# AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO AGREGADO GRAÚDO DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES MINERALÓGICAS NO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO[1]

FARIAS, L., Universidade Federal do Pará, e-mail: lucas.gesta.phoe@gmail.com; RIBEIRO, J., Universidade Federal do Pará, e-mail: jaymemrufpa@gmail.com; SOUZA, P. S., Universidade Federal do Pará, e-mail: paseliso@ufpa.com

**ABSTRACT**

*The aggregates will influence according to their mineralogical nature which may determine the ability of the aggregate to withstand deformations according to its structure. With this, the work aims to study the influence of the large aggregates of different mineralogy. They were shaped concretes with large aggregates of mineralogical compositions being: gravel of granite, crushed of gneiss, calcareous crushed stone, basalt gravel and rolled pebble from the sandstone. Previous work has not compared all of these aggregates together in the same dosing method, which was done in this research. As control variables, the water / cement ratios (0.45, 0.60, 0.75) and the age of rupture were modified with 7 and 28 days. The results showed that the mineralogical properties interfere directly in the modulus of elasticity of the concrete, with the aggregates from igneous rocks (basalt and granite) presented the best results, while the aggregates from sedimentary rocks (sandstone and limestone) had the lowest values of modulus.*

***Keywords**: Concrete, Elastic Modulus, Mineralogy, Course Aggregate.*

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil emprega diversos tipos de materiais em seu mercado e, se adota agregados com diferentes origens mineralógicas no qual tende a resultar na alta variabilidade do uso no concreto. Na região metropolitana de Belém, os principais agregados graúdos utilizados são os agregados britados de granito e os agregados de seixo rolado (arenito), entretanto, segundo trabalho feito por Pinho (2008), em obras de outras localidades são utilizados agregados de diversas origens mineralógicas sendo as mais comuns de gnaisse e granito como em São Paulo, basalto como no Rio Grande do Sul, e calcário como em Belo Horizonte.

De acordo com Melo Neto e Helene (2002), a grande maioria dos projetos estruturais são feitos com base na resistência característica à compressão do concreto (fck), muitas vezes, sem levar em conta as propriedades de deformação do material.

Ahmad e Alggamdi (2012) pesquisaram a relação entre agregado graúdo com algumas propriedades do concretos e seus resultados mostram que há

[1] FARIAS, L.; RIBEIRO, J.; SOUZA, P. S. Avaliação da Influência do Agregado Graúdo de diferentes composições mineralógicas no Módulo de Elasticidade do Concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

uma correlação direta da rigidez do agregado com a do concreto que o compõe. E também Helene (2013) revela que os agregados irão influenciar de acordo com sua porosidade, característica que determina sua rigidez e controla a capacidade do agregado de restringir deformações da matriz da pasta de cimento. Além disso, Alexander (2005) pesquisa mais profundamente e encontra que a rigidez do agregado graúdo está diretamente ligada à sua origem e formação geológica. Logo, de acordo com este parâmetro de mineralogia dos agregados, Rashid (2002) comparou 644 corpos-de-prova de módulo de elasticidade variando o tipo de agregado graúdo e constatou que os concretos com agregados provenientes do arenito, no qual possuíam menor rigidez, ocasionou menor módulo de elasticidade do concreto. Portanto, se caso seja fixada a rigidez da pasta de cimento e da zona de transição, a rigidez do agregado graúdo ditará o comportamento de deformação do concreto.

Apresentado a importância do estudo do módulo de elasticidade e como há a variabilidade de agregados graúdos usados nos concretos em todo o país, esta pesquisa teve como objetivo principal produzir concretos com agregados graúdos de origem de rochas ígneas (granito e basalto), metamórficas (gnaisse) e sedimentares (calcário e arenito) verificando sua influência no módulo de elasticidade de acordo com suas as características físicas e mineralógicas, e também, caracterizar e otimizar a dosagem usando o método do IPT.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente definiram-se as variáveis de controle a relação água/cimento para cada tipo de agregado e a idade para a realização dos ensaios, no qual foi de 7 e 28 dias. Como variáveis de resposta, foi utilizado a norma ABNT NBR 5739 (2007) para os resultados do ensaio de resistência à compressão axial e a norma ABNT NBR 8522 (2017) para os resultados do ensaio de módulo de elasticidade. Além disso, para o estado fresco, o abatimento foi fixado para 100 ± 20 mm.

### 2.1 Materiais

Os materiais utilizados foram o Cimento Portland tipo IV (Pozolânico), a areia natural da região metropolitana de Belém (RMB) e o aditivo superplastificante de 3ª geração em todos os traços. Os agregados graúdos foram utilizados o seixo rolado (arenito), a brita de granito, a brita de basalto, a brita de gnaisse e a brita de calcário como mostradas na Figura 1 e suas caracterizações mais relevantes ao trabalho na Tabela 1:

Figura 1 – A) Brita tipo 2 de Granito – B) Brita tipo 2 de Gnaisse – C) Brita tipo 2 de Calcário – D) Brita tipo 2 de Basalto – E) Seixo rolado de Arenito.



(A) (B) (C) (D) (E)

Fonte: Autores (2016)

Tabela 1: Caracterização dos Agregados Graúdos

| Ensaio | Norma | Granito | Gnaisse | Calcário | Basalto | Arenito |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dimensão Máxima Característica (mm) | NBR NM 248 (ABNT, 2003b) | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| Massa Específica (kg/dm³) | NBR NM 52 (ABNT, 2009) | 2,65 | 2,68 | 2,69 | 2,84 | 2,63 |
| Massa Unitária (kg/dm³) | NBR NM 45 (ABNT, 2006) | 1,34 | 1,40 | 1,42 | 1,46 | 1,50 |
| Absorção de Água (%) | NBR NM 53 (ABNT, 2009) | 3,9 | 4,4 | 5,8 | 3,1 | 5,3 |

Fonte: Autores (2016)

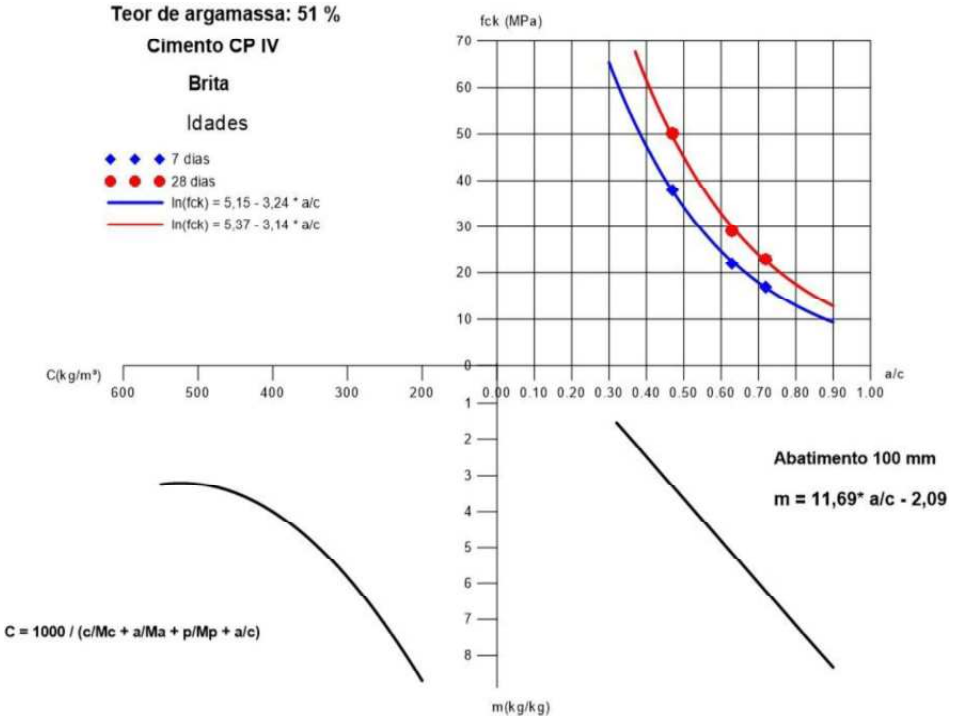
## 2.2 Metodologia e Dosagem

A dosagem do concreto foi executada conforme método IPT/USP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Helene e Terzian, 1993). Seguindo as prescrições da NBR 5738 (ABNT, 2015), após a mistura completa o concreto era adicionado e adensado manualmente com a haste de aço nos moldes cilíndricos medindo 10x20 cm. Após o adensamento do concreto, realizou-se o acabamento superficial dos corpos de prova, 24 horas depois foi feito a desforma dos corpos de prova e os mesmos foram curados por imersão.

Para cada tipo de agregado foi inicialmente determinado um traço piloto (1:5) e posteriormente, mantendo a mesma quantidade de água e o mesmo abatimento no *Slump Test*. O diagrama de dosagem dos traços de acordo com o tipo de agregados é apresentado nas figuras 2, 3, 4, 5 e 6, com suas resistências para as idades de 7 e 28 dias.

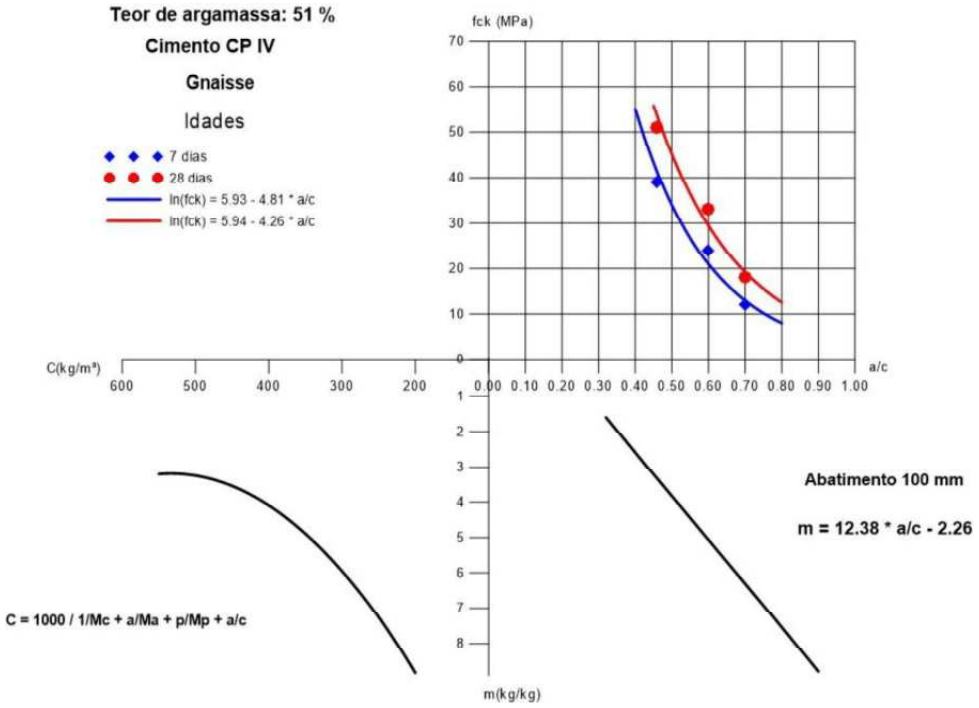
Figura 2 – Diagrama de Dosagem pelo método IPT para o agregado do tipo Brita de Granito – Ruptura à compressão axial nas idades de 7 e 28 dias para traço Pobre

(1:6,5), Rico (1:3,5) e Piloto (1:5)




Fonte: Autores (2016)

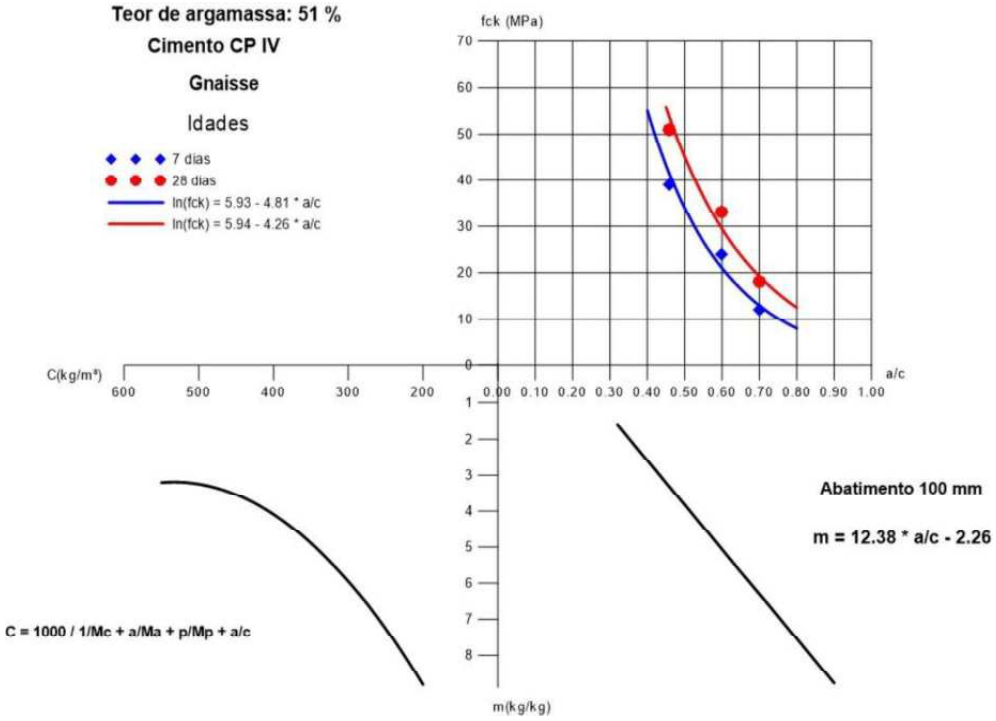
Figura 3 – Diagrama de Dosagem pelo método IPT para o agregado do tipo Brita de Gnaisse – Ruptura à compressão axial nas idades de 7 e 28 dias para traço Pobre (1:6,5), Rico (1:3,5) e Piloto (1:5)




Fonte: Autores (2016)

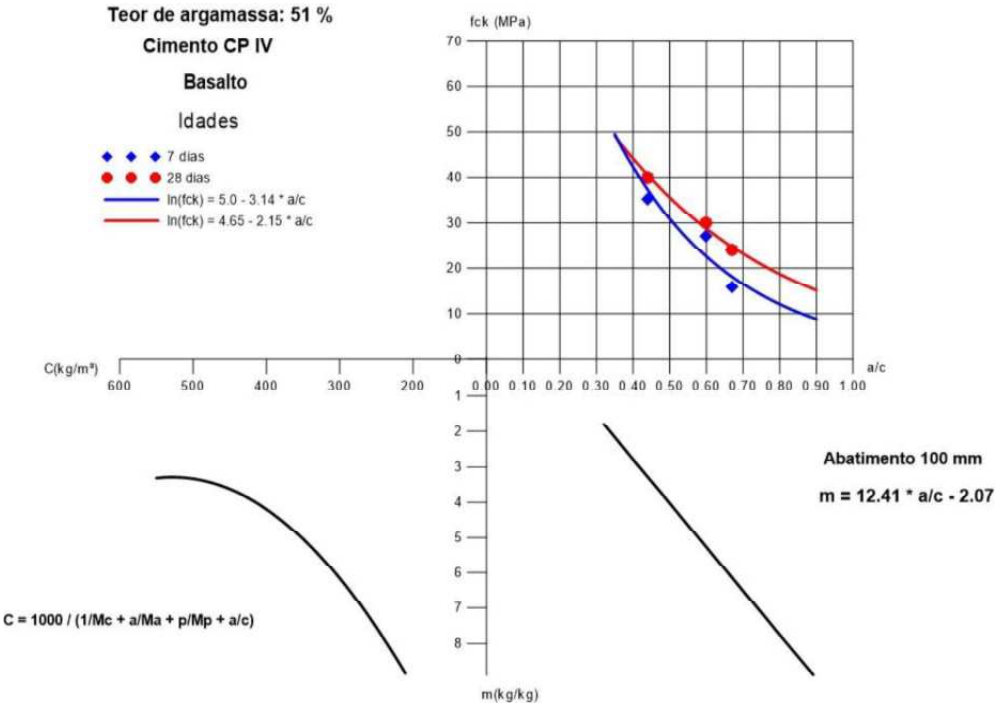
Figura 4 – Diagrama de Dosagem pelo método IPT para o agregado do tipo Brita de

Calcário – Ruptura à compressão axial nas idades de 7 e 28 dias para traço Pobre (1:6,5), Rico (1:3,5) e Piloto (1:5)



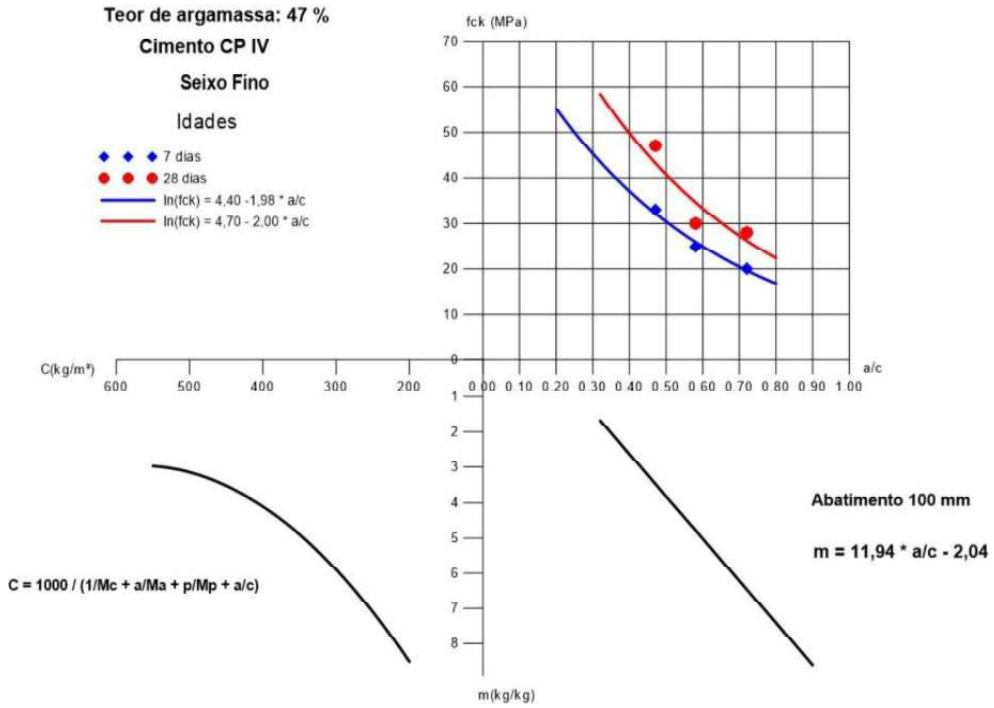

Fonte: Autores (2016)

Figura 5 – Diagrama de Dosagem pelo método IPT para o agregado do tipo Brita de Basalto – Ruptura à compressão axial nas idades de 7 e 28 dias para traço Pobre (1:6,5), Rico (1:3,5) e Piloto (1:5)




Fonte: Autores (2016)

Figura 6 – Diagrama de Dosagem pelo método IPT para o agregado do tipo Seixo Rolado de Arenito – Ruptura à compressão axial para nas idades de 7 e 28 dias para traço Pobre (1:6,5), Rico (1:3,5) e Piloto (1:5)

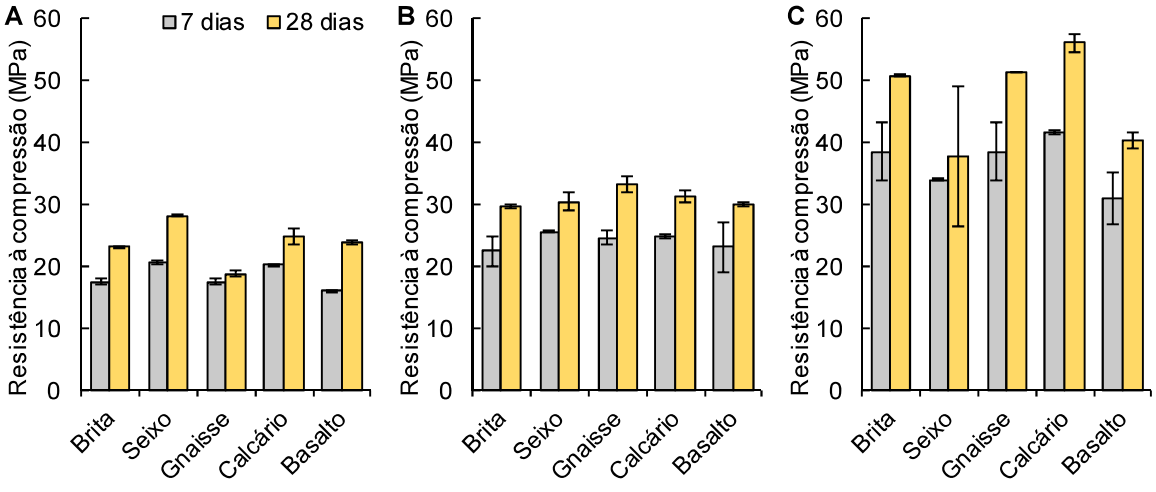



Fonte: Autores (2016)

## 3 RESULTADOS

Segundo a NBR ABNT 8522 (2008), para a obtenção do valor de módulo de elasticidade, é necessário que se tenha a resistência do concreto à compressão axial, utilizando 30% deste valor de ruptura, como carga para o ensaio de módulo de elasticidade. Na Figura 7, é apresentado os valores de compressão axial.

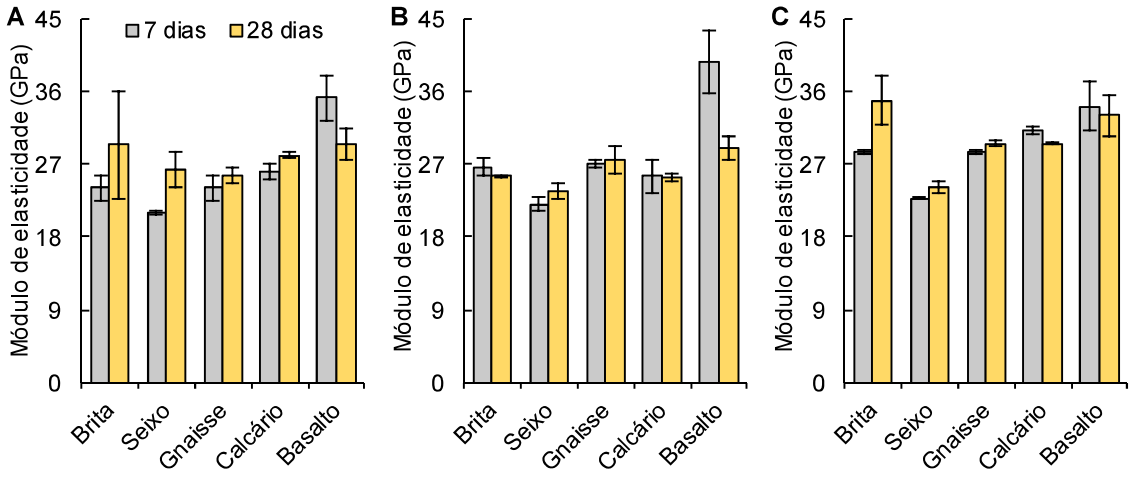
Figura 7 – Compressão Axial de 7 e 28 dias para diferentes relações água cimento, em A; a/c=0,75; B; a/c=0,60; C; a/c=0,45. Ordem (A-Pobre; B-Piloto; C-Rico).




Fonte: Autores (2017)

Para a análise dos dados, uma via, complementada pelo teste post-hoc de Tukey. Foram consideradas diferenças estatísticas quando P<0,05.

Figura 8 – Módulo de elasticidade de 7 e 28 dias para diferentes relações água cimento, em A; a/c=0,75; B; a/c=0,60; C; a/c=0,45. Ordem (A-Pobre; B-Piloto; C-Rico).




Fonte: Autores (2017)

Baseado neste pressuposto, analisando o traço A, B e C, na Figura 8, percebe-se que o concreto com seixo (arenito) e com calcário, ambas de origem de rocha sedimentar, detém o menor valor de módulo, em ambas as idades, em comparação aos restantes dos agregados, exceto pelo calcário no traço C (rico), ser pouco maior que o gnaisse e isto é explicado por dois fatores:

1. O módulo de elasticidade específico dos agregados, de 20-40 Gpa do arenito e 30-50 Gpa do calcário – os menores valores, segundo o quadro 1, de Sbrighi (2005), no qual o autor apresenta ainda os principais tipos de rochas utilizados como agregados para concreto e seus respectivos módulos de elasticidade.

Quadro 1 – Módulo de elasticidade dos agregados

| Tipo de rocha | Módulo de elasticidade (GPa) |
|---|---|
| Arenito | 20-40 |
| Basalto | 60-100 |
| Calcário | 30-50 |
| Gnaisse | 40-70 |
| Granito | 40-70 |
| Quartzito | 50-100 |

Fonte: Sbrighi, Isaia, 2005.

2. A maior absorção de água destes agregados, 5,8% pro calcário e 5,3% pro arenito, pois na formação geológica, estas rochas, de origem sedimentar não foram sujeitas a grandes pressões, logo, aumentando seu índice de vazios. (CHIOSSI, 2013).

Para os concretos com gnaisse, analisando os traços, seus valores foram medianos em relação aos outros agregados devido sua origem geológica ser metamórfica, ou seja, seu módulo de elasticidade específico do agregado é de 40-70 GPa, maior que os agregados de origem sedimentar, portanto, contribuindo para o maior módulo deste concreto. Além disso, possuem absorção de água de 4,4%, justificado pelo alto grau de metamorfismo do gnaisse, diminuindo o seu índice de vazios (CHIOSSI, 2013).

Já para os concretos com basalto, de origem ígnea, seus resultados foram maiores que o dos outros tipos de agregados, pois sua dureza e seu módulo de elasticidade específico serem maiores. Para o granito, também de origem ígnea, obteve resultados semelhantes ao do gnaisse.

Comparando entre si, concreto com basalto deteve o maior valor de módulo de elasticidade por seu módulo específico do agregado ser alto, em torno de 60-100 GPa e o granito (brita) estar em torno 40-70 GPa (assim como o gnaisse) e a absorção de água do basalto (3,1%) ser menor que a do granito (3,9%). Essa diferença de absorção de água, consequentemente a diferença de módulo de elasticidade destes concretos é explicado pois agregados de origem ígnea e com granulação mais fina, como o basalto, possuem maiores resistências que os com granulação mais grossa, como o granito.

## 4 CONCLUSÕES

Para parâmetros de módulo de elasticidade do concreto, conclui-se que a mineralogia do agregado graúdo tem influência de forma direta em todos os traços (Pobre, Piloto e Rico – A, B e C) em diferentes idades, corroborando os estudos citados neste artigo, onde os concretos com maior rigidez (maior valor de módulo) são proporcionais aos que tem, em sua composição, agregados também mais rígidos, como no caso concretos com basalto e granito. Portanto, é necessária uma maior e melhor especificação técnica para concretos quando se há a mudança de tipo de agregado graúdo para concretos convencionais, visto que a deformação desses concretos é diferente em sua totalidade.

## REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação, 2015.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**. Concreto-Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova, 2015.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 5739**. Concreto-Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, 2007.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**. Concreto- Determinação do módulo estático de elasticidade a compressão, 2017.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**. Agregados – Determinação da composição granulometrica, 2003.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios, 2006.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**. Agregado miúdo –Determinação da massa específica e massa específica aparente., 2009.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**. Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água., 2003.

AHMAD, S.; ALGGAMDI, S.A. **A study on effect of coarse aggregate type on concrete**. In: Perform Arab J sci Eng, 37:1777-86, 2012.

ALEXANDER, M.G.; MINDESS, S. **Aggregates in concrete**. In: Abingdon: Taylor & Frances, OXON. 2005.

BAUER, L.A.F., **"Materiais de Construção 1"** 5ª Edição – Ed. LTC, Rio e Janeiro, 1994.

CHIOSSI, N.J. **"Geologia de Engenharia"** 5ª Edição – Ed. Oficina dos Textos, 2013.

HELENE, P.R.L. **Analise do módulo de elasticidade estático e dinâmico para diferentes dosagens de concreto**. Anais, 55º - Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON, Gramado – RS, 2013.

HELENE, P.R.L; TERZIAN, P. **Manual de dosagem do concreto**. São Paulo: Pini; Brasília, DF. 1993.

MELO NETO, A.B.; HELENE, P.R.L.; **Módulo de elasticidade: Dosagem e Avaliação de modelos de previsão do módulo de elasticidade de concretos**. 44º Concresso Brasileiro de Concreto - IBRACON, Belo Horizonte – MG, 2002.

NEVILLE, A. M. , **"Propriedades do Concreto" –** 2ª Edição – Ed. Pini, São Paulo, 1997.

PINHO, D., **"Contribuição da Petrografia de Pedra Britada"** In: Dissertação de Mestrado. São Paulo. 2007.

RASHID, M.A.; MANSUR. M.A.; ASCE, M.; PARAMASIVAM, P. **Correlations between mechanical properties of high-strength concrete**. In: J Mater Civ Eng 14:230-8, 2002.

SBRIGHI, C.N, In ISAIA,G.C.(Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações.** Vol.1, cap11, IBRACON- São Paulo, 2005.