

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL**

MICKEY ANDERSON PAIXÃO DA SILVA

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
DE BRITAS GRANÍTICAS E GNAÍSSICAS NA
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO**

DISSERTAÇÃO

RECIFE

2016

MICKEY ANDERSON PAIXÃO DA SILVA

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
DE BRITAS GRANÍTICAS E GNAÍSSICAS NA
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO**

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Engenharia Mineral na área de concentração em Minerais Industriais.

Orientador: Prof. Dr. Belarmino Barbosa Lira.

Coorientador: Profa. Dra. Felisbela Maria da Costa Oliveira.

RECIFE

2016

Catálogo na fonte

Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

S586i

Silva, Mickey Anderson Paixão da

Influência das características morfológicas de britas graníticas e gnaíssicas na resistência à compressão do concreto / Mickey Anderson Paixão da Silva - 2016.

104 folhas, Il. e Tab.

Orientador: Prof. Dr^o. Belarmino Barbosa Lira.

Coorientadora: Prof. Dr. Felisbela Maria da Costa Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2016.

Inclui Referências e anexos.

1. Engenharia Mineral. 2. Agregados. 3. Granito.
4. petrografia. I. Lira, Belarmino Barbosa. (Orientador). II. Oliveira, Felisbela Maria da Costa(Coorientadora). III. Título.

UFPE

622.35CDD (22. ed.)

BCTG/2016-289



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
MICKEY ANDERSON PAIXÃO DA SILVA

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
DE BRITAS GRANÍTICAS E GNAÍSSICAS NA
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MINERAIS INDUSTRIAIS

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do **Dr. Belarmino Barbosa Lira**, considera o candidato, aprovado.

Recife, 29 de Julho de 2016.

Prof. Dr. Belarmino Barbosa Lira
Orientador (UFPB)

Profa. Dra. Felisbela Maria da Costa Oliveira
Coorientador (UFPE)

Prof. Dr. Gorki Mariano
Examinador Externo (UFPE)

Prof. Dr. Márcio Luiz Siqueira Campos Barros
Examinador Interno (UFPE)

A todos que me incentivaram e não
permitiram que caísse, principalmente
aos que, além disso, contribuíram com
sua sabedoria e discernimento.

AGRADECIMENTOS

Sou muito grato a DEUS por ter conseguido concluir esse trabalho, pois sempre que mais precisei, foi Nele que fixei meu pensamento.

A minha amável professora Felisbela Maria da Costa Oliveira a quem recorri tantas vezes para receber sua ajuda e sempre se colocou a disposição com seu conhecimento nos mais diversos aspectos.

A minha família que torce sempre por mim e que está sempre comigo, participando e opinando em tudo que esteja fazendo.

A minha namorada Taynara Tamyres, que ajudou na transmissão e introdução de dados importantes para esta pesquisa, além de ter compreendido a minha falta de atenção para com ela durante alguns períodos.

Ao meu orientador Belarmino Barbosa Lira, que com sua paciência e sabedoria auxiliou na construção desta pesquisa.

Aos colegas, João Cazuza, Ezequiel Muniz e Rinaldo Catunda, que coordenam os trabalhos do Laboratório de Tecnologia do Concreto.

Ao professor Gorki Mariano, que auxiliou na análise e classificação do material.

A colega Mayara Modesto que muito auxiliou na confecção dos concretos assim como disponibilidade de material e conhecimento.

A Christiane Perrela, que ajudou em diversas etapas no desenvolver da pesquisa.

Aos Laboratórios de Tecnologia Mineral – LTM e Laboratório de Tecnologia do Concreto, ambos da UFPE, e ao Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas, localizado no Centro de Tecnologia da UFPB.

A TECOMAT empresa que se colocou totalmente a minha disposição para realização dos ensaios, decisivos para conclusão desta pesquisa.

A CAPES pelo auxílio da bolsa de estudo.

Aos funcionários da UFPE e do PPGEMinas, em especial Edna Santos e Voleide Barros, pelo carinho e atenção.

Aos professores do PPGEMinas que me transmitiram seus conhecimentos, sendo esses usados direta e indiretamente no decorrer da pesquisa.

MUITO OBRIGADO A TODOS!

“A persistência é o menor caminho do
êxito”.

CHARLES CHAPLIN

RESUMO

Em virtude dos agregados constituírem os recursos minerais mais acessíveis e também serem responsáveis por uma enorme parcela do material consumido na construção civil, faz-se necessário um estudo mais aprofundado a respeito da utilização e aplicação dessa matéria prima. O objetivo principal é qualificar a relação entre os resultados de resistências à compressão do concreto, obtidos por meio de testes feitos em corpos-de-prova moldados com diferentes tipos de brita, de modo a identificar aquela que proporciona uma maior resistência no mesmo, quando submetido aos esforços uniaxiais de compressão. Para isso foram escolhidas amostras de rochas, sendo três granitos e três gnaisses para análise da qualidade do concreto produzido a partir das respectivas britas. As britas foram analisadas macroscopicamente e todas as amostras foram submetidas às mesmas etapas de britagem, e posteriormente o material resultante dessa etapa passou pelo peneirador mecânico. Através desse processo, avaliou-se individualmente o índice de forma, o módulo de finura e o percentual dos minerais com clivagem dos devidos tipos de rochas afim de entender melhor o motivo dos posteriores resultados do comportamento do concreto com relação à trabalhabilidade e resistência a compressão uniaxial para cada um dos tipos de brita. A escolha do tipo de cimento torna-se muito relevante para esta análise. Faz-se necessário a escolha de um cimento que dê margem para que o tipo de brita seja a variável mais importante e decisiva no processo de resistência. Observa-se também que o índice de forma está relacionado ao percentual de minerais presentes na rocha que apresentam planos de clivagem. O valor do índice de forma está diretamente relacionado aos teores de minerais com um ou mais planos de clivagem contidos em cada amostra. Por fim, ficou constatado que o concreto que apresentou a maior resistência à compressão foi confeccionado por agregados com os menores módulos de finura; já os agregados com o maior módulo de finura resultaram num dos concretos menos resistentes.

PALAVRAS-CHAVE: agregados, granito, petrografia

ABSTRACT

Because the aggregate constitute the most accessible mineral resources and also account for a huge portion of the consumed in construction material, it is necessary to further study regarding the use and application of this raw material. The main goal is to qualify the relationship between the results of resistance to the concrete compressive obtained by means of tests made on specimens test pieces molded with different types of gravel, in order to identify one that provides greater strength in that when subjected to uniaxial compression efforts. For this rock samples were selected: three and three granite gneiss for analysis of the quality of concrete produced from the respective gravel. The gravel was analyzed macroscopically and all samples were subjected to the same steps of crushing, and then the resulting material has passed this stage by mechanical sieving. Through this process, we assessed individually the form of an index, the fineness modulus and percentage of minerals with cleavage of proper rock types in order to better understand the reason for the subsequent behavior of concrete results regarding the workability and compressive strength uniaxial for each type of grit. The choice of the type of cement becomes very relevant to this analysis. It is necessary to choose a cement margin so that the type of grit is most important and crucial variable in resistance process. It is also observed that the form of an index is related to the percentage of minerals present in the rock show cleavage planes. The value of the medium index is directly related to mineral contents in one or more cleavage planes contained in each sample. Finally, it was found that the concrete with the highest compressive strength was made by households with the lowest fineness modules; since aggregates with higher fineness modulus resulted in the least resistant concrete.

KEYWORDS: aggregates, granite, petrography

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Paquímetro	25
Figura 2: Burj Dubai, edificação com aproximadamente 700m de altura.	30
Figura 3: Conjunto para determinação de abatimento do tronco de cone: base plana, funil, cone tronco-cônico e haste socadora.	33
Figura 4: Etapas do ensaio do abatimento do tronco de cone.	34
Figura 5:Corpos-de-prova em base nivelada	41
Figura 6:Colocação do concreto nos moldes	41
Figura 7: Colocação do concreto nos moldes	41
Figura 8: Emprego da haste de socamento nos corpos-de-prova.....	41
Figura 9: Nivelamento do topo	41
Figura 10:Identificação dos corpos-de-prova	41
Figura 11: Diagrama Q-A-P de Streckeisen	42
Figura 12: Textura holocristalina de um granito, observado ao microscópio óptico,	44
Figura 13: Textura hipocristalina de uma rocha vulcânica, observada ao microscópio óptico,	45
Figura 14: Textura holohialina de um vidro vulcânico, observado ao microscópio óptico,	45
Figura 15: Textura fanerítica de um granito, observado em amostra de mão.	46
Figura 16: Textura afanítica de um basalto, observado em amostra de mão.	47
Figura 17: Amostras de rochas gnáissicas	49
Figura 18: Amostras de rochas graníticas.....	49
Figura 19: Pedreira Esperança, Vitória de Santo Antão – PE.....	50
Figura 20: Pedreira Maracatu, Nazaré da Mata – PE.	50
Figura 21: Pedreira Bricál, Caruaru – PE.....	50
Figura 22: Pedreira Guarani - PE.....	50
Figura 23: Pedra do Martelo - PE.....	51
Figura 24: Amostra de rochas gnáissicas, advindas da Pedreira Esperança.	51
Figura 25: Amostra de rochas gnáissicas, advindas da Pedreira Maracatu.....	52
Figura 26:Amostra de rochas gnáissicas, advindas da Pedreira Bricál.....	52

Figura 27: Amostra de rochas graníticas, advindas da Pedreira Guarani.	53
Figura 28: Amostra de rochas graníticas, advindas da Pedra do Martelo.	53
Figura 29: Amostra de rochas graníticas, advindas de João Pessoa.	54
Figura 30: Balança Bel Equipamentos Ltda.	55
Figura 31: Balança Ohaus Corporation.	55
Figura 32: Britador de mandíbula de 1 (um) eixo	56
Figura 33: Britador de mandíbula de 2 (dois) eixos.	56
Figura 34: Britador de mandíbulas, de 1 (um) eixo.	57
Figura 35: Britador de mandíbulas de 2 (dois) eixos.	58
Figura 36: Estufa.	59
Figura 37: Peneiradores mecânicos, Laboratório de Estruturas, UFPE.	61
Figura 38: Quarteador Jones	62
Figura 39: Paquímetro digital	62
Figura 40: Betoneira, Laboratório de Estruturas UFPE.	64
Figura 41: Forma cilíndrica para corpos-de-prova	65
Figura 42: Limpeza, montagem e moldagem.	65
Figura 43: Tronco de cone e conjunto para determinação do abatimento.	66
Figura 44: Abertura das borboletas, folga do parafuso e retirada do molde.	66
Figura 45: Câmara úmida, aspectos externo e interno.	67
Figura 46: Retificação dos corpos de prova.	68
Figura 47: Prensas hidráulicas.	70
Figura 48: Medição das britas com paquímetro	76
 Gráfico 1: Curvas granulométricas das britas.	 72
Gráfico 2: Índice de forma X amostra.	78
Gráfico 3: Ruptura dos CP's (Mpa) X Tempo de cura.	80
 Quadro 1: Texturas das rochas magmáticas em função do grau de cristalinidade.	 44
Quadro 2: Divisão das rochas cristalinas em função do tamanho do grão	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do tamanho da brita, segundo ABNT NBR 7525.....	19
Tabela 2: Quantidade mínima de material para ensaio.....	23
Tabela 3: Conjunto de peneiras NBR 5734.....	26
Tabela 4: Número de camadas para moldagem dos corpos-de-prova (ABNT, 2003 ^a).....	40
Tabela 5: Descrição macroscópica das amostras.....	71
Tabela 6: Composição granulométrica das rochas gnáissicas	73
Tabela 7: Composição granulométrica das rochas graníticas.....	74
Tabela 8: Número de grãos a ser coletados por % retido, para as amostras gnáissicas.	75
Tabela 9: Número de grãos a ser coletado por % retido, para as amostras graníticas.....	76
Tabela 10: Índice de forma, clivagem e tipo de rocha.....	77
Tabela 11: Tabela de resultados da Análise da ruptura dos corpos-de-prova (C.P.)	79

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Motivações para elaboração da dissertação	15
1.2. Objetivo Geral	16
1.3. Objetivos Específicos:.....	16
1.4. Justificativa	17
2. INFORMAÇÕES TÉCNICAS	17
2.1. Agregados.....	19
2.2. Agregados para Construção Civil	21
2.2.1. Materiais naturais utilizados como agregados na construção civil. ...	21
2.2.2. Definição de agregados para construção civil.	21
2.2.3. Aplicabilidade das britas.....	22
2.2.4. Uso da brita no concreto	22
2.3. Índice de Forma	23
2.4. Dimensão Máxima e Composição Granulométrica	25
2.5. Módulo de Finura	26
2.6. Cimento e sua Denominação	27
2.7. Cimento Portland Comum (CPI)	28
2.8. Concreto	28
2.8.1. Razões da larga aplicabilidade do concreto	29
2.8.2. Tipos de concretos	30
2.9. Propriedades do Concreto	31
2.9.1. Propriedades do concreto fresco.....	31
2.9.2. Propriedades do concreto endurecido.....	35
2.9.3. Resistência à compressão do concreto.....	36
2.10. Origem e Classificação das Rochas	42
2.11. Texturas das rochas magmáticas	43
2.12. Texturas das rochas metamórficas	43
2.13. Cristalinidade	44
2.14. Dimensão dos Cristais:	45

3. METODOLOGIA.....	48
3.1. Revisão bibliográfica.....	48
3.2. Escolhas dos tipos de rocha	48
3.3. Coletas das amostras	49
3.4. Análises macroscópicas dos litotipos.....	51
3.5. Pesagem dos materiais.....	54
3.6. Britagem das amostras	55
3.7. Secagem das amostras	58
3.8. Classificação granulométrica	59
3.9. Cálculo do Índice de Forma	61
3.10. Materiais e proporções da mistura do concreto	63
3.11. Confeção dos concretos.....	63
3.12. Moldagem dos corpos de prova.....	64
3.13. Tronco de cone	65
3.14. Desmoldagem dos corpos de prova	66
3.15. Processo de cura	67
3.16. Retificação dos corpos-de-prova	68
3.17. Ensaios de ruptura à compressão simples	69
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
4.1 Módulo de finura	72
4.2 Índices de forma	75
4.3 Resistência à compressão	78
5. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, para as construções antigas, desde as habitacionais até os templos, os homens utilizavam a rocha e a madeira como matéria-prima, devido à facilidade de encontrá-los na natureza e pelas suas características. A rocha apresenta elevada durabilidade e resistência à compressão, mas, possui baixa resistência à tração. Por sua vez, a madeira tem resistência mediana e durabilidade limitada. Séculos depois, introduziram o ferro e o aço como materiais para a construção, porém, ambos poderiam ser avariados através do processo de corrosão.

Logo, havia a necessidade de desenvolver materiais que apresentassem as duas características: resistência e durabilidade. Assim, surgiu o concreto. Este material consiste da mistura do 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 num composto capaz de suportar maiores esforços mecânicos nas mais variadas formas geométricas.

1.1. Motivações para Elaboração da Dissertação

O setor de agregados para a construção civil possui a parcela de insumos minerais mais consumidos e, conseqüentemente, os mais significativos em termos de quantidades produzidas no Mundo. Os agregados são os recursos minerais mais acessíveis e as matérias-primas mais importantes usadas na indústria da construção civil, sendo o concreto, depois da água, o segundo material mais consumido em volume pela humanidade (FERREIRA, 2003, p.02).

De acordo com ANDRIOLO (1984) em um volume de concreto convencional, os agregados, tanto graúdo como o miúdo, ocupam cerca de 75% de seu volume. Dessa forma, é inevitável que um material com uma porcentagem tão elevada na massa do concreto, contribua nas propriedades do concreto fresco e endurecido.

A importância dos agregados é de uma grandeza tal que é possível identificar o nível de desenvolvimento e perfil econômico de uma localidade,

cidade, região ou até país, através do seu consumo. Isso é possível, porque o consumo de agregados está diretamente relacionado ao consumo do concreto, que por sua vez, retrata a qualidade de vida de uma comunidade. Pois, a maioria das obras de infraestrutura (pavimentação e construção de estradas, pontes, viadutos, ferrovias, aeroportos, praças e ruas) e desenvolvimento de uma sociedade, depende direta ou indiretamente do seu uso. Por exemplo, construção de habitações, indústrias em geral, obras de represamento, saúde e saneamento básico (onde estão incluídos os sistemas de captação, adução, tratamento e distribuição de água e esgoto).

Assim foram escolhidas amostras de rochas, sendo três destas com orientação planar dos minerais (apresentado pois foliação) e três sem orientação (ou seja isotrópicas), para análise da qualidade do concreto produzido a partir de suas respectivas britas.

1.2. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo principal qualificar a relação entre os resultados de resistências à compressão do concreto, obtidas por meio de testes feitos em corpos-de-prova de dois tipos: um moldado a partir de britas oriundas de rochas graníticas e outro moldado com britas originárias de gnaisses. Assim pretende-se identificar o tipo de brita que deve ser utilizada para a produção do concreto mais resistente usado na construção civil, através da diferença na propriedade de resistência à compressão, entre concretos compostos com brita gnáissica e concretos compostos com brita granítica.

1.3. Objetivos Específicos

Abaixo se listam os objetivos específicos focados neste trabalho. São eles:

- Análise mineralógica e petrográfica dos materiais rochosos;
- Classificação granulométrica das britas produzidas a partir das amostras coletadas;

- Determinação do índice de forma das britas;
- Confeção de corpos de prova de concreto para posterior teste de resistência à compressão uniaxial;
- Identificação do material rochoso que possibilite a produção de britas que favoreçam a confecção de concretos mais resistentes;

1.4. Justificativa

Devido ao interesse em se obterem informações e dados a respeito da resistência dos agregados graúdos, por sua vez, muito usados pela construção civil, as britas, realizou-se essa pesquisa sobre as características dos mesmos, oriundos de rochas gnáissicas e graníticas.

A difusão desses resultados tem como propósito incentivar o progresso da economia mineral, pois, através dos mesmos, tornar-se-á possível a escolha mais oportuna da jazida de material rochoso, conseqüentemente do tipo de agregado a ser produzido, e empregado conforme a adequação da situação de uso.

Estes resultados poderão ser utilizados pelos setores, público e privado, no momento de estabelecerem prioridades nos respectivos planejamentos estratégicos, tornando-os mais eficazes e eficientes.

2. INFORMAÇÕES TÉCNICAS

Segundo o Relatório Técnico nº 30 do Ministério de Minas e Energia (2009), brita ou pedra britada para construção civil é o produto do processo de cominuição de vários tipos de rochas. Brita é um termo utilizado para denominar fragmentos de rochas duras, originários de processos de beneficiamento (britagem e peneiramento) de blocos maiores, extraídos de maciços rochosos (granito, gnaiss, basalto, calcário) com auxílio de explosivos.

O relatório afirma também que os produtos de pedreira são: rachão, gabião, brita graduada, brita corrida, rocha (ou brita) 1, rocha (ou brita) 2, rocha

(ou brita) 3 e rocha (ou brita) 4, rocha (ou brita) 5, pedrisco ou brita 0, pó de rocha e areia de brita.

A brita possui dimensões que variam entre 4,8 e 100 mm, classificado como agregado de origem artificial, de tamanho graúdo. Tendo como área fonte, as pedreiras, que exploram rochas cristalinas com solos pouco espessos de cobertura, no estado físico sem muita alteração, de preferência aquela contendo rochas quartzo – feldspáticas, como os granitos e gnaisses. Porém, às vezes, rochas como o basalto e calcários microcristalinos, também são explorados para essa finalidade (IERVOLINO apud ABREU, 2014, p.17).

Aqui considerar-se-ão apenas os dois primeiros tipos. A textura da rocha fonte deve ser coesa e não muito grossa, com baixa porosidade, ausência de plano de fraqueza e apresentar estrutura isotrópica. Não é recomendável utilizar rochas xistosas, com acamamento, foliações finas, micro fraturas, podendo este tipo de rocha produzir britas alongadas ou lamelares.

A produção de agregados para a construção civil está disseminada por todo território nacional. O número de empresas que produzem pedra britada é da ordem de 250, a maioria de controle familiar. Estas empresas geram cerca de 15.000 empregos diretos; 60% produzem menos de 200.000 t/ano; 30%, entre 200.000 t/ano e 500.000 t/ano; e 10%, mais do que 500.000 t/ano. A participação dos tipos de rocha utilizadas na produção de brita é a seguinte: granito e gnaise – 85%; calcário e dolomito – 10%; e basalto e diabásio – 5%.

O Estado de São Paulo responde por cerca de 30% da produção nacional. Outros importantes estados produtores são Minas Gerais (12%), Rio de Janeiro (9%), Paraná (7%), Rio Grande do Sul (6%) e Santa Catarina (4%). Quanto aos minerais, devem-se evitar rochas que predominem os minerais nocivos: micas (especialmente biotita e clorita, em percentagem superior a 20%), assim como, os óxidos, sulfetos e carbonatos em grãos grossos. É preferível rochas com ausência de minerais desagregados ou em decomposição (feldspato, micas e minerais máficos).

A forma e superfície do grão também exercem influência. Portanto, formas arredondadas e superfícies lisas reduzem a porosidade entre os grãos e facilitam

a fluidez do concreto. Formas angulosas e superfícies rugosas facilitam a aderência do cimento (MARINHO 2015).

As normas técnicas brasileiras usadas para a determinação das características do material rochoso utilizados como britas são aquelas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, as Normas Brasileiras ou NBR. São elas: agregado para concreto (NBR 7211), apreciação petrográfica (NBR 7389), amostragem (NBR 7216), forma (NBR 7809), pedra e agregados naturais (NBR 7225), alterabilidade (NBR 12696/7). Os tamanhos de britas são classificados pela ABNT NBR 7525, conforme a tabela abaixo:

Tabela 1: Classificação do tamanho da brita, segundo ABNT NBR 7525

Numeração da brita	Limite em milímetros (mm)
Nº 1	4,8 a 12,5
Nº 2	12,5 a 25,0
Nº 3	25,0 a 50,0
Nº 4	50 a 76,0
Nº 5	76 a 100,0

2.1. Agregados

Um grande percentual do concreto, em massa, é composto de agregados. Devido a isso, as propriedades dos mesmos são tão importantes nas características finais do concreto. Os agregados são subdivididos em dois tipos:

- Agregado graúdo: cujos grãos passam pela peneira de abertura de malha 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm.
- Agregado miúdo: cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm.

Os agregados representam 60 a 80% do volume do concreto endurecido. Suas partículas devem possuir resistência adequada às ações mecânicas e às resultantes do intemperismo. Atenção especial deve ser dada às substâncias

estranhas (argila, compostos orgânicos, etc.), cuja presença venha degradar o concreto (SOBRAL, 1997, p. 01).

O valor do agregado é menor que o valor do cimento, deste modo, é mais viável usar a maior quantidade de agregado e a menor quantidade de cimento possível. Porém a viabilidade econômica não é o único motivo de se fazer uso do agregado, pois seu uso promove outras vantagens técnicas, tais como, estabilidade dimensional e mais durabilidade, se comparado com a pasta pura de cimento.

Entretanto, há outras peculiaridades do agregado que influenciam em diversos níveis na resistência do concreto, como a forma, granulometria, tamanho e textura do grão. Em geral, os resultados das características do agregado são notados por uma alteração no fator água/cimento (a/c) e, por conseguinte, na resistência do concreto. De qualquer modo, independente do fator a/c , a forma, granulometria, tamanho e textura do agregado influem na zona de contato entre o agregado e a pasta.

A mudança no diâmetro máximo do agregado tem consequências distintas. Caso aconteça um aumento no diâmetro do agregado com uma distribuição granulométrica bem graduada, para um mesmo teor de cimento, existe uma redução na quantidade de água requerida para o amassamento do que aquela necessária para agregados menores, com uma alteração na relação a/c . Por outro lado, os agregados grandes proporcionam maiores zonas de transição (interfaces agregados/pasta) com tendência de serem mais fracas, contendo mais microfissuras. (GALVÃO, 2003).

Galvão diz ainda que uma mudança na distribuição granulométrica dos agregados pode influenciar a resistência do concreto sem qualquer variação no fator água/cimento ou teor de cimento, se esta mudança alterar a consistência e as características de exsudação da mistura. Se o agregado for totalmente graúdo, haverá muito espaço a preencher, se for totalmente miúdo será necessária muita pasta para envolver a sua superfície. O volume da pasta será mínimo sempre que existir boa quantidade de agregados graúdos, mas com espaços entre os grãos grandes preenchidos sucessivamente por grãos menores, ou seja, com granulometria variada.

A otimização do custo do concreto, pode ser obtida com o uso de uma boa distribuição granulométrica além de, é claro, considerável aumento na resistência e trabalhabilidade.

2.2. Agregados para Construção Civil

São vários os agregados usados para a construção civil. Há os naturais (areias, seixos e britas) e os artificiais tais como argilas ou argilosminerais expandidos e granulados de alto forno.

2.2.1. Materiais naturais utilizados como agregados na construção civil.

Os materiais naturais utilizados como agregados na construção civil são as rochas e os sedimentos como areias e cascalhos. Enquanto os sedimentos são usados, geralmente, como encontrados na natureza; as rochas podem passar por processos de cominuição para atingir as especificações granulométricas.

As características geológicas do território brasileiro exibem uma grande diversidade de rochas utilizadas como agregados. O tipo de rocha utilizada vai depender basicamente da disponibilidade local ou regional. (ALMEIDA E LUZ, 2009).

2.2.2. Definição de agregados para construção civil.

No Brasil, os profissionais ligados à construção civil utilizam as definições da ABNT, porém os profissionais que atuam na área de pavimentação em geral adotam a terminologia do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura). Já a tendência dos geotécnicos em geral é usar a nomenclatura do Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) da ASTM (American Society for Testing and Materials). (SILVA, 2012).

Devido às divergências entre os órgãos e profissionais, com relação à classificação dos tipos de textura e definições dos limites granulométricos para

subdividir as britas, fica definido que neste trabalho serão adotadas as normas definidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Segundo a ABNT, norma NBR 9935/2011 “Agregados – Terminologia”, os agregados são conceituados como materiais granulares, geralmente inertes, com dimensões e propriedades adequadas para preparação de argamassa ou concreto.

2.2.3. Aplicabilidade das britas

Seu emprego é muito comum na área da construção civil, com aplicações em variados seguimentos, como, fabricação de concreto, pavimentação de estradas, construções de ferrovias, barragens, edificações, etc.

2.2.4. Uso da brita no concreto

A brita constitui o maior volume do concreto, com o qual se realizam inúmeras obras de engenharia.

As funções da brita no concreto são:

- Contribuir com grãos capazes de resistir aos esforços solicitantes;
- Resistir ao desgaste à ação de intempéries;
- Reduzir as variações de volume de qualquer natureza;
- Contribuir para a redução do custo do concreto;

As solicitações a que a brita fica submetida são:

- Atrito e impacto durante a preparação do concreto;
- Compressão e tração solidariamente à estrutura do concreto;
- Possível reação com álcalis do cimento;
- Ação do intemperismo, como expansão e contração térmica;
- Ação química da água da chuva e das águas agressivas;

As propriedades exigidas da brita são:

- Resistência à compressão simples;
- Resistência à tração;

- Resistência ao desgaste (pouco importante);
- Não reatividade;
- Resistência ao intemperismo;

Os ensaios recomendados são:

- Compressão axial;
- Tração;
- Análise petrográfica para minerais reativos ou ensaio de reatividade;
- Forma;
- Análise das impurezas (torrões de argila, materiais carbonosos, material pulverulento, impurezas orgânicas, presença de mica, presença de sulfato);
- Avaliação da alteração e alterabilidade.

2.3. Índice de Forma

É o índice que permite avaliar a qualidade de um agregado graúdo em relação à forma dos grãos, considerando que os agregados com grãos de forma cúbica, tida como forma ótima para agregados britados, terão índice próximo de 1, os grãos lamelares apresentarão valores bem mais altos, sendo considerado aceitável o limite de 3. O índice se baseia na medida da relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado.

Para a determinação do índice de forma, a amostragem dos agregados e sua redução para ensaio devem ser realizadas de acordo com as Normas NBR NM 26 e NBR NM 27, nas quantidades mínimas estabelecidas na tabela 2.

Tabela 2: Quantidade mínima de material para ensaio

Dimensão máxima (mm)	Massa mínima da amostra inicial (kg)
$D_{\text{máx}} \leq 19$	5
$19 < D_{\text{máx}} \leq 25$	10
$25 < D_{\text{máx}} \leq 37,5$	15
$D_{\text{máx}} \geq 37,5$	20

Os instrumentos e equipamentos usados para esta determinação são listados a seguir:

- Paquímetro.
- Balança.
- Série normal e intermediária de peneiras.
- Estufa para $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$.

O ensaio deve ser realizado de acordo com as seguintes orientações:

- Secagem do material na estufa à $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ até a constância de peso;
- Determinação da composição granulométrica do agregado de acordo com NBR NM 248, utilizando as séries normal e intermediária;
- As frações passantes na peneira com abertura de malha de 9,5 mm e aquelas cujas porcentagens, em massa, retidas individuais sejam iguais ou menores que 5% devem ser desprezadas.
- Cálculo, para cada fração, do número de grãos necessários para o ensaio, através da fórmula:

$$N_i = \frac{200}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

200 = número de grãos necessários para o ensaio;

N_i = número de grãos a serem medidos na fração i ;

F_i = é a porcentagem de massa retida individual da fração i ;

Nota: Quando N_i for fracionário, arredonda-se para o inteiro mais próximo;

- Fazer o quarteamento de cada fração até obter a quantidade necessária de material;
- Determinar, com aproximação de 0,1 mm, as dimensões “C” e “e” de cada grão (Figura 1), sendo: C = comprimento de um grão: é a maior dimensão possível de ser medida e define a direção do comprimento; e = espessura de um grão: é a maior distância possível entre dois planos paralelos à direção do comprimento do grão.
- Calcular, com aproximação de 0,1 o fator C/e para cada grão.

- Calcular C/e de cada uma das frações e calcular a média ponderada da amostra.

Para melhor realização deste ensaio, aconselha-se confeccionar tabelas onde conste o número de ordem de cada brita e suas respectivas medidas C e “e”, como realizado neste trabalho.

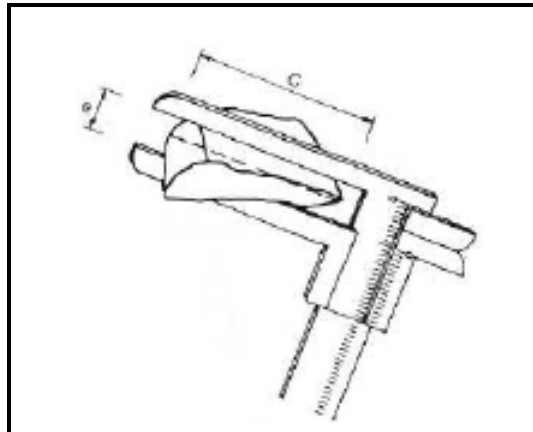


Figura 1: Paquímetro

Fonte: Apostila de Ensaios de Concretos e Agregados, 3ª Ed.

2.4. Dimensão Máxima e Composição Granulométrica

A razão mais importante para a especificação de limites granulométricos e da dimensão máxima dos agregados é a sua influência na trabalhabilidade e no custo do concreto. Por exemplo, agregados que não têm uma grande deficiência ou excesso de qualquer tamanho de partícula, em especial, produzem as misturas de concreto mais trabalháveis e econômicas (PINHEIRO, 2003).

A Norma Brasileira NBR 7217/1987 define esta dimensão como grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

Em geral, quanto maior a dimensão máxima do agregado, menor será a área superficial por unidade de volume, que tem que ser coberta pela pasta de cimento, para uma dada relação água/cimento.

Além do aspecto econômico, existem outros fatores que governam a escolha da dimensão máxima do agregado para uma mistura de concreto. De acordo com uma regra prática, usada pela construção civil, a dimensão máxima do agregado não deve ser maior que um quint o da dimensão mais estreita da fôrma na qual o concreto será colocado. Como partículas maiores tendem a produzir mais microfissuras na zona de transição entre o agregado e a pasta de cimento, nos concretos de alta resistência a dimensão máxima do agregado é limitada a 19 mm (PINHEIRO, 2003).

A seguir, as séries normal e série intermediária para conjunto de peneiras sucessivas que atendam às normas NBR-NM-ISO 2395:97, NBRNM-ISO 3310-1:97 e NBR-NM-ISO 3310-2:97, com as aberturas indicadas na Tabela 3:

Tabela 3: Conjunto de peneiras NBR 5734

Conjunto de peneiras sucessivas que atendem à NBR 5734 com as seguintes aberturas:	
Série normal	Série intermediária
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
-	31,5 mm
-	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 μ m	-
300 μ m	-
150 μ m	-

2.5. Módulo de Finura

É definido como a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100. O módulo de

finura é uma grandeza adimensional e deverá ser apresentado com aproximação de 0,01.

O valor do módulo de finura (M.F) representa a dimensão média dos grãos da série normal. Muito importante, pois através da determinação do M.F sabemos as dimensões dos grãos (superfície específica), é usado também para determinar a quantidade de cimento necessária para envolver os grãos e a necessidade de água de molhagem. O módulo de finura pode ser utilizado para se obter controles de uma mesma procedência, ou seja, separar os agregados em lotes com o mesmo módulo de finura, este é o caso comum que acontece nas fábricas de pré-fabricados.

2.6.Cimento e sua Denominação

O cimento Portland surgiu da queima de calcário e argila, finamente moídos e misturados, sob altas temperaturas, promovida pelo inglês Joseph Aspdin, em 1824. Ele estabeleceu uma fábrica de cimento em Leeds, em 1825, e denominou seu cimento de Portland, em menção às rochas da ilha britânica de Portland, material de construção muito conhecido e utilizado na época. “O cimento Portland obtido apresentava cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha” (BATTAGIN, 2009).

Battagin, (2009), afirma ainda que apesar do nome, o cimento hoje conhecido como Portland não é o mesmo material patenteado por Aspdin. Isso porque o cimento moderno é obtido pela queima de uma mistura definida de rocha calcária e argila, finamente moídas, até sua fusão incipiente, resultando numa substância denominada clínquer. Os fornos de Aspdin eram precários demais para conseguirem obter clínquer, além da proporção da mistura não ser definida na patente. Construídos em alvenaria com forma de garrafa, com aproximadamente 12m de altura e 5,6m de diâmetro, os fornos queimavam a mistura imperfeitamente, o que requeria um custoso trabalho de inspeção e classificação manual, sendo processo bastante antieconômico (o consumo de coque podia atingir mais da metade do peso de cimento produzido).

Por causa dos fornos, o uso do concreto foi incipiente na década de 30 dos anos 1800. Ele foi usado principalmente em fundações. Mas, o termo concreto ficou estabelecido para designar uma massa sólida resultante da combinação de cimento, areia, água e pedras. Seu desenvolvimento ganhou impulso a partir da segunda metade do século XIX, principalmente na Alemanha, com avanços no projeto de fornos, que aumentaram a uniformidade do clínquer, e dos estudos sobre a melhor proporção da mistura para a obtenção de um clínquer mais duro.

O calcário e a argila são moídos finamente e com eles prepara-se uma mistura contendo aproximadamente 1 parte de argila para 4 partes de calcário. Em seguida, a mistura é cozida até a temperatura de 1450°C, obtendo-se um material granulado chamado clínquer portland. O clínquer é então moído com pequena porção de gesso ($\pm 5\%$), sendo o pó fino resultante, de cor cinza, o Cimento Portland (ABCP, 2015).

2.7. Cimento Portland Comum (CPI)

É o cimento Portland sem quaisquer adições, exceto gesso, usado para controlar a pega (o tempo necessário para o endurecimento parcial do composto). É recomendado para o uso em construções de concreto em geral, quando não são exigidas propriedades especiais do cimento. É normalizado pela ABNT NBR 5732.

2.8. Concreto

Material de construção resultante da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante (cimento), agregados (pedra e areia) e água. Logo após a mistura, o concreto deve possuir plasticidade suficiente para as operações de manuseio, transporte e lançamento em formas, adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, devido às reações que se processam entre aglomerante e água. Em alguns casos são adicionados aditivos que modificam suas características físicas e químicas (MORAIS, 1982).

Bastos (2002) define o concreto de cimento Portland, como um produto final endurecido de uma mistura constituída por cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo e água, devidamente proporcionada. Os técnicos responsáveis pela fabricação e emprego dos concretos, passam por desafios quanto à heterogeneidade dos materiais constituintes do concreto e a complexidade de seu comportamento. Além disso, para um material compacto e sólido como o concreto, fica claro desde suas primeiras aplicações, que a proporção de seus materiais não pode ser eventual.

O concreto é um material construtivo amplamente disseminado. Podemos encontrá-lo em nossas casas de alvenaria, em rodovias, em pontes, nos edifícios mais altos do mundo, em torres de resfriamento, em usinas hidrelétricas e nucleares, em obras de saneamento, até em plataformas de extração petrolífera móveis.

2.8.1. Razões da larga aplicabilidade do concreto

O concreto armado como se conhece é um material novo. Até o final do século XIX os sistemas construtivos usuais eram as estruturas em madeira e em alvenaria. Como a madeira, embora abundante na época, apresentasse os problemas de durabilidade e combustão (muitas cidades sofreram sinistros de grandes proporções) a alvenaria de pedras ou de tijolos foi o sistema estrutural empregado nas obras mais importantes.

De maneira sucinta, pode-se afirmar que o concreto é uma pedra artificial que se molda à inventividade construtiva do homem. Este foi capaz de desenvolver um material que, depois de endurecido, tem resistência similar às das rochas naturais e, quando no estado fresco, é um composto plástico, possibilita sua modelagem em formas e tamanhos os mais variados. Duas propriedades do concreto que o destacam como material construtivo são: sua resistência à água – diferentemente do aço e da madeira, o concreto sofre menor deterioração quando exposto à água, razão de sua utilização em estruturas de controle, armazenamento e transporte de água – e sua plasticidade – que possibilita obter formas construtivas inusitadas, como se vê nas obras

arquitetônicas de Niemeyer. Mas existem outras vantagens: a disponibilidade abundante de seus elementos constituintes e seus baixos custos. “Em termos de sustentabilidade, o concreto armado consome muito menos energia do que o alumínio, o aço, o vidro, e também emite proporcionalmente menos gases e partículas poluentes” (BATTAGIN, 2009). O concreto oferece ainda maior proteção contra tempestades e atividades criminais. Grande parte dos novos bancos fazem uso do concreto reforçado com aço, no processo de construção, até mesmo nas paredes internas do local. Além disso, oferece também uma maior resistência ao fogo e diminui a penetração de barulhos indesejáveis.



Figura 2: Burj Dubai, edificação com aproximadamente 700m de altura.
Fonte: Revista Concreto & Construções, 2009

2.8.2. Tipos de concretos

Em função de suas massas específicas, obtidas pelas diferentes dosagens da mistura – também chamadas de traços – tem-se três classificações:

Concreto de densidade normal: massa específica no intervalo de 2000 a 2800kg/m³, comumente encontrado em obras em geral.

Concreto leve: densidade abaixo do intervalo estabelecido para o concreto normal, obtida com o uso de agregados com menor massa específica.

Concreto pesado: massa específica acima do intervalo estabelecido para o concreto normal, devido ao uso de agregados de alta densidade (usado em blindagem contra radiação).

Os concretos podem também ser classificados em relação à sua resistência à compressão aos 28 dias, conforme a ABNT NBR 8953:

Concreto de baixa resistência: menos de 20 MPa (não adequado à finalidade estrutural, segundo a NBR 6118)

Concreto de resistência normal: de 20 a 50 MPa

Concreto de alta resistência: mais de 50 MPa

2.9. Propriedades do Concreto

Os concretos apresentam propriedades que dependem do seu estado. A seguir listam-se estas características: Propriedades do concreto fresco e do concreto endurecido.

2.9.1. Propriedades do concreto fresco

O concreto fresco é assim considerado até o momento em que tem início a pega do aglomerante. Para o concreto fresco, as propriedades desejáveis são as que asseguram a obtenção de uma mistura fácil de transportar, lançar e adensar, sem segregação. As principais propriedades do concreto, quando no estado fresco, são:

2.9.1.1. Trabalhabilidade

Para definir um concreto como ideal, é desejável que o mesmo, quando no seu estado fresco, assegure uma mistura fácil de ser transportada, lançada e adensada, sem que haja segregação.

A trabalhabilidade é uma propriedade composta, contendo pelo menos duas componentes principais, onde a primeira delas é a fluidez que pode ser descrita como a facilidade de mobilidade do concreto e a segunda é a coesão, que pode ser descrita como a resistência à exsudação e à segregação (MEHTA e MONTEIRO, 2008). Segundo Petrucci (1978), a trabalhabilidade é uma propriedade do concreto fresco que determina sua maior e menor capacidade para ser aplicado com certa finalidade, sem perda de sua homogeneidade. Os fatores fundamentais que prejudicam a trabalhabilidade são:

Fatores internos: Consistência, traço, distribuição granulométrica, forma do grão dos agregados e os aditivos.

Fatores externos: Tipo de mistura, tipo de transporte, dimensões e armadura da peça a executar, modo de lançamento e tipo de adensamento.

A atuação desses fatores não se manifesta sempre em um mesmo sentido, considerando que todos podem atuar em conjunto. A trabalhabilidade compreende propriedades que são fundamentais: consistência ou fluidez, compacidade e travamento. A consistência é determinada em função da água. A compacidade varia com os vazios de cada um dos tamanhos de grãos dos agregados e com a existência de grãos menores para preenchê-los. O travamento está relacionado com a quantidade de finos e da continuidade dos diâmetros de grãos (PETRUCCI, 1978).

2.9.1.2. Consistência

Consistência é uma propriedade que determina o maior ou menor grau de fluidez da mistura fresca, relacionando-se com a capacidade de locomoção da massa. O principal fator que tem influência na consistência é a relação entre a água e os materiais secos (ARAUJO; RODRIGUES & FREITAS, 2000).

A consistência traduz propriedades intrínsecas da mistura de concreto fresco, relacionadas com a mobilidade da massa e a coesão entre os elementos componentes, tendo em vista a uniformidade e a capacidade do concreto e o bom rendimento da execução (TORRES, ROSMAN, 1956). Há autores que definem consistência, pelo grau de umidade das misturas.

A consistência é normalmente associada ao resultado do ensaio de abatimento do tronco de cone ou slump test, porém pode ser determinada por vários métodos. Deve-se fazer a observação fundamental que a comparação de valores do ensaio de abatimento só tem sentido para concretos de mesma natureza, proporcionados com materiais de similares características e procedências. Este ensaio é amplamente realizado nas obras brasileiras, tanto pela exigência normativa quanto pela simplicidade do ensaio. Para a determinação da consistência é utilizado um conjunto de instrumentos apresentados na figura 3.



Figura 3: Conjunto para determinação de abatimento do tronco de cone: base plana, funil, cone tronco-cônico e haste socadora.

Fonte: Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Rio Grande

Conforme a Norma NBR NM 67 (1998), o procedimento consiste em preencher o molde (figura 3) com concreto, em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço de altura do molde compactado. Cada camada deve ser compactada com 25 golpes da haste de socamento, distribuídos uniformemente sobre a seção de cada camada. A operação completa deve ser realizada sem interrupções e completar-se em um intervalo de 150 s.

Deve-se medir o abatimento do concreto, imediatamente após a retirada do molde, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo-de-prova (Figura 4).

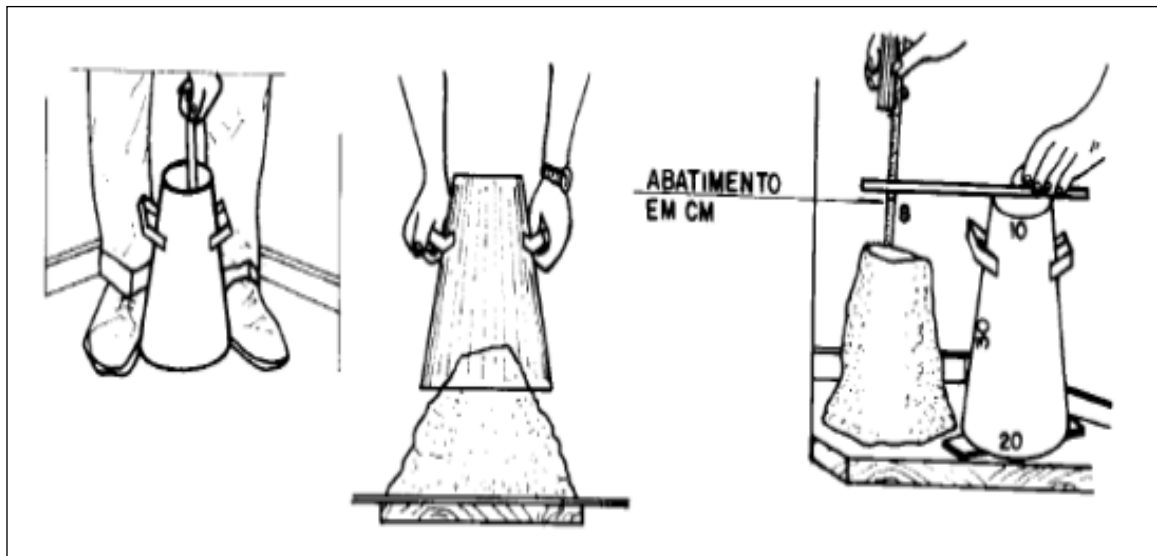


Figura 4: Etapas do ensaio do abatimento do tronco de cone.
 Fonte: (ARAUJO; RODRIGUES & FREITAS, 2000).

2.9.1.3. Coesão

Segundo Giammusso (1992), a coesão é a propriedade em que não ocorre a separação dos componentes do concreto, ou seja, se mantêm misturados. A coesão do concreto é avaliada pelo aspecto da mistura. Podemos perceber se um concreto é coeso por alguns aspectos: os agregados não se mostram aparentes, as bordas da mistura são convexas e não é possível perceber separação entre água ou pasta. Teor de finos, ar incorporado e proporção de água são fatores que influenciam diretamente na coesão dos concretos.

A falta de coesão resulta em um problema que pode ser definido como a separação dos componentes de uma mistura heterogênea, de modo que sua distribuição não seja mais uniforme. No caso do concreto são as diferenças de tamanho das partículas e da massa específica dos componentes da mistura, que constituem a causa primária da segregação, mas essa pode ser controlada pela escolha da granulometria adequada e pelo cuidado no manuseio (NEVILLE, 1997).

2.9.1.4. Exsudação

A exsudação, também chamada de separação de água, é a forma de segregação em que parte da água da mistura tende a subir para a superfície de um concreto recém-aplicado.

Segundo Giammusso (1992), se esta água se evaporar ligeiramente, o concreto se submete a uma forte retração com fissuração intensa. Pelo fato de ocorrer ainda no estado fresco, este fenômeno é chamado de retração plástica. Para evitar a exsudação, aumenta-se o teor de finos ou incorporando ar até certo limite. Já para impedir a retração plástica deve-se proteger o concreto recém-lançado contra a ação do sol e do vento, principalmente em dias quentes e com baixa umidade relativa do ar.

A segregação e exsudação dos concretos leves podem ser evitadas ou minimizadas, tomando-se alguns cuidados no processo de dosagem, como granulometria adequada dos agregados, substituição total ou parcial do agregado miúdo por areia natural e utilização de adições minerais.

2.9.2. Propriedades do concreto endurecido

Segundo Bauer (2000), as características e propriedades, em seu conjunto, qualificam o concreto. No entanto, devem ser consideradas em termos relativos, segundo a qualidade estabelecida para determinada finalidade.

Quando o concreto é dosado de acordo com certos princípios básicos, apresenta, além da resistência, as vantagens de baixo custo, facilidade de execução, durabilidade e economia. Para tanto é necessário, inicialmente, conhecer as características que o concreto endurecido deve possuir, para depois, a partir dos materiais disponíveis, obter o concreto pretendido, mediante o proporcionamento correto da mistura e o uso adequado dos processos de fabricação. O concreto fresco representa uma fase transitória, porém de enorme influência nas características do concreto endurecido (ARAUJO et al, 2000).

Diversas são as características importantes do concreto neste estado, com importância tal que o definem como apropriado ou não, para determinada finalidade pretendida. Dentre elas pode-se citar:

- Massa específica;
- Resistência aos esforços mecânicos: resistência à compressão e à tração;
- Permeabilidade e absorção de água;
- Deformações - retração, módulo de elasticidade;

A resistência à compressão e a massa específica são as propriedades mais utilizadas na caracterização dos concretos estruturais e estão relacionadas com o tipo e granulometria do agregado utilizado. Porém, considera-se que dos parâmetros mais valiosos de avaliação do material, a resistência é o melhor.

Este trabalho dá ênfase aos resultados da resistência à compressão do concreto e seu comportamento à medida que se mudam os agregados. Deseja-se saber como o tipo de agregado interfere na mesma, e quais dos seis agregados coletados mais favorecem o aumento da resistência.

Por ela, a resistência, é possível apreciar a capacidade das estruturas resultantes da hidratação do cimento e do conjunto pasta-agregado para atender as exigências de desempenho requeridas.

2.9.3. Resistência à compressão do concreto

A resistência à compressão axial é considerada, tradicionalmente, como a propriedade fundamental do concreto, pois ela é relativamente simples e segura de se determinar e fornece uma indicação geral da qualidade do material. (NEVILLE, 1997). Por meio da ruptura de corpos de prova, avalia-se a resistência à compressão simples. Os mesmos representam uma potencial resistência que a estrutura de concreto pode vir a oferecer.

2.9.3.1. Confecção de corpos-de-prova

Quando o concreto é recebido na obra, são coletadas amostras para realizar ensaios de resistência e verificar se o material está adequado para uso.

Os corpos de prova são moldados segundo padrão e ordens especificadas pela NBR 5738. No formato cilíndrico, os moldes mais utilizados possuem dois tamanhos: 100 mm x 200 mm, preenchidos com concreto em duas camadas sucessivas, cada uma delas recebendo 12 golpes com a haste de socamento, e 150 mm x 300 mm, em que são aplicados 25 golpes em cada uma de suas três camadas de preenchimento.

2.9.3.2. Variáveis inerentes à confecção dos corpos-de-prova.

A seguir consideram-se características importantes quanto à produção dos corpos-de-prova para medição da resistência à compressão simples. Estes aspectos são importantes na reprodutibilidade e confiança dos resultados.

Segundo a NBR 5738/2003 - Moldagem e cura de corpos-de-prova (ABNT, 2003a), estes podem ser cilíndricos ou prismáticos. Os moldes dos corpos-de-prova cilíndricos devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser de 10, 15, 20, 25, 30 ou 45 cm. As medidas diametraais têm tolerância de 1% e a altura, 2%. Os planos das bordas circulares extremas do molde devem ser perpendiculares ao eixo longitudinal do molde.

Já os moldes dos corpos-de-prova prismáticos devem ter seção transversal quadrada, com superfícies lisas e livres de saliências, e cumprir com os seguintes requisitos:

- O comprimento deve ser pelo menos 50 mm maior que o vão de ensaio e 50 mm maior que três vezes a dimensão do lado da seção transversal do corpo-de-prova;
- A dimensão transversal deve ser de no mínimo 150 mm;
- A tolerância das dimensões deve ser inferior a 2% e nunca maior do que 2 mm.

Ainda de acordo com a NBR 5738/2003 (ABNT, 2003a), periodicamente, dependendo das condições e frequência de uso dos moldes ou sempre que se verificar alguma anomalia, deve ser realizado um controle geométrico, sendo verificadas as dimensões, com exatidão de 0,1 mm, e as condições de perpendicularidade e planeza das laterais e base dos moldes, respectivamente, com exatidão de 0,05 mm.

A NBR 5738/2003 (ABNT, 2003a), diz que:

- As laterais e a base do molde devem ser de aço ou outro material não absorvente, que não reaja com o cimento Portland, e suficientemente rígido para manter sua forma durante a operação de moldagem. O molde deve ser aberto em seu extremo superior e permitir fácil desmoldagem, sem danificar os corpos-de-prova. A base, colocada no extremo inferior do molde, deve ser rígida e plana, com tolerância de planeza de 0,05 mm;
- O conjunto constituído pelo molde e sua base deve ser estanque. Quando as juntas não forem estanques, devem ser vedadas com um material de características adequadas que não reaja com o cimento Portland, para evitar perda de água;
- Não devem ser aceitos moldes com geratrizes abertas desencontradas. Para evitar esse problema, os moldes podem ter um dispositivo que evite o desencontro das geratrizes abertas.

A NBR 7215/1996 (ABNT, 1996) diz que a superfície interna da forma cilíndrica deve ser lisa, sem defeitos, e o ângulo formado pela base e qualquer geratriz da forma deve ser de $(90 \pm 0,5)^\circ$. A diferença entre dois diâmetros ortogonais quaisquer não deve ser superior a 0,2 mm. A base, com espessura mínima de 3 mm, deve ter dimensões suficientes para permitir a fixação da forma. A superfície compreendida pela forma cilíndrica deve ser plana e lisa, não podendo apresentar afastamentos relativamente ao plano, maiores que 0,050 mm em 50 mm.

2.9.3.3. Moldagem de corpos de prova cilíndricos

Segundo as especificações da NBR 5738:

A amostra deve ser recolhida enquanto o concreto está sendo descarregado da betoneira; depois de recolhida a amostra, o prazo máximo para a moldagem deve ser de 15 minutos; o concreto deve ser bem misturado com uma concha ou colher de pedreiro, antes de colocá-lo dentro do molde, para que fique homogêneo e sem vazios no interior;

Os moldes de aço devem estar limpos e sem defeitos, revestidos internamente com óleo mineral, e estar sobre uma base nivelada; a moldagem

não pode sofrer interrupção e deve ser realizada próximo ao local onde os corpos de prova serão armazenados nas primeiras 24 horas, intervalo de tempo em que não poderão ser movimentados. Os corpos de prova deverão ficar em local protegido e ser armazenados fora do alcance das intempéries (sol, vento, chuva etc.) e devem ser identificados imediatamente à sua moldagem, possibilitando localizar o lote de origem e as partes da construção onde foi empregado. Um controle mais rigoroso pode solicitar, ainda, a retirada de amostras no início, metade e final da carga da betoneira.

Após o período de 24 horas, os corpos de prova são transferidos para o laboratório, onde serão armazenados em câmaras úmidas até serem ensaiados.

Em geral, são moldados 4 corpos de prova por carga de concreto, para os ensaios que serão realizados após 7, 14, 21 e 28 dias, períodos correspondentes às diversas etapas da cura. Os testes de resistência são realizados pela concreteira, mas é desejável que a construtora recolha amostras para realizar testes com laboratórios independentes.

Caso os resultados não forem satisfatórios, a estrutura deverá ser reavaliada e, em casos extremos, o reforço estrutural ou a demolição parcial é a solução para evitar imprevistos.

2.9.3.4. Adensamento dos corpos-de-prova

O adensamento do material a ser ensaiado na moldagem dos corpos-de-prova é uma prática comum e regulamentada pelas normas específicas. Existem basicamente duas maneiras de proporcionar o adensamento de corpos-de-prova.

A primeira seria o adensamento manual com golpes com a haste de adensamento. A NBR 5738/2003 diz que esta haste deve ser de aço comum, cilíndrica, com superfície lisa, de $(16,0 \pm 0,2)$ mm de diâmetro e comprimento de 600 a 800 mm, os dois extremos em forma semiesférica, com diâmetro igual ao da haste (ABNT, 2003a).

A segunda seria o adensamento por vibração, que pode ser realizado por vibração interna (imersão) ou externa. A NBR 5738/2003 diz que os vibradores de imersão (internos) podem ter eixo rígido ou flexível e devem ser acionados por um

motor elétrico. A frequência de vibração não deve ser inferior a 100 Hz (6.000 vibrações por minuto), medida quando o elemento vibrante estiver submerso no concreto. O diâmetro ou o lado exterior da seção transversal do elemento vibrante de vibradores internos não deve ser inferior a 19 mm nem superior a 1/4 da dimensão básica (d) da Tabela 4 para os corpos-de-prova cilíndricos e 1/3 da dimensão básica (d) para os corpos-de-prova prismáticos. O comprimento total da parte flexível e do elemento vibrante deve ser pelo menos 80mm maior que a altura do molde (ABNT, 2003a).

A NBR 5738/2003 indica que a escolha do método de adensamento deve ser feita em função do abatimento do concreto e das seguintes condições:

- a) os concretos com abatimento compreendido entre 10 mm e 30 mm devem ser adensados por vibração;
- b) os concretos com abatimento compreendido entre 30 mm e 150 mm podem ser adensados com a haste (adensamento manual) ou por vibração;
- c) os concretos com abatimento superior a 150 mm devem ser adensados com a haste (adensamento manual).

A NBR 5738/2003 preconiza a introdução do concreto no molde em camadas de volume aproximadamente igual e adensar cada camada utilizando a haste, que deve penetrar no concreto o número de vezes definido na Tabela 4.

Tabela 4: Número de camadas para moldagem dos corpos-de-prova (ABNT, 2003^a).

Tipo de corpo-de-prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
Obs.: Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida a metade da estabelecida nesta tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.				

Fonte: Bezerra, A. C S., 2007

Nas figuras abaixo, vê-se separadamente as etapas citadas anteriormente.



Figura 5: Corpos-de-prova em base nivelada



Figura 6: Colocação do concreto nos moldes



Figura 7: Colocação do concreto nos moldes



Figura 8: Emprego da haste de socamento nos corpos-de-prova



Figura 9: Nivelamento do topo



Figura 10: Identificação dos corpos-de-prova

2.10. Origem e Classificação das Rochas

Neste trabalho, serão analisadas particularmente, britas provenientes de dois tipos de rocha, rochas graníticas e rochas gnáissicas.

As rochas graníticas são rochas magmáticas, plutônicas, constituídas essencialmente por quartzo e feldspato (feldspato alcalino e/ou plagioclásio). Para além destes minerais essenciais, pode ocorrer muscovita, biotita e/ou anfibólio, como minerais característicos, assim como outros minerais em quantidade acessória (apatita, zircão, magnetita, etc.).

Para classificar este tipo de rocha utiliza-se o diagrama Q-A-P de Streckeisen, observado na figura 11, que leva em conta a proporção relativa dos minerais essenciais: quartzo (Q), feldspato alcalino (A) e plagioclásio (P).

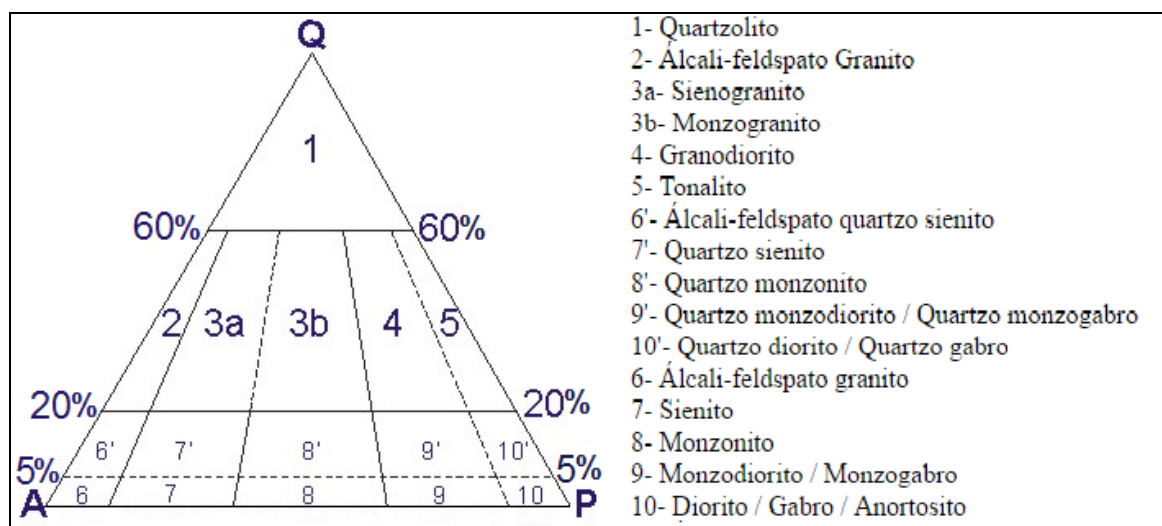


Figura 11: Diagrama Q-A-P de Streckeisen

Fonte: www.rc.unesp.br

A designação da variedade de granitos é feita com base nos minerais característicos presentes e nas características texturais da rocha.

As rochas graníticas originam-se por cristalização em profundidade de um magma rico em sílica (SiO_4^{-4}).

As rochas gnáissicas são rochas metamórficas, formadas por metamorfismo regional de temperatura e pressão bastante elevadas, resultam da deformação de sedimentos arcósicos ou de granitos. Algumas das rochas mais antigas do mundo são gnaisses.

As rochas metamórficas são classificadas e designadas de acordo com vários critérios, notadamente os que envolvem a rocha de origem, a composição (química ou mineral) da rocha, o tipo e grau de metamorfismo e aspectos texturais/estruturais metamórficos (GONÇALVES, 2010).

Gonçalves (2010) diz ainda que é importante ressaltar que as rochas metamórficas ocorrem sempre com variações laterais e verticais que podem ser bastante bruscas, seja devido às variações originais da composição do protólito seja devido à variabilidade de tensões e fluidos, por exemplo.

2.11. Texturas das Rochas Magmáticas

Nas rochas magmáticas a textura descreve a cristalinidade da rocha, a dimensão e a forma dos cristais e as relações e arranjos dos seus constituintes.

Embora em algumas rochas seja possível observar, à vista desarmada, alguns dos aspectos anteriormente referidos, uma descrição pormenorizada da textura, implica sempre numa observação da lâmina delgada da rocha ao microscópio óptico.

2.12. Texturas das Rochas Metamórficas

O critério básico usado para classificar as rochas metamórficas de acordo com a sua aparência ou textura é a presença ou não de foliação metamórfica. Quanto à textura as rochas metamórficas podem ser divididas em:

Rochas foliadas: a) rocha fina, áspera ao tato e facilmente quebrável em placas: ardósia; b) rocha com características de ardósia, porém mais frágil e sedosa ao tato: filito; c) rocha com minerais placoídes ou prismáticos em arranjo cristalino paralelo e orientado: xisto. d) rocha exibindo bandas mineralógicas claras e escuras paralelas ou dobradas: gnaiss.

Rochas não foliadas: a) havendo quartzo como mineral constituinte principal e sendo rocha dura para riscar o vidro, trata-se de quartzito. b) havendo

cristais de calcita e/ou dolomita como constituintes principais da rocha, trata-se de mármore cristalino. (TEIXEIRA ET AL (2009) apud Araújo, 2015, p.19 e 20).

2.13. Cristalinidade

A cristalinidade de uma rocha é dada pela proporção relativa de material cristalizado (cristais) e de material não cristalizado (vidro). Segundo este critério é possível definir três tipos de texturas (Quadro 1).

Designação	Descrição
Holocristalinas (fig.12)	Constituídas essencialmente por cristais (mais de 90%)
Hipocristalinas (fig. 13)	Constituídas por uma parte vítrea e uma parte cristalina (nenhuma das partes atinge os 90%)
Holohialinas (fig. 14)	Constituídas essencialmente por vidro (mais de 90%)

Quadro 1: Texturas das rochas magmáticas em função do grau de cristalinidade.

Fonte: Adaptado de DOURADO, 1989.

A seguir, ilustram-se as várias texturas de rochas através das imagens obtidas de lâminas delgadas, que constam das figuras 12, 13 e 14.



Figura 12: Textura holocristalina de um granito, observado ao microscópio óptico, (luz transmitida, nicóis cruzados);

Fonte: Mackenzie 1982



Figura 13: Textura hipocristalina de uma rocha vulcânica, observada ao microscópio óptico, (luz transmitida, nicóis cruzados), (o vidro aparece negro na imagem).
Fonte: Mackenzie 1982



Figura 14: Textura holohialina de um vidro vulcânico, observado ao microscópio óptico, (luz transmitida, nicóis paralelos).
Fonte: Mackenzie 1982

2.14. Dimensão dos Cristais:

Quanto à dimensão dos cristais a textura pode ser fanerítica (figura 15), quando os cristais são visíveis e identificáveis à vista desarmada, ou afanítica

(figura 16), quando os cristais só são visíveis ao microscópio. Como seguem descritas no quadro abaixo:

Fanerítica	Afanítica
Grão muito grosseiro > 30 mm	Microcristalinas (identificáveis ao microscópio óptico)
Grão grosseiro 5 – 30 mm	
Grão médio 2 - 5 mm	Criptocristalinas (não identificáveis ao microscópio óptico)
Grão fino < 2 mm	

Quadro 2: Divisão das rochas cristalinas em função do tamanho do grão
 Fonte: <http://www.dct.uminho.pt/pnpg/trilhos/pitoes/paragem5/textura.html>

As rochas magmáticas intrusivas como o granito apresentam textura fanerítica, observada na figura 15, devida ao lento resfriamento do magma no interior da crosta terrestre. As rochas magmáticas extrusivas como o basalto tem uma textura afanítica, como visto na figura 16, por causa do resfriamento rápido deste magma que acontece em superfície ou sub superfície da crosta.

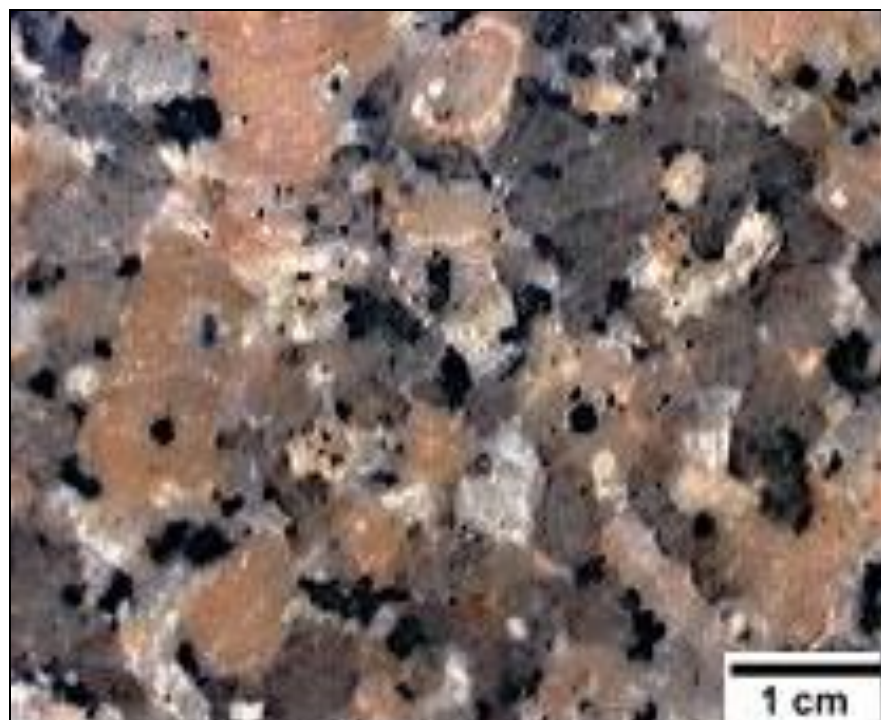


Figura 15: Textura fanerítica de um granito, observado em amostra de mão.
 Fonte: <http://www.dct.uminho.pt/pnpg/trilhos/pitoes/paragem5/textura.html>



Figura 16: Textura afanítica de um basalto, Observado em amostra de mão.
Fonte: Autor, 2016.

O conhecimento da textura das rochas é de extrema importância quando da produção do material britado. A diminuição para a fabricação de britas de determinada granulometria está condicionada a granulação dos minerais que constituem a rocha. Assim rochas de granulação grosseira podem produzir material de granulometria fina (menor que o tamanho do grão) porque durante o processo de britagem haverá liberação de partículas menores que o tamanho do grão. Assim estes grãos podem não ser representativos do universo da rocha, ou seja, poderá haver britas constituídas de um único mineral e também haverá a possibilidade de quebra de minerais, aumentando assim a superfície específica do mineral o que se traduz em maior reatividade do mineral no meio em que ele será inserido.

3. METODOLOGIA

A seguir, descreve-se a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa.

3.1. Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica compreendeu a busca do conhecimento relativo ao tema a partir de dissertações, teses, artigos científicos, obtidos sejam em bibliotecas ou através da rede internacional de computadores. Buscou-se, nesta etapa, verificar o conhecimento de outros autores para tentar balizar e comparar os resultados obtidos nesta pesquisa.

3.2. Escolhas dos tipos de rocha

De acordo com o Ministério de Minas e Energia, 85% dos materiais usados para produzir brita são compostos por granito e gnaiss. Baseado nisso, foram eleitos esses dois tipos de rocha para que se fizesse uma análise mais detalhada de como se comporta a resistência à compressão do concreto confeccionado com cada uma delas.

O gnaiss é uma rocha metamórfica, granular macroscópica. Apresenta taxa de ruptura sob compressão de 90 a 110 Mpa, de acordo com a aplicação do esforço em relação à orientação da rocha (SCANDIUZZI E ANDRIOLO, 1986). Algumas rochas metamórficas podem apresentar minerais potencialmente deletérios e a possibilidade de reação destes com os álcalis provenientes do cimento Portland quando da sua utilização em concretos empregados em obras hidráulicas como barragens, pontes, caixas d'água e outras onde a presença da água seja constante, conforme figura 17.

O granito é uma rocha plutônica ácida, com aproximadamente 75% de sílica; cristais de 1 a 5 mm, ou maiores, de cor cinza. Sua taxa de ruptura sob compressão é de aproximadamente 90 MPa. Esta rocha geralmente fornece agregados de excelente qualidade, pois são resistentes, tem baixa porosidade e

absorção de água e não reagem com os álcalis do concreto de cimento Portland (PARAHYBA, 2009), de acordo com a figura 18.



Figura 17: Amostras de rochas gnáissicas
Fonte: Autor, 2015.



Figura 18: Amostras de rochas graníticas
Fonte: Autor, 2015.

3.3. Coletas das amostras

Foram selecionadas três amostras de rochas graníticas e três de rochas gnáissicas, todas originadas de locais distintos. As gnáissicas foram colhidas: (1) na Pedreira Esperança, no município de Vitória de Santo Antão; (2) na Pedreira Maracatu, em Nazaré da Mata; e (3) na Pedreira Bricol, BR 232, km 118, localizada em Caruaru. As graníticas foram colhidas: (4) na Pedreira Guarani, BR 101, município de Jaboatão dos Guararapes; (5) próximo a Pedra do Martelo, no município de Bezerros; e (6) coletadas na região metropolitana da grande João Pessoa e fornecidas pelo Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas, localizado no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, no campus João Pessoa. A seguir, tem-se as fotografias das pedreiras de onde foram colhidas as amostras.



Figura 19: Pedreira Esperança, Vitória de Santo Antão – PE.
Fonte: Autor, 2015.



Figura 20: Pedreira Maracatu, Nazaré da Mata – PE.
Fonte: Autor, 2015.



Figura 21: Pedreira Brial, Caruaru – PE.
Fonte: Autor, 2015.



Figura 22: Pedreira Guarani
Fonte: Autor, 2015.



Figura 23: Pedra do Martelo
Fonte: Autor, 2015.

3.4. Análises macroscópicas dos litotipos

A descrição macroscópica das rochas e sua análise permite o levantamento da estrutura da rocha, textura e da composição modal.

A análise macroscópica foi realizada no LAPA (Laboratório de Preparação de Amostra), departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco. As amostras foram analisadas a olho nu e ao ar livre, dispondo de boa iluminação natural. Posteriormente foram analisadas com auxílio de uma lupa de bolso, com aumento de 15X.



Figura 24: Amostra de rochas Gnáissicas, advindas da Pedreira Esperança.
Fonte: Autor, 2015.



Figura 25: Amostra de rochas Gnáissicas, advindas da Pedreira Maracatu.
Fonte: Autor, 2015.



Figura 26: Amostra de rochas Gnáissicas, advindas da Pedreira Brial.
Fonte: Autor, 2015.



Figura 27: Amostra de rochas Graníticas, advindas da Pedreira Guarani.
Fonte: Autor, 2015.



Figura 28: Amostra de rochas Graníticas, advindas da Pedra do Martelo.
Fonte: Autor, 2015.



Figura 29: Amostra de rochas Graníticas, advindas de João pessoa.
Fonte: Autor, 2015.

3.5. Pesagem dos Materiais

Foram utilizadas duas balanças com tamanho e precisão diferentes, durante o desenvolvimento desta pesquisa. Para a medida da massa dos materiais constituintes do concreto, que ultrassaram 5 kg (cimento, areia e brita) utilizou-se durante os ensaios de caracterização, uma balança eletrônica, da marca Bel Equipamentos LTDA, com precisão de 5g gramas e capacidade de carga de 150 kg. O agregado miúdo, o aditivo e também a água, foram medidos em uma balança manual, da marca Ohaus Corporation, com capacidade de carga de 4100 g e precisão de 0,1 g. Esta etapa é muito importante para relação de parâmetros como classificação granulométrica e controle da proporção dos materiais componentes do concreto. Seguem abaixo as figuras referentes as balanças utilizadas nessa pesquisa.



Figura 30: Balança Bel Equipamentos Ltda.



Figura 31: Balança Ohaus Corporation.

Fonte: Autor, 2015.

3.6. Britagem das amostras

Os britadores de mandíbulas são empregados principalmente como britadores primários, tendo como principal função produzir material que possa ser conduzido por transportador de correia aos estágios subsequentes da instalação (Metso, 2005).

A britagem é realizada entre uma superfície, chamada mandíbula, fixa e outra superfície móvel, sendo esta integrada a um volante, o que fornece o movimento de vai e vem entre elas. Desta maneira o bloco alimentado na boca do britador vai descendo entre as mandíbulas enquanto recebe a compressão responsável pela fragmentação (Figueira, 2004). O produto é escoado por gravidade.

Existem dois tipos básicos de britadores de mandíbula: de um eixo ou de dois eixos.

Nessa pesquisa foram usados os dois britadores de mandíbulas para realizar a britagem do material, conforme pode ser visto nas próximas figuras.

No primeiro, o queixo se apoia em um eixo excêntrico na parte superior do britador. Na parte inferior, a mandíbula é mantida em posição por uma placa articulada que oscila em pequenos arcos. A combinação de movimento excêntrico em cima e oscilatório em baixo, dá à mandíbula um movimento de mastigação por toda a superfície de britagem, conforme a figura 32, abaixo.

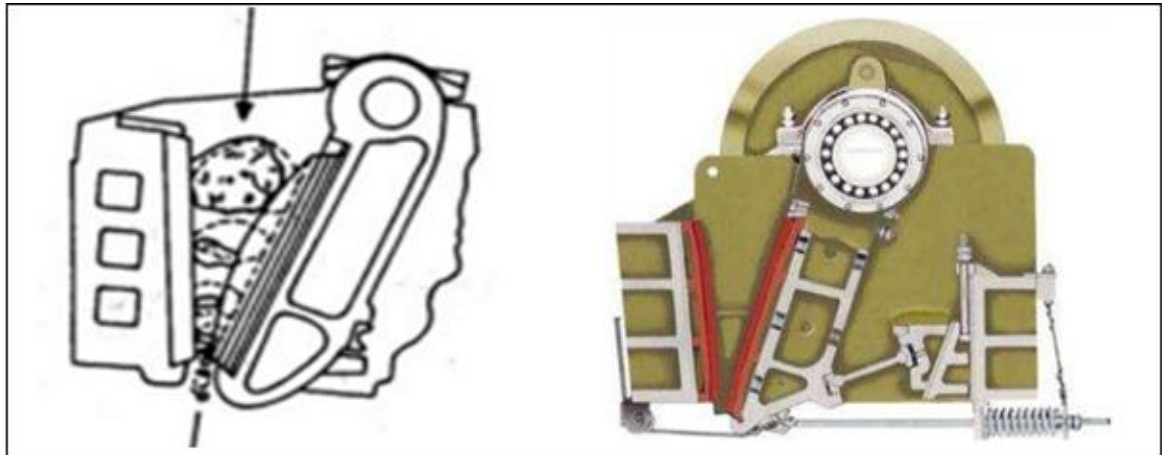


Figura 32: Britador de mandíbula de 1 (um) eixo
Fonte: www.metalica.com.br

Já no britador de dois eixos, na parte superior o queixo apoiasse em um eixo pivotado e um segundo eixo excêntrico, quando rotacionado, aciona duas placas articuladas na extremidade inferior da mandíbula móvel. Neste tipo de britador a mandíbula móvel faz um movimento puro de vai-e-vem em direção à mandíbula fixa, como observado na figura 33.

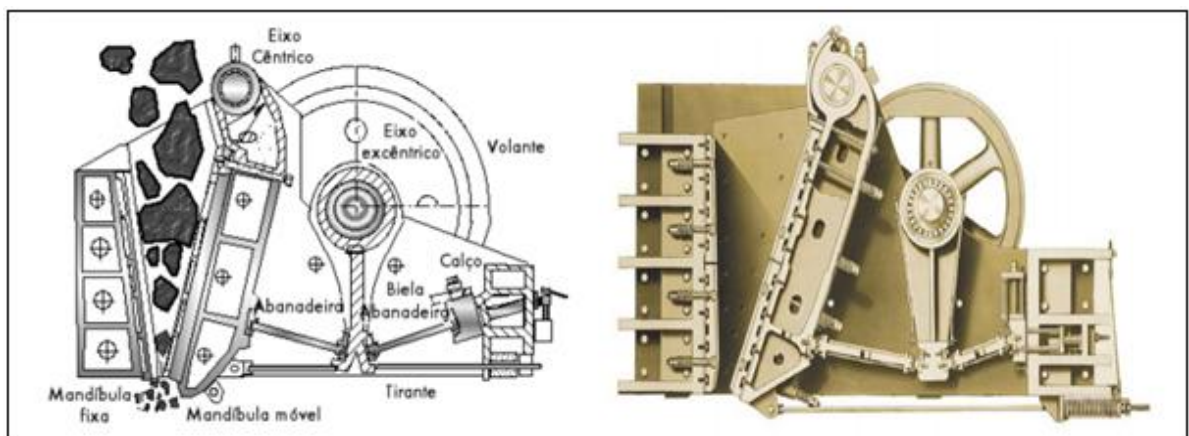


Figura 33: Britador de Mandíbula de 2 (dois) eixos.
Fonte: www.cetem.gov.br/publicacao/extracao_de_ouro/capitulo_02.pdf Capitulo_2

Por conta do movimento de mastigação, o britador de um eixo tem melhor capacidade de entrada de material na alimentação que o britador de dois eixos de tamanho correspondente. Já no britador de dois eixos, o consumo de peças de desgaste é menor, pois o movimento pendular da mandíbula móvel apenas comprime o material contra a mandíbula fixa, não havendo, portanto, arraste de material e consequente atrito. A definição do tamanho máximo do material de saída normalmente é feita por regulagem da distância inferior entre as mandíbulas.

Influem na resistência à britagem, muitos fatores, tais como fissuramentos, leitos de extratificação, planos de xistosidade, estados de alteração, etc. Certas rochas possuem a tendência de formarem fragmentos alongados e lamelares quando submetidas à britagem. A tolerância permissível desses fragmentos será determinada por projeto de cálculo de concreto. Caberá ao técnico controlar os fatores que reduzem a presença desses fragmentos tais como: tipo de britador, fator de redução e número de estágios de redução (CHIOSSI, 1979)

Na figura abaixo segue o britador que foi utilizado para realizar a britagem primária das amostras.



Figura 34: Britador de mandíbulas, de 1 (um) eixo. Laboratório de Tecnologia Mineral - UFPE
Fonte: Autor, 2015.

A britagem das amostras foi feita no Laboratório de Tecnologia Mineral (LTM), do departamento de engenharia de minas da Universidade Federal de Pernambuco. A redução do tamanho das amostras se deu em duas etapas. Primeiramente foi realizada a redução primária das amostras, no britador de um eixo (figura 34), e posteriormente as partes que ainda ficaram com uma granulometria superior a 25 mm foram britadas em um britador de dois eixos (figura 35).



Figura 35: Britador de Mandíbulas de 2 (dois) eixos. Laboratório de Tecnologia Mineral - UFPE
Fonte: Autor, 2015.

3.7. Secagem das Amostras

Para a secagem do material britado, utilizou-se uma estufa (figura 36) automática com termostato, precisão de $\pm 1^\circ\text{C}$ e temperatura máxima de 200°C , até atingir-se a constância do peso.

As estufas têm objetivo de acumular e conter o calor ou o resfriamento no seu interior, mantendo assim a temperatura adequada para os conteúdos nelas

guardadas. As estufas contêm um termômetro do lado de fora que mantém a temperatura adequada sem alterações involuntárias.

Popularmente a estufa é conhecida como um aparelho elétrico utilizado para secagem de substâncias sólida, evaporação lentas de líquido, armazenagem de substâncias líquidas com temperaturas baixas, secagem de vidrarias, etc.

A secagem em estufa é o método de secagem mais utilizado e está baseado na remoção da água por aquecimento, este processo dura entre 6 e 18 horas com temperatura a 40°C e 60°C, ou até peso constante.



Figura 36: Estufa. Laboratório de Tecnologia Mineral - UFPE
Fonte: Autor, 2015.

3.8. Classificação granulométrica

A análise granulométrica é um nome dado a uma operação simples de dividir a amostra do agregado em frações de partículas de mesma dimensão, que são definidas por aberturas de peneiras padronizadas. O objetivo primordial da análise granulométrica é o de avaliar a constância das dimensões das partículas.

A distribuição dos tamanhos de partículas dos agregados é uma característica importante, da qual depende a compacidade, a estabilidade, e a trabalhabilidade do concreto no estado fresco (GIAMMUSSO, 1992).

O peneirador mecânico é o aparelho destinado a efetuar ensaios de separação de materiais sucessíveis a serem classificados pelo tamanho de seus grãos, usado para realização do ensaio de granulometria, processo no qual se obtém a determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. Através dos resultados obtidos desse ensaio é possível a construção da curva de distribuição granulométrica.

Foram utilizados dois peneiradores mecânicos, que classificaram granulometricamente as britas após a britagem. Um para classificar o agregado graúdo e outro para classificar o agregado miúdo. Ambos da marca W. S. Tyler Company. O primeiro, modelo TY-LAB, com sua série de peneiras de 25 até 4,8 mm, o segundo peneirador, modelo RO-LAB, com uma série de peneiras de 2,4 até 0,075 mm.

A classificação das britas foi realizada seguindo a metodologia especificada nas normas brasileiras, NBR NM 248/01 Agregados – Determinação da composição granulométrica e NBR 7211 Agregado para concreto – Especificação. A mesma foi realizada com uso de dois peneiradores mecânicos, dos tipos mostrados na (figura 37).

Para melhor compreensão da classificação granulométrica, foram elaboradas tabelas mostradas no capítulo dos resultados (tabelas 6 e 7), onde estão mostradas, separadamente, as amostras gnáissicas (tabela 6) e graníticas (tabela 7). Para as gnáissicas tem-se amostra 1, amostra 2 e amostra 3, advindas da Pedreira Esperança, Pedreira Maracatu e Pedreira Bricar respectivamente. Já, as amostras 4, 5 e 6 representam Pedreira Guarany, Granito Pedra do Martelo e Granito João pessoa, respectivamente.



Figura 37: Peneiradores mecânicos. Laboratório de Tecnologia do Concreto - UFPE.
Fonte: Autor, 2015.

3.9. Cálculo do Índice de Forma

Para a determinação do índice de forma é necessária à análise de uma amostra representativa do material estudado. Após a secagem e determinação da composição granulométrica, através dos resultados do percentual retido em massa, foi feito o cálculo para cada faixa granulométrica, do número de grãos necessários para obter-se o índice de forma. Em seguida realizou-se o quarteamento, até atingir essa quantidade, conforme mostrado na figura 38.

Este é constituído por uma série de calhas inclinadas, ora para um lado, ora para o outro. A alimentação se faz na parte superior que tem uma forma tronca piramidal. A largura da calha deverá ser, pelo menos, três vezes o tamanho do maior fragmento.

O quarteador é empregado na obtenção de amostras de trabalho reduzidas e representativas da amostra global. O funcionamento do mesmo é totalmente independente do operador e proporciona grande precisão e transparência na obtenção da amostra de trabalho.



Figura 38: Quarteador Jones. Laboratório de Tecnologia Mineral - UFPE
Fonte: Autor, 2015

Depois de obtidas as quantidades a serem medidas em cada faixa, através do quarteamento, foram utilizados dois paquímetros digitais, (ambos com resolução 0,01 mm), muito favoráveis para uma leitura rápida, livre de erro de paralaxe e ideal para controle estatístico, para determinação das dimensões das britas e posterior estimativa do índice de forma.

O paquímetro é um instrumento muito utilizado para medir com precisão as dimensões de pequenos objetos. Trata-se de uma régua graduada, com encosto fixo, sobre a qual desliza um cursor. O paquímetro possui dois bicos de medição, sendo um ligado à escala e o outro ao cursor.



Figura 39: Paquímetro Digital. Laboratório de Tecnologia do Concreto - UFPE
Fonte: Autor, 2015.

3.10. Materiais e proporções da mistura do concreto

Segundo Neville (1997) não existe um ensaio aceitável que determine diretamente a trabalhabilidade do concreto. No entanto, inúmeras tentativas têm sido feitas para correlacionar a trabalhabilidade com alguma grandeza física fácil de ser determinada. Dentre os ensaios que indicam indiretamente a trabalhabilidade dos concretos convencionais e bombeados pode-se citar o Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone.

Para que apenas a influência do tipo da brita seja a única variável em todos os concretos produzidos, foram utilizadas na confecção do traço as mesmas quantidades e proporções dos materiais componentes do concreto. Também se tomou o cuidado de manterem-se constantes as quantidades de brita para cada faixa de tamanho. O traço adotado foi escolhido baseado em diversas experimentações que buscavam atingir a maior resistência à compressão do concreto. Uma vez determinado este traço, ele foi usado na confecção dos concretos estudados nesta pesquisa.

Cimento (Kg)	Água (L)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	Aditivo (L)	
6,039398	1,809557	7,407875	12,12405	0,024158	
Quantidade de Brita (kg) e Faixas Granulométricas					
0,180	5,2026	4,1129	1,3150	0,8765	0,4370
25 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	6,3 mm	4,75 mm

3.11. Confecção dos Concretos

Para a confecção dos concretos foi utilizada uma betoneira da marca Menegotti Metalúrgica Ltda, com volume nominal de 145 litros e motor de 2 hp.

Com a betoneira ligada e totalmente limpa, primeiramente colocou-se a brita, logo em seguida foi colocada metade da água e deixada girar por alguns segundos, depois foi adicionado o cimento à mistura. Transcorrido mais 1 minuto da betoneira girando, colocou-se a areia e o restante da água. A betoneira rodou então por mais 2 minutos, quando foi adicionado o aditivo plastificante. A partir

deste momento o equipamento ainda girou mais um minuto para finalizar a confecção do concreto.



Figura 40: Betoneira. Laboratório de Tecnologia do Concreto - UFPE
Fonte: Autor, 2015.

Este procedimento foi repetido para a produção de todos os concretos estudados nesta pesquisa.

3.12. Moldagem dos corpos de prova

A moldagem dos corpos de prova é executada seguindo as diretrizes da norma NBR 5738 (2008). A normalização destes processos é de fundamental importância para a padronização dos resultados e para possibilitar a comparação entre resultados obtidos nos mais diversos locais. Na NBR 5738 (2008) são definidos os principais parâmetros a serem considerados no momento de moldar os corpos de prova, desde a escolha das dimensões, passando pela preparação das fôrmas, adensamento, cura e identificação (MAGALHÃES, 2009).

Os corpos-de-prova de concreto foram confeccionados em moldes metálicos cilíndricos de dimensões 100 mm x 200 mm (diâmetro x altura) (figura 41), para os ensaios de resistência à compressão, preenchidos com concreto em duas camadas sucessivas, cada uma delas recebendo 12 golpes com a haste de socamento, conforme se observa na figura 42.



Figura 41: Forma cilíndrica para corpos-de-prova
Fonte: www.solocap.com.br



Figura 42: Limpeza, montagem e moldagem. Laboratório de Tecnologia do Concreto - UFPE
Fonte: Autor, 2015.

3.13. Tronco de cone

A consistência do concreto fresco foi determinada pelo abatimento de tronco de cone, conforme a NBR 7223. Os testes realizados nessa pesquisa apresentaram um abatimento médio de 90 mm nos concretos confeccionados. O que caracteriza o mesmo, como um concreto de trabalhabilidade média.



Figura 43: Tronco de cone e conjunto para determinação do abatimento.
Fonte: www.portuguese.com

3.14. Desmoldagem dos corpos de prova

Os corpos-de-prova devem permanecer nas formas, nas condições de cura inicial, conforme a norma, durante 24 horas, para que as condições de endurecimento do concreto permitam a desforma, sem causar danos ao corpo-de-prova. Posteriormente à desmoldagem, os mesmos foram colocados na câmara úmida.

O processo de desmoldagem consiste inicialmente na abertura das borboletas de sustentação, para que assim seja separado o corpo-de-prova da base da forma. E, por conseguinte, em folgar-se o parafuso responsável pela abertura e fechamento do cilindro. Só assim, após o corpo-de-prova completamente solto, retira-se a parte cilíndrica da fôrma pela parte superior, conforme observado na figura 44.



Figura 44: Folga de parafusos e retirada do molde. Laboratório de Tecnologia do Concreto - UFPE
Fonte: Autor, 2015.

3.15. Processo de cura

Tendo em vista a manutenção do padrão dos ensaios em todas as etapas, se faz necessário homogeneizar-se o processo de cura dos corpos de prova. Que por sua vez é feito por meio do uso de câmaras úmidas ou tanques, de acordo com a norma NBR 9479 (1994).

O processo de cura dos corpos de prova se deu inteiramente na câmara úmida, onde eles permaneceram à temperatura de 25°C e a 95% de umidade até o dia de serem ensaiados, que nesta pesquisa ocorreu aos 7, 14 e 28 dias.

O tempo de cura do concreto influencia a sua resistência, porém a mesma varia de acordo com o cimento que é usado e condições pelas quais o concreto passa durante o processo referido. É sabido que com o passar do tempo a resistência tende a aumentar, devido ao processo de hidratação e cristalização. Porém essa condição foi a mesma para todos os corpos de prova, o que resultou em uma mesma influência nos corpos de prova de todas as amostras. Abaixo figura mostrando a câmara úmida utilizada.



Figura 45: Câmara úmida, exterior e interior. Laboratório de Tecnologia do Concreto - UFPE
Fonte: Autor, 2015.

3.16. Retificação dos corpos-de-prova

Para a execução do ensaio de compressão, é necessário que as superfícies onde se aplicam as cargas sejam planas, paralelas, lisas e perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo-de-prova, de modo que o carregamento seja uniformemente distribuído. São utilizadas com essa finalidade diversas técnicas e materiais: capeamentos colados e não colados, sistemas de desgaste mecânico e sistemas de moldes especiais (BEZERRA, 2007).

Neste trabalho os corpos de prova foram todos retificados. O processo consistiu no desgaste mecânico das extremidades, por meio de um disco abrasivo. A retífica aconteceu na TECOMAT, uma empresa conceituada e com uma experiência de mais de 20 anos na construção civil.



Figura 46: Retificação dos corpos de prova - TECOMAT
Fonte: Autor, 2015.

3.17. Ensaaios de ruptura à compressão simples

Os projetos recorrentes de engenharia geralmente especificam a resistência à compressão do concreto para a idade de 28 dias. Isto se deve ao fato de grande parte da resistência final do concreto ser alcançada nesta idade, embora o crescimento de resistência seja observado claramente até os 360 dias (BAUER, 2000).

Esta idade é padrão e bastante difundida como a principal para a aceitação da estrutura. Mas, a ABNT, qualifica outras idades para a ruptura através da norma NBR 5739 (ABNT, 2007).

Os ensaios de ruptura à compressão deste trabalho foram realizados em prensas, devidamente calibradas e certificadas, pertencentes à TECOMAT.

A capacidade máxima de carga das prensas é de 100 toneladas e a velocidade de carregamento é $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s.

Antes de iniciar-se a ruptura, as faces dos CP's e dos pratos da prensa são limpos. Posteriormente os corpos-de-prova são colocados centralizados no prato inferior para que se inicie o ensaio. Os valores da carga imposta aos corpos-de-prova eram mostrados em tempo real por um display na própria prensa.



Figura 47: Prensas Hidráulicas - TECOMAT
Fonte: Autor, 2015.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abaixo, na tabela 5, apresentam-se a composição modal das rochas estudadas e análise macroscópica das mesmas.

Tabela 5: Descrição macroscópica das amostras

PEDREIRA ESPERANÇA Quartzo Monzonítico (Gnaissica)	PEDREIRA GUARANI Sienogranito
BIOTITA ≈ 35% K-FELDSPATO ≈ 30% PLAGIOCLÁSIO ≈ 20% QUARTZO ≈ 10% ACESSÓRIOS (ANFIBÓLIO) ≈ 3%	QUARTZO ≈ 25% K-FELDSPATO ≈ 35% PLAGIOCLÁSIO ≈ 25% BIOTITA ≈ 15% ACESSÓRIO (TITANITA) ≈ 2%
PEDREIRA MARACATU Ortognaisse de Composição Monzonítica	PEDRA DO MARTELO Sienogranito do Batólito Caruaru-Arcoverde
QUARTZO ≈ 30% K-FELDSPATO ≈ 25% PLAGIOCLÁSIO ≈ 40% ACESSÓRIOS (BIOTITA) ≈ 5% Obs.: Foliação definida pela mica	BIOTITA e ANFIBÓLIO ≈ 15% K-FELDSPATO ≈ 35% PLAGIOCLÁSIO ≈ 30% QUARTZO ≈ 20 % Obs.: BIOTITA > ANFIBÓLIO
PEDREIRA BRICAL Ortognaisse de Composição Monzonítica	GRANITO JOÃO PESSOA. Sienogranito
QUARTZO ≈ 20% K-FELDSPATO ≈ 25% PLAGIOCLÁSIO ≈ 30% ANFIBÓLIO ≈ 25% ACESSÓRIOS (PIRITA/BIOTITA) ≈ 1-2%	QUARTZO ≈ 20% K-FELDSPATO ≈ 35% PLAGIOCLÁSIO ≈ 20% HORNBLENDA ≈ 15% ACESSÓRIO (BIOTITA) ≈ 10%

4.1 Módulo de finura

O módulo de finura quantifica se o agregado é mais grosso ou mais fino, sendo que quanto maior o módulo de finura mais grosso é o agregado. A brita que apresenta maior módulo de finura é aquela proveniente da Pedreira Esperança (amostra 1) sendo seu valor igual a 6,92. A brita oriunda da Pedreira Maracatu é uma das mais finas conforme pode ser constatado via tabela e gráfico de

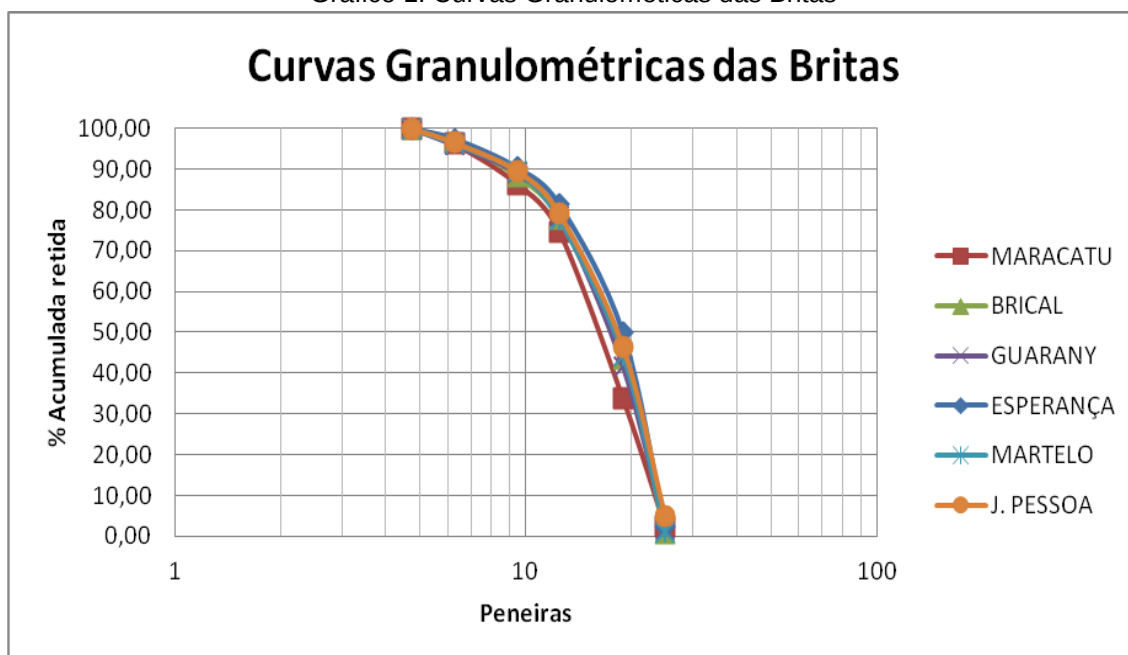


Tabela 6: Composição granulométrica das rochas gnáissicas

Peneira (abertura)	Massa Retida (Kg)			% em massa					
				Retida			Acumulada		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
25 mm	0,511	0,503	0,189	2	2	1	2	2	1
19 mm	9,673	6,555	9,557	42	27	36	44	29	37
12,5 mm	6,445	8,625	7,713	28	35	29	72	64	66
9,5 mm	1,843	2,455	2,311	8	10	9	80	74	75
6,3 mm	1,437	2,049	1,966	6	8	7	86	83	82
4,75 mm	0,521	0,801	0,658	2	3	2	89	86	85
2,36 mm	0,985	1,196	1,248	4	5	5	93	91	89
1,18 mm	0,456	0,572	0,739	2	2	3	95	93	92
600 µm	0,285	0,416	0,522	1	2	2	96	95	94
300 µm	0,201	0,297	0,423	1	1	2	97	96	96
150 µm	0,151	0,380	0,382	1	2	1	98	98	97
<150 µm	0,524	0,502	0,731	2	2	3	100	100	100
TOTAL	23,032	24,352	26,442	100	100	100	692	664	665
Módulo de finura							6,92	6,64	6,65
Dimensão máxima característica							25	25	25

Tabela 7: Composição granulométrica das rochas graníticas

Peneira (abertura)	Massa Retida (Kg)			% em massa					
				Retida			Acumulada		
	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
25 mm	0,402	0,220	0,679	1	1	4	1	1	4
19 mm	9,770	10,668	5,857	34	38	36	35	39	40
12,5 mm	9,124	8,240	4,630	32	30	28	67	69	69
9,5 mm	2,557	2,882	1,475	9	10	9	76	79	78
6,3 mm	1,687	1,684	0,987	6	6	6	82	85	84
4,75 mm	0,995	0,936	0,492	3	3	3	85	88	87
2,36 mm	1,181	1,239	0,670	4	4	4	89	93	91
1,18 mm	0,676	0,575	0,359	2	2	2	91	95	93
600 µm	0,612	0,458	0,357	2	2	2	94	97	95
300 µm	0,650	0,303	0,254	2	1	2	96	98	97
150 µm	0,505	0,233	0,253	2	1	2	98	98	98
<150 µm	0,714	0,430	0,282	2	2	2	100	100	100
TOTAL	28,874	27,867	16,294	100	100	100	663	687	678
Módulo de finura							6,63	6,87	6,78
Dimensão máxima característica							25	25	25

4.2 Índices de forma

A quantidade de material de cada amostra que ficou retida nas peneiras foi vista no item anterior. Fazendo uso dessa quantidade é possível calcular-se o número de grãos que deve ser colhido de cada fração para ser feito o cálculo do índice de forma.

Para o cálculo do índice de forma, como já relatado, as frações passantes na peneira com abertura da malha de 9,5 mm e aquelas cujas porcentagens, em massa, retidas individuais sejam iguais ou menores que 5% são desprezadas. Em decorrência disso, nessa pesquisa utilizaram-se as britas 19 mm, 12,5 mm e 9,5 mm, conforme destacado nas tabelas a seguir.

Tabela 8: Número de grãos a ser coletados por % retido, para as amostras gnáissicas.

Peneira (abertura)	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3	
	% retida	Número de grãos	% retida	Número de grãos	% retida	Número de grãos
25 mm	2	-	2	-	1	-
19 mm	42	108	27	75	36	97
12,5 mm	28	72	35	97	29	79
9,5 mm	8	20	10	28	9	24
6,3 mm	6	-	8	-	7	-
4,75 mm	2	-	3	-	2	-
2,36 mm	4	-	5	-	5	-
1,18 mm	2	-	2	-	3	-
600 µm	1	-	2	-	2	-
300 µm	1	-	1	-	2	-
150 µm	1	-	2	-	1	-
<150 µm	2	-	2	-	3	-

Tabela 9: Número de grãos a ser coletado por % retido, para as amostras graníticas.

Peneira (abertura)	Amostra 4		Amostra 5		Amostra 6	
	% retida	Número de grãos	% retida	Número de grãos	% retida	Número de grãos
25 mm	1	-	1	-	4	-
19 mm	34	91	38	97	36	98
12,5 mm	32	85	30	77	28	77
9,5 mm	9	24	10	26	9	25
6,3 mm	6	-	6	-	6	-
4,75 mm	3	-	3	-	3	-
2,36 mm	4	-	4	-	4	-
1,18 mm	2	-	2	-	2	-
600 μ m	2	-	2	-	2	-
300 μ m	2	-	1	-	2	-
150 μ m	2	-	1	-	2	-
<150 μ m	2	-	2	-	2	-

Após a definição da quantidade de britas a serem medidas em cada fração, foi feita a medição das mesmas com uso do paquímetro conforme mostrado abaixo.



Figura 48: Medição das Britas com paquímetro
Fonte: Autor, 2015.

Após serem medidas todas as britas, foi calculado o índice de forma, conforme a norma NBR 7809. Os resultados do índice para cada amostra, constam na tabela abaixo, os resultados individuais constam no anexo 1.

Tabela 10: Índice de forma (IF), clivagem e tipo de rocha

Pedreiras	IF	% Minerais com clivagem	Tipo de rocha
Pedreira Esperança (Amostra 1)	2,76	88	Gnáissica
Pedreira Maracatu (Amostra 2)	2,99	70	Gnáissica
Pedreira Bricat (Amostra 3)	2,43	81	Gnáissica
Pedreira Guarany (Amostra 4)	2,31	77	Granítica
Pedra do Martelo (Amostra 5)	2,40	80	Granítica
Granito JP (Amostra 6)	2,58	80	Granítica

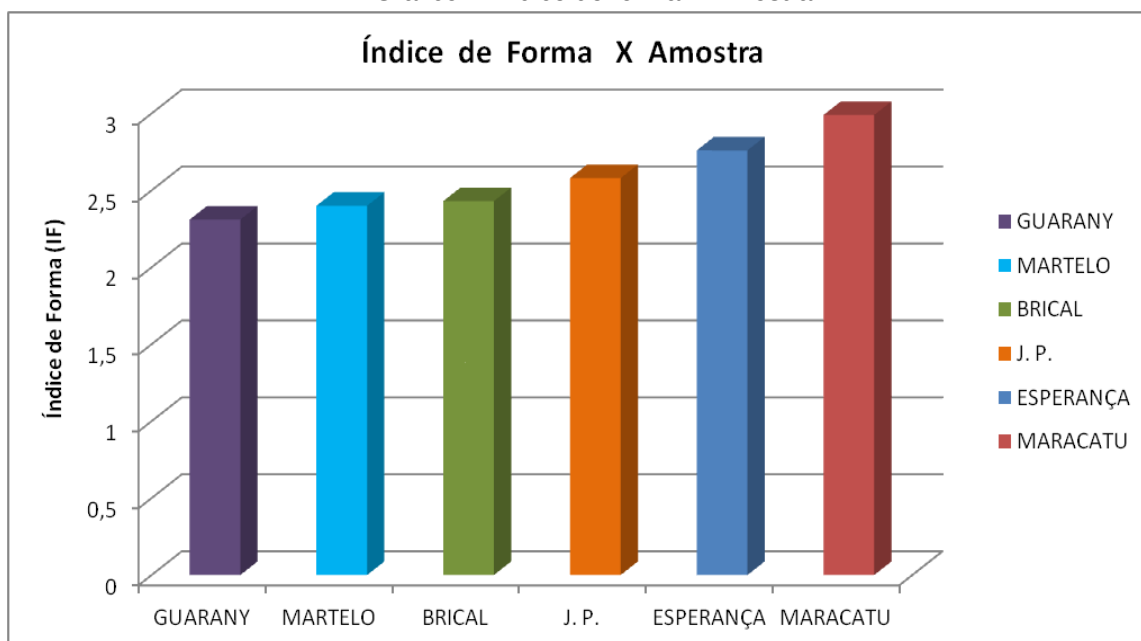
É possível, através da análise do índice de forma (I.F), notar-se uma tendência das britas advindas das rochas graníticas em terem menores índices que as rochas gnáissicas. Fato já era esperado devido ao direcionamento dessas últimas, causado pela sua constituição em bandas e pelo fato dos seus grãos minerais serem mais alongados, resultando em geral em britas mais lamelares.

Observa-se também que o índice de forma está relacionado ao percentual de minerais que apresentam clivagem na composição mineralógica da rocha: o aumento do valor do índice de forma corresponde a aumentos dos teores de minerais com um ou mais planos de clivagem contidos em cada amostra.

Entretanto verifica-se também que o índice de forma da brita originária da pedreira Maracatu (amostra 2) é aquele de maior valor (2,99) quase atingindo o valor de 3,00 que é o limite máximo admitido por norma para uso em concreto. Esta rocha apresenta o menor percentual (70%) de minerais com clivagem, contudo na análise macroscópica da amostra de mão foi verificada nítida foliação definida pela mica, o que explica o índice de forma elevado traduzido por britas mais alongadas e lamelares.

Com os resultados da tabela acima, foi elaborado um gráfico para representar visualmente os dados numéricos. Esse gráfico relaciona o valor do índice de forma com a origem das amostras.

Gráfico 2: Índice de forma X Amostra



Mesmo com a semelhança entre os dois tipos de rochas nas mais diversas propriedades e com a proximidade entre os resultados dos índices de forma, das amostras analisadas, as três britas graníticas apresentaram-se entre os quatro melhores resultados em relação ao índice de forma.

4.3 Resistência à compressão

Para a determinação da resistência à compressão simples, os corpos-de-prova (dois para cada pedreira) foram rompidos dois a dois, aos 7, 14 e 28 dias, sendo o resultado final, a média dos valores de resistência obtidos para cada dois corpos de prova oriundos da mesma pedreira. Esses valores médios foram utilizados para descrever o comportamento de cada uma das amostras.

A tabela 11 explicita o comportamento das várias amostras com relação a resistência à compressão simples. Distribuem-se em gnáissicas, amostras 1, 2 e 3, advindas respectivamente da Pedreira Esperança, Pedreira Maracatu e Pedreira Bricál, e por fim, graníticas, amostras 4, 5 e 6 representam Pedreira Guarany, Granito Pedra do Martelo e Granito João pessoa, respectivamente.

Tabela 11: Tabela de resultados da Análise da Ruptura dos Corpos-de-Prova (C.P.)

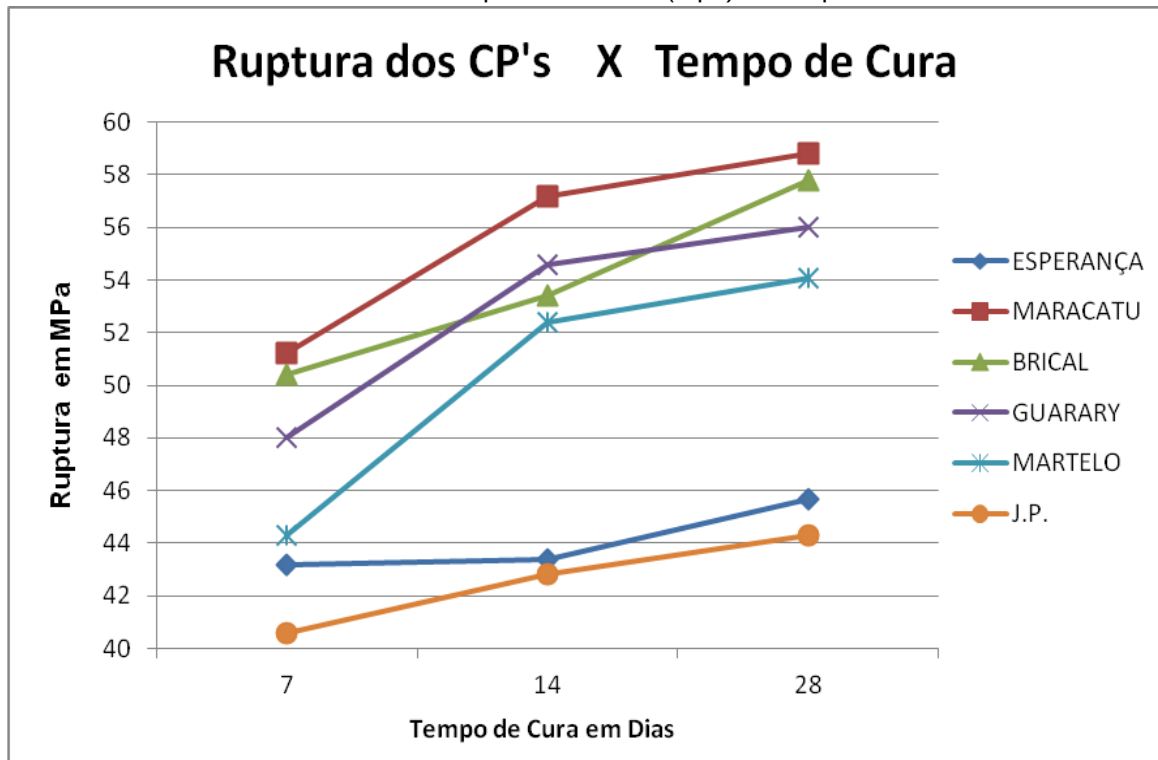
Tipo de CP 10 x 20 cm	7 dias		14 dias		28 dias	
	Resistência (MPa)	Média (MPa)	Resistência (MPa)	Média (MPa)	Resistência (MPa)	Média (MPa)
Amostra 1	43,5	43,2	44,4	43,4	45,1	45,7
	42,9		42,5		46,3	
Amostra 2	50,4	51,2	56,6	57,2	58,7	59,6
	52,1		57,7		60,2	
Amostra 3	50,4	50,4	55,3	53,4	58,0	58,8
	50,4		51,4		59,7	
Amostra 4	48,8	48,0	54,6	54,6	55,3	56,0
	47,2		54,6		56,7	
Amostra 5	39,5	42,0	53,5	52,4	55,6	53,9
	44,6		51,2		52,2	
Amostra 6	41,3	40,6	38,5	42,8	42,3	44,3
	39,9		47,2		46,3	

A resistência à compressão é uma das principais propriedades do concreto e está associada ao tempo de cura do mesmo. A cura, processo de endurecimento do concreto sob umidade, é a última etapa do processo de produção do concreto e a mesma deve ser bem executada, pois quanto maiores os cuidados com a cura do concreto, melhor é o seu desempenho mecânico e a sua resistência aos agentes agressivos do meio ambiente. Na cura do concreto deve-se manter teor de umidade satisfatório, evitando a evaporação de água da mistura. Também se deve garantir temperatura favorável durante o processo de hidratação do aglomerante afim de que o concreto possa desenvolver as propriedades requeridas.

Os resultados da resistência à compressão simples das várias amostras em função do tempo de cura, estão dispostos abaixo, no gráfico 3. Esse gráfico

mostra o aumento da resistência das amostras com o aumento do tempo de cura das mesmas.

Gráfico 3: Ruptura dos CP's (Mpa) X Tempo de Cura



Apesar do favorecimento pelo I.F. nas britas graníticas, é possível observar no gráfico 3 um comportamento diferente do esperado com relação à capacidade de resistir à compressão, principalmente para a amostra Maracatu. Pois se espera que quanto maior o índice, haja um menor favorecimento quanto à resistência à compressão. Porém apesar dessas britas apresentarem o maior de todos os valores de índice de forma, seus concretos apresentaram os melhores resultados nos testes de resistência à compressão uniaxial para todos os períodos ensaiados. O valor da resistência à compressão apresentado por seus concretos pode ser explicado pelo baixo módulo de finura deste agregado (6,64), pois quanto mais fino o agregado, mais resistente o concreto com ele confeccionado.

A amostra 1 (Pedreira Esperança), apresentou um dos mais altos valores entre os índices de forma (5º maior valor) e tem uma das menores resistências a

compressão entre os concretos ensaiados (45,7 MPa, 5ª posição em relação a resistência), fato já esperado porque maiores índices de forma das britas constituintes dos concretos levam a menores resistências à compressão devida à maior porosidade e possibilidade de exsudação da água de amassamento.

As demais amostras, Bricall, Guarany, Martelo e Granito J.P., tiveram os seus valores relativamente próximos ao esperado, no que diz respeito à relação do índice de forma e resistência a compressão.

Das seis amostras utilizadas, quatro resultaram em concretos de alta resistência, maiores que 50MPa, e duas com resistências de concretos normais.

A escassez de literatura que relacione diretamente o índice de forma das britas com a capacidade das mesmas em resistir à compressão, aliadas a ausência de uma NBR específica, repercute numa discussão com poucos embasamentos positivos e/ou negativos.

Entretanto, pelo que foi observado neste trabalho concluí-se que as rochas com os melhores valores para índices de forma não mantiveram os maiores valores para resistência à compressão, contrariando os resultados que eram esperados, baseados nas características das rochas. Provavelmente isso aconteceu devido à semelhança morfológica e dos minerais que compõe cada uma destas amostras, pois elas divergem basicamente nas proporções em que os mesmos estão presentes em cada uma.

5. CONCLUSÕES

É de muita importância para análise da resistência a compressão dos concretos fabricados com diferentes tipos de rocha, a consideração dos minerais constituintes dos agregados e seus respectivos teores. Assim como a forma que essa rocha apresenta-se depois de britada. Deste modo, é importante o conhecimento da mineralogia e das características morfológicas dos minerais. A brita que apresenta maior módulo de finura é aquela proveniente da Pedreira Esperança. A brita oriunda da Pedreira Maracatu é uma das mais finas apresentando módulo de finura igual a 6,64. Este fato pode ser explicado pela presença de quartzo em suas amostras, que dentre as rochas analisadas, é a que possui maior quantidade deste mineral (cerca de 30%). Sendo o quartzo um mineral que não apresenta nenhum plano de clivagem para absorver e dissipar os esforços envolvidos no processo de cominuição, caracterizado pela fratura conchoidal e por fraturar-se sob a ação dos esforços para britar a rocha, espera-se, por conseguinte, maior quantidade de material fino nas rochas de maior teor de quartzo.

Os concretos fabricados com rochas graníticas e gnáissicas apresentam excelentes valores para a resistência à compressão simples, sendo as médias das resistências, superiores a 44,0 Mpa.

Notou-se, depois da análise do índice de forma (IF), uma tendência das britas advindas das rochas graníticas em terem menores índices que as rochas gnáissicas. Entretanto, a resistência de um concreto fabricado com britas gnáissicas, oriundas da Pedreira Maracatu, foi aquele que apresentou o valor mais elevado (59,6 MPa), apesar de apresentar também o maior índice de forma, 2,99. O valor da resistência à compressão apresentado por seus concretos pode ser explicado pelo baixo módulo de finura deste agregado (6,64), pois quanto mais fino o agregado, mais resistente o concreto com ele confeccionado.

Observou-se que o índice de forma está relacionado ao percentual de minerais que apresentam clivagem: o aumento do valor do índice de forma corresponde a aumentos dos teores de minerais com um ou mais planos de clivagem contidos em cada amostra.

O módulo de finura é também um aliado importante para a compreensão da resistência do concreto, pois a presença de finos ajuda a eliminar os possíveis vazios presentes nos corpos de prova. Logo, podemos atribuir o maior valor da resistência à compressão apresentado pelos concretos produzidos das britas oriundas da pedra Maracatu ao fato dessas últimas terem um dos menores valores para o módulo de finura entre os agregados (6,64), pois quanto mais fino o agregado, mais resistente o concreto com ele confeccionado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(ABCP) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Site com informações sobre cimento e suas classificações. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/perguntas-frequentes.php?id=27>

ABREU, Ana Cristina Fernandes. **Análise Comparativa dos Agregados Graúdos, Britas Calcária e Granítica, e dos Agregados Miúdos, Resíduos de Borracha de Pneu e Areia, para Utilização em Concreto**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/270/TFG%20%20En%20Civil/TCC.%20AnaCristina.EngCivil-FINAL-REVISADO.pdf>

ANDRIOLO, F.R. **Construções de Concreto: Manual de Práticas para Controle e Execução**. São Paulo, 1984.

ARAUJO, R. C. L.; RODRIGUES, E. H. V.; FREITAS, E. G. A. **Materiais de construção**. EDUR, 2000, 203p. v.1. ISBN 8585720239;

ARAUJO, Alinne Marianne Martins. **Caracterização tecnológica do granito Dália para fins ornamentais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Mineral) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, UFPE, Recife, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738/2003** - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. ABNT/CB-18 - Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados, CE-18:301.03 - Comissão de Estudo de Ensaio Físicos para Concreto Fresco, Rio de Janeiro, 2003a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e Documentação – Referências – Elaboração**. NBR 6023. Rio de Janeiro, 2

AZEVEDO, A. **Solos da formação geológica ao uso na engenharia**. 2ª Edição. Recife: Editora Universitária, 2008.

BASTOS, S. R. B. **Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial à areia fina para a produção de concretos convencionais**. 2002. 136 f. Dissertação, Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. **Revista Concreto & Construções. CONCRETO: MATERIAL CONTRUTIVO MAIS CONSUMIDO DO MUNDO**. Ano XXXVII/ Nº53. São Paulo

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BEZERRA, Augusto Cesar da Silva. **Influência das Variáveis de Ensaio nos Resultados de Resistência à Compressão de Concretos: Uma Análise Experimental e Computacional**. 2007. Dissertação, Mestrado em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

BUCHER, H. R. E. e RODRIGUES FILHO, H. C. - **Argamassas de enxofre para capeamento de corpos de prova**. Seminário sobre controle de resistência do concreto, IBRACON, São Paulo, 1983.

FERREIRA, G. E. ; SILVA, V. S. **Estudo do mercado nacional de agregados**, 2003. P.1-15 (Relatório de pesquisa).

FIGUEIRA, H. V. O.; ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. Cominuição. In: LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. Tratamento de minérios. 4ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq-MCT, 2004. Capítulo 4

GALVÃO, José Carlos Alves. **Estudo das Propriedades dos Concretos Confeccionados com Cimento CP V – ARI e CP II – F32, sob Diferentes Temperaturas de Mistura e Métodos de Cura.** 2003. Dissertação (Engenharia de Materiais e Processos) – Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Processos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

GIAMUSSO, Salvador E. **Manual do Concreto.** São Paulo: Pini, 1992.162p.

GONÇALVES, Laércio Brito. **Sistema Inteligente de Classificação de Imagens de Rochas Macroscópicas para a Indústria de Petróleo e Gás.** 2010. Tese de Doutorado (Programa Francisco Eduardo Mourão Saboya de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFF), Niteroi, RJ pag.33.

IERVOLINO, Marcilene. **Tecnologia dos materiais de construção.** Curso técnico de edificações. 3 ed. Suzano, 2012. Disponível em: <http://www.cetes.com.br/professor/edificacoes_12011/modulo1/tecnologia_materiais_construcao.pdf> Acesso em: 12 de Agosto de 2015

MAGALHÃES, F. C. **Estudo Probabilístico da Resistência à Compressão e da Resistência à Tração na Flexão dos Concretos Utilizados na Construção do Dique Seco do Estaleiro Rio Grande, no Superporto, em Rio Grande-RS.** Dissertação. FURG, Rio Grande, RS, 2009.

MARINHO AREIA E PEDRA. Site com informações sobre agregados. Disponível em: <<http://www.marinhoareiaepedra.com.br/informese/pedra-britada>> Acessado em: 14 de ago.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. (2008). **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: IBRACON, 3 ed.,

METSO. **Manual de Britagem Metso.** 6ª Edição. 2005. 501p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Produto 22 – Agregados para a construção Civil. Relatório Técnico 30 – Perfil de Brita para Construção Civil.** Brasília, Ago 2009.

MORAIS, Marcelo da Cunha. **Concreto Armado**. São Paulo: Ed. McGraw-Hill, 1982.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Pini, 1927, 828 p.

PARAHYBA, R. E. R. **Mineração no semiárido brasileiro**. Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, DF, 2009.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 5. ed. Porto Alegre: Globo, 1978

PINHEIRO, Wania Maria Gonçalves. **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.

ROSSIGNOLO, João Adriano. **Concreto Leve de Auto Desempenho Modificado com SB para Pré-Fabricados Esbeltos – Dosagem, Produção, Propriedades e Microestrutura**. 2003. Tese de Doutorado (Ciência e Engenharia de Materiais) – Interunidades - Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SCANDIUZZI, L. e ANDRIOLO, F. R. **Concreto e seus materiais: propriedades e ensaios**. Pini, São Paulo, 1986.

SILVA, Gustavo Alexandre. **Diagnóstico do Setor de Agregados para Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – RN**. 2012. Dissertação, Mestrado em Engenharia Mineral, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, UFPE, Recife.

SOBRAL, H. S. **Estudo técnico: propriedades do concreto endurecido**. 4.ed. São Paulo: ABCP, ago. 1997.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. 2ª Edição. São Paulo. Companhia Editora Nacional. 623 p. 2009.

TORRES, A. F.; ROSMAN, C.E.E. **Método para Dosagem Racional dos Concretos**. São Paulo, ABCP, 1956, 59p.

ANEXOS

Pedreira Esperança

Nº da pedra	Comprimento - c	Espessura - e	c/e
1	38,68	18,76	2,06
2	36,96	20,23	1,83
3	51,42	9,65	5,33
4	47,53	17,58	2,70
5	50,90	9,78	5,20
6	34,58	18,14	1,91
7	37,73	14,32	2,63
8	39,34	15,58	2,53
9	38,47	15,66	2,46
10	52,38	13,80	3,80
11	41,68	18,78	2,22
12	33,54	17,05	1,97
13	50,32	15,97	3,15
14	33,76	15,58	2,17
15	33,47	24,81	1,35
16	37,96	10,18	3,73
17	44,78	12,36	3,62
18	32,96	17,19	1,92
19	33,40	15,45	2,16
20	47,11	8,74	5,39
21	33,62	9,67	3,48
22	48,60	22,23	2,19
23	37,68	19,29	1,95
24	39,09	22,66	1,73
25	38,40	13,32	2,88
26	49,84	18,55	2,69
27	28,98	19,96	1,45
28	42,63	15,24	2,80
29	35,00	12,92	2,71
30	34,50	15,16	2,28
31	41,55	17,98	2,31
32	44,70	10,02	4,46
33	43,03	10,40	4,14
34	44,53	13,13	3,39
35	43,05	13,37	3,22
36	44,60	15,43	2,89
37	30,31	20,97	1,45
38	31,98	20,40	1,57

39	38,69	21,27	1,82
40	42,13	23,56	1,79
41	31,57	13,03	2,42
42	38,54	21,40	1,80
43	34,77	15,30	2,27
44	42,24	13,20	3,20
45	27,22	21,08	1,29
46	42,29	18,87	2,24
47	36,71	18,66	1,97
48	36,60	18,28	2,00
49	32,50	15,64	2,08
50	36,65	14,97	2,45
51	42,00	15,37	2,73
52	45,43	12,85	3,54
53	33,51	19,14	1,75
54	30,19	23,76	1,27
55	36,08	16,41	2,20
56	28,92	17,35	1,67
57	39,50	12,22	3,23
58	45,24	19,42	2,33
59	35,06	17,49	2,00
60	46,49	11,43	4,07
61	50,20	15,43	3,25
62	37,49	16,41	2,28
63	51,35	16,60	3,09
64	30,43	28,02	1,09
65	33,31	16,69	2,00
66	40,75	17,54	2,32
67	49,72	22,94	2,17
68	31,29	19,36	1,62
69	49,34	22,08	2,23
70	44,62	21,42	2,08
71	29,66	17,46	1,70
72	34,78	10,42	3,34
73	34,63	12,61	2,75
74	38,79	17,30	2,24
75	34,63	10,92	3,17
76	71,61	17,75	4,03
77	43,42	23,79	1,83
78	39,99	17,68	2,26
79	43,29	19,25	2,25
80	44,33	18,00	2,46
81	47,07	21,60	2,18

82	47,00	13,35	3,52
83	31,44	14,95	2,10
84	30,90	15,04	2,05
85	25,09	19,08	1,31
86	29,46	14,57	2,02
87	34,12	19,36	1,76
88	29,77	11,17	2,67
89	29,60	13,57	2,18
90	48,28	11,63	4,15
91	58,14	21,29	2,73
92	34,49	13,04	2,64
93	34,57	17,72	1,95
94	29,83	19,88	1,50
95	27,73	17,50	1,58
96	25,97	20,18	1,29
97	35,42	15,41	2,30
98	37,92	14,53	2,61
99	30,82	19,28	1,60
100	36,57	15,66	2,34
101	34,88	19,91	1,75
102	38,25	19,44	1,97
103	40,50	12,84	3,15
104	68,48	22,81	3,00
105	38,17	8,82	4,33
106	26,79	15,31	1,75
107	32,97	12,81	2,57
108	35,22	12,88	2,73
109	35,28	10,95	3,22
110	28,19	7,63	3,69
111	32,16	7,85	4,10
112	22,26	15,27	1,46
113	28,73	7,63	3,77
114	21,28	14,46	1,47
115	32,24	11,79	2,73
116	30,74	16,11	1,91
117	28,84	15,78	1,83
118	31,20	14,88	2,10
119	34,32	15,56	2,21
120	25,41	12,44	2,04
121	35,00	13,14	2,66
122	29,66	9,73	3,05
123	32,04	6,81	4,70
124	24,53	13,46	1,82

125	24,75	6,69	3,70
126	31,79	9,39	3,39
127	33,06	11,90	2,78
128	27,08	13,54	2,00
129	28,39	13,64	2,08
130	29,34	8,86	3,31
131	30,41	8,81	3,45
132	29,44	9,78	3,01
133	33,79	9,69	3,49
134	37,44	11,79	3,18
135	31,90	12,14	2,63
136	22,73	5,87	3,87
137	42,27	7,41	5,70
138	22,08	8,08	2,73
139	25,12	15,42	1,63
140	22,73	11,36	2,00
141	31,00	7,13	4,35
142	27,05	12,35	2,19
143	33,00	14,45	2,28
144	28,01	7,42	3,77
145	37,37	5,78	6,47
146	26,38	4,60	5,73
147	31,62	17,00	1,86
148	35,35	9,63	3,67
149	28,74	13,53	2,12
150	37,32	10,94	3,41
151	18,86	13,86	1,36
152	38,95	12,76	3,05
153	23,17	14,42	1,61
154	20,11	10,86	1,85
155	23,39	6,61	3,54
156	24,26	9,27	2,62
157	20,91	6,42	3,26
158	27,96	9,63	2,90
159	20,74	7,94	2,61
160	24,43	10,28	2,38
161	27,32	12,04	2,27
162	29,70	12,57	2,36
163	26,23	11,24	2,33
164	27,52	11,70	2,35
165	21,86	5,57	3,92
166	25,50	13,12	1,94
167	27,89	4,52	6,17

168	20,11	10,60	1,90
169	24,47	8,27	2,96
170	26,05	10,07	2,59
171	26,49	6,24	4,25
172	27,08	15,15	1,79
173	24,19	8,80	2,75
174	25,23	11,97	2,11
175	23,48	8,37	2,81
176	22,51	11,57	1,95
177	19,25	4,57	4,21
178	17,86	11,00	1,62
179	29,80	11,43	2,61
180	27,95	11,69	2,39
181	16,88	12,33	1,37
182	25,30	6,58	3,84
183	25,22	7,99	3,16
184	21,24	6,64	3,20
185	26,08	8,58	3,04
186	19,27	8,47	2,28
187	16,64	6,37	2,61
188	17,74	11,99	1,48
189	19,32	11,19	1,73
190	20,88	3,93	5,31
191	17,40	5,35	3,25
192	18,16	3,85	4,72
193	16,55	7,88	2,10
194	16,09	7,88	2,04
195	25,68	10,79	2,38
196	23,77	2,12	11,21
197	19,68	4,40	4,47
198	19,89	3,65	5,45
199	21,87	6,33	3,45
200	21,27	4,88	4,36

Média Ponderada (c/e): $\frac{((53,85 \times 2,50) + (35,9 \times 2,93) + (10,25 \times 3,57))}{100} = 2,76$

Pedreira Maracatu

Nº da pedra	Comprimento - c	Espessura - e	c/e
1	28,42	16,45	1,73
2	42,90	14,44	2,97
3	41,08	8,49	4,84
4	32,69	17,71	1,85
5	33,13	16,08	2,06
6	43,67	9,81	4,45
7	48,51	16,66	2,91
8	40,63	11,88	3,42
9	37,83	16,61	2,28
10	35,00	11,65	3,00
11	35,84	17,46	2,05
12	31,77	13,30	2,39
13	36,22	16,03	2,26
14	24,67	16,44	1,50
15	36,23	17,01	2,13
16	32,70	18,11	1,81
17	28,36	13,34	2,13
18	33,33	11,70	2,85
19	34,38	7,33	4,69
20	28,54	16,17	1,76
21	32,50	18,54	1,75
22	32,78	14,60	2,25
23	33,07	9,86	3,35
24	36,42	14,50	2,51
25	45,50	5,02	9,06
26	34,95	9,81	3,56
27	37,25	17,39	2,14
28	46,33	20,11	2,30
29	23,85	19,51	1,22
30	47,17	15,08	3,13
31	38,07	14,36	2,65
32	31,11	14,28	2,18
33	36,42	17,81	2,04
34	29,17	13,73	2,12
35	40,85	12,31	3,32
36	30,46	15,24	2,00
37	26,91	15,11	1,78
38	44,97	12,60	3,57
39	26,55	15,46	1,72
40	42,69	13,57	3,15

41	30,59	7,20	4,25
42	40,62	11,94	3,40
43	26,20	12,55	2,09
44	41,61	15,85	2,63
45	35,20	19,79	1,78
46	57,08	11,88	4,80
47	34,94	14,99	2,33
48	43,62	6,47	6,74
49	38,77	15,96	2,43
50	30,28	11,88	2,55
51	31,52	15,13	2,08
52	32,51	15,61	2,08
53	32,97	17,95	1,84
54	23,24	11,96	1,94
55	38,11	9,30	4,10
56	54,52	11,71	4,66
57	31,79	13,58	2,34
58	33,33	14,52	2,30
59	28,31	16,87	1,68
60	31,12	12,56	2,48
61	34,70	10,45	3,32
62	34,29	16,45	2,08
63	31,46	15,11	2,08
64	31,79	16,02	1,98
65	36,15	15,43	2,34
66	33,58	14,19	2,37
67	32,43	15,93	2,04
68	24,00	17,78	1,35
69	34,92	19,55	1,79
70	18,25	16,20	1,13
71	32,06	17,78	1,80
72	30,12	13,25	2,27
73	27,13	14,52	1,87
74	26,64	17,12	1,56
75	29,40	12,77	2,30
76	32,37	15,55	2,08
77	36,67	5,83	6,29
78	31,30	14,98	2,09
79	38,38	8,67	4,43
80	34,01	11,86	2,87
81	28,19	16,45	1,71
82	32,58	11,09	2,94
83	28,33	11,14	2,54

84	34,05	10,79	3,16
85	28,82	11,03	2,61
86	23,40	12,41	1,89
87	29,10	11,59	2,51
88	29,50	10,62	2,78
89	35,82	19,31	1,85
90	23,02	11,64	1,98
91	32,25	10,30	3,13
92	22,93	14,09	1,63
93	24,70	19,39	1,27
94	26,41	12,26	2,15
95	49,22	13,95	3,53
96	28,86	12,12	2,38
97	27,84	15,06	1,85
98	33,16	7,64	4,34
99	31,95	9,14	3,50
100	23,75	17,30	1,37
101	32,32	4,14	7,81
102	26,96	8,09	3,33
103	25,65	15,19	1,69
104	39,06	7,34	5,32
105	26,40	9,76	2,70
106	27,15	7,79	3,49
107	27,01	17,49	1,54
108	30,76	5,56	5,53
109	35,32	10,62	3,33
110	29,73	17,35	1,71
111	29,73	8,91	3,34
112	26,57	12,10	2,20
113	25,05	6,39	3,92
114	24,36	16,26	1,50
115	25,43	5,40	4,71
116	27,29	6,76	4,04
117	28,43	3,24	8,77
118	22,43	9,15	2,45
119	19,61	15,80	1,24
120	21,68	15,10	1,44
121	25,08	11,81	2,12
122	21,80	9,51	2,29
123	26,66	3,87	6,89
124	24,26	9,46	2,56
125	29,51	3,26	9,05
126	29,92	15,10	1,98

127	25,77	4,31	5,98
128	23,82	10,47	2,28
129	25,70	4,53	5,67
130	23,95	14,90	1,61
131	29,98	5,65	5,31
132	27,11	7,96	3,41
133	25,71	3,29	7,81
134	19,03	8,24	2,31
135	26,11	3,38	7,72
136	25,04	8,80	2,85
137	24,05	4,45	5,40
138	31,67	14,74	2,15
139	27,48	9,19	2,99
140	26,53	11,86	2,24
141	17,04	8,14	2,09
142	30,88	9,97	3,10
143	20,43	10,86	1,88
144	24,36	14,52	1,68
145	23,88	7,83	3,05
146	28,43	10,58	2,69
147	24,23	7,90	3,07
148	28,11	10,41	2,70
149	23,17	8,13	2,85
150	26,63	9,47	2,81
151	18,27	9,15	2,00
152	21,98	9,15	2,40
153	27,13	10,80	2,51
154	24,46	17,62	1,39
155	21,10	10,05	2,10
156	23,04	9,50	2,43
157	23,56	11,47	2,05
158	27,82	8,85	3,14
159	24,74	10,91	2,27
160	19,59	14,06	1,39
161	24,07	10,61	2,27
162	20,40	11,02	1,85
163	20,08	12,25	1,64
164	20,78	12,67	1,64
165	18,42	11,76	1,57
166	20,80	10,29	2,02
167	19,23	10,27	1,87
168	21,43	9,41	2,28
169	20,97	14,04	1,49

170	18,52	9,46	1,96
171	19,08	11,39	1,68
172	30,05	4,29	7,00
173	25,95	10,13	2,56
174	42,08	7,86	5,35
175	19,32	3,55	5,44
176	30,10	4,91	6,13
177	28,39	6,97	4,07
178	20,72	8,97	2,31
179	16,25	3,09	5,26
180	33,67	7,82	4,31
181	22,23	5,10	4,36
182	24,91	4,99	4,99
183	31,56	2,96	10,66
184	21,02	8,11	2,59
185	20,07	3,82	5,25
186	15,86	5,87	2,70
187	22,32	5,83	3,83
188	25,52	5,31	4,81
189	24,20	7,57	3,20
190	17,99	7,37	2,44
191	25,67	7,27	3,53
192	21,41	7,04	3,04
193	15,65	7,97	1,96
194	20,68	9,92	2,08
195	22,09	7,30	3,03
196	20,66	8,75	2,36
197	17,94	9,27	1,94
198	23,97	8,48	2,83
199	21,94	8,58	2,56
200	19,92	7,59	2,62

Média Ponderada (c/e): $\frac{((37,5 \times 2,64) + (48,61 \times 3,04) + (13,89 \times 3,79))}{100} = 2,99$

Pedreira Bical

Nº da pedra	Comprimento - c	Espessura - e	c/e
1	61,05	12,22	5,00
2	49,14	19,08	2,58
3	25,43	21,91	1,16
4	49,83	18,11	2,75
5	42,57	6,07	7,01
6	32,11	17,80	1,80
7	37,57	12,97	2,90
8	39,87	17,49	2,28
9	37,97	14,32	2,65
10	30,45	16,13	1,89
11	44,46	8,67	5,13
12	33,16	15,52	2,14
13	30,98	19,69	1,57
14	24,71	15,30	1,62
15	40,16	19,24	2,09
16	31,59	16,96	1,86
17	30,42	18,64	1,63
18	32,42	13,20	2,46
19	30,90	13,87	2,23
20	24,65	13,46	1,83
21	42,07	16,33	2,58
22	33,19	13,36	2,48
23	35,29	20,28	1,74
24	39,25	17,40	2,26
25	37,26	19,40	1,92
26	46,56	13,35	3,49
27	35,00	18,24	1,92
28	37,15	13,38	2,78
29	28,48	21,77	1,31
30	35,23	18,53	1,90
31	27,68	12,41	2,23
32	38,02	19,59	1,94
33	30,16	20,73	1,45
34	38,52	16,01	2,41
35	31,77	13,19	2,41
36	34,32	17,95	1,91
37	29,13	17,13	1,70
38	30,87	18,98	1,63
39	41,18	16,24	2,54
40	36,06	14,24	2,53

41	26,24	12,75	2,06
42	29,11	16,62	1,75
43	32,32	20,01	1,62
44	28,99	18,07	1,60
45	52,22	11,34	4,60
46	33,22	13,45	2,47
47	27,39	19,80	1,38
48	49,00	15,90	3,08
49	33,41	19,22	1,74
50	35,26	20,46	1,72
51	35,04	20,12	1,74
52	33,25	15,77	2,11
53	30,26	14,98	2,02
54	31,99	14,55	2,20
55	46,44	20,68	2,25
56	31,64	16,00	1,98
57	32,15	15,17	2,12
58	36,29	17,36	2,09
59	25,72	15,76	1,63
60	24,86	24,02	1,03
61	51,96	13,01	3,99
62	39,92	17,92	2,23
63	35,12	22,30	1,57
64	32,40	20,80	1,56
65	36,81	18,27	2,01
66	31,73	20,34	1,56
67	38,54	10,97	3,51
68	38,68	18,07	2,14
69	29,42	13,93	2,11
70	27,66	18,35	1,51
71	31,80	16,79	1,89
72	39,76	17,10	2,33
73	35,19	18,18	1,94
74	35,42	12,18	2,91
75	36,27	17,36	2,09
76	26,26	15,09	1,74
77	41,19	17,35	2,37
78	27,51	17,28	1,59
79	32,63	14,78	2,21
80	43,79	20,38	2,15
81	35,54	12,46	2,85
82	36,99	18,09	2,04
83	39,78	19,32	2,06

84	36,73	17,99	2,04
85	50,83	18,92	2,69
86	35,42	17,65	2,01
87	43,60	12,57	3,47
88	35,48	18,63	1,90
89	32,88	14,39	2,28
90	41,19	13,70	3,01
91	30,35	17,86	1,70
92	27,74	18,97	1,46
93	31,03	14,24	2,18
94	33,79	13,25	2,55
95	29,23	12,82	2,28
96	32,60	21,68	1,50
97	31,19	13,67	2,28
98	48,78	11,24	4,34
99	29,66	13,33	2,23
100	37,48	12,20	3,07
101	27,17	16,93	1,60
102	33,09	17,22	1,92
103	35,38	12,35	2,86
104	27,55	13,03	2,11
105	25,38	13,23	1,92
106	43,98	16,26	2,70
107	42,91	4,77	9,00
108	23,39	12,89	1,81
109	31,09	16,37	1,90
110	45,54	6,39	7,13
111	26,07	17,44	1,49
112	20,20	13,66	1,48
113	24,96	13,89	1,80
114	27,97	13,51	2,07
115	29,14	11,41	2,55
116	33,79	13,40	2,52
117	28,84	15,65	1,84
118	27,91	9,21	3,03
119	23,30	13,82	1,69
120	21,75	5,69	3,82
121	28,43	14,72	1,93
122	40,46	15,68	2,58
123	28,96	16,41	1,76
124	26,82	14,66	1,83
125	24,12	11,44	2,11
126	28,57	14,89	1,92

127	41,06	12,98	3,16
128	28,20	14,46	1,95
129	27,27	16,24	1,68
130	25,71	14,15	1,82
131	25,14	8,64	2,91
132	23,73	14,07	1,69
133	28,84	16,03	1,80
134	22,30	10,12	2,20
135	23,79	12,81	1,86
136	30,90	13,80	2,24
137	26,84	9,67	2,78
138	26,54	15,19	1,75
139	31,66	11,74	2,70
140	30,08	14,33	2,10
141	27,69	14,05	1,97
142	29,47	9,56	3,08
143	29,68	18,38	1,61
144	20,59	11,27	1,83
145	24,38	13,57	1,80
146	23,89	13,90	1,72
147	24,90	10,87	2,29
148	20,01	13,76	1,45
149	25,33	15,95	1,59
150	29,19	5,21	5,60
151	25,53	9,36	2,73
152	25,62	9,52	2,69
153	28,05	15,21	1,84
154	29,51	9,50	3,11
155	24,28	10,07	2,41
156	26,51	9,10	2,91
157	23,21	12,62	1,84
158	24,73	15,00	1,65
159	48,34	15,77	3,07
160	24,56	11,54	2,13
161	29,46	7,94	3,71
162	21,25	14,26	1,49
163	33,75	13,85	2,44
164	20,55	10,75	1,91
165	25,05	16,68	1,50
166	35,00	15,14	2,31
167	23,65	8,02	2,95
168	26,45	9,51	2,78
169	22,29	12,38	1,80

170	23,78	10,14	2,35
171	26,87	9,15	2,94
172	21,22	9,58	2,22
173	21,28	10,54	2,02
174	24,86	10,60	2,35
175	18,04	8,76	2,06
176	18,88	8,35	2,26
177	24,32	6,20	3,92
178	25,62	3,89	6,59
179	20,71	4,93	4,20
180	16,03	8,59	1,87
181	16,89	6,43	2,63
182	16,15	10,05	1,61
183	18,87	10,77	1,75
184	21,51	10,79	1,99
185	16,56	6,45	2,57
186	24,28	7,21	3,37
187	17,02	6,18	2,75
188	26,98	7,26	3,72
189	33,32	5,88	5,67
190	21,29	5,87	3,63
191	19,24	5,49	3,50
192	18,89	6,45	2,93
193	29,62	4,17	7,10
194	20,00	9,96	2,01
195	19,20	7,22	2,66
196	14,82	8,97	1,65
197	23,71	7,21	3,29
198	15,31	7,89	1,94
199	16,21	7,87	2,06
200	16,74	8,17	2,05

Média Ponderada (c/e): $\frac{((48,65 \times 2,25) + (39,19 \times 2,43) + (12,16 \times 3,14))}{100} = 2,43$

Pedreira Guarany

N° da pedra	Comprimento - c	Espessura - e	c/e
1	39,83	27,79	1,43
2	39,37	25,87	1,52
3	35,53	27,40	1,30
4	35,97	22,17	1,62
5	34,03	21,93	1,55
6	40,98	22,85	1,79
7	32,82	17,43	1,88
8	41,97	17,87	2,35
9	40,01	25,17	1,59
10	38,35	18,96	2,02
11	41,92	16,30	2,57
12	41,96	20,12	2,09
13	32,63	18,39	1,77
14	39,88	18,95	2,10
15	31,74	13,13	2,42
16	35,67	21,29	1,68
17	35,16	15,58	2,26
18	31,86	17,22	1,85
19	29,33	9,85	2,98
20	31,39	20,89	1,50
21	34,16	12,96	2,64
22	31,42	18,34	1,71
23	42,25	14,87	2,84
24	35,89	17,39	2,06
25	40,67	20,40	1,99
26	30,78	11,00	2,80
27	32,36	19,03	1,70
28	33,04	13,56	2,44
29	35,39	11,20	3,16
30	28,74	14,71	1,95
31	33,08	16,85	1,96
32	36,55	16,04	2,28
33	35,27	20,25	1,74
34	46,86	20,56	2,28
35	33,67	11,55	2,92
36	37,04	20,12	1,84
37	43,63	15,95	2,74
38	37,18	19,77	1,88
39	32,39	19,69	1,64
40	32,91	22,48	1,46

41	37,97	16,02	2,37
42	35,54	17,12	2,08
43	40,65	13,25	3,07
44	37,49	16,01	2,34
45	38,37	19,20	2,00
46	35,32	16,04	2,20
47	51,98	17,49	2,97
48	36,76	16,09	2,28
49	36,56	21,44	1,71
50	38,21	14,53	2,63
51	28,60	19,89	1,44
52	48,83	16,98	2,88
53	34,21	15,68	2,18
54	38,06	22,19	1,72
55	40,17	21,11	1,90
56	45,51	16,89	2,69
57	38,67	22,02	1,76
58	48,82	19,86	2,46
59	29,97	21,52	1,39
60	37,43	20,71	1,81
61	41,25	17,30	2,38
62	34,56	19,58	1,77
63	32,33	16,18	2,00
64	31,91	15,49	2,06
65	33,90	12,88	2,63
66	41,44	12,06	3,44
67	35,45	9,69	3,66
68	35,02	13,74	2,55
69	31,79	16,91	1,88
70	34,16	18,62	1,83
71	35,58	11,43	3,11
72	32,12	16,82	1,91
73	30,80	13,94	2,21
74	32,97	17,16	1,92
75	30,82	12,32	2,50
76	29,08	17,65	1,65
77	32,06	17,05	1,88
78	24,86	18,24	1,36
79	33,84	11,39	2,97
80	30,69	13,67	2,25
81	29,35	19,56	1,50
82	31,92	10,69	2,99
83	29,71	16,76	1,77

84	29,72	18,63	1,60
85	29,34	15,09	1,94
86	31,06	14,97	2,07
87	29,88	19,26	1,55
88	25,78	12,86	2,00
89	24,24	13,36	1,81
90	27,70	17,29	1,60
91	28,89	17,57	1,64
92	33,01	15,08	2,19
93	29,24	10,73	2,73
94	31,08	12,57	2,47
95	28,81	14,00	2,06
96	25,69	13,99	1,84
97	42,08	10,47	4,02
98	38,89	8,30	4,69
99	31,32	15,41	2,03
100	27,42	13,79	1,99
101	37,88	11,93	3,18
102	28,32	8,97	3,16
103	28,50	14,40	1,98
104	35,29	12,75	2,77
105	22,19	8,44	2,63
106	36,97	15,16	2,44
107	27,11	16,74	1,62
108	29,02	15,61	1,86
109	40,00	10,61	3,77
110	25,10	14,57	1,72
111	25,42	16,38	1,55
112	29,25	15,67	1,87
113	27,97	10,99	2,55
114	33,91	9,14	3,71
115	23,08	16,01	1,44
116	30,16	8,62	3,50
117	24,68	12,37	2,00
118	26,80	14,81	1,81
119	24,96	10,43	2,39
120	30,68	11,06	2,77
121	22,04	10,50	2,10
122	27,21	11,00	2,47
123	28,98	13,49	2,15
124	24,27	9,25	2,62
125	23,93	14,40	1,66
126	27,93	9,38	2,98

127	32,42	10,41	3,11
128	28,94	9,29	3,12
129	36,36	13,71	2,65
130	31,28	20,03	1,56
131	34,71	15,81	2,20
132	30,01	14,49	2,07
133	27,79	8,85	3,14
134	32,20	10,86	2,97
135	22,88	15,28	1,50
136	29,58	8,83	3,35
137	22,81	14,64	1,56
138	21,39	14,31	1,49
139	25,09	12,26	2,05
140	24,77	10,07	2,46
141	23,67	13,50	1,75
142	29,19	14,65	1,99
143	26,85	9,77	2,75
144	17,76	16,05	1,11
145	25,72	14,44	1,78
146	24,12	12,21	1,98
147	23,24	7,13	3,26
148	27,76	11,28	2,46
149	22,04	6,41	3,44
150	20,33	11,32	1,80
151	31,95	13,79	2,32
152	24,02	15,14	1,59
153	23,19	10,48	2,21
154	21,64	12,56	1,72
155	23,40	10,36	2,26
156	24,94	9,51	2,62
157	22,33	12,00	1,86
158	33,67	9,30	3,62
159	23,70	13,89	1,71
160	22,95	11,40	2,01
161	24,27	11,71	2,07
162	22,64	11,36	1,99
163	21,12	13,01	1,62
164	21,57	6,41	3,37
165	20,00	6,89	2,90
166	24,40	9,31	2,62
167	19,94	9,77	2,04
168	20,27	10,19	1,99
169	18,91	10,99	1,72

170	22,05	4,66	4,73
171	17,91	14,14	1,27
172	19,39	15,19	1,28
173	20,14	10,14	1,99
174	21,31	11,85	1,80
175	26,16	9,90	2,64
176	18,12	11,29	1,60
177	22,71	7,19	3,16
178	29,32	9,45	3,10
179	21,43	7,53	2,85
180	21,28	8,13	2,62
181	20,03	12,02	1,67
182	21,24	3,41	6,23
183	25,65	9,03	2,84
184	16,35	7,17	2,28
185	20,70	7,73	2,68
186	19,83	4,99	3,97
187	18,34	7,53	2,44
188	22,19	6,70	3,31
189	23,52	9,78	2,40
190	20,90	6,25	3,34
191	21,70	6,80	3,19
192	19,13	7,06	2,71
193	17,37	5,76	3,02
194	20,31	5,18	3,92
195	19,04	5,72	3,33
196	16,16	10,63	1,52
197	17,42	8,14	2,14
198	20,33	8,97	2,27
199	17,51	8,91	1,97
200	21,44	8,16	2,63

Média Ponderada (c/e): $\frac{((45,33 \times 2,12) + (42,67 \times 2,35) + (12,00 \times 2,90))}{100} = 2,31$

Pedra do Martelo

N° da pedra	Comprimento - c	Espessura - e	c/e
1	35,31	14,75	2,39
2	37,45	16,46	2,28
3	34,48	19,54	1,76
4	39,19	16,65	2,35
5	41,09	16,94	2,43
6	29,76	21,24	1,40
7	22,04	21,10	1,04
8	29,39	18,02	1,63
9	29,69	17,93	1,66
10	28,35	15,87	1,79
11	28,70	17,38	1,65
12	32,74	10,76	3,04
13	41,70	16,59	2,51
14	36,76	14,24	2,58
15	35,97	19,35	1,86
16	44,61	18,99	2,35
17	39,96	12,35	3,24
18	40,60	16,39	2,48
19	41,43	15,09	2,75
20	32,88	14,47	2,27
21	35,40	16,67	2,12
22	27,83	17,81	1,56
23	33,09	16,42	2,02
24	41,18	19,59	2,10
25	31,65	16,33	1,94
26	23,34	13,79	1,69
27	36,31	13,09	2,77
28	31,39	19,58	1,60
29	35,74	19,33	1,85
30	23,66	8,89	2,66
31	45,90	16,53	2,78
32	34,68	12,99	2,67
33	51,57	11,52	4,48
34	28,37	17,49	1,62
35	27,40	20,31	1,35
36	37,81	10,30	3,67
37	32,40	12,70	2,55
38	33,98	21,60	1,57
39	87,85	13,72	6,40
40	36,83	21,48	1,71

41	33,25	8,25	4,03
42	30,86	21,43	1,44
43	32,56	8,39	3,88
44	32,32	17,54	1,84
45	49,07	13,51	3,63
46	39,40	18,73	2,10
47	45,68	10,16	4,50
48	38,24	17,82	2,15
49	37,20	14,08	2,64
50	37,67	18,79	2,00
51	26,23	14,15	1,85
52	38,15	13,72	2,78
53	26,37	14,05	1,88
54	49,70	17,11	2,90
55	37,73	17,78	2,12
56	32,56	20,37	1,60
57	30,29	23,21	1,31
58	39,71	14,27	2,78
59	29,45	16,35	1,80
60	28,98	13,12	2,21
61	26,67	16,29	1,64
62	46,85	10,44	4,49
63	38,06	15,15	2,51
64	35,02	15,24	2,30
65	27,89	18,89	1,48
66	27,42	15,14	1,81
67	28,56	15,70	1,82
68	37,01	15,40	2,40
69	24,94	15,23	1,64
70	23,09	11,45	2,02
71	28,85	15,88	1,82
72	39,06	16,31	2,39
73	30,54	17,00	1,80
74	42,85	12,14	3,53
75	34,13	10,28	3,32
76	35,57	17,70	2,01
77	25,98	13,30	1,95
78	28,04	18,95	1,48
79	31,08	22,04	1,41
80	30,79	13,78	2,23
81	29,14	13,99	2,08
82	31,61	18,12	1,74
83	51,53	14,04	3,67

84	36,37	11,97	3,04
85	32,54	18,08	1,80
86	31,19	19,84	1,57
87	30,58	15,17	2,02
88	27,89	17,40	1,60
89	30,02	17,95	1,67
90	22,00	15,27	1,44
91	23,28	15,00	1,55
92	31,97	3,18	10,05
93	41,02	16,48	2,49
94	32,89	14,59	2,25
95	27,73	8,63	3,21
96	29,88	19,00	1,57
97	22,47	14,83	1,52
98	30,87	14,92	2,07
99	31,18	12,15	2,57
100	33,24	15,92	2,09
101	22,41	13,62	1,65
102	41,97	12,75	3,29
103	27,76	10,64	2,61
104	30,25	14,99	2,02
105	27,48	9,90	2,78
106	30,42	11,55	2,63
107	24,73	9,20	2,69
108	29,38	13,13	2,24
109	38,13	11,56	3,30
110	22,91	11,12	2,06
111	32,48	8,33	3,90
112	23,16	12,52	1,85
113	22,89	8,50	2,69
114	26,80	15,06	1,78
115	35,40	11,90	2,97
116	26,61	11,55	2,30
117	28,53	10,20	2,80
118	19,67	12,69	1,55
119	28,89	17,51	1,65
120	27,42	13,65	2,01
121	30,51	11,31	2,70
122	21,35	12,74	1,68
123	22,40	11,05	2,03
124	22,23	12,33	1,80
125	18,66	15,19	1,23
126	18,62	11,63	1,60

127	30,12	17,13	1,76
128	24,65	10,39	2,37
129	24,84	11,76	2,11
130	19,21	6,37	3,02
131	25,25	10,82	2,33
132	22,54	10,38	2,17
133	19,82	13,18	1,50
134	11,81	9,37	1,26
135	23,97	8,83	2,71
136	23,04	6,28	3,67
137	20,11	11,42	1,76
138	18,73	9,82	1,91
139	23,50	8,54	2,75
140	26,34	13,88	1,90
141	18,70	9,29	2,01
142	23,88	10,66	2,24
143	32,74	5,37	6,10
144	26,38	7,42	3,56
145	20,70	11,85	1,75
146	22,65	10,18	2,22
147	27,71	11,93	2,32
148	21,07	8,00	2,63
149	23,49	14,31	1,64
150	28,72	11,12	2,58
151	27,23	15,18	1,79
152	29,29	12,79	2,29
153	23,93	10,85	2,21
154	25,91	7,74	3,35
155	31,69	9,92	3,19
156	20,13	12,50	1,61
157	19,67	15,92	1,24
158	22,61	10,67	2,12
159	22,82	11,24	2,03
160	20,41	9,64	2,12
161	22,30	11,26	1,98
162	29,06	11,43	2,54
163	21,60	15,41	1,40
164	17,32	13,69	1,27
165	24,78	12,13	2,04
166	21,62	8,69	2,49
167	24,90	10,76	2,31
168	21,30	9,74	2,19
169	24,82	6,35	3,91

170	22,81	11,19	2,04
171	29,26	11,25	2,60
172	23,39	8,37	2,79
173	19,80	10,74	1,84
174	24,17	8,88	2,72
175	25,02	10,78	2,32
176	24,02	8,13	2,95
177	25,99	6,36	4,09
178	15,46	6,62	2,34
179	31,29	16,71	1,87
180	21,50	5,46	3,94
181	30,24	7,25	4,17
182	20,07	6,03	3,33
183	25,18	5,28	4,77
184	22,07	8,87	2,49
185	42,04	10,44	4,03
186	22,20	6,68	3,32
187	28,65	8,15	3,52
188	21,11	8,97	2,35
189	19,51	10,03	1,95
190	12,61	7,30	1,73
191	15,21	5,95	2,56
192	18,61	6,65	2,80
193	17,01	9,81	1,73
194	14,30	9,64	1,48
195	22,23	7,04	3,16
196	17,97	9,38	1,92
197	17,74	9,07	1,96
198	14,65	9,86	1,49
199	14,15	8,90	1,59
200	20,43	4,19	4,88

Média Ponderada (c/e): $\frac{((48,72 \times 2,36) + (38,46 \times 2,32) + (12,82 \times 2,80))}{100} = 2,40$

Granito JP

Nº da pedra	Comprimento - c	Espessura - e	c/e
1	62,55	13,09	4,78
2	41,69	16,86	2,47
3	47,99	14,65	3,28
4	34,07	17,74	1,92
5	40,11	18,92	2,12
6	33,60	20,65	1,63
7	33,65	20,02	1,68
8	33,40	20,34	1,64
9	38,95	14,00	2,78
10	35,12	15,30	2,30
11	33,11	18,45	1,79
12	47,96	15,38	3,12
13	37,17	18,24	2,04
14	31,39	19,08	1,65
15	39,32	24,55	1,60
16	39,10	13,94	2,80
17	27,30	17,41	1,57
18	33,75	12,64	2,67
19	36,29	15,63	2,32
20	34,65	10,80	3,21
21	35,22	15,86	2,22
22	39,29	16,68	2,36
23	33,10	13,74	2,41
24	31,75	17,22	1,84
25	29,36	16,77	1,75
26	45,68	11,67	3,91
27	29,27	15,25	1,92
28	33,53	13,76	2,44
29	47,86	19,20	2,49
30	62,20	15,23	4,08
31	41,64	20,34	2,05
32	43,95	12,79	3,44
33	56,78	18,72	3,03
34	45,34	17,25	2,63
35	40,13	18,72	2,14
36	25,08	18,12	1,38
37	36,06	20,15	1,79
38	36,64	19,19	1,91
39	34,60	16,30	2,12
40	32,01	15,09	2,12

41	39,58	13,34	2,97
42	28,43	12,77	2,23
43	34,40	16,58	2,07
44	43,53	19,50	2,23
45	63,18	9,27	6,82
46	41,53	9,19	4,52
47	34,48	15,90	2,17
48	31,84	17,24	1,85
49	49,97	9,88	5,06
50	31,41	17,52	1,79
51	34,37	17,49	1,97
52	40,54	6,26	6,48
53	35,77	11,87	3,01
54	28,41	15,91	1,79
55	36,26	15,19	2,39
56	41,61	19,46	2,14
57	34,84	22,89	1,52
58	39,09	21,08	1,85
59	34,57	9,28	3,73
60	26,59	15,15	1,76
61	30,88	18,01	1,71
62	31,38	13,59	2,31
63	35,41	9,77	3,62
64	28,47	19,64	1,45
65	43,50	18,78	2,32
66	31,43	17,75	1,77
67	36,32	18,92	1,92
68	28,56	14,87	1,92
69	36,96	16,69	2,21
70	31,69	14,20	2,23
71	31,28	17,16	1,82
72	30,15	17,37	1,74
73	32,61	15,68	2,08
74	30,79	12,36	2,49
75	30,15	21,14	1,43
76	32,55	11,83	2,75
77	28,52	21,31	1,34
78	25,84	19,58	1,32
79	51,75	16,93	3,06
80	27,54	13,97	1,97
81	36,07	15,47	2,33
82	25,71	12,39	2,08
83	30,37	17,87	1,70

84	34,17	14,30	2,39
85	41,24	13,92	2,96
86	29,82	11,69	2,55
87	37,00	16,95	2,18
88	31,25	18,67	1,67
89	31,54	20,11	1,57
90	37,66	18,83	2,00
91	28,19	15,75	1,79
92	35,04	15,30	2,29
93	32,73	15,60	2,10
94	28,98	19,27	1,50
95	29,96	7,38	4,06
96	30,28	14,75	2,05
97	28,87	13,67	2,11
98	29,13	16,95	1,72
99	46,84	15,31	3,06
100	39,80	9,39	4,24
101	27,25	16,04	1,70
102	23,41	9,57	2,45
103	32,00	8,02	3,99
104	25,38	13,88	1,83
105	30,94	9,71	3,19
106	22,06	12,36	1,78
107	39,54	15,16	2,61
108	35,56	14,83	2,40
109	36,31	9,72	3,74
110	47,86	14,61	3,28
111	30,56	14,26	2,14
112	27,67	14,53	1,90
113	29,24	14,25	2,05
114	29,27	12,44	2,35
115	31,47	8,55	3,68
116	25,10	15,86	1,58
117	24,52	15,87	1,55
118	30,44	10,47	2,91
119	26,50	5,00	5,30
120	29,25	7,88	3,71
121	31,89	14,89	2,14
122	33,04	9,70	3,41
123	29,39	8,58	3,43
124	26,23	12,23	2,14
125	29,99	8,25	3,64
126	41,02	13,33	3,08

127	22,34	15,69	1,42
128	30,69	6,39	4,80
129	30,97	11,79	2,63
130	27,75	14,22	1,95
131	32,48	9,68	3,36
132	24,28	7,23	3,36
133	33,05	8,29	3,99
134	27,41	9,32	2,94
135	33,01	13,64	2,42
136	26,49	4,27	6,20
137	26,62	6,23	4,27
138	23,99	7,84	3,06
139	21,42	11,33	1,89
140	23,57	14,41	1,64
141	21,27	10,95	1,94
142	25,24	16,73	1,51
143	33,11	6,35	5,21
144	23,70	6,28	3,77
145	31,36	6,15	5,10
146	20,03	13,10	1,53
147	26,56	16,02	1,66
148	28,97	6,37	4,55
149	24,16	12,80	1,89
150	19,73	12,69	1,55
151	29,55	8,30	3,56
152	24,19	11,94	2,03
153	26,40	16,79	1,57
154	23,23	11,43	2,03
155	24,76	12,60	1,97
156	29,68	13,82	2,15
157	31,55	13,78	2,29
158	27,17	14,31	1,90
159	25,81	9,32	2,77
160	23,53	11,09	2,12
161	22,16	9,33	2,38
162	34,97	14,19	2,46
163	26,46	12,16	2,18
164	20,37	15,16	1,34
165	25,28	10,52	2,40
166	27,08	12,53	2,16
167	18,96	10,84	1,75
168	24,76	8,34	2,97
169	24,94	9,16	2,72

170	23,29	6,89	3,38
171	24,04	10,37	2,32
172	24,52	7,72	3,18
173	19,03	11,06	1,72
174	17,25	11,68	1,48
175	18,29	15,07	1,21
176	22,60	7,09	3,19
177	31,04	8,10	3,83
178	24,68	10,15	2,43
179	32,24	9,86	3,27
180	29,14	6,32	4,61
181	29,11	8,26	3,52
182	22,64	6,66	3,40
183	28,30	6,21	4,56
184	17,00	8,89	1,91
185	16,84	7,67	2,20
186	24,38	9,74	2,50
187	18,47	5,10	3,62
188	20,03	5,27	3,80
189	24,18	8,92	2,71
190	22,39	4,87	4,60
191	24,60	14,75	1,67
192	20,01	11,42	1,75
193	17,88	10,37	1,72
194	24,93	6,93	3,60
195	16,62	7,97	2,09
196	14,62	7,04	2,08
197	14,83	9,72	1,53
198	13,71	7,40	1,85
199	16,34	6,69	2,44
200	16,39	3,84	4,27

Média Ponderara (c/e): $\frac{((49,31 \times 2,39) + (38,36 \times 2,70) + (12,33 \times 2,93))}{100} = 2,58$