedades especiais. (BORJA, 2011). Sendo, que os agregados como a brita e areia não influenciam na reação química entre água/cimento, e sim, para diminuir a quantidade do cimento no concreto, por ser um material mais caro em relação aos outros componentes. Hoje os agregados representam cerca à retração e à resistência, o tamanho, a

densidade e a forma dos seus grãos podem definir várias das características desejadas em um concreto (PAULA *et al.*, 2018).

O concreto consiste na mistura de cimento, água, areia (agregado miúdo) e brita (agregado graúdo). Onde os três primeiros elementos formam uma pasta, que por sua vez envolve o agregado graúdo, resultando em um composto capaz de suportar maiores esforços mecânicos nas mais variadas formas geométricas, além disso, como a brita é uma rocha, e esse material não pode ser encontrado na maioria das regiões, acaba tornando-se mais caro nos locais onde essa matéria prima é bem distante (SILVA, 2016).

Com isso, pesquisadores estão se esforçando para encontrar materiais que possam substituir a brita e, que não influenciam na reação água/cimento e nas suas propriedades mecânicas, e sim, no seu preço final, além disso, as pesquisas estão encaminhando para materiais reciclados (PINHEIRO, 2003).

Dentre todos os setores produtivos, a construção civil é considerada a maior geradora de resíduos sólidos, ocasionando graves problemas urbanos com a disposição dos resíduos sólidos da construção. Dessa forma, observou-se em uma empresa que fabrica e reforma sinucas, que a pedra utilizada no tampão da sinuca quando já não tinha o objetivo de ser utilizada era descartada como rejeito no próprio local onde fica a empresa. Com isso, verificou-se que a pedra passando por um processo de trituração poderia ser utilizada no concreto, portanto, foi feito um processo de trituração manual, para que essa pedra pudesse ter as mesmas características geométricas que a brita. Os ensaios foram: Determinação da Abrasão “Los Angeles”(NBR 6465), Massa específica e Absorção de água (NBR NM 53:2003), *Slump test* (NBR NM 67/98) e Compressão de corpos-de-prova cilíndricos (NBR 5739/18).

A ardósia é classificada como rocha metamórfica de baixo grau de metamorfismo, de composição geológica similar à composição das argilas (homogênea e de textura afanítica - textura de uma massa constituída por cristais de pequena dimensão e sem forma definida), apresenta minerais lamelares, ou seja, tabulares, em forma de tablete originário da rocha sedimentar inicial, que se exhibe com as faces lisas situadas em ângulos retos com relação às fontes de pressão atuante, devido à formação em condições de alta pressão. Essa rotação dos minerais lamelares origina a clivagem ardosiana, que se apresenta como a tendência natural das ardósias a se partirem em superfícies planas. É uma rocha de alto grau de dureza (8,5 de dureza na escala de *Mohs*) e variando entre as cores pretas, verde, cinza escuro, vermelha e ferrugem (SILVA, 2015).

As ardósias são amplamente utilizadas na construção civil devido as suas propriedades físicas, tais como a clivagem preferencial que facilita a obtenção de placas (apesar da dificuldade em se obter placas de ardósia com espessuras menores que dois centímetros), alto grau de dureza, baixa porosidade, alta resistência mecânica e por serem constituídas de minerais resistentes ao intemperismo, além de apresentarem baixo custo. São usadas principalmente para material de revestimento em jardins, mesas, pisos, degraus, soleiras, bancadas, tampos para bilhar, dentre outras utilidades. O Brasil se destaca, atualmente, como o segundo maior produtor e exportador mundial de ardósia (o primeiro maior produtor mundial é a Espanha), sendo que 90% da produção são provenientes do estado de Minas Gerais, onde está localizada a maior reserva de ardósia do mundo (mais especificamente, na região central do estado), frequentemente denominada de “Província de ardósia” (SILVA, 2015).

Nesse contexto, o objetivo da pesquisa é analisar a influência da reutilização da ardósia ao substituí-la como agregado graúdo na dosagem do concreto para demonstrar suas variações na trabalhabilidade, abrasão superficial, massa específica, absorção de água e resistência à compressão demonstrando se é viável ou não o utilizar.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo experimental foram utilizados os seguintes materiais: cimento Portland CP II Z 32, agregado miúdo (areia), agregado graúdo britado (brita 02 – com dimensão máxima de 50 mm) e pedra rochosa Ardósia, que foi encontrada como resíduos de tampos de sinuca em montadoras desse produto.

Para realização das análises foram feitos alguns ensaios, como o de Abrasão “*Los Angeles*” (NBR MN 51/01), Massa específica e Absorção da água (NBR NM 53/09), *Slump test* (NBR NM 67/98) e Compressão de corpos-de-prova cilíndricos (NBR 5739/18).



Figura 1: Agregados graúdos separados conforme a granulometria Fonte: autores



Figura 2: Processo de saturação dos agregados graúdos Fonte: autores

2.1 ENSAIO DE ABRASÃO

O ensaio é realizado inicialmente com a lavagem das duas amostras retirando as impurezas presentes nos materiais, em seguida, levado a estufa com à temperatura entre 105°C e 110°C até se verificar a constância de peso. Depois de seco os agregados foram peneirados e quarteados as diferentes porções. Determinou-se a graduação que seria utilizada no ensaio de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 – Carga Abrasiva

Gradação	Número de esferas	Massa de carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15
E	12	5000 ± 25
F	12	5000 ± 25
G	12	5000 ± 25

Fonte: NBR NM 51/2001

O ensaio foi realizado de acordo com a gradação C, com 8 esferas e utilizando-se a massa de carga 3330g. Faz-se girar o tambor com velocidade de 30 a 33 rpm até completar 500 rotações. Em seguida foi retirado o material do tambor e fez-se passar a amostra na peneira de 1,7 mm, rejeitando-se o material passante. Depois disso o material retido na peneira foi lavado e em seguida seco na estufa a temperatura entre 105°C e 110° C durante 3 horas, e posteriormente, foi determinado a massa da amostra seca.

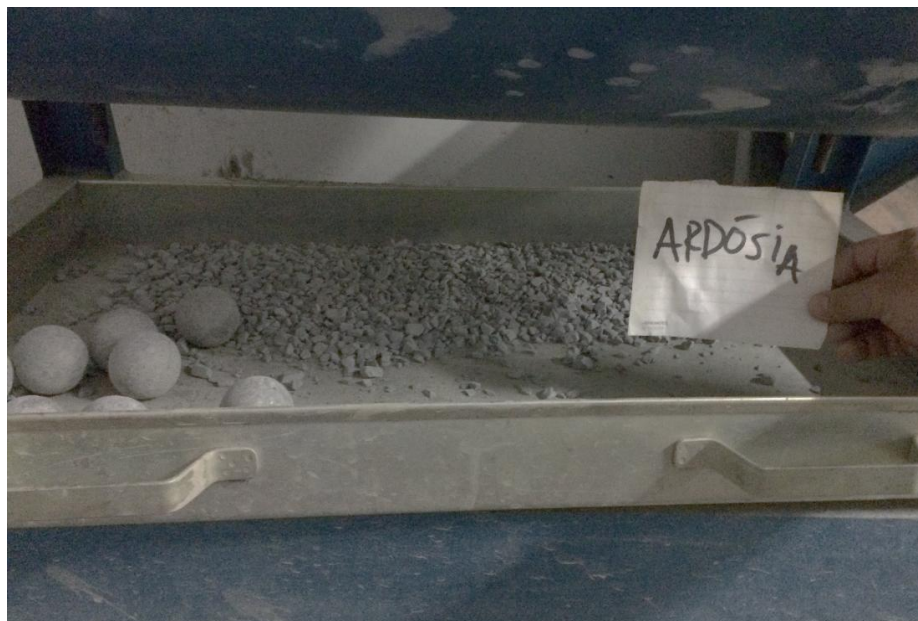


Figura 3: Agregado graúdo (ardósia) após retirada do tambor

2.2 ENSAIO DA MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para o ensaio de determinação da massa específica dos agregados graúdos, que primeiro foi separado 400g de cada agregado, tanto brita, como ardósia, as amostras foram peneiradas e todo material passante na peneira de 4,75 mm foi descartado, lavou-se completamente os agregados graúdo para remover o pó ou outro material da superfície. Em seguida, as amostras foram levadas a estufa para secarem em uma temperatura entre 105°C e 110° C, depois de seco foi deixado esfriar por umas 2h, logo após, os dois materiais foram colocados cada uma em uma proveta volumétrica com água por um período de 24h, depois retirados da proveta e envolvidos em um pano para que toda a água visível fosse retirada e depois pesada. Conforme a NBR NM 53/2003, determinou-se as massas específicas da brita e da ardósia utilizando a seguinte fórmula:

d = massa específica do agregado seco, em gramas por centímetro cúbico; m = massa ao ar da amostra seca, em gramas;

m_s = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas; m_a = massa em água da amostra, em gramas.

Para determinação da absorção de água das amostras utilizou-se a seguinte fórmula:

A = absorção de água, em porcentagem;

m_s = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas; m = massa ao ar da amostra seca, em gramas.

2.3 ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA

Antes da moldagem dos corpos de prova foram feitos os ensaios de abatimento *Slump test* (NBR NM 67/98) para os cinco ensaios de acordo com a tabela 2, e então, o concreto utilizado no abatimento era descartado. Assim o concreto restante era feito a moldagem de 3 corpos de provas cilíndrico para idade de 28 dias para se ter uma média nos resultados quanto ao rompimento.

Tabela 2– Determinação das amostras para os ensaios de massa específica, absorção de água, rompimento e slump test.

Ensaio	Cimento (kg)	Agregado Miúdo (kg)	Brita (kg)	Ardósia (kg)	Água (L)	Abatimento (cm)
100% brita	5,0	7,0	9,5	–	2,0	23
75% brita e 25% ardósia	5,0	7,0	7,13	2,37	2,0	23,5
50% brita e 50% ardósia	5,0	7,0	4,75	4,75	2,0	23,8
25% brita e 75% ardósia	5,0	7,0	2,37	7,13	2,2	21,5
100% ardósia	5,0	7,0	–	9,5	2,2	22,5

Fonte: autores

As dimensões dos corpos de prova cilíndrico utilizado no ensaio foi com diâmetro de 100 mm de acordo com a tabela 1 do item 4.1.2.2 da NBR 5738. Além disso, na hora de moldagem o número de camadas no molde foi diminuído para a metade, por conta de o abatimento ser superior a 160 mm de acordo com a tabela 3 do item 7.4.1.3, nesse caso o número de camada foi para 1. Os ensaios para moldagem foram feitos de acordo com a porcentagem da tabela 3:

Antes de o concreto ser colocado nos moldes, o mesmo foi lubrificado para facilitar a retirada do concreto. Após a moldagem, foi colocado em uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra ação que poderia interferir no concreto. Esperado as 24 horas previsto no item 8.1.1 os corpos de provas foram submetidos a cura por imersão em um tanque de água dentro do laboratório com temperatura de acordo 8.2.3.

Esperado os 28 dias para a cura, os corpos de prova foram retirados dos moldes e rompidos, porém, antes do rompimento a superfície das bandejas e dos corpos de provas foi limpa pra não haver interferências nos resultados obtidos. O tempo de desmoldagem para o ensaio de rompimento dos corpos de prova foi de acordo com a tabela 2 da NBR 5739.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A massa específica é intrínseca à porosidade do material. Os valores da massa específica para os materiais de Brita e Ardósia apresentaram uma igualdade de 2,77 g/cm³, em função da dificuldade de homogeneização deste produto com características pulverulentas. Quanto a absorção de água apresentou uma variação de 0,5%, a brita 0,75% e a ardósia 0,25% de absorção, resultado significativo, pois a ardósia apresentou uma baixa absorção, fator importante para caracterização da resistência do concreto. O ensaio de perda por

abrasão “Los Angeles” a brita apresentou uma perda de 12,5% e a ardósia com 13,8%, valor onde apresenta uma pequena variação de desgaste desses materiais.

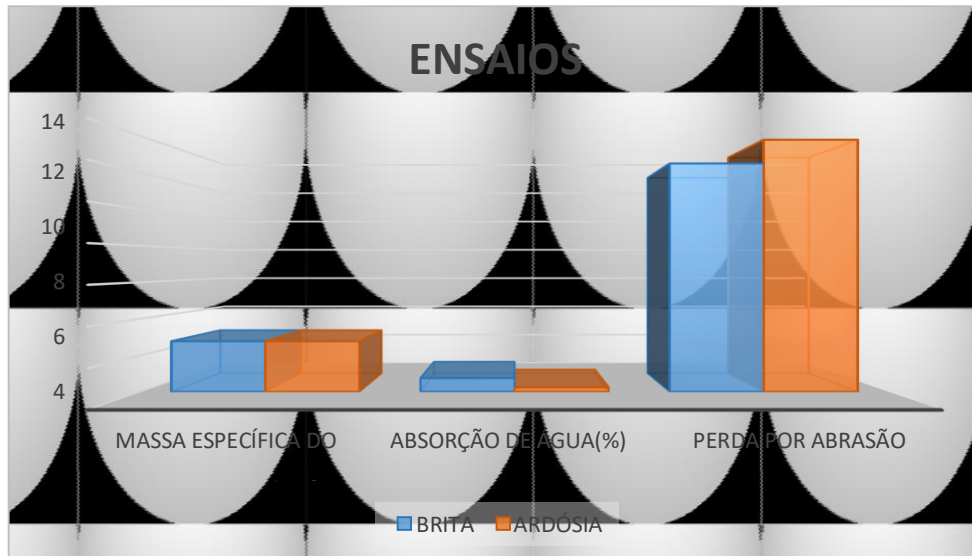


Gráfico 1 □ Gráfico do ensaio de absorção de água, massa específica e abrasão dos corpos de prova, de acordo com a tabela 2. Fonte: autores

Obedecendo ao controle de qualidade na realização dos ensaios de verificação de resistência à compressão dos corpos de prova foram obtidos os resultados apresentados no gráfico da figura, dos ensaios de compressão, considerando a média dos resultados em cada moldagem no ensaio 1 (100% brita 2), ensaio 2 (75% brita 2 e 25% ardósia), ensaio 3 (50% brita 2 e 50% ardósia) ensaio 4 (25% brita e 75% ardósia) ensaio 5 (100%ardósia). Os resultados dos ensaios foram satisfatórios para a dosagem de 50% de brita e 50% de ardósia, obtendo uma resistência média para 3 corpos de prova de 32,61 MPa em comparação com o concreto convencional que obteve uma resistência média para mesma quantidade de 31,97 MPa, um aumento na resistência relativamente pequena, mas que demonstra que é possível utilizá-lo nesse percentual.

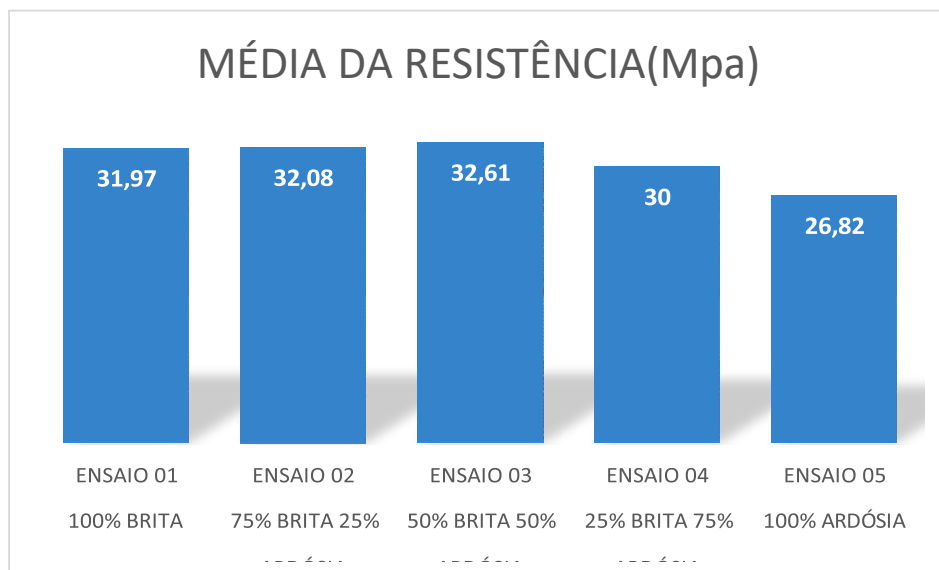


Gráfico 2: □ Gráfico das resistências médias à compressão dos corpos de prova

4 CONCLUSÃO

Nos ensaios notou-se uma proximidade de resultados, isso nos leva a concluir que a ardósia pode ser usada em conjunto com a brita para assim garantir a estabilidade em sua resistência e dando um destino sustentável a esse material, podendo até mesmo influenciar no preço final do concreto. Como sugestão para trabalhos futuros pode-se incluir a esta pesquisa a caracterização dos tipos de pedra ardósias existentes na região a fim de verificar possíveis diferenças, preço de região em região, podendo incluir sua aplicabilidade na construção civil.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão “Los Angeles”**. NBR NM 51. Rio de Janeiro 2001.

_. **Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. NBR NM 53. Rio de Janeiro 2003.

_. Concreto – **Ensaio de Compressão de corpos de prova cilíndricos**. NBR 5739. Rio de Janeiro 2018.

BORJA, E. V. **Efeito da adição de argila expandida e adição mineral na formulação de concreto estruturais leves auto adensáveis**. Minas Gerais. 2011. Belo Horizonte.

COSTA, A. G.B. **Utilização de Resíduos Cerâmicos da Cidade de Porto Velho na Produção de Concretos**, 2017. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Tecnologia. Manaus, Amazonas.

COSTA, M. M.; CRUZ, E. F.; PALHARES, L. B. *et al.* **Adição de Rejeitos de Extração de Ardósia em Concreto**. Minas Gerais. 2013. Belo Horizonte.

LAVERDE A.; KIRCHHEIM P. A.; GUIMARÃES C. T. A. *et al.* **Concreto com cimento Portland: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 3. ed. São Paulo: 2017.

MEHTA, P.K. E MONTEIRO, P.J.M.: **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2ª Edição. Nicole P. Hasparyk. Editora IBRACON. São Paulo. 2014.

PAULA, J. R. A. L.; SANTOS, M. F.; BRAGA, A. de P.*et al.* Estudo comparativo das propriedades físicas e mecânicas entre o concreto convencional utilizando brita 0 e seixo rolado da cidade de Manaus-Am. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**. Manaus, v. 4, n. 15, p. 97-102, 2018.

PINHEIRO, W. G. **Utilização do Resíduo da Extração da Pedra Mineira como Agregado no Concreto**. 2003. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. Campinas, São Paulo.

SILVA, M. A. P. **Influência das características morfológicas de britas graníticas e gnáissicas na resistência à compressão do concreto.** Dissertação (Mestrado) □ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife.

SILVA, R. Propostas de Aproveitamento de Resíduos de Ardósia da Cidade de Pompéu, Minas Gerais. **Revista Intercâmbio**, v.6, p. 86-95, 2015.