



ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO AGREGADO GRAÚDO DE DIFERENTES ORIGENS MINERALÓGICAS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

Diego Dornelas Diogo¹
Júlio Eduardo Paiva Sena Maia²
Éder José Siqueira³
Jorge Luiz Faria⁴
Fernando Aparecido Lima⁵
Gabriela Vasconcelos Ribeiro⁶
Jeferson Rogério Rangel de Azeredo⁷
Rangel da Cunha Costa⁸
Regiane Vieira de Oliveira Laureano⁹

RESUMO

O principal objetivo do estudo foi avaliar a influência do agregado graúdo de diferentes origens mineralógicas nas propriedades mecânicas do concreto: resistência à compressão. Para isto foram produzidos concretos com quatro tipos de agregados: seixo rolado, granito, mármore e gnaiss, perfazendo um total de cinco corpos de prova para cada amostra obtida, todas da cidade de Volta Redonda – RJ.

Palavras-chave: Concreto. Agregado Graúdo de Diferentes Mineralogias. Propriedades Mecânicas.

¹ Mestre em Química (UERJ), Docente do UGB-FERP.

² Doutor em Ciências (UFRRJ), Docente do UGB-FERP.

³ Mestre em Engenharia (UNESP), Docente do UGB-FERP.

⁴ Técnico de Laboratório do UGB-FERP.

⁵ Graduando de Engenharia Civil pelo UGB-FERP.

⁶ Graduando de Engenharia Civil pelo UGB-FERP.

⁷ Graduando de Engenharia Civil pelo UGB-FERP.

⁸ Graduando de Engenharia Civil pelo UGB-FERP.

⁹ Graduando de Engenharia Civil pelo UGB-FERP.



Introdução

A seleção e a dosagem dos materiais agregados são passos importantes para produzir um concreto que atenda as especificações de resistência e durabilidade. Problemas técnicos e econômicos decorrentes da seleção inadequada desses materiais demonstraram a necessidade de uma melhor compreensão do papel dos mesmos na resistência mecânica, na durabilidade e também na estabilidade dimensional do concreto. Grande parte do volume de concreto é ocupado pelos agregados, e suas propriedades, tais como, porosidade, composição granulométrica, absorção d'água, estabilidade, forma e textura superficial dos grãos, resistência mecânica, módulo de deformação e substâncias deletérias presentes, interferem significativamente no seu desempenho. Os agregados graúdos utilizados nesse trabalho foram o seixo, o granito, o mármore e a gnaisse.

A mistura desses elementos com cimento, areia e água geram o concreto. Essa miscelânea acarreta a formação de reações químicas exotérmicas (com grande liberação de energia) principalmente aquela formada pela a água e pelo o cimento. Esta matriz é considerada a fase mais importante do concreto, pelo comprometimento que ela pode ocasionar na resistência mecânica e na durabilidade do mesmo.

Materiais e métodos

1- Materiais

1.1 – Agregados

Os agregados são materiais granares, com forma e volume definidos, com dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil. Podem ser classificados levando-se em conta a origem, a densidade e o tamanho dos fragmentos. Pode-se dizer que em torno de 65% a 85% do volume do concreto



é composto por agregado graúdo e miúdo, tornado estes, os insumos mais produzidos e consumidos na indústria da construção civil.

Com esses recursos sendo cada vez mais explorados, é necessário que materiais alternativos sejam utilizados como agregados na formulação dos concretos, desde que os mesmos apresentem resultados satisfatórios e seguros.

1.1.1 – Seixo Rolado

São substâncias originadas do acúmulo e da consolidação de materiais provenientes da desagregação de rochas preexistentes, que vão se soltando ao longo do tempo nos rios e vão sendo polidos pela força da correnteza. O seu tamanho varia entre 4 mm e 64 mm.

1.1.2 – Granito

São rochas ígneas ou magmáticas que podem ser classificadas a partir da sua textura, composição química e mineralógica, vindo a ser consideradas intrusivas ou extrusivas. Os materiais intrusivos ou plutônicos se originam quando o magma penetra por entre as fissuras da rocha e solidifica-se no interior da Terra, contendo acúmulo de minerais por se formarem com maior pressão e com resfriamento mais lento. Os materiais extrusivos ou vulcânicos se originam quando o magma expelido pelos vulcões em forma de lava, solidifica-se rapidamente no exterior da Terra, contendo acúmulo de matéria vítrea, por se formarem em temperaturas menores.

O granito é formado por um conjunto de minerais sendo os mais comuns o quartzo, a mica e o feldspato.

- **Quartzo:** mineral incolor formado por partes que se parecem com figuras geométricas, é encontrado em forma de grãos acinzentados no granito, que formam os cristais.



- **Mica (biotite e moscovite):** mineral responsável pelo aspecto brilhoso e corresponde aos pequenos grãos com tonalidade cinza-escura e preta, além de ser um bom isolante de eletricidade.
- **Feldspato (ortoclase, sanidina e microlina):** mineral que possui diversas tonalidades como creme-acinzentada, avermelhada, amarelada, esbranquiçada e esverdeada, usado também na produção de tintas e vernizes.

1.1.3 – Mármore

São rochas metamórficas que surgem a partir da transformação das rochas sedimentares ou magmáticas, formadas por processos físico-químicos que ocorrem pela ação de diversos fatores relacionados com a umidade, a temperatura e a pressão no interior da Terra. O mármore se forma quando o calcário é submetido a condições mais altas de pressão e temperatura. É composto principalmente de calcita e/ou dolomita, mas, apresenta outros minerais, como quartzo, talco, tremolita, diopsídio ou olivina que podem ser utilizados para estimar a temperatura e pressão a que a rocha esteve submetida.

1.1.4 – Gnaisse

É uma das rochas mais comuns, podendo ser formada pelo metamorfismo do granito, ou de rochas sedimentares quartzo-argilosas. Frequentemente exibe bandejamento descontínuo e com espessura variada. É composto por leitos de coloração clara, contendo quartzo e feldspatos, intercalados com leitos que contém minerais mais escuros, como biotita e anfibólio.

2- Métodos

2.1 – Fabricação do Concreto



O concreto foi confeccionado no laboratório de materiais de construção, do Centro Universitário Geraldo Di Biase (UGB), junto ao técnico responsável, de acordo com as normas técnicas vigentes. Os materiais foram definidos e o melhor tipo de traço para esse trabalho foi escolhido, sendo definida a proporção 1:2:3, onde a proporção é de 1 parte de cimento, para 2 partes de areia e 3 partes de agregado graúdo. Os agregados passaram por uma britagem manual, com auxílio de um soquete CBR, já que os mesmos se encontravam em cacos. Posteriormente, esses materiais foram peneirados para o ajuste da granulometria. Este procedimento consiste na passagem dos componentes por um conjunto de peneiras que vão desde a malha 0,149 mm à malha 25,4 mm. Em seguida, todo o material retido foi pesado para o preenchimento do relatório de análise granulométrica.

Dados os valores utilizados no traço para um corpo de prova (CP): 350g de cimento, 723 g de areia, 1101 g de brita, 210g de água, através deles foi realizado o cálculo para definir a medida a ser utilizada no traço para 5 corpos de prova (Cps), conforme quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Traço para o corpo de prova

Material	Peso unitário	Peso para 5 CPs
Cimento	1,0	2.900g
Areia	2,06	5.974g
Brita	3,14	9.106g
Água	0,60	1.740g
A/C	0,60	0,60

Os valores supracitados no quadro 1 foram obtidos, realizando a multiplicação do peso do cimento pelo peso unitário de cada componente. Para a fabricação de cada traço de concreto foi utilizado o processo de misturas dos agregados graúdos (seixo, granito, mármore e gnaisse), areia, cimento e água, de acordo com as normas NBR – 16917, NBR – 17054, NBR – 7211 e NBR – 16605.



2.2 – Corpos de prova para ensaio

Atendendo a NBR 5738, os moldes para corpo de prova devem ser cilíndricos, de aço ou material não absorvente e que não reaja com o cimento Portland, suficientemente resistentes para manter sua forma durante a operação de moldagem, abertos na face superior, o fundo e a lateral devem ser estanques quando fechados e de fácil desmoldagem, para não danificar o corpo de prova.

A base do molde deve ser plana, com uma tolerância de 0,05 mm e ter altura igual ao dobro do diâmetro (diâmetro deve ser de 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm, a depender do tipo de concreto e da dimensão dos agregados utilizados). Para concretos convencionais ou compostos por agregados com dimensão máxima característica igual a 25 mm, pode-se utilizar os moldes com dimensões de 10 cm de diâmetro de 20 cm de altura.

Os moldes devem ser posicionados em uma base plana e seca, em local definido para permanecer 24 horas, longe de circulação e protegido de sol, respingo d'água, vibrações e contatos.

2.2.1 – Confeção do corpo de prova

Foram confeccionados em formas cilíndricas medindo 10cm x 20 cm, com 02 (duas) camadas:

- **Camada 1:** Preenchida a forma até a metade e aplicado 12 golpes com a haste de socamento distribuindo uniformemente os golpes.
- **Camada 2:** Completou a forma até sua borda e aplicado mais 12 golpes com a haste de socamento. Logo após acertou a superfície da forma utilizando a própria haste de socamento fazendo rolagem na parte superior.

2.2.2 – Cura do corpo de prova



Passadas 24 horas da moldagem, se desenforma o corpo de prova e o armazena para a sua cura em câmara úmida ou tanque de cura, onde terão cura entre 7 e 28 dias. Os corpos de provas confeccionados foram mantidos em cura úmida até os 33 dias.

2.3 – Teste de resistência a compressão

Após a cura do corpo de prova concluída, retira-se da cura úmida e verifica-se o diâmetro da superfície, onde se constatou a mesma com 10 cm de diâmetro. O rompimento para teste de resistência a compressão foi feito após a cura e obteve resultados conforme relatórios em anexo:

- **Relatório 1**– Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos - SEIXO ROLADO - NBR-5739;
- **Relatório 2**– Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos - GRANITO - NBR-5739;
- **Relatório 3**– Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos- MÁRMORE - NBR-5739;
- **Relatório 4**– Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos - GNAISSE - NBR-5739;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 ilustra a média de resistência à compressão dos corpos de prova confeccionados com seixo rolado (derivado do relatório 1), com granito (derivado do relatório 2), com mármore (derivado do relatório 3) e com gnaisse (derivado do relatório 4).

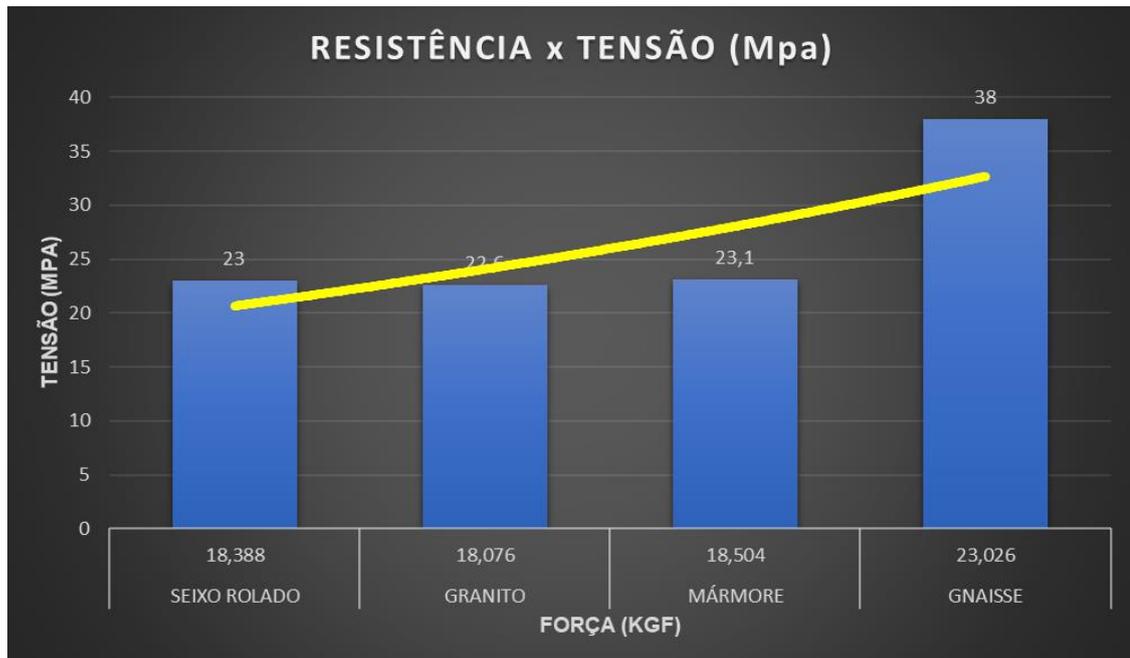


Figura 1 – Média de Resistência à Tensão de Compressão

Ao analisar o gráfico ilustrado nota-se que:

- O seixo rolado suportou tensão de 23,0 MPa e carga de ruptura em 18,388 Kgf.
- O granito suportou a menor tensão - 22,6 MPa com carga de ruptura em 18,076 Kgf.
- O mármore suportou uma tensão bem próxima ao seixo rolado - 23,1 MPa com carga de ruptura em 18,504 Kgf.
- O gnaisse suportou a maior tensão - 38,0 MPa com carga de ruptura em 23,026 Kgf.

De acordo com Alhadass, os agregados têm procedência distinta, o que por sua vez pode levar a diferentes valores de propriedades mecânicas da rocha da qual eles foram obtidos. Esta diferença nas propriedades da rocha de origem pode ser uma das causas dos valores distintos de resistência à compressão encontrados no concreto.



Segundo Júnior et al (2002) concretos fabricados com fator a/c entre 0,35 e 0,70 e agregados de diâmetro máximo de 19 mm se deformam mais facilmente se tiverem origem basáltica (rochas magmáticas ricas em silicato de magnésio).

Segundo Dal Molin (2005), o uso de materiais com melhor granulometria aumenta a densidade da mistura com preenchimento dos vazios pelas minúsculas partículas. Isto influencia a cinética da hidratação e os tipos de produtos de hidratação formados, ou seja, a adição restringe os espaços nos quais os produtos de hidratação podem crescer, gerando um grande número de pequenos cristais ao invés de poucos cristais de grande tamanho. O somatório de todos os efeitos promove uma melhora significativa da zona de transição, refletindo num aumento de desempenho do concreto sob o ponto de vista tanto mecânico como de durabilidade. Aparentemente de acordo com esse estudo, a gnaisse apresentou uma melhor granulometria, visto que apresentou uma maior resistência mecânica.

CONCLUSÃO

A utilização de diferentes agregados graúdos desempenham um papel crucial na composição e desempenho do concreto. Dentre suas funções destacam-se:

- O suporte estrutural, onde sua presença contribui para a capacidade de carga e estabilidade do concreto endurecido.
- A distribuição de tensões, sendo necessário para evitar as fissuras e garantir que a carga seja distribuída uniformemente.
- A redução da reação térmica, responsável por reduzir o calor gerado no processo de hidratação do concreto e reduzir as fissuras causadas pela expansão térmica.
- A economia de custo na produção do concreto, utilizando os materiais locais, para a redução no custo do transporte.

O presente estudo teve como objetivo principal verificar se os diferentes agregados graúdos, de diferentes origens mineralógicas, quando utilizados na produção do concreto, seriam capazes de suportar determinados valores de



resistências à compressão, para serem utilizados em construções do cotidiano. Os valores obtidos, principalmente para o seixo rolado, corroboram com esse estudo, já que a média de resistência à compressão foi superior a 30 Mpa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHADA, M. F. S.; **Estudo da influencia do agregado graúdo de diferentes origens mineralógicas nas propriedades mecânicas do concreto**, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 126p-2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)

_____.**NBR 16917**; Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2004.

_____.**NBR 17054**; Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio Esta Norma estabelece o método de ensaio para a determinação da composição granulométrica de agregados miúdo e graúdo para argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2022.

_____.**NBR 7211**; Agregados para concreto – Requisitos. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2022.

_____.**NBR 16605**; Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica Esta Norma estabelece o método para determinação da massa específica de cimento Portland e outros materiais em pó, por meio do frasco volumétrico de Le Chatelier. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2016.

_____.**NBR 5738**; Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2015.

_____.**NBR 5739** - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Mi: ABNT, 2018.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 471 p.

DAL MOLIN, D. C. C., **“Adições Minerais para concreto Estrutural” - Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**”- IBRACON, 2005, São Paulo.



FARIAS, M.M.; PALMEIRA, E.M., “**Agregados para construção Civil**” – **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**”- Volume 1, 1ª Edição, São Paulo, 2007.

FREITAS, L. B.; JÚDICE, F. M. S.; CARNEIRO, L. A. V.; EVANGELISTA, A. C.J.; SHEHATA, L. C. D., 2001 “**Avaliação do Módulo de Elasticidade de Concretos de Alto Desempenho com Diferentes Idades**”, 43º Congresso Brasileiro de Concreto, IBRACON, Foz do Iguaçu, Agosto.

GONCALVES, J. R., ALMEIDA, I.R., SHEHATA, L. C. D., “**Influência do Tipo de Agregado Graúdo nas Propriedades do Concreto de Alta Resistência**”, Anais, 36ª Reibrac – Instituto Brasileiro do Concreto, Porto Alegre-RS, Setembro 1994, pp.339-352.

IBRACON. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 2011.

ISAIA, G.C; **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Ibracon, 2010.

JUNIOR, P. F.; OLIVEIRA, J.S.P.; PEREIRA, P.C.; COSTA, A.C.M.; PRADO, P.P.F.; CARASEK, H., “**Influência dos Agregados Graúdos do Estado de Goiás no Módulo de Deformação do concreto**” – disponível em: <http://casodepericia.wordpress.com/2008/04/15/influencia-dos-gregados-nomodulo-nde-deformacao-do-concreto>

MEHTA, Povindar K. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MENDES, Sandro, E. S. **Estudo experimental de concreto de alto desempenho utilizando agregados graúdos disponíveis na região metropolitana de Curitiba**. 2002. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002. Disponível em: <<http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0010.pdf>>. Acesso em: 19 mar 2016.

SÁ, M.D.V., **Influência na substituição da areia natural por pó de pedra, no comportamento mecânico, microestrutural e eletroquímico dos concretos**. Universidade Federal do Rio grande do Norte, 2006.

SILVA, E. F., “**Concreto de Alto Desempenho: Estudo de Propriedades Mecânicas**”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 166p-1997.

SOUZA, V. A. L. **Estudo do comportamento de materiais não convencionais utilizados como revestimento de paredes, visando a redução da carga térmica**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFPA, 2012.