

UNIS – CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA CIVIL
WILIAN GILSON FLAUSINO SOUZA

**UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE QUARTZITOS COMO AGREGADO PARA
PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Varginha
2019

WILIAN GILSON FLAUSINO SOUZA

**UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE QUARTZITOS COMO AGREGADO PARA
PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro
Universitário do Sul de Minas-UNIS; como parte dos
requisitos para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Ivan Francklin Junior.

**Varginha
2019**

WILIAN GILSON FLAUSISO SOUZA

**UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE QUARTZITOS COMO AGREGADO PARA
PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro
Universitário do Sul de Minas-UNIS; como parte dos
requisitos para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Ivan Francklin Junior.

Aprovado em: ___/___/___

Prof. Ivan Francklin Junior (Orientador)

Prof. (Banca Examinadora)

Prof. (Banca Examinadora)

OBS.:

Dedico este trabalho a meus amigos e familiares, principalmente a meu pai Gilmar Guilherme de Souza e a minha namorada Emanuelle Araujo pela força e apoio emocional para realizar mais esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela proteção e saúde diária, aos meus familiares, principalmente a meu pai Gilmar Guilherme de Souza pelo apoio emocional, a minha namorada Emanuelle Araujo e a todos meus amigos que me apoiaram e acreditaram em mim, que fizeram parte dos momentos difíceis e dos melhores momentos também e irão continuar comigo durante toda a vida, ao meu orientador Ivan Francklin Junior devido a sua paciência e auxílio para realização deste trabalho, A empresa Siox, Tecnologia e reciclagem de Minério.

“Julgue seu sucesso pelas coisas que você teve
que renunciar para conseguir.”

Dalai Lama

RESUMO

A finalidade deste trabalho é estudar as propriedades dos quartzitos provenientes do município de São Thomé das Letras, localizado no sul de Minas Gerais. Devido a sua extração irregular este agregado é considerado um passivo ambiental, proveniente do acúmulo de rejeitos de sua exploração. Após a análise de estudos que comprovam a viabilidade do uso do agregado de quartzito para produção de concreto, o presente estudo visa o aproveitamento destes resíduos, minimizando os impactos ambientais e disponibilizando no mercado um bloco estrutural de custo reduzido. Foram realizados ensaios físicos com o agregado de quartzito de acordo com as normas da construção civil e sucessivamente confrontado os resultados com a literatura. Foi adaptado o método de dosagem da ABCP/ACI para produção de concreto seco. Em seguida, foram realizados estudos preliminares em corpos de prova cilíndricos de concreto, onde foram comparadas as granulometrias dos agregados de acordo com a ABNT NBR 7211:2009 com a granulometrias dos agregados recomendada por Fernandes (2015), fazendo um comparativo entre a produção dos corpos de prova cilíndricos com agregado de quartzito e agregado de gnaiss. A resistência a compressão utilizando agregado de gnaiss na granulometria de acordo com a ABNT NBR 7211:2009 foi 1% superior a utilização do agregado de quartzito. Utilizando a granulometria recomendada por Fernandes (2015), os corpos de prova cilíndricos apresentaram melhor acabamento, e a proporção aumentou para 13,12%. Desta forma, foi adotada a granulometria de Fernandes (2015) para produção dos blocos estruturais, devido ao acabamento superficial ser mais apropriado e pelo fato do resultado de resistências não ter apresentado diferenças significativas. Após esta análise foi desenvolvida a produção de blocos estruturais com agregado de quartzito, tomando como comparativo sugestões de traços produzidos por Fernandes (2015) para produção de blocos convencionais. Os resultados da resistência à compressão dos blocos estruturais foram satisfatórios com a utilização do agregado de quartzito, atingindo valores superiores ao mínimo estabelecido pela ABNT NBR 6936:2016. A redução do custo final utilizando agregado de quartzito para produção dos blocos, comparado com agregados convencionais é de 57,5%, se viabilizando como uma ótima alternativa econômica e ambiental para dar destino correto aos rejeitos de quartzitos.

Palavras – chave: Exploração do Quartzito, Impactos ambientais, Granulometria, Bloco estruturais.

ABSTRACT

The necessity of this work is to study as properties of the quartzites used in the municipality of São Thomé das Letras, located in the south of Minas Gerais. Considering its extraction irregular or aggregate is considered an environmental liability, proven by the accumulation of tailings from its exploitation. After an analysis of studies that proved the feasibility of using quartz aggregate for concrete production, this study or waste utilization, minimizing environmental impacts and providing a minimum cost block in the market. Physical tests were performed with quartz aggregates according to the building standards and compared with literature results. It was adapted or ABCP / ACI dosing method for dry concrete production. Next, preliminary studies were performed on cylindrical concrete specimens, where they were compared as aggregate particle size according to ABNT NBR 7211: 2009 with aggregate particle size recommended by Fernandes (2015), making a comparison between the body producers. quartz and gneiss aggregate cylindrical specimens. The compressive strength using particle aggregate according to ABNT NBR 7211: 2009 was 1% higher than the use of quartz aggregate. Using a grain size recommended by Fernandes (2015), the cylindrical specimens had better finish and an increased proportion of 13.12%. Thus, Fernandes (2015) granulometry was adopted for the production of selected blocks, because the surface finish is more appropriate and the result of unreduced resistance. After this analysis, a production of selected blocks with quartz aggregate was developed, considering as comparative suggestions of traces used by Fernandes (2015) for the production of custom blocks. The compressive strength results of the selected blocks were satisfactory with the use of quartz aggregate, reaching values higher than the minimum established by ABNT NBR 6936: 2016. The final cost reduction using quartz aggregate for block production, compared to aggregates is 57.5%, making it a great economic and environmental alternative for the correct destination for quartzite tailings.

Keywords: Quartzite Exploration, Environmental Impacts, Granulometry, Structural Block.

LISTA DE ILUTRAÇÕES

Figura 1: Camadas de metassedimentos quartzosos do grupo Andrelândia.....	19
Figura 2: Mapa de localização das áreas dos quartzitos de São Thomé das Letras	21
Figura 3: Fluxograma simplificado do processo de lavra de São Thomé das Letras.	22
Figura 4: Problemas causados pela extração de quartzitos: (a) assoreamento dos corpos d'água, (b) acúmulo de resíduos do município, (c) Montes de resíduos de quartzitos	24
Figura 5: Diagrama da influência dos agregados no concreto.....	25
Figura 6: Distribuição granulométricas	26
Figura 7: Resistência dos blocos em função do equipamento utilizado	34
Figura 8: Modelos de blocos de concreto.....	35
Figura 9: Dimensões dos furos	37
Figura 10: Mísula	37
Figura 11: local de estudo.....	39
Figura 12: Quarteamento da amostra de quartzito.....	40
Figura 13: Amostra para ensaio de massa unitária e volume de vazios	41
Figura 14: Peneiramento do agregado miúdo e graúdo de quartzito respectivamente	43
Figura 15: Ensaio para condição de saturada superfície seca.....	44
Figura 16: Granulometria	45
Figura 17: Ensaio determinação massa específica e aparente para agregado miúdo	46
Figura 18: Índice de forma pelo método do paquímetro	49
Figura 19: Processo para ensaio ABNT NBR NM53 :2009.....	49
Figura 20: Pesagem dos agregados para produção do traço de quartzito:.....	52
Figura 21: Produção do traço para gnaisse.....	53
Figura 22: Prensa utilizada para compressão das amostras.....	53

Figura 23: Pesagem dos agregados.....	55
Figura 24: Misturador Planetário.....	56
Figura 25: Sensor de Umidade	56
Figura 26: Vibro-Prensa Pneumática.....	57
Figura 27: Moldagem dos blocos	57
Figura 28: Análise dimensional dos blocos.....	57
Figura 29: Ensaio de compressão axial dos blocos	58
Figura 30 Curva granulométrica de acordo com ABNT NBR 7211:2009.....	61
Figura 31 Curva granulométrica de acordo com Fernandes (2015).....	62
Figura 32: Corpos de prova produzidos.	67
Figura 33:Comparativo da resistência característica do bloco $f_{bk}(MPa)$	69
Figura 34:Curva de empacotamento traço 2A.....	71
Figura 35:Curva de empacotamento traço 2B	71
Figura 36: Blocos de concretos produzidos.....	72
Figura 37: Análise tático-visual traço 2A.....	73
Figura 38: Análise tático-visual traço 2B	73
Figura 39: Análise dimensional dos blocos estruturais	74
Figura 40:Comparativo de resistência (MPa).....	75
Figura 41: Ensaio de absorção de água	76
Figura 42: Custo final (R\$/m ³)	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Rochas ornamentais – Classificação por origem.....	19
Tabela 2: Estimativa dos rejeitos acumulados nas Áreas de lavra no município de São Thomé das Letras.....	23
Tabela 3:Classificação dos agregados segundo a sua massa unitária.....	26
Tabela 4: Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária	27
Tabela 5: Limites granulométricos máximos e mínimos para agregados miúdos.....	28
Tabela 6: Limites granulométricos máximos e mínimos para agregados graúdos:.....	28
Tabela 7:Faixa granulométrica recomendada por Fernandes (2015)	29
Tabela 8: Parâmetros de avaliação dos agregados:	30
Tabela 9: Avaliação da qualidade do agregado:.....	30
Tabela 10: Tamanho da amostra.....	35
Tabela 11: Requisito para Resistencia característica a compressão, absorção e retração	35
Tabela 12:Dimensões nominais.....	36
Tabela 13: Designação por classe, largura dos blocos e espessuras mínimas das paredes dos blocos.....	36
Tabela 14:Sugestões de Traços Para Fabricação de Blocos	38
Tabela 15: Intervalos granulométricos e massa mínima de amostra para ensaio.....	42
Tabela 16: Peneiras para remoção das partículas de argila e materiais friáveis.....	42
Tabela 17: Massa mínima de amostra para ensaio	51
Tabela 18:Traço de concreto a ser produzido para dosagem preliminar dos corpos de prova cilíndricos	52
Tabela 19: Traço de concreto a ser produzido para dosagem dos blocos (kg).....	54
Tabela 20: Valores de ψ e função da quantidade de blocos.....	59
Tabela 21: Determinação da massa unitária e índice de vazios	60

Tabela 22: Teor de argila em torrões e materiais friáveis em quartzitos.....	60
Tabela 23: Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem.	61
Tabela 24: Determinação de massa específica e massa específica aparente	62
Tabela 25: Absorção de água agregado miúdo.....	63
Tabela 26: Índice de forma pelo paquímetro.....	63
Tabela 27: Determinação massa específica, massa específica aparente e absorção de água ...	63
Tabela 28: Teor de umidade total.....	64
Tabela 29: Parâmetros de qualidade dos ensaios.....	64
Tabela 30: Determinação da resistência do concreto	65
Tabela 31: Consumo de cimento C_c :.....	66
Tabela 32: Consumo de agregado graúdo	66
Tabela 33: consumo de agregado miúdo	66
Tabela 34: Apresentação do traço de acordo com ABCP/ACI (1984).....	67
Tabela 35: Apresentação do traço em (kg) nas proporções para produzir 12 dcm ³ cada traço.	67
Tabela 36: Umidade do traço de acordo com o tipo rochoso	67
Tabela 37: Apresentação do traço	67
Tabela 38: Resultado dos ensaios de compressão:	68
Tabela 39: Cálculo da resistência característica dos blocos $f_{bk}(MPa)$	68
Tabela 40: Porcentagem passante dos mesh nas peneiras (mm)	69
Tabela 41: Consumo de cimento para produção dos blocos de concreto.....	70
Tabela 42: Valores de ajuste traço 2A.....	70
Tabela 43: Valores de ajuste traço 2B.....	71
Tabela 44: Proporção do traço inicial.....	72

Tabela 45: Proporção do traço inicial corrigida	72
Tabela 46: Análise dimensional dos blocos estruturais.....	74
Tabela 47: Resistência individual blocos	74
Tabela 48: Cálculo da resistência característica dos blocos $f_{bk}(MPa)$	75
Tabela 49: Ensaio de absorção	76
Tabela 50: Preços de insumos	77
Tabela 51: Custo de agregados para produção de 3m ³ de bloco convencional	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CP	Cimento Portland
CPV-ARI	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma Mercosul

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
C/A	Cimento/Agregado
Cm	Centímetro
D_{furo}	Diâmetro do furo
Dmc	Dimensão máxima característica
$f_{(bk)}$	Resistência característica a compressão do bloco
$f_{(bj)}$	Resistência média a compressão do bloco
kg	Quilograma
N	Newton
MF	Modulo de finura
m ³	Metro cúbico
min	Minutos
ml	Milímetros
mm	Milímetros
MPa	Megapascal
p	Página
r	Raio
tf	Tonelada força
γ_a	Massa unitária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	JUSTIFICATIVA	17
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1	GEOLOGIA DA REGIÃO	19
3.2	ROCHAS ORNAMENTAIS	19
3.3	EXPLORAÇÃO DO QUARTZITO EM SÃO THOMÉ DAS LETRAS.	20
3.4	ESTIMATIVA DO VOLUME DE REJEITO ACUMULADO DE QUARTZOS EM SÃO THOMÉ DAS LETRAS.....	22
3.5	IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA EXPLORAÇÃO IRREGULAR DE QUARTZITOS	23
3.6	AGREGADOS PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	24
3.7	INFLUÊNCIA DOS AGREGADOS NA PROPRIEDADE DO CONCRETO	25
3.7.1	Massa unitária, massa específica e índice de vazios	26
3.7.2	Granulometria e forma dos agregados.....	26
3.7.2.1	Diâmetro máximo característico (DMC).....	27
3.7.2.2	Distribuição granulométrica ideal	28
3.7.2.3	Modulo de finura (MF).....	29
3.7.3	Absorção e umidade superficial	29
3.7.4	Parâmetros de qualidades dos agregados.....	30
3.8	CIMENTO PORTLAND	31
3.9	DOSAGEM DO CONCRETO.....	32
3.9.1	Condições a serem atendidas pelo concreto	32

3.9.2	Tipos de dosagem do concreto	32
3.9.3	Método da ABCP/ACI	33
3.10	BLOCOS DE CONCRETO	33
3.10.1	Origem dos blocos	33
3.10.2	Resistência dos blocos em função do equipamento.....	34
3.10.3	Amostragem	34
3.10.4	Requisitos Normativos	35
3.10.4.1	Resistência a compressão, absorção e retração	35
3.10.4.2	Análise dimensional	36
3.10.5	Sugestões de Traços para fabricação de blocos.....	38
4	MATERIAIS E MÉTODOS	39
4.1	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	39
4.1.1	Local de estudo.....	39
4.1.2	Redução da amostra de campo para ensaio em laboratório (ABNT NBR NM 27:2001).....	39
4.2	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO DE QUARTZITO MIÚDO E AGREGADO DE QUARTZITO GRAÚDO.....	40
4.2.1	Massa unitária compactada e do volume de vazios (ABNT NBR NM 45:2006).40	
4.2.2	Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis (ABNT NBR 7218:2010).....	41
4.2.3	Teor de materiais pulverulentos (ABNT NBR NM 46:2003)	44
4.2.4	Análise granulométrica (ABNTNBR NM 248:2003, 2003)	45
4.3	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO DE QUARTZITO MIÚDO	45
4.3.1	Massa específica e massa específica aparente (ABNT NBR NM 52:2009).....	46
4.3.2	Determinação da absorção de água (ABNT NBR NM 30:2001)	48

4.4	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO DE QUARTZITO GRAÚDO	48
4.4.1	Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro (ABNT NBR 7809:2019).....	48
4.4.2	Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água (ABNT NBR NM 53:2009).....	49
4.4.3	Determinação do teor de umidade total (ABNT NBR 9939:2012).....	50
4.5	DOSAGEM PRELIMINAR DO CONCRETO PARA PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS	51
4.5.1	Método da ABCP/ACI	51
4.5.2	Produção do concreto em laboratório.....	52
4.5.3	Resistência a compressão dos corpos de prova cilíndricos (ABNT NBR 5739:2018).....	53
4.6	DOSAGEM DO CONCRETO PARA PRODUÇÃO DOS BLOCOS ESTRUTURAIS.....	54
4.6.1	Empacotamento dos grãos	54
4.6.2	Estimativa do volume a ser produzido.	55
4.6.3	Produção dos blocos estruturais	56
4.7	DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS BLOCOS ESTRUTURAIS. 57	
4.7.1	Análise dimensional	57
4.7.2	Resistência característica a compressão axial	58
4.7.3	Determinação da absorção.....	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO DE QUARTZITO MIÚDO E AGREGADO DE QUARTZITO GRAÚDO.....	60
5.1.1	Massa unitária compactada e do volume de vazios.....	60
5.1.2	Teor de argila em torrões e materiais friáveis	60

5.1.3	Teor de materiais pulverulentos	61
5.1.4	Análise granulométrica.....	61
5.2	CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO DE QUARTZITO MIÚDO	62
5.2.1	Massa específica e massa específica aparente	62
5.2.2	Determinação da absorção de água	63
5.3	CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO DE QUARTZITO GRAÚDO.....	63
5.3.1	Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro.....	63
5.3.2	Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água 63	
5.3.3	Determinação teor de umidade total.....	63
5.4	PARÂMETROS DE QUALIDADES DO AGREGADO DE QUARTZITO	64
5.5	DOSAGEM PRELIMINAR DO CONCRETO PARA PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS	64
5.5.1	Método da ABCP/ACI	65
5.5.1.1	Resistencia da dosagem.....	65
5.5.1.2	Relação água/cimento.....	65
5.5.1.3	Consumo de água e aditivo.....	65
5.5.1.4	Consumo de cimento	66
5.5.1.5	Consumo de agregado	66
5.5.1.6	Apresentação do traço	66
5.5.1.7	Cálculo do volume dos materiais	67
5.5.1.8	Verificação da umidade do traço	67
5.5.1.9	Produção experimental dos corpos de provas cilíndricos.....	67
5.6	DOSAGEM DO CONCRETO PARA PRODUÇÃO DOS BLOCOS ESTRUTURAIS.....	69
5.6.1	Empacotamento dos grãos	69

5.6.2	Consumo dos materiais a ser produzidos	70
5.6.3	Produção dos blocos estruturais	72
5.7	PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS BLOCOS ESTRUTURAIS.....	73
5.7.1	Análise dimensional	73
5.7.2	Resistência característica a compressão axial	74
5.7.3	Absorção de água.....	76
5.8	CUSTO PARA PRODUÇÃO.....	76
6	CONCLUSÃO.....	78
	REFERÊNCIAS	80
	Apêndice A:Valores de ajuste de granulometria.....	86
	Apêndice B: Planilha para determinação do índice de forma pelo método do paquímetro.....	88
	Apêndice C: Ensaio de compressão nos blocos estruturais.....	89
	Anexo A: Laudo técnico aditivo utilizado para dosagem.....	90

1 INTRODUÇÃO

São Thomé das Letras é um município que fica localizado no sul de Minas Gerais, em uma região que apresenta grande reserva de quartzito, sendo comumente utilizado como ornamento, piso e revestimento. Em 2008 a exploração mineira de material acabado, ou seja, quartzitos foliados foi de 107 mil toneladas, sendo que São Thomé das Letras teve influência de 90 % desta exploração, totalizando cerca de 100 mil toneladas de material acabado, a produção bruta foi estimada em 1,3 milhões de toneladas, com um aproveitamento estimado em 30% de recuperação da lavra, o município produziu aproximadamente cerca de 900 mil toneladas de rejeitos e 400 mil toneladas de quartzitos em produção líquida como: cacos, cavacos, material arenoso. A estimativa de rejeitos acumulados no município é de 26,7 milhões de toneladas (FEAM, 2009).

Visando os impactos ambientais causados pelos rejeitos, devido a sua exploração irregular e pelo baixo índice de aproveitamento do agregado, o presente estudo se faz necessário, com intuito de dar destinos adequados aos rejeitos de quartzitos. Contribuindo com grande benefício ambiental e tendo em vista sua viabilidade econômica, já que o resíduo se encontra fragmentado e não seria necessário abertura de novas jazidas, no qual seriam gastos técnicas de desmonte do maciço rochoso.

Visto que as características dos agregados influencia nos resultados de sua aplicação para produção de concreto na construção civil. O principal objetivo desta pesquisa é estudar a utilização do quartzito como agregado para produção de blocos estruturais de concreto de cimento Portland, sendo uma forma alternativa para aplicação na construção civil, de maneira sustentável para o meio ambiente.

Será realizado um estudo preliminar antes da produção dos blocos estruturais, produzindo concreto com corpos de provas cilíndricos utilizando a granulometria recomendada por Fernandes (2015) e da norma ABNT NBR 7211:2009 com a finalidade de comparar a resistência e o acabamento. Fazendo também um comparativo entre a produção dos corpos de prova cilíndricos utilizando agregado de quartzito e agregado de gnaiss que é habitualmente utilizado no sul de Minas Gerais.

Após essa análise, será desenvolvido o concreto para produção dos blocos estruturais com agregado de quartzito utilizando como base o traço que apresentar melhor resistência e acabamento dos corpos de prova cilíndricos.

1.1 Justificativa

O motivo da escolha do tema torna-se necessário devido ao grande índice de acúmulo de rejeito de quartzitos no município de São Thomé das Letras ser de 26,7 milhões de toneladas (FEAM, 2009), podendo ser aproveitado para emprego na construção civil, visando produzir blocos de concreto de cimento Portland, convertendo o rejeito de quartzito em um material alternativo e sustentável, diminuindo impactos ambientais causados pelos mesmos, e potencializando o desenvolvimento econômico do município.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral produzir blocos de concreto de cimento Portland para alvenaria estrutural utilizando como agregado rejeitos de quartzitos provenientes das minerações de São Thomé das Letras com a intenção de dar destino sustentável a este material e potencializar o desenvolvimento econômico do município.

2.2 Objetivos Específicos

Para desenvolvimento do trabalho foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos

- Levantar os volumes de rejeitos do município de São Thomé das Letras;
- Coletar os materiais para ensaio em laboratório;
- Caracterizar o agregado de quartzito em laboratório de acordo com ABNT NBR 7211:2009;
- Comparar os resultados de acordo com a literatura;
- Levantamento dos requisitos dimensionais e mecânicos a serem atendidos pelos blocos estruturais.
- Produzir corpos de prova cilíndricos com agregado de quartzito de acordo com a granulometria da ABNT NBR 7211:2009;
- Produzir corpos de prova cilíndricos com agregado de gnaiss de acordo com a granulometria da ABNT NBR 7211:2009;
- Produzir corpos de prova cilíndricos com agregado de quartzito de acordo com a granulometria recomendada por Fernandes (2015);
- Produzir corpos de prova cilíndricos com agregado de gnaiss de acordo com a granulometria recomendada por Fernandes (2015);

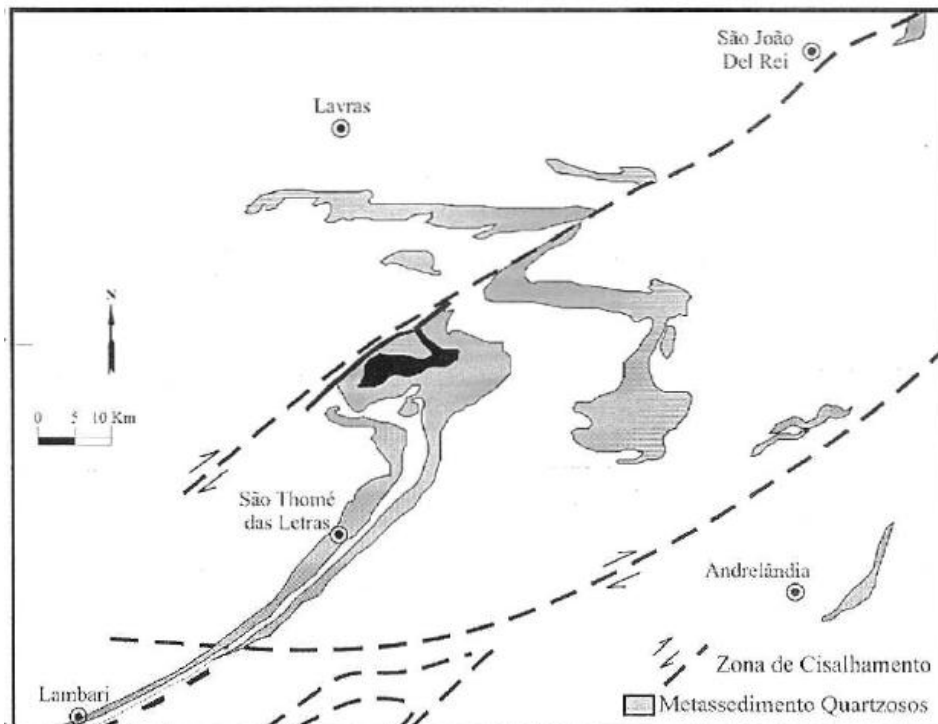
- Comparar os resultados dos corpos de prova cilíndricos de quartzitos e gnaisses de acordo com ambas granulometrias, adaptando o método da ABCP.
- Produzir concreto para blocos estruturais utilizando agregado de quartzito, utilizando o traço dos corpos de provas cilíndricos que apresentar melhor acabamento e resistência como base.
- Comparar os resultados dos blocos estruturais produzidos com agregado de quartzito com blocos estruturais convencionais segundo metodologia Fernandes (2015).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Geologia da região

São Thomé das Letras segundo Ribeiro e Helbron (1982) possui como principal tipo litológico encontrado o quartzito micáceo formado, em sua essência, por quartzo, mica esverdeada, turmalina preta, magnetita e hematita. Do ponto de vista geológico Ebert (1968) definiu as séries Paraíba, Andrelândia e São João Del rei como Grupos considerados de mesma idade estratigráfica, no entanto apresentando graus de metamorfismos diferentes. Foi denominado por Trouw, Ribeiro e Paciullo (1987) para a área de São Thomé das Letras uma camada de metassedimentos de quartzos do grupo Andrelândia, conforme a Figura 1.

Figura 1: Camadas de metassedimentos quartzosos do grupo Andrelândia



Fonte: Trouw, Ribeiro e Paciullo (1987).

3.2 Rochas ornamentais

Segundo Russo (2011) as rochas são divididas de acordo com suas origens e classificadas em rochas magmáticas (ou ígneas), rochas metamórficas e rochas sedimentares, de acordo com o processo que as origina, a Tabela 1 a seguir apresenta exemplos de rochas ornamentais derivadas de cada grupo de rochas e sua classificação quanto a origem.

Tabela 1: Rochas ornamentais – Classificação por origem

Nomenclatura	Origem	Exemplos
--------------	--------	----------

		(Rochas Ornamentais)
Magmáticas ou Ígneas	Provêm de solidificação do magma. Podem ser originadas no interior da crosta terrestre (plutônicas) ou na superfície (vulcânicas).	Granitos
Metamórficas	Formadas a partir da transformação de rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares através de submissão a parâmetros térmicos, mecânicos e químicos sem ocorrer fusão da rocha.	Mármore
		Gnaisses
		Ardósias
		Quartzitos
Sedimentares	Formadas de materiais originados da decomposição mecânica ou química, desagregação e transporte de outros tipos de rochas.	Arenitos
		folhelhos
		Calcários
		Travertinos

Fonte: Fontes (1984).

Nota-se que a rocha em estudo de quartzito pertence ao grupo das rochas metamórficas, e “Provêm principalmente do metamorfismo de arenitos”.(RUSSO, 2011, p.21). É importante também ressaltar que as rochas metamórficas:

Originam-se de rochas preexistentes por modificação nas associações mineralógicas, na textura e na estrutura. As modificações sucedem quando uma rocha é submetida a condições físicas e físico-químicas sensivelmente diferentes daquelas nas quais se originou. Tais modificações ocorrem no estado sólido e delas resultam: recristalização de minerais preexistentes (ainda estáveis sob as novas condições) e formação de textura e estruturas típicas dos processos metamórficos. (FRAZÃO, 2002, p. 6)

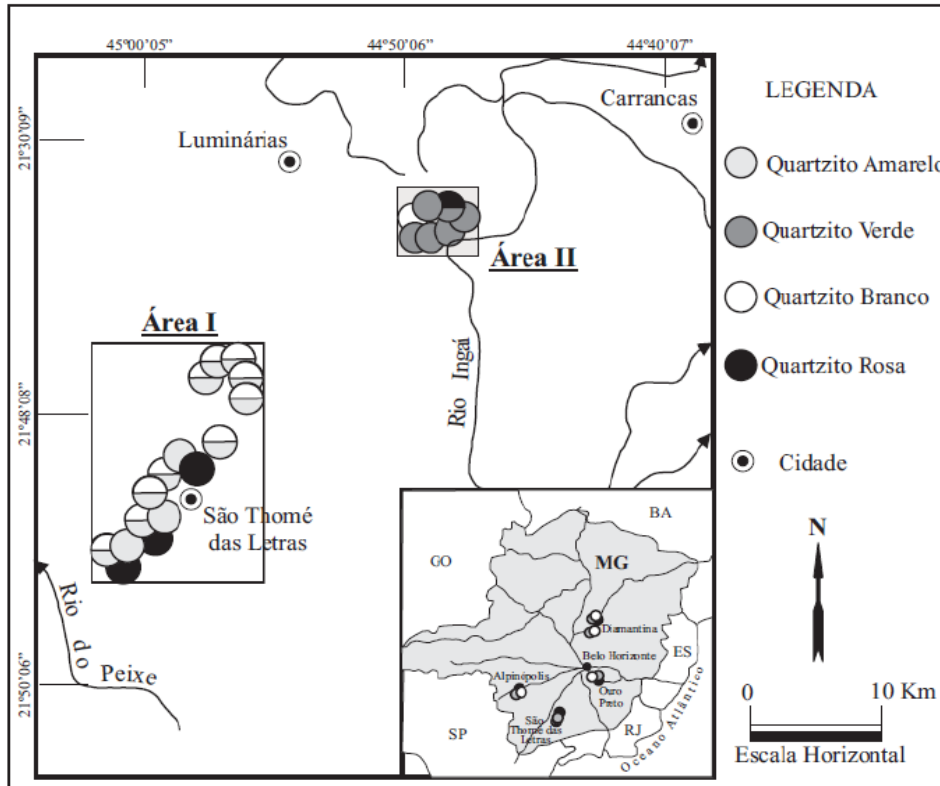
As Características das rochas metamórficas conforme Russo (2011) são influenciadas através dos minerais dispostos no meio, ou seja, das composições químicas da rocha matriz, e também outro fator que é influenciado seria o grau de metamorfismo ao qual essas rochas foram expostas (temperatura, pressão e composição química). Fato que justifica a variabilidade de cores e de resistência de quartzitos encontrados no município de São Thomé das Letras.

3.3 Exploração do quartzito em São Thomé das Letras.

São Thomé Das Letras está localizado na região sudoeste do estado de Minas Gerais. Os quartzitos encontrados no município estão no alto do rio grande, e são encontrados nas cores Brancas, Amarelas, Róseos, predominantemente conforme Fernandes et al. (2003). É possível identificar conforme a Figura 2 duas áreas respectivamente sendo Área I (Centro produtor de São Thomé Das Letras) e área II (Luminárias), nas quais ambas apresentam rochas supracrustais, pertencentes ao grupo Andrelândia, no entanto será estudada apenas a

área do centro produtor de São Thomé das letras (Área I), está figura ainda apresenta os principais municípios brasileiros responsáveis pela produção de quartzitos no Estado de Minas Gerais, sendo a mais expressiva o município de São Thomé das Letras, seguindo de Alpinópolis, ouro preto e Diamantina .

Figura 2: Mapa de localização das áreas dos quartzitos de São Thomé das Letras



Fonte: Fernandes et al. (2003).

Segundo Karin (2010) os quartzitos foliados do município de São Thomé das Letras têm aspectos com superfícies planas e antiderrapantes fato que justifica a finalidade de uso como pisos e/ou revestimento, de uso ornamental, e são extraídos em formas de lajotas quadradas e retangulares.

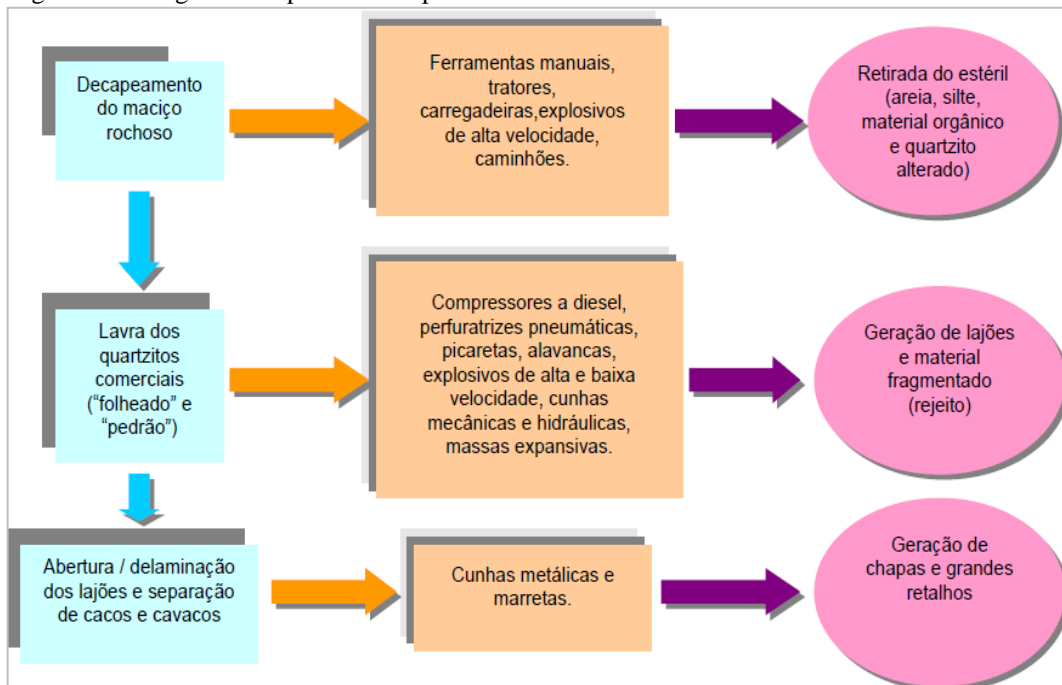
São Thomé das Letras tem influência significativa na exportação de quartzito foliados e extraídos em placas no estado de Minas Gerais, tendo uma estimativa que a maior parte das exportações de quartzito foliados seja provenientes do centro produtor de São Thomé das Letras, fato que justifica o termo " Pedra São Thomé" que é utilizado constantemente para designar quartzito branqueados comercializados no Brasil. (FERNANDES, et al. 2003).

A exploração irregular de quartzitos, ocasiona consequências como poluição ambiental e visual, ocasionada pelos rejeitos que estão dispostos em "bota-foras" ao redor do município, tais impactos afetam o turismo da cidade, pois a mesma é considerada cidade

histórica, sendo assim dependente da renda gerada pelo turismo. Há um conflito entre o turismo e a exploração, visto que a renda adquirida pelo turismo não atende em geral as necessidades da cidade, sendo necessário um estudo para utilização do rejeito de forma sustentável, minimizando a poluição e melhorando os aspectos visuais da cidade.

De acordo com Feam (2009) “A lavra é basicamente efetuada em três estágios, a saber: Decapeamento do manto de alteração/solo; remoção do quartzito intemperizado/friável; e, desmonte do quartzito comercial”, O processo é apresentado na Figura 3

Figura 3: Fluxograma simplificado do processo de lavra de São Thomé das Letras.



Fonte: Feam (2009)

3.4 Estimativa do volume de rejeito acumulado de quartzos em São Thomé das Letras

Conforme Karin (2010) os quartzitos do município de São Thomé das Letras apresentam falta de padrões e de regularidade nas áreas de extração, fato justificado pois podem apresentar foliação até muito bem desenvolvida em função da disposição, no entanto não permitem uma extração em blocos e um corte regular, devido a esses aspectos, aliados aos métodos não adequados de extração os quartzitos apresentam taxas de aproveitamento baixas e com isso grandes perdas o que acarreta nos acúmulos de rejeitos.

Segundo a Feam (2009) o centro produtor de São Thomé das Letras no ano de 2008 obteve uma produção bruta de 1,3 milhões de toneladas de lavra, sendo que desse total cerca de 900 mil toneladas são considerados rejeitos, utilizando apenas 400 mil toneladas com finalidade comercial, assumindo um índice de aproveitamento de aproximadamente 30%.

O levantamento do volume de rejeitos acumulados no município de acordo com a Tabela 2 está estimado em 26,7 milhões de toneladas de acordo com as medias variante da década de 1950 a 2000, considerando segundo os dados históricos, que:

- Produção bruta evoluiu de uma média anual de 200 mil toneladas, na década de 1950, para 1,2 milhão de toneladas na década 2000.
- Taxa de recuperação da lavra evoluída de 10 % na década de 1950, para 30% na década de 2000.
- 80% do rejeito permanece em São Thomé das Letras no período de 1950 a 2009

Tabela 2: Estimativa dos rejeitos acumulados nas Áreas de lavra no município de São Thomé das Letras

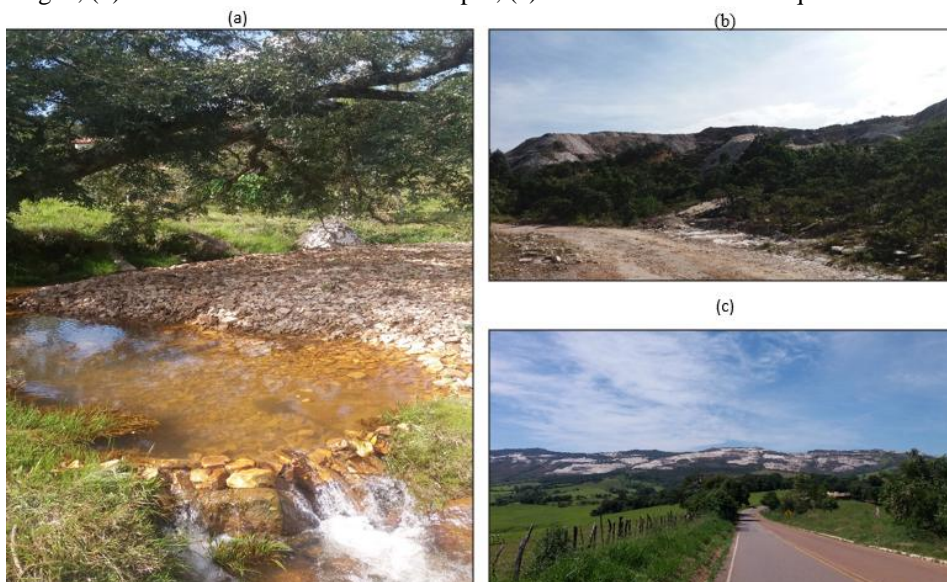
Período Considerado	Produção Bruta Média Anual de Lavra (milhão t)	Taxa de Perda na Lavra (%)	Taxa De Acumulação local (%)	Total Acumulado no Período (milhão t)
1950-59	0,2	90	80	1,5
1960-69	0,4	90	80	2,9
1970-79	0,6	90	80	4,1
1980-89	0,8	85	80	5,1
1990-99	1	80	80	6,4
2000-09	1,2	70	80	6,7
Total				26,7

Fonte: Feam (2009)

3.5 Impactos ambientais causados pela exploração irregular de quartzitos

A exploração de quartzitos em São Thomé das Letras se deu início em 1940, a atividade extrativa do mesmo foi realizada de forma aleatória e desordenada sem nenhuma preocupação na época, e intensificou com o passar dos anos, e com isso foram surgindo os impactos causados pela extração irregular, tais impactos que não foram resolvidos até atualmente, sendo importante ressaltar alguns desses impactos conforme a Figura 4.

Figura 4: Problemas causados pela extração de quartzitos: (a) assoreamento dos corpos d'água, (b) acúmulo de resíduos do município, (c) Montes de resíduos de quartzitos



Fonte: O autor (2019).

3.6 Agregados para uso na construção civil

Será apontado neste capítulo o principal agregado utilização comumente na construção para fabricação de concreto convencional (Gnaisses), e principalmente o agregado de quartzito (objetivo do presente estudo) que é atualmente utilizado principalmente como rocha ornamental. O emprego da palavra agregado é definido.

Agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de mistura de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo “agregado” é de uso generalizado na tecnologia do concreto; nos outros ramos da construção civil é conhecido, conforme cada caso, pelo nome específico: Fíler, pedra britada, bica corrida, rachão etc. (BAUER, 2013, p. 63)

Os agregados segundo Frazão (2002) são utilizados na dosagem do concreto com finalidade econômica e técnica, citam suas finalidades tais como:

- Resistir aos esforços solicitantes, ao desgaste e a ação das intempéries
- Evitar a variação de volume provenientes causas várias
- Diminuir o custo do concreto

Conforme Frazão (2002) o concreto é a composição de misturas proporcionais de aglomerantes (cimento) com um ou mais materiais (agregados graúdos e miúdos) e por fim água, sendo denominado concreto de cimento Portland ou hidráulico. A qualidade do concreto depende, evidentemente, da qualidade de seus componentes e, por esta razão, deve ser dada atenção também as características dos agregados, pois chegam a participar com até 85% do peso do concreto.

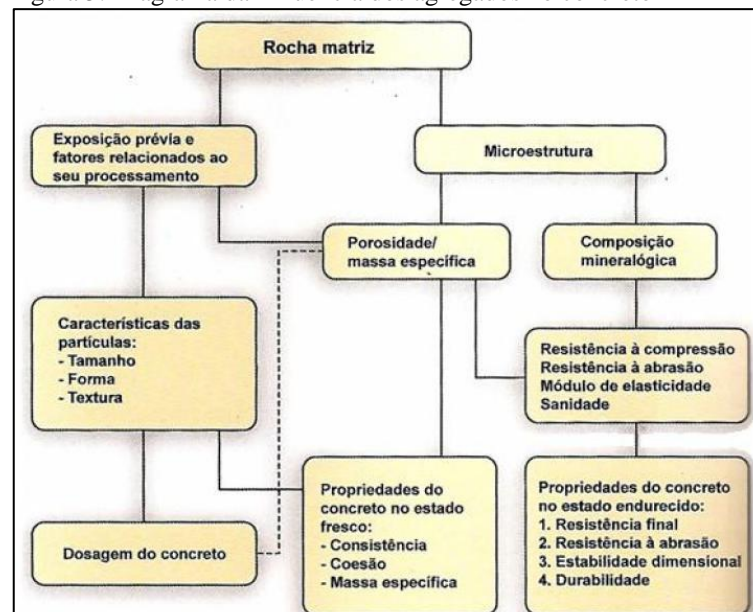
Gnaisses segundo Frazão (2002) são rochas metamórficas, sendo que tal metamorfismo é influenciado pela composição da rocha de origem. Em relação à sua resistência ela varia de acordo com a direção de aplicação dos esforços em relação à sua estrutura, comumente utilizado como pedra britada, possuem características indesejáveis em relação à frequência de fragmentação alongada e achada que pode ser minimizada por rebitagem. De acordo com Popp (1998) os gnaisses possuem orientação nítida dos minerais presentes, agrupados formam faixas alternadas de tons claros e escuros.

Quartzitos também são representantes da família de rochas metamórficas segundo Frazão (2002) são constituídos exclusivamente de quartzo, podem apresentar feldspato ou micas. Quanto à resistência mecânica também apresenta comportamentos diferentes dependendo de como é digerida a carga em relação à posição da estrutura, no entanto são utilizáveis como pedra ornamental de revestimento.

3.7 Influência dos agregados na propriedade do concreto

De acordo com Ribeiro, Pinto e Starling (2006) agregado é a denominação genérica dada aos materiais que são acrescentados ao cimento e à água para se obterem as argamassas e o concreto. Sabe-se que as propriedades do concreto estão diretamente ligadas às características dos agregados, e que por sua vez são influenciados de acordo com o material de origem “rocha matriz”. Segundo Mehta e Monteiro (2008) essas propriedades são apresentadas na Figura 5 a seguir:

Figura 5: Diagrama da influência dos agregados no concreto



Fonte: Mehta e Monteiro (2008)

3.7.1 Massa unitária, massa específica e índice de vazios

Massa unitária a relação entre a massa do agregado do agregado seco e o volume aparente que ele ocupa no recipiente incluindo os vazios, sendo que a massa específica no entanto é a relação de massa e o volume de sólidos, excluindo os vazios ABNT NBR NM 45 :2006. São classificados em normais, leves ou pesados, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Classificação dos agregados segundo a sua massa unitária

Classificação	Massa unitária $\gamma_a < 1(\text{kg/dm}^3)$	Exemplos	Exemplos de utilização
Leves	$\gamma_a < 1$	Escória de alto-forno, lodo de esgoto, argila expandida	Pré-moldados
Normais	$1 < \gamma_a < 2$	Areia, brita e pedregulho	Obras correntes
Pesados	$\gamma_a < 2$	Barita, limonita, magnetita	Concretos de estruturas especiais: blindagem contra radiações etc.

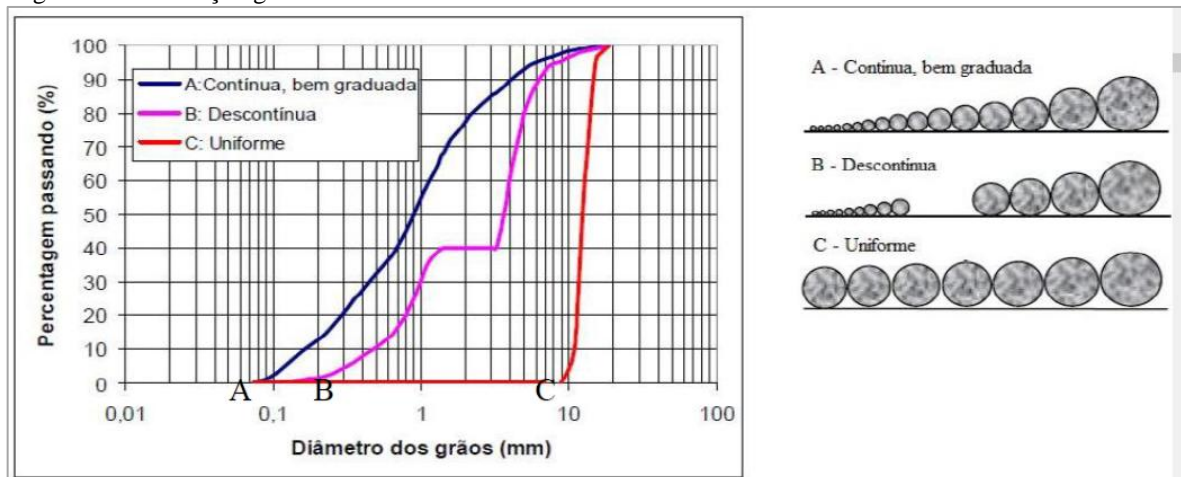
Fonte: Ribeiro, Pinto e Starling (2006)

3.7.2 Granulometria e forma dos agregados

A granulometria está diretamente ligada a forma dos grãos, estes influenciam na trabalhabilidade do concreto, e na sua resistência, a forma cubica é tido como a forma ideal para os agregados, pois apresentam resistência, compacidade, trabalhabilidade elevada Frazão (2002).

Segundo Faria e Palmeiras (2007) os agregados que possuem granulometria continua conseguem diminuir o índice de vazios pois possuem um melhor arranjo entre os grãos, e assim garantir uma maior resistência e melhor trabalhabilidade do concreto sendo mais econômico, o índice de vazios é uma propriedade importante para os agregados é a relação entre volume de vazios presentes entre os grãos de um determinado material e o volume total do recipiente cheio que o contem, este índice ajuda a definir a qualidade da areia ou pedrisco, principalmente no que diz respeito a granulometria e ao consumo de cimento na pasta, a Figura 6 está representando um gráfico de acordo com sua distribuição de granulometria

Figura 6: Distribuição granulométricas



Fonte: Faria e Palmeira (2007)

A granulometria é a expressão das proporções dos grãos de diferentes tamanhos, esta composição é obtida através de ensaios em laboratórios, onde a separação dos grãos é obtida por faixas granulométricas, de acordo com a série de peneiras da ABNT NBR 248:2003, conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária

Série normal	Série intermediária
72mm	-
-	63mm
-	50mm
37,5mm	-
-	31,5mm
-	25mm
19mm	-
-	12,5mm
9,5mm	-
-	6,3mm
4,75mm	-
-	-
2,36mm	-
1,18mm	-
600μm	-
300 μm	-
150 μm	-

Fonte: ABNTNBR NM 248:2003

A partir da granulometria de acordo com a Tabela 4, os agregados são divididos em:

- Agregados graúdos: São aqueles cujos grãos passam pela peneira 75mm e ficam retido na peneira 4,75mm, as britas pertencem a esse grupo.
- Agregados miúdos: São aqueles cujos os grãos passam pela peneira 4,75mm e ficam retidos na peneira 0,075mm, a areia de uma maneira geral e representante desse grupo.

3.7.2.1 Diâmetro máximo característico (DMC)

De acordo com a ABNT NBR 248:2003 item 3.2, o diâmetro máximo característico é determinado da malha que obter um percentual retido imediatamente menor ou igual a 0,5% retido na peneira de maior malha.

Para produção de blocos de concreto são empregados praticamente todos os materiais que são utilizados para confecção do concreto convencional (plástico), no entanto a diferença está principalmente no diâmetro máximo característico utilizado para produção de blocos, segundo a ABNT NBR 6136:2016 a dimensão máxima característica do agregado deve ser inferior a metade da menor espessura da parede do bloco.

Segundo Fernandes (2015) é aconselhável a utilização do diâmetro máximo de 6,3mm para blocos que terão aplicação aparente, no entanto para blocos que irão receber revestimento e que por este motivo não necessitam de acabamento superficial o diâmetro máximo recomendado é de 9,5mm.

3.7.2.2 Distribuição granulométrica ideal

Segundo a ABNT NBR 7211:2009 apresenta limites em função da granulometria a zona utilizável (tolerante) e a zona ótima (distribuição granulométrica ideal), esses limites são classificados como limites inferiores e superiores conforme a Tabela 5 para agregados miúdos.

Tabela 5: Limites granulométricos máximos e mínimos para agregados miúdos.

Peneira com abertura de malha	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5mm	0	0	0	0
6,3mm	0	0	0	7
4,75mm	0	0	5	10
2,36mm	0	10	20	25
1,18mm	5	20	30	50
600µm	15	35	55	70
300µm	50	65	85	95
150µm	85	90	95	100

Fonte: ABNT NBR 7211:2009

O diâmetro máximo característico para blocos aparentes recomendado segundo Fernandes (2015) é de 6,3mm, para o agregado graúdo foi coletado de acordo com a norma ABNT NBR 7211:2009 Somente o intervalo igual e inferior ao diâmetro 6,3mm, de acordo com a Tabela 6 a seguir:

Tabela 6: Limites granulométricos máximos e mínimos para agregados graúdos:

Peneira com abertura de malha	Porcentagem, em massa, retida acumulada	
	Limite Inferior	Limite superior
6,3mm	40	65
4,75mm	80	100
2,36mm	95	100

Fonte: ABNT NBR 7211:2009, adaptado pelo auto (2019).

Fernandes (2015) recomenda outra faixa granulometria com limites diferentes da ABNT NBR 7211:2009 para produção de blocos de concreto, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7: Faixa granulométrica recomendada por Fernandes (2015)

Peneira com abertura de malha	Limite inferior	Limite superior
6,3 mm	0	15
4,75mm	0	33
2,36mm	19	51
1,18mm	37	66
0,6 µm	54	78
0,3 µm	68	90
0,15 µm	80	97
0,075 µm	90	100
Fundo	100	100

Fonte: Fernandes (2015)

Em função dos limites granulométricos a resistência, trabalhabilidade e o custo do concreto são influenciados. A granulometria bem distribuída aumenta a qualidade do concreto visto pois o índice de vazios diminui devido ao melhor arranjo entre os grãos.

De acordo com as características granulométricas de cada material, diâmetro máximo, e distribuição percentual dos grãos de acordo com seus tamanhos, existe uma quantidade balanceada de cada um que proporciona melhor arranjo entre eles com menor índice de vazios na mistura (FERNANDES, 2015, p. 74).

3.7.2.3 Modulo de finura (MF)

É importante definir para o agregado miúdo seu modulo de finura, é calculado sendo a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado nas peneiras da série normal dividida por 100.

3.7.3 Absorção e umidade superficial

Segundo Frazão (2002) a propriedade que cada agregado possui de absorver água é uma característica importante para conhece-lo, conhecendo umidade é possível assim corrigir a dosagem do concreto se o agregado estiver com umidade, está característica representa a

capacidade de absorção e retenção de líquidos, quanto maior a absorção maior será a massa específica aparente e saturada. Segundo Tango (1994) a umidade ideal para produção de blocos de concreto deve estar entre 6% a 8% para que as unidades produzidas não se esboroem.

3.7.4 Parâmetros de qualidades dos agregados

Conforme Frazão e Paraguassu (1998) definem alguns parâmetros de avaliação do agregado de acordo com os ensaios realizados segundo a ABNT NBR 7211:2009, conforme a Tabela 8.

Tabela 8: Parâmetros de avaliação dos agregados:

Ensaio	Agregados para concreto NBR 7211:2009
Abrasão Los Angeles	Máx. 50%
Esmagamento	Máx. 30%
Massa específica	n. e.
Porosidade	n.e.
Aborção de água	n.e.
Índice de forma	Máx. 3
Material pulverulento	Máx. 1 %
Torrões de argila	Máx. 3%
Fragmento macios e friáveis	Máx. 3%
Granulometria	Ver norma
Compressão uniaxial	n.e.
Análise petrográfica	n.e.
Apreciação petrográficas	n.e.
*n.e. = não especificado	

Fonte: Frazão e Paraguassu (1998)

Outros autores como Verhoef e Van de Wall (1998 apud GOMES,2000), especificaram também alguns limites, parâmetros comparativos de resultados de ensaios para avaliar a qualidade do agregado de acordo com a Tabela 9.

Tabela 9: Avaliação da qualidade do agregado:

Ensaio	Excelente	Bom	Razoável	Ruim
Massa específica seca (g/cm ³)	>2,9	2,6- 2,9	2,3 – 2,6	<2,3
Absorção d'água (%)	<0,5	0,5 – 2,0	2,0 – 6,0	>6,0
Porosidade (%)	<2,0	2 – 3	3 – 4	>4
Sanidade MgSo4	<2,0	2 – 12	12 – 30	>30
Congelamento e degelo (%)	<0,1	0,1 – 0,5	0,5 – 2,0	>2,0
Res. à compressão simples (MPa)	>200	100-200	50-100	<50
Res. à carga pontual (MPa)	>8,0	4,0-8,0	1,5-4,0	<1,5
Res. ao esmagamento (%)	<20,0	20-25	25-30	>30
Res. a abrasão “Los Angeles” (%)	<40,0	40-45	45-50	>50

Fonte: Verhoef e Van De Wall, 1998 apud Gomes e Rodrigues, 2000.

3.8 Cimento Portland

Conforme Ribeiro, Pinto e Starling (2006) a fabricação do cimento Portland é resultante da moagem de um produto denominado clínquer, obtido pela calcinação de uma mistura de calcário e argila, composto basicamente por silicato de cálcio, além de uma pequena parte de sulfato de cálcio, as propriedades do cimento são consequências de algumas adições de substâncias que alteram as propriedades, segundo a ABCP os cimentos são classificados conforme a nomenclatura CP seguida pelo número de classe, e das iniciais das adições específicas, sendo classificados os cimentos mais comuns são:

- Cimento Portland comum CP I e CP S= O cimento CP I não apresenta adição em sua composição. O cimento CP S se difere pela adição de pozzolânico.
- Cimento Portland composto CP II= A classe se diferencia pelo fato de o CP II apresentar processo mais lento de liberação de calor, o que facilita o uso de grandes volumes de concretagem, possuem três tipos:
 - Cimento Portland CP II-E=Destinado a uso em obras com ataques de sulfato, pois apresenta adição de escória de alto forno.
 - Cimento Portland CP II-Z= Indicado para obras que possuem contato com água, pois apresenta adição de pozzolânia.
 - Cimento Portland CP II-F= Destinado para obra em geral, apresenta adição de filler
- Cimento Portland composto CP III= Apresenta baixo calor de hidratação, possui alta impermeabilidade, pois possui em sua composição uma porcentagem maior de escória, usado em ambientes agressivos.
- Cimento Portland composto CP IV= Apresenta baixo calor de hidratação, em sua composição predomina pozzolana, por isso apresenta maior resistência que o CP I comum (sem adição)
 - Cimento Portland composto CP V ARI (alta resistência inicial) = Possui alto calor de hidratação, é utilizado onde é necessário a deformação rápida do concreto, pois esse cimento consegue atingir resistência mais rápida do que os outros pelo fato de possuir em sua composição proporções maiores de silicato tricálcico.

3.9 Dosagem do concreto

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2006) concreto é largamente utilizado na construção civil, sendo obtido pela composição de cimento, agregados e água, podendo conter aditivos esses que influenciam no seu desempenho. A dosagem do concreto é a designação da proporção de seus componentes, que variam de acordo condições estabelecidas de resistência, trabalhabilidade e durabilidade, devendo atender a esses requisitos da forma mais econômica utilizando os matérias disponíveis.

3.9.1 Condições a serem atendidas pelo concreto

O concreto possui duas fases conforme Ribeiro, Pinto e Starling (2006) a primeira fase é no estado fresco e depois segue-se para o estado endurecido. A ABNT NBR 12665:2015 define concreto fresco quando a mistura que se encontra no estado plástico, e determina como deve ser realizado o preparo, controle e recebimento do concreto, sendo que pode ser produzido na hora ou em central (usinas).

Para o concreto no estado fresco, segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2006) é necessário atender as condições de trabalhabilidade adequada a utilização, tais como transporte, lançamento e adensamento, homogeneidade, consistência.

Conforme Neville e Brooks (2013) o concreto no estado endurecido tem como maior interesse resistir aos esforços mecânicos, a resistência a compressão e tração, no entanto atendendo também a questões de durabilidade.

3.9.2 Tipos de dosagem do concreto

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2006) existem dois tipos de dosagem empírica e dosagem experimental. A dosagem empírica é fixada pela experiência do construtor ou através da utilização de tabelas, esse método não ensaia o material, utilizando bases arbitrárias, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014 a dosagem não experimental só é permitida em obras de pequeno vulto, sendo a quantidade mínima de cimento de 300kg/m^3 e respeitadas as condições á trabalhabilidade.

Já a dosagem experimental é realizada em laboratório, sendo determinado através de ensaios e métodos a procura ideal da melhor proporção de matérias para constitui a dosagem, visto que a dosagem experimental pode ser feita por qualquer método que estabeleça uma correlação entre esses parâmetros. Os métodos mais conhecidos são: Método do ACI (American Concrete Institute), método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento

Portland), método do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) e método INT (Instituto de Tecnologia).

3.9.3 Método da ABCP/ACI

Este método de dosagem foi adaptado do modelo americano para condições que atendam as especificações da norma brasileira ABNT NBT 7211:2009, o processo e determinar as respectivas quantidades relativas dos agregados com o objetivo de obter de maneira mais econômica concreto com resistência, consistência, trabalhabilidade e durabilidade. No entanto para produção de concreto seco, como é o caso do concreto em estudo será adaptado alguns critérios do método.

Será desenvolvido através do método quatro dosagem para produção dos corpos de provas cilíndricos utilizando a granulometria da curva ótima de acordo com a ABNT NBR 7211:2009 em comparação a granulometria recomendada por Fernandes (2015) para ambos agregados: quartzitos e gnaiss, em seguida, para a produção real dos blocos estruturais, será utilizado como base o traço que apresentar melhor acabamento e resistência mecânica dos corpos de prova cilíndricos como base.

3.10 Blocos de concreto

Neste trabalho será estudado apenas os blocos de alvenaria com função estrutural descrito pela ABNT NBR 6136:2016, não será abordado os blocos produzidos de forma informal que é comumente utilizado para fins de vedação, pois o mesmo não apresentam sistema de controle de qualidade, tais como: moldes fora de modelos e das dimensões padronizadas, no entanto é importante ressaltar que esses blocos normalmente não oferecem risco nas aplicações, são muitos utilizados em alvenaria de muros e pequenas obras. Tais aspectos relevantes são importantes ressaltar:

os blocos fabricados em desacordo com as especificações, apesar de mais baratos na aquisição, resultam em custo bem maiores para a edificação pronta. Os três itens de normas menos cumpridos pela maioria dos blocos fabricados nas indústrias informais são a resistência a compressão, a absorção de água e as dimensões (FERNANDES, 2015, p. 14).

3.10.1 Origem dos blocos

O Estados Unidos foi País pioneiro na produção de blocos de concreto, teve início a atividade no final do século XIX, foi utilizado para construções de hospitais, armazéns, depósitos e quartéis nas obras do canal do Panamá e nas Filipinas. Estimasse que os primeiros

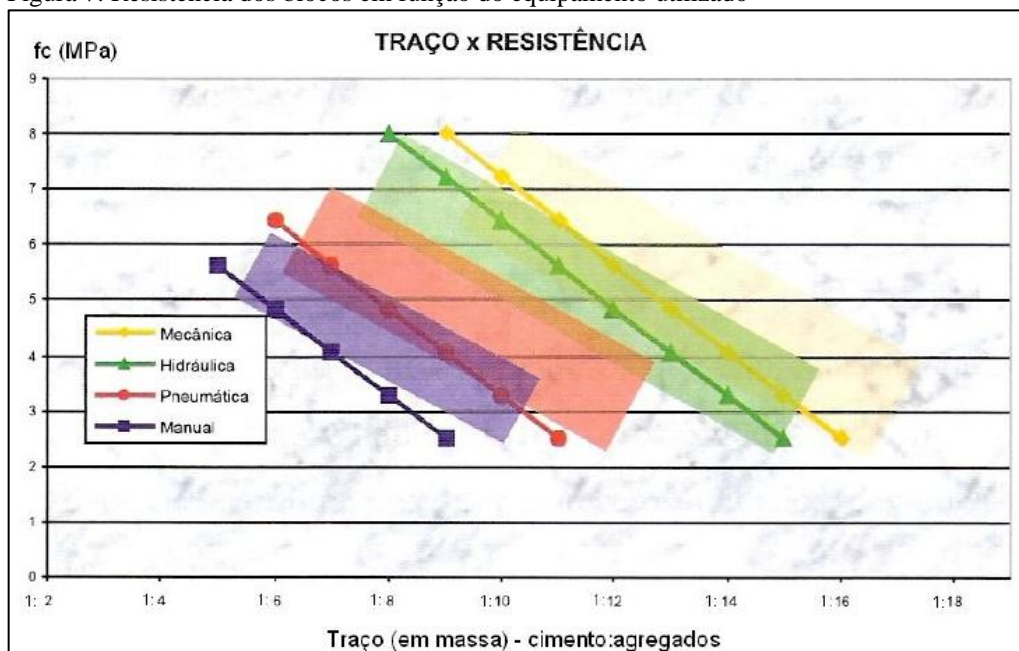
blocos produzidos no Brasil surgiram na década de 50, após a importação dos Estados Unidos de uma máquina para a produção. (MEDEIROS, 1993).

A fabricação de blocos estruturais no Brasil teve início na década de 60 realizando construções com qualidade e baixo custo como casas e edifícios de pequeno porte para obras do antigo Banco Nacional da Habitação (BNH), e ao longo do tempo com a aperfeiçoamento dos estudos, a partir da década de 90 foram construídos prédios de 10 a 20 andares, um exemplo e o edifício solar dos Alcântara, em São Paulo, que possui 24 andares sendo o mais alto do Brasil (FERNANDES, 2015).

3.10.2 Resistência dos blocos em função do equipamento.

As qualidades desejáveis para a produção dos blocos dependem principalmente do controle do processo produtivo na fabricação. Segundo Frassom (2000) a metodologia de dosagem do concreto para blocos é de consistência seca e possuem características de um concreto umedecido, sendo necessária a utilização de máquinas que garantam uma mistura homogênea e que consigam conferir compactidade. A qualidade do maquinário e o processo produtivo são fundamentais para que a qualidade do produto alcance a resistência desejada, a Figura 7 abaixo demonstra a influência do tipo de equipamento na produção dos blocos.

Figura 7: Resistência dos blocos em função do equipamento utilizado



Fonte: Albuquerque (2005)

3.10.3 Amostragem

A ABNT NBR 6136:2016 determina o tamanho da amostragem necessária para realização dos ensaios nos blocos estruturais, conforme Tabela 10 a seguir:

Tabela 10: Tamanho da amostra

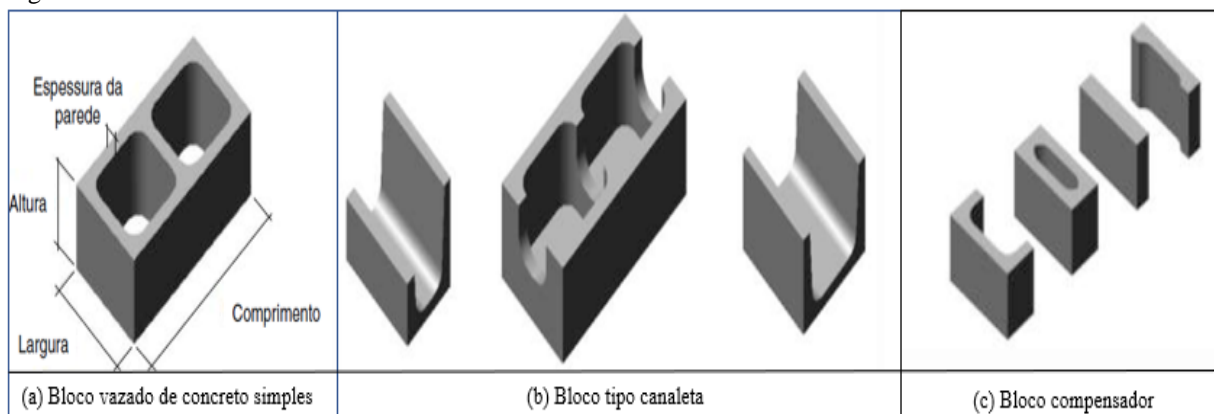
Quantidade de blocos do lote	Quantidade de blocos da amostra		Quantidade mínima de blocos para ensaio dimensional e resistência a compressão axial		Quantidade de blocos para ensaios de absorção e área líquida
	Prova	Contraprova	Critério estabelecido em 6.5.1	Critério estabelecido em 6.5.2	
Até 5000	7 ou 9	7 ou 9	6	4	3
5001 a 10000	8 ou 11	8 ou 11	8	5	3
Acima de 10000	9 ou 13	9 ou 13	10	6	3

Fonte: ABNT NBR 6136:2016

3.10.4 Requisitos Normativos

A ABNT NBR 6136:2016 define bloco como componente de execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superiores e inferiores, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta, tais modelos fabricados são apresentado na Figura 8.

Figura 8: Modelos de blocos de concreto



Fonte: ABNT NBR 6136:2016

3.10.4.1 Resistência a compressão, absorção e retração

Os blocos devem atender aos limites de resistência, absorção e retração linear por secagem estabelecidos na Tabela 11.

Tabela 11: Requisito para Resistência característica a compressão, absorção e retração

Classificação	Classe	Resistência característica a compressão axial (MPa)	Absorção				Retração %
			Agregado Normal		Agregado leve		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função	A	$F_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$

estrutural	B	$4,0 \leq Fbk \leq 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$					
Com ou sem função estrutural	C	$Fbk \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$		

Fonte: ABNT NBR 6136:2016

3.10.4.2 Análise dimensional

As dimensões nominais dos blocos vazados de concreto, modulares e submodulares devem corresponder às dimensões constantes na Tabela 12, a tolerância permitida nas dimensões dos blocos indicados são de $\pm 2,0\text{mm}$ para largura e $\pm 3,00\text{mm}$ para altura e para comprimento.

Tabela 12: Dimensões nominais

	Família	20	15	15	12,5	12,5	12,5	10	10	7,5	
		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		40	40	30	40	25	37,5	40	30	40	
Medida nominal mm	Largura	190	140			115		90		65	
		Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		18/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
Medida nominal Comp	Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-	
	Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-	
	Compensador	90	90	-	90	-	-	90	-	90	

(continuação Tabela 12: Dimensões nominais Tabela 13: Designação por classe, largura dos blocos e espessuras mínimas das paredes dos blocos Tabela 11: Requisito para Resistência característica a compressão, absorção e retração)

Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
Meia canaleta	190	190	470	490	115	-	190	140	-

Fonte: ABNT NBR 6136:2016

As espessuras mínimas de qualquer parede de bloco devem atender à Tabela 13, a tolerância permitida nas dimensões das paredes é de 1,0mm para cada valor individual.

Tabela 13: Designação por classe, largura dos blocos e espessuras mínimas das paredes dos blocos

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais mm	Paredes transversais	
			Paredes mm ^a	Espessuras ^b equivalente mm/m
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135
	115	18	18	135

	90	18	18	135
	65	15	15	113

^a Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito

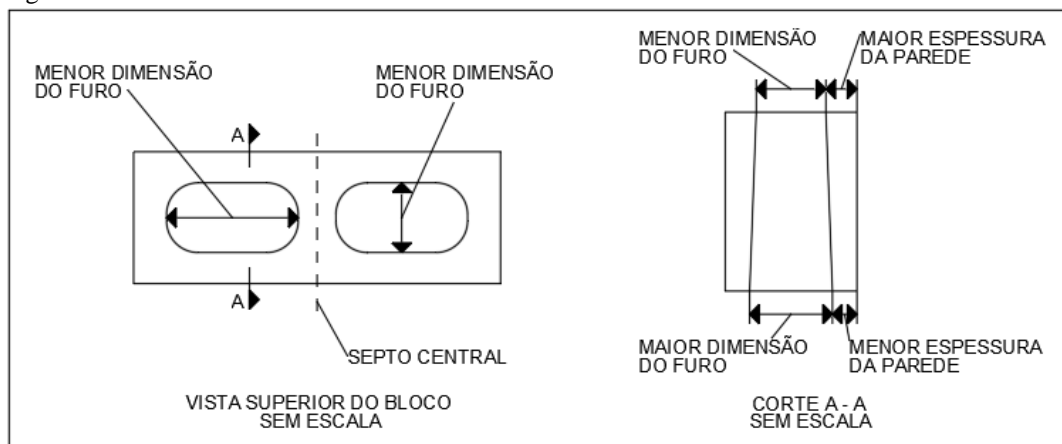
^b Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

Fonte: ABNT NBR 6136:2016

Para determinar a menor dimensão do furo (D_{furo}) dos blocos deve ser realizadas duas determinações no centro aproximado de cada bloco, sendo uma na direção longitudinal e outra na direção transversal, tomadas na face de maior espessuras da parede (face superior no momento do assentamento) conforme a ABNT NBR 12118:2014 de acordo com a Figura 9 a menor dimensão do furo segundo a ABNT NBR 6136:2016 para a para as classes A e B são:

- $D_{furo} \geq 70\text{mm}$ para blocos 140mm
- $D_{furo} \geq 110\text{mm}$ para blocos 190mm

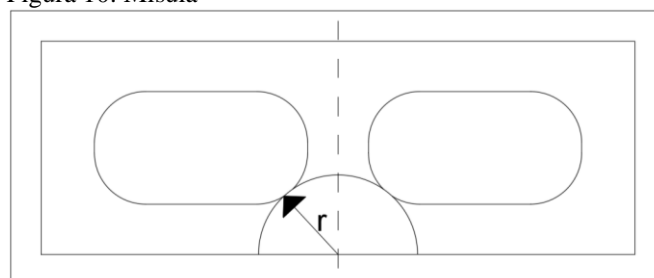
Figura 9: Dimensões dos furos



Fonte: O autor (2019), adaptado da ABNT NBR 12118:2014

A ABNT NBR 6136:2016 determina o raio (r) mínimo da mística de acordo com a classe dos blocos, que é de 40mm, 20mm respectivamente para classe A e B, a medida é tomada no encontro da face externa da parede longitudinal com o eixo do bloco, de acordo com a Figura 10.

Figura 10: Mística



Fonte: O autor (2019), adaptado da ABNT NBR 6136:2016

3.10.5 Sugestões de Traços para fabricação de blocos

Fernandes (2015) desenvolveu sugestões de traços para fabricação de blocos de concreto para alvenaria estrutural, utilizando agregado como areia, pó de pedra, pedrisco ou brita, conforme a Tabela 14 a seguir, que levam em consideração principalmente a relação Cimento/Agregado, quanto maior essa correlação, maior e a resistência mecânica dos blocos produzidos, por outro lado, quanto maior o consumo de cimento maior também será o custo final do produto.

Tabela 14: Sugestões de Traços Para Fabricação de Blocos

Equipamento	Insumos	Resistência Desejada Para os Blocos (MPa)					
		3,0	4,5	6,0	8,0	10,0	12,0
Pneumático	Cimento (kg)	47	54	65	82	93	109
	Areia (kg)	116	114	110	105	102	97
	Pó de Pedra (kg)	261	256	249	237	229	218
	Pedrisco ou Brita (kg)	228	228	228	228	228	228
	Peso aproximado (kg)	680	680	680	680	680	680
	Volume aproximado (Its)	400	400	400	400	400	400
	Traço aproximado	1:14	1:12	1:10	1:8	1:7	1:6
	Rendimento (Bloco 14x39)	55	55	55	55	55	55

Fonte: Fernandes (2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi dividido nas seguintes etapas: Preparação das amostras; Ensaio de caracterização do agregado de quartzito miúdo e agregado de quartzito graúdo; Ensaio de caracterização do agregado de quartzito miúdo; Ensaio de caracterização do agregado de quartzito graúdo; Dosagem preliminar do concreto para produção dos corpos de prova cilíndricos; Dosagem do concreto para produção dos blocos estruturais; Determinação das propriedades físicas e mecânicas dos blocos estruturais.

4.1 Preparação das amostras

As normas a serem utilizadas para estudo de caracterização do agregado de quartzito foram obtidas de acordo com a ABNT NBR 7211:2009, que determina as especificações para ensaios em agregados miúdos e graúdos.

4.1.1 Local de estudo

Para o desenvolvimento do trabalho a empresa Siox Tecnologia e reciclagem de minério disponibilizou os agregados de quartzitos, produzidos na empresa Sales Andrade, a Figura 11 apresenta a área urbana do município de São Thomé das Letras e a localização das empresas, sendo possível também verificar as jazidas de quartzitos ao redor da cidade.

Figura 11: local de estudo



Fonte: O autor (2019).

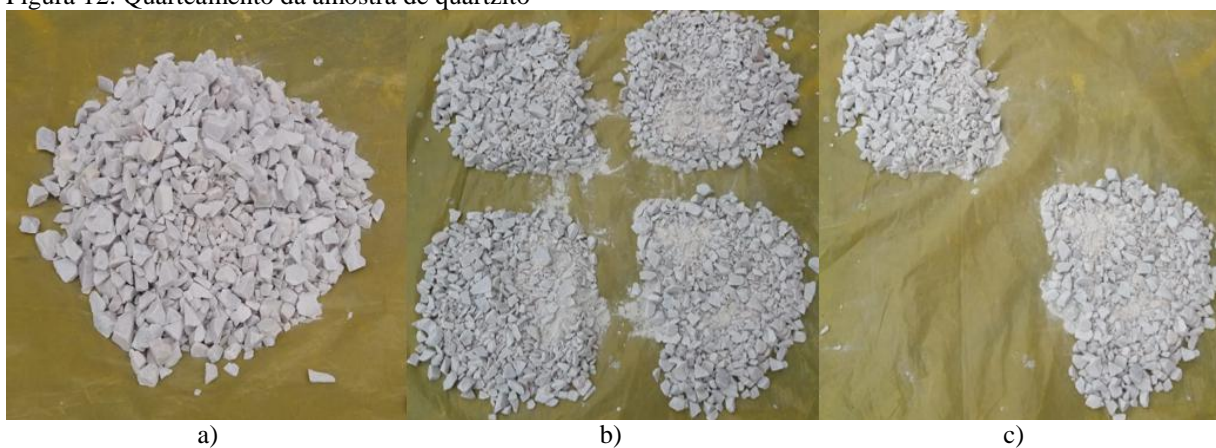
4.1.2 Redução da amostra de campo para ensaio em laboratório (ABNT NBR NM 27:2001)

Foi realizado os ensaios de redução de campo de acordo com a ABNT NBR NM 27:2001, no qual é estabelecido as condições a serem aplicadas para redução da amostra de

campo para ensaios em laboratório, de forma que a porção reduzida seja representativa da amostra.

Para redução da amostra de acordo com a ABNT NBR NM 27:2001 foi utilizado o método B item 5.3.2. método por quarteamento, o método estabelece condições para quarteamento em superfície limpa e plana de forma a não contaminar o material da amostra, é necessário garantir que não ocorra nenhuma perda do material, após essa etapa é homogeneizada a amostra e junta-la de forma a criar um cone conforme a Figura 12a), garantindo que a o diâmetro da base do cone seja de quatro a oito vezes a altura do cone, e então dividir a amostra em quatro partes iguais de acordo com a Figura 12b) eliminando duas partes e agrupando as outras duas , em sentido diagonal conforme a Figura 12c). E necessário fazer esse processo até garantir a quantidade necessária para execução dos ensaios.

Figura 12: Quarteamento da amostra de quartzito



Fonte: O autor (2019).

4.2 Ensaios de caracterização do agregado de quartzito miúdo e agregado de quartzito graúdo

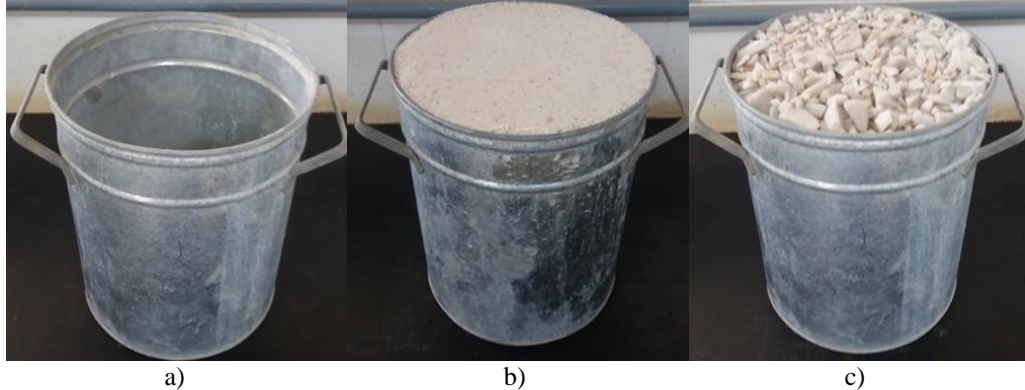
4.2.1 Massa unitária compactada e do volume de vazios (ABNT NBR NM 45:2006)

A ABNT NBR NM 45:2006 define como massa unitária a relação entre a massa do agregado e o volume que ele ocupa no recipiente, determina também volume de vazios sendo os espaços entre os grãos de uma massa de agregado.

Foi calculada a massa unitária na condição compactada, de acordo com o método A item 8.4 da ABNT NBR NM 45:2006, para tal é necessária registrar a massa do recipiente que deve conter forma cilíndrica de acordo com a Figura 13a), a seguir o recipiente deve ser preenchido a um terço de sua capacidade e efetuar o adensamento da camada com 25 golpes de haste de adensamento, distribuindo uniformemente em toda a superfície do material, o

processo e repetido com o recipiente a dois terços do volume e com o volume total do recipiente, em seguida e nivelado a camada superior do recipiente com uma espátula de forma a rasá-la conforme a Figura 13b), e determinado a massa do recipiente com agregado, conforme a Figura 13c) a seguir, foi calculado para agregado miúdo e graúdo.

Figura 13: Amostra para ensaio de massa unitária e volume de vazios



Fonte: O autor (2019).

É aplicado para determinar a massa unitária a Equação (1)

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V} \quad (1)$$

Onde: ρ_{ap} = massa unitária do agregado (kg/m³)

m_{ar} = massa do recipiente mais agregado (kg)

m_r = massa do recipiente (kg)

V = volume do recipiente (m³)

Para o cálculo do índice de vazios foi utilizado a seguinte equação (2):

$$E_V = \frac{100[(d_1 \cdot \rho_w) - \rho_{ap}]}{d_1 \cdot \rho_w} \quad (2)$$

Onde: E_V = índice de vazios nos agregados (%)

d_1 = massa específica relativa (g/cm³)

ρ_w = massa específica da água (kg/m³)

ρ_{ap} = massa unitária média do agregado (kg/m³)

4.2.2 Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis (ABNT NBR 7218:2010)

Para a execução do ensaio de acordo com ABNT NBR 7218:2010 foi coletado o material de acordo com a Tabela 15 que estabelece os intervalos granulométricos a serem ensaiados e suas respectivas massas de amostra mínima.

Tabela 15: Intervalos granulométricos e massa mínima de amostra para ensaio

Intervalos granulométricos a serem ensaiados mm	Massa mínima de amostra para ensaio de cada intervalo granulométrico (g)
$\geq 1,18$ e $< 4,75$	200
$\geq 4,75$ e $< 9,5$	1000
$\geq 9,5$ e < 19	2000
≥ 19 e $< 37,5$	3000
$\geq 37,5$	5000

Fonte: ABNT NBR 7218:2010

Após a coleta foi necessário manter o material 24 h em repouso com água. Em seguida foi feito o peneiramento via úmido do material, identificando as partículas com aparência de torrões de argila ou materiais friáveis, devendo sempre ser pressionadas para serem decompostas.

Em seguida o material foi transferido de acordo com a Tabela 16 para suas respectivas peneiras procedendo o peneiramento.

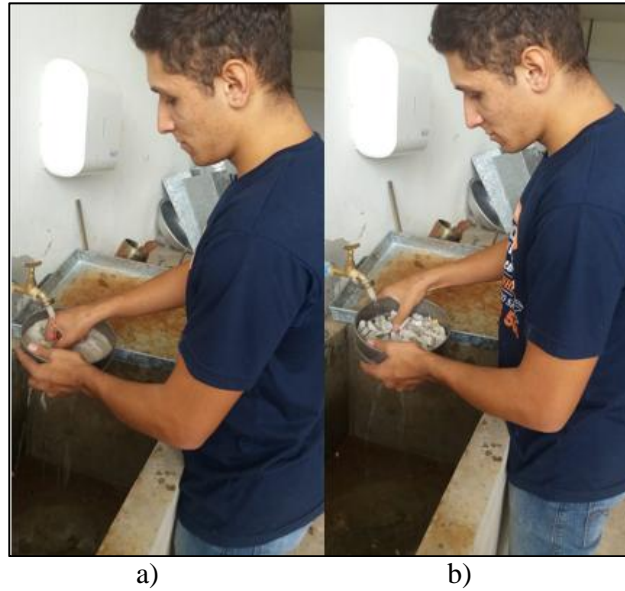
Tabela 16: Peneiras para remoção das partículas de argila e materiais friáveis

Intervalos granulométricos a serem ensaiados (mm)	Abertura das peneiras (g)
$\geq 1,18$ e $< 4,75$	600 μm
$\geq 4,75$ e $< 9,5$	2,36 mm
$\geq 9,5$ e < 19	4,75mm
≥ 19 e $< 37,5$	4,75mm
$\geq 37,5$	4,75mm

Fonte: ABNT NBR 7218:2010

A Figura 14(a) demonstra o peneiramento via úmido para remoção das partículas de argilas em torrões e materiais friáveis de agregado miúdo e a Figura 14(b) agregado peneiramento do graúdo de quartzito.

Figura 14: Peneiramento do agregado miúdo e graúdo de quartzito respectivamente



a) Fonte: O autor (2019).

b)

O material retido do peneiramento é colocado em estufa para obtenção de constante de massa por 24h, e então efetuado o cálculo de acordo com a equação (3).

$$m_t = \frac{m_i - m_f}{m_i} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde: m_t = teor de argila em torrões e materiais friáveis (%)

m_i = Massa inicial do intervalo granulométrico (g)

m_f = Massa após peneiramento via úmida (g)

Para melhor entendimento dos ensaios, é preciso definir algumas condições de acordo com a ABNT NBR NM 30:2001.

- Agregado seco: Para essa condição o material deve ser colocado 24h em uma estufa a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$, até constância de massa, ou seja, até que a diferença em massa seja menor do que 0,1(g) em duas determinações consecutivas.
- Agregado saturado: Para essa condição é necessário colocar o agregado em um recipiente com água de forma a cobrir todo o material, em repouso por 24h até constância de massa, ou seja, até que a diferença em massa seja menor do que 0,1(g) em duas determinações consecutivas.
- Agregado saturado superfície seca: É a condição que os agregados absorvem o máximo de água possível apresentando ainda superfície seca de acordo com a Figura

15a). Por exemplo, a aplicação para agregado miúdo, o material totalmente saturado deve ser seco, de forma que os grãos não fiquem aderidos entre si, para essa condição e ensaiado colocando o agregado em um molde cônico aplicando suavemente 25 golpes de compactação conforme a Figura 15b), levantando verticalmente o molde, se o material manter a forma do molde significa que ainda a umidade superficial, continuar a secagem até que cone de agregado desmorone ao ser retirado o molde conforme a Figura 15c), nesse momento o agregado está em condição saturado superfície seca.

Figura 15: Ensaio para condição de saturada superfície seca



Fonte: O autor (2019).

4.2.3 Teor de materiais pulverulentos (ABNT NBR NM 46:2003)

O objetivo desta norma é ensaiar as partículas de argila e outros materiais que se dispersam por lavagem, assim como materiais solúveis em água, serão removidos do agregado durante o ensaio. É necessário este ensaio pelo fato que o material mais fino que passa pela peneira 75 μm pode provocar aumento da porosidade se apresentar grande porcentagem de finos e com isso reduzir a resistência do concreto.

O material ensaiado foi colocado em estufa até adquirir constância de massa, e pesado, logo em seguida foi misturado com água iniciando o processo de lavagem, foi utilizada uma peneira de malha 4,75mm acima da peneira 75 μm para protegê-la devido a sua fragilidade, após esse processo o material é novamente colocado em estufa para constância de massa, e pesado novamente para aplicação da equação (4).

$$m_t = \frac{m_i - m_f}{m_i} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde: m = é porcentagem de material fino que passa pela peneira 75 μm (%);

m_i = é a massa original da amostra seca (g);

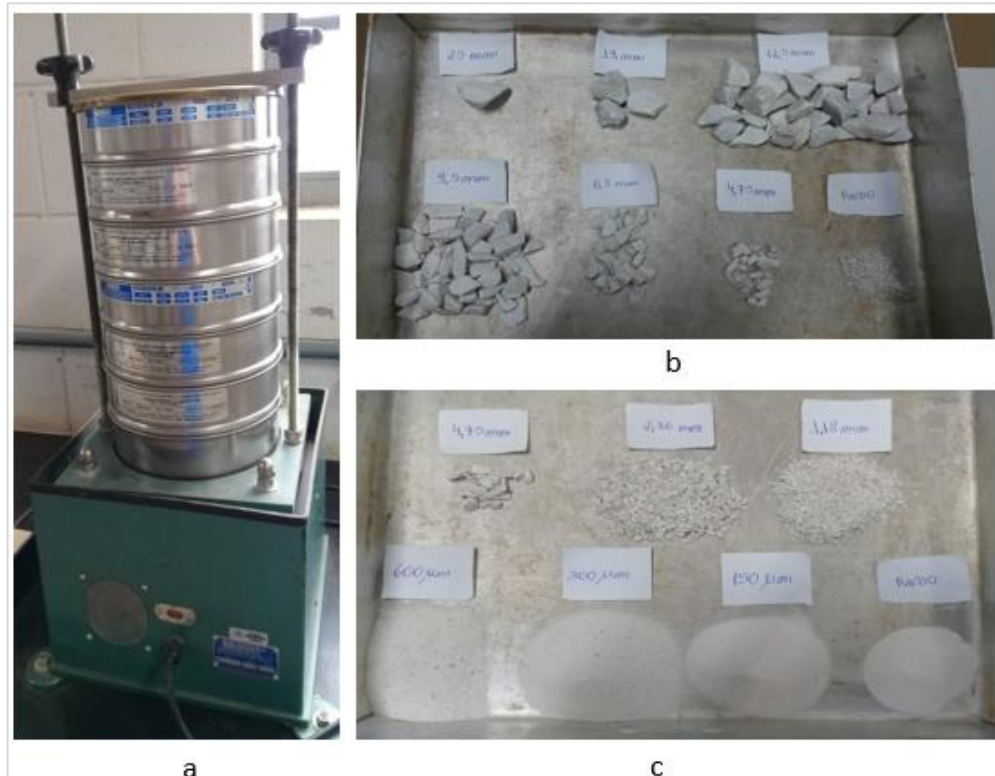
m_f = é a massa da amostra seca após a lavagem (g);

4.2.4 Análise granulométrica (ABNT NBR NM 248:2003, 2003)

A ABNT NBR NM 248:2003 classifica os agregados em miúdos e grãos segundo sua distribuição granulométrica. O conhecimento da granulometria do material é essencial, visto que influencia nas propriedades físicas e mecânicas do concreto.

Para realização do ensaio o material foi colocado em estufa para se obter constante de massa, e então foi utilizado um vibrador mecânico para realizar o ensaio conforme na Figura 16 (a). De acordo com o item 3.7.2 para realização do ensaio no agregado grão foi utilizado uma amostra de 500g de agregado, com as peneiras 25 mm, 19mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 6,3 mm, 4,75mm conforme a Figura 16 (b), e para os agregados miúdos 300g de amostra, nas peneiras 4,75mm, 2,36 mm, 1,18mm, 600 μm , 300 μm , 150 μm e 75 μm conforme a Figura 16(c).

Figura 16: Granulometria



Fonte: o autor, 2019.

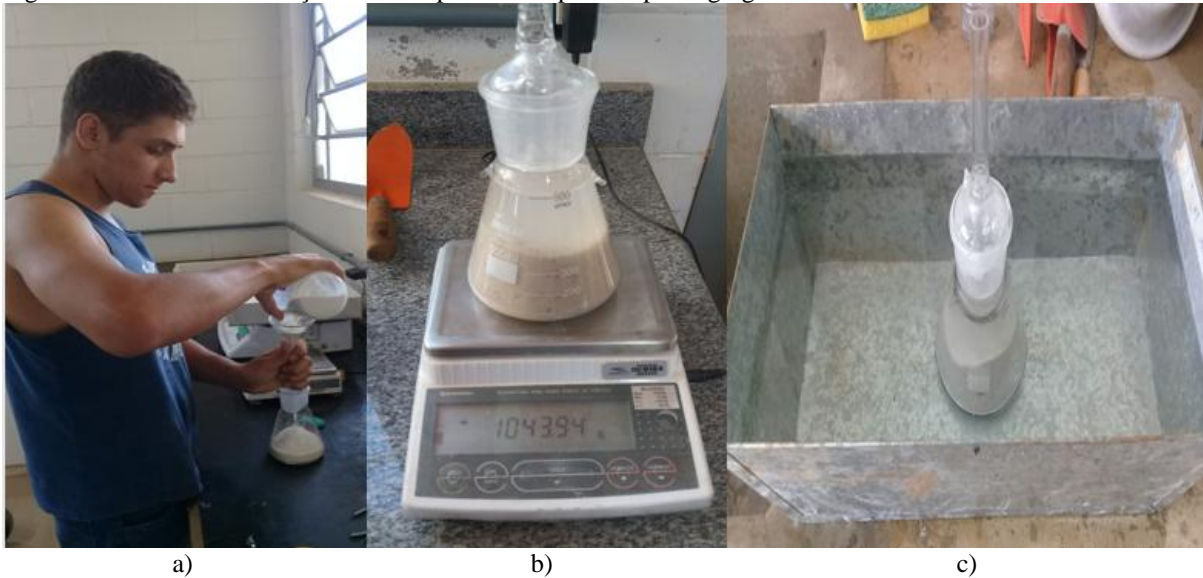
4.3 Ensaios de caracterização do agregado de quartzito miúdo

4.3.1 Massa específica e massa específica aparente (ABNT NBR NM 52:2009)

A ABNT NBR NM52:2009 determina parâmetros para ensaio e define massa específica “ é a relação entre massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis”, e massa específica aparente “ é a relação entre massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis”.

E coletada uma amostra de 1 kg de agregado miúdo, para o ensaio e preciso que o agregado esteja em condição saturado superfície seca conforme a Figura 17a), e então é pesado 500 (g) da amostra e colocado no frasco aferido, registrando a massa do conjunto conforme a Figura 17b), a seguir encher o frasco já com amostra com água até a marca de 500 ml em seguida é mantido o frasco em um banho (em água) por 1h, conforme a Figura 17c) a seguir:

Figura 17:Ensaio determinação massa específica e aparente para agregado miúdo



Fonte: O autor (2019).

A amostra foi retirada do frasco, em seguida levada para estufa por 24h até constante de massa, por fim o material é pesado e aplicado as seguintes equações:

Equação (5): Massa específica do agregado seco:

$$d_1 = \frac{m}{V - V_a} \quad (5)$$

Onde: d_1 = Massa específica aparentes do agregado seco (g/cm^3)

m = Massa da amostra seca em estufa (g)

V = Volume do frasco (cm^3)

V_a = Volume de água adicionada ao frasco, de acordo com a seguinte Equação (6).

$$V_a = \frac{(m_2 - m_1)}{\rho_a} \quad (6)$$

Onde: m_1 = É a massa do conjunto (frasco + agregado) (g)

m_2 = É a massa total (Frasco + agregado + água) (g)

ρ_a = Massa específica da água (g/cm³)

Equação (7): Massa específica do agregado saturado superfície seca

$$d_2 = \frac{m_s}{V - V_a} \quad (7)$$

Onde: d_2 = Massa específica do agregado saturado superfície seca (g/cm³)

m_s = Massa da amostra na condição saturada superfície seca (g)

V = volume do frasco (cm³)

V_a = volume de água adicionada ao frasco (cm³)

Equação (8): Massa específica

$$d_3 = \frac{m}{(V - V_a) - \frac{m_s - m}{\rho_a}} \quad (8)$$

Onde: d_3 = massa específica do agregado (g/cm³)

m = Massa da amostra seca em estufa (g)

V = Volume do frasco (cm³)

V_a = Volume de água adicionado ao frasco (cm³), de acordo com a equação 2.

m_s = massa da amostra na condição saturada superfície seca (g)

ρ_a = massa específica da água (g/cm³)

4.3.2 Determinação da absorção de água (ABNT NBR NM 30:2001)

Segundo ABNT NBR NM 30:2001 a absorção de água é o processo que um líquido é conduzido e tende a ocupar os poros permeáveis de um corpo sólido poroso, para determinar absorção foi coletado de acordo com a norma 1kg de agregado, sendo necessário manter o material em condição de saturado superfície seca, após a pesagem do agregado, o mesmo é levado para estuda para constância de massa, até estar seco, e efetuado outra pesagem, para execução do ensaio, aplicando a seguinte Equação (9).

$$A = \frac{m_s - m}{m} \times 100 \quad (9)$$

Onde: A = absorção de água (%)

m_s = Massa da amostra a condição de saturada superfície seca (g)

m = massa da amostra seca em estufa (g)

4.4 Ensaio de caracterização do agregado de quartzito graúdo

4.4.1 Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro (ABNT NBR 7809:2019)

A forma dos grãos segundo Frazão (2002) é uma propriedade importante para avaliar a qualidade do agregado graúdo, o formato ideal dos grãos apresentando maiores resistências é se os mesmos apresentarem geometria cúbica. Para avaliarmos o índice de forma foi utilizado a ABNT NBR 7809:2019.

O índice de forma é a relação de comprimento médio e a espessura média dos agregados (C/E). Para realizar o ensaio foram necessários a coleta de 200 grãos de agregado, seco em estufa, e calculado o índice pela equação (10).

$$I = \frac{C_{médio}}{e_{médio}} \quad (10)$$

Onde: I = índice de forma do agregado;

$C_{médio}$ = comprimento médio, expresso em milímetros (mm) dos 200 grãos;

$e_{médio}$ = espessura média, expresso em milímetros (mm) dos 200 grãos;

No apêndice A está citado os valores de obtidos de comprimento e espessura (C/E), do ensaio conforme Figura 18.

Figura 18:Índice de forma pelo método do paquímetro



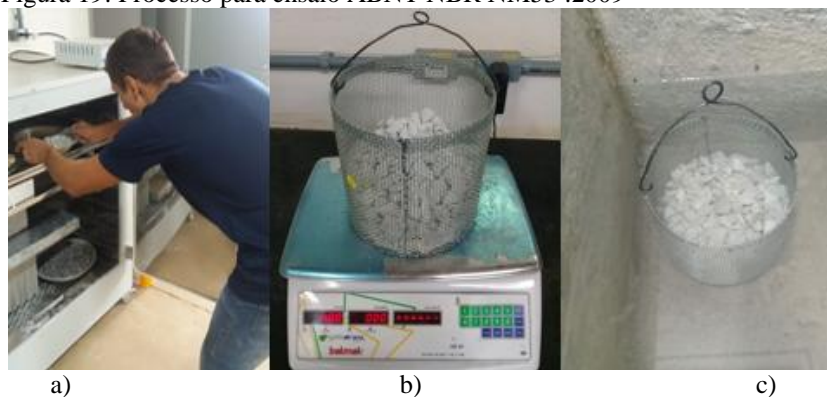
Fonte: O autor (2019).

4.4.2 Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água (ABNT NBR NM 53:2009)

A relação da massa do agregado seco e seu volume excluindo os poros permeáveis e denominada massa específica, quanto essa relação entre a massa do agregado e seu volume, inclui os poros permeáveis e denominada massa específica aparente ou (massa unitária), esses fatores junto com a absorção de água são fundamentais para a produção dos concretos.

Para determinação o método adotado foi o estabelecido pela ABNT NBR NM 53:2009, os agregados foram levados a estufa por 24h até constante de massa conforme a Figura 19a), e então pesado 4000g de agregado gráudo conforme a Figura 19b), em seguida os agregados foram submersos em água por mais 24h, para total saturação, a Figura 19c). Após esse período o material é pesado em uma balança hidrostática, obtendo a massa em água, em seguida as amostras foram enxugadas e pesadas para se obter a massa em condição saturada superfície seca.

Figura 19: Processo para ensaio ABNT NBR NM53 :2009



Fonte: O autor (2019)

Foi aplicado as equações para determinar massa específica do agregado seco, massa específica na condição saturada superfície seca, massa específica aparente do agregado seco.

Equação (11): Massa específica do agregado seco

$$d = \frac{m}{m - m_a} \quad (11)$$

Onde: d = é a massa específica do agregado seco (g/cm^3);

m = é a massa ao ar da amostra seca (g);

m_a = é a massa em água da amostra (g).

Equação (12): Massa específica do agregado na condição saturado superfície seca

$$d_s = \frac{m_s}{m_s - m_a} \quad (12)$$

Onde: d_s = é a massa específica do agregado na condição saturado superfície seca (g/cm^3);

m_s = é a massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g);

m_a = é a massa em água da amostra (g).

Equação (13): Massa específica aparente do agregado seco

$$d_a = \frac{m}{m_s - m_a} \quad (13)$$

Onde: d_a = é a massa específica aparente do agregado seco (g/cm^3);

m = é a massa ao ar da amostra seca (g);

m_s = é a massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g);

m_a = é a massa em água da amostra (g).

Para determinar a absorção de água foi utilizado a equação (14).

$$A = \frac{m_s - m}{m} \times 100 \quad (14)$$

Onde: A = é a massa específica do agregado na condição saturado superfície seca (g/cm^3);

m = é a massa ao ar da amostra seca (g);

m_s = é a massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g).

4.4.3 Determinação do teor de umidade total (ABNT NBR 9939:2012)

É definido como o quociente percentual entre a massa total de água do agregado e a sua massa seca. A massa total da água é incluída: as massas da água da superfície, a dos poros permeáveis e a dos demais vazios do agregado.

De acordo com o diâmetro máximo característico do agregado de acordo com a ABNT NBR 9939:2012 foi determinado uma massa de 1500 g como mostra a Tabela 17.

Tabela 17: Massa mínima de amostra para ensaio

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de ensaio (g)
9,5	1500
12,5	2000
19	3000
25	4000
38	6000
50	8000
76	13000

Fonte: O autor (2019)

Após isso é determinado a massa inicial da amostra, em seguida o material é colocado em estufa até constante de massa, e pesado novamente, e por último aplica-se a Equação (15).

$$h = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100 \quad (15)$$

Onde: h = é o teor de umidade total, arredondado ao décimo mais próximo (%);

m_i = é a massa inicial da amostra (g);

m_f = é a massa final da amostra seca (g);

4.5 Dosagem preliminar do concreto para produção dos corpos de prova cilíndricos

Com os resultados de caracterização dos agregados, foram produzidos os concretos em laboratório para produção preliminar dos corpos de provas cilíndricos. Optou-se pelo método da ABCP/ACI, adaptando alguns critérios para produção de concreto seco, para verificar acabamento e resistência a compressão axial dos corpos de provas cilíndricos, com a finalidade de escolher o traço que apresentar melhor resultado, para produção dos blocos estruturais.

4.5.1 Método da ABCP/ACI

Foi adotado o método de dosagem preliminar para os corpos de prova cilíndricos o método da ABCP/ACI. Este método é adaptado do modelo americano baseado na norma ACI

211.1-81 (Standard Practice For Selections For Normal, Heavyweight and Mass Concrete) publicado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (1984), o método proporciona o quantitativo de material, as etapas a serem submetidas são:

4.5.2 Produção do concreto em laboratório

Para produção do concreto foi utilizado Cimento Holcim CP IV ARI, o cimento deve atender a parâmetros de acordo com a ABNT NBR 16697:2018, água de amassamento que deve atender aos requisitos da ABNT NBR 15900-1, Agregado de quartzito e agregado de gnaíse, e o aditivo da ADI-BLOCO conforme laudo técnico no ANEXO B. Os traços foram divididos de acordo com a Tabela 18.

Tabela 18: Traço de concreto a ser produzido para dosagem preliminar dos corpos de prova cilíndricos

Nome Traço	Agregado	Granulometria
1A	Quartzito	ABNT NBR 7211:2009
1B	Quartzito	Fernandes (2015)
1C	Gnaíse	ABNT NBR 7211:2009
1D	Gnaíse	Fernandes (2015)

Fonte: O autor (2019)

Após toda a etapa de cálculo, com a relação das matérias determinadas, foram produzidas em laboratório os concretos, de acordo com a ABNT NBR 12821:2009. Foram feitas as pesagens dos matérias nas proporções calculadas, acordo com a Figura 20.

Figura 20: Pesagem dos agregados para produção do traço de quartzito:



Fonte: O autor (2019).

Para dosagem do concreto foi utilizado uma betoneira estacionária, os materiais foram colocados da seguinte forma, Agregado graúdo, um terço da água já adicionada com aditivo, cimento, agregado miúdo, e por último o restante da água, a Figura 21 apresenta a betoneira utilizada e as proporções dos agregados para produzir o traço para o gnaíse.

Figura 21: Produção do traço para gnaisse



Fonte: O autor,2019.

4.5.3 Resistência a compressão dos corpos de prova cilíndricos (ABNT NBR 5739:2018)

Os ensaios de resistência a compressão foram realizados de acordo com ABNT NBR 5739:2018 para realização dos ensaios nos corpos de prova cilíndricos. Foi realizado utilizando uma prensa hidráulica conforme a Figura 22.

Figura 22: Prensa utilizada para compressão das amostras



Fonte: O autor (2019)

Para determinar a resistência dos corpos de prova cilíndricos foi utilizado a Equação (16):

$$\sigma = \frac{f}{A} \quad (16)$$

Onde: σ = Tensão (MPa)

f = Força aplicada na prensa (N)

A = Área do bloco (mm²)

4.6 Dosagem do concreto para produção dos blocos estruturais

De posse dos resultados da dosagem preliminar dos corpos de prova cilíndricos que apresentaram maior resistência e melhor acabamento, foi produzido a dosagem do concreto para produção dos blocos estruturais. Este traço foi comparado com traços produzidos conforme metodologia sugerida por Fernandes (2015) de acordo com a Tabela 14. O traço 2A foi produzido com proporção Cimento/Agregado (C/A) de 1:4,38, visando atender uma resistência do bloco classe A ($f_{bk} \geq 8,0$ MPa) e será adotado mais um traço 2B para ser produzido na proporção C/A de 1:10 visando atender a resistência do bloco classe B ($4,0$ MPa $\leq f_{bk} < 8,0$ MPa), os traços a serem produzidos estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Traço de concreto a ser produzido para dosagem dos blocos (kg)

Nome Traço	Proporção (C/A)	Cimento	Agregado	Água
2A	1:4,38	1	4,38	0,3
2B	1:10	1	10	0,3

Fonte: O autor (2019)

4.6.1 Empacotamento dos grãos

Visando diminuir o volume de vazios, foi realizado um estudo de empacotamento dos grãos, utilizando o Software da EMMA Mix Analyzer. A empresa Siox Tecnologia e reciclagem de Minério, disponibilizou os agregados já na granulometria em mesh, os mesh disponibilizados foram mesh 3; mesh 5; mesh 10; mesh 20; mesh 30; mesh 60, mesh 80; mesh 100. Foi feita o processo de quarteamento de acordo com o 4.1.2, de modo a garantir a representatividade de cada granulometria da amostra, e então feita a pesagem de 500g de cada mesh, conforme a Figura 23.

Figura 23: Pesagem dos agregados



Fonte: O autor (2019)

Foi utilizado as peneiras da ABNT NBR 248: 2003 da série normal e intermediária conforme Tabela 4, para a pesagem de cada mesh.

4.6.2 Estimativa do volume a ser produzido.

De acordo com a Tabela 10 uma produção de até cinco mil blocos por lote, é necessário sete blocos para prova e sete para contaprova, para fabricação de quatorze amostras de blocos foi estimado um volume de 100 dm³ para execução de cada traço a ser produzido.

Após determinado o traço e o volume a ser produzido, aplicando a equação (17) é possível determinar o consumo de cimento para cada traço.

$$C = \frac{Vp}{\frac{1}{\gamma c} + \frac{a}{\gamma a} + \frac{b}{\gamma b} + \frac{ag}{\gamma ag}} \quad (17)$$

Onde: C = consumo de cimento para determinado volume a ser produzido de concreto (kg)

Vp = volume de concreto a ser produzido (dm³)

γc = massa específica do cimento (g/cm³)

γa = massa específica do agregado miúdo (g/cm³)

γb = massa específica do agregado graúdo (g/cm³)

γag = massa específica da água (g/cm³)

(1, a , b , ag) = traço do concreto em massa de acordo com a Tabela 19.

Após determinar o consumo de cimento, foram feitos testes no EMMA de modo a conseguir a melhor aproximação da curva de referência estabelecida. Os valores de ajuste que mais se aproximaram da curva de referência estão na coluna quantidade. Multiplicando essa coluna pelo consumo de cimento de cada traço é possível determinar a proporção de cada mesh a ser utilizado em cada traço.

4.6.3 Produção dos blocos estruturais

A produção dos blocos estruturais foi realizada na cidade de Três Corações pela empresa Romana Industria e Comercio LTDA, localizada na Rua Pedro Mariane Serra, número 15, no bairro Morada do sol. Foi utilizado um misturador planetário da Maqui-vibramassa, conforme a Figura 24.

Figura 24: Misturador Planetário



Fonte: O autor (2019)

Para conferir a umidade da mistura foi utilizado um sensor de umidade da Condutiva Tecnologia LTDA, conforme a Figura 25.

Figura 25: Sensor de Umidade



Fonte: O autor (2019)

Foi utilizado uma vibro-prensa pneumática também da marca Maqui-vibramassa, conforme a Figura 26.

Figura 26: Vibro-Prensa Pneumática



Fonte: O autor (2019)

A Figura 27 apresenta a vibro-prensa moldando o bloco de concreto.

Figura 27: Moldagem dos blocos



Fonte: O autor (2019)

4.7 Determinação das propriedades físicas e mecânicas dos blocos estruturais.

4.7.1 Análise dimensional

Foi verificada a análise dimensional nos blocos produzidos de acordo com o item 3.10.4.2, conforme a Figura 28.

Figura 28: Análise dimensional dos blocos



Fonte: O autor (2019)

4.7.2 Resistência característica a compressão axial

De acordo com a ABNT NBR 12118:2014 no item 6, o ensaio de compressão foi realizado nos blocos estruturais em uma prensa equipada com dois pratos de apoio de 50 mm, de modo a cobrir todo o corpo de prova, realizando o ensaio de modo progressivo e sem choques. Foi utilizado também duas placas de Neoprene com a finalidade de realizar uma distribuição uniforme dos esforços. Para o ensaio, os corpos de provas tiveram as faces regularizadas, tornando a superfícies planas, de modo a evitar quebras de bordas do corpo de prova, de acordo com a Figura 29.

Figura 29: Ensaio de compressão axial dos blocos



Fonte: O autor (2019)

Para determinar a resistência, foi aplicada a Equação (18).

$$\sigma = \frac{f}{A} \quad (18)$$

Onde: σ = Tensão (MPa)

f = Força aplicada na prensa (N)

A = Área do bloco (mm²)

De acordo com a ABNT NBR 6136:2016 o valor estimado da resistência característica a compressão ($f_{bk,est}$) dos blocos de concreto onde não é conhecido o desvio padrão de fábrica conforme item 6.5.1 é determinado de acordo com a equação (19) :

$$f_{bk,est} = 2 \left(\frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i - 1} \right) - f_{bi} \quad (19)$$

Sendo:

$i = n/2$, se for par

$i = (n-1) / 2$, se for

Onde:

$f_{bk,est}$ = é a resistência característica estimada da amostra (MPa)

$f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}$ = são valores de resistência a compressão individuais dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente

n = é igual a quantidade de blocos da amostra

Não se deve tomar $f_{bk,est}$ valor maior que 85% da média dos corpos de prova da amostra (limite superior), nem um valor menor que $\psi \cdot f_{b(1)}$, adotando-se para ψ os valores Tabela 20 em função da quantidade de blocos da amostra (limite inferior).

Tabela 20: Valores de ψ e função da quantidade de blocos

Quantidade de blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
ψ	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Fonte: ABNT NBR 6136:2016

4.7.3 Determinação da absorção.

De acordo com a ABNT NBR 12118:2014 item 5, os blocos devem permanecer 24 h em estufa a uma temperatura de $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Após esse período deve ser anotado o valor da massa do bloco e colocá-lo na estufa novamente por no mínimo 2 horas, e fazer a pesagem novamente quantas vezes for necessário até que em duas determinações sucessivas não se registre para o bloco diferença entre massa de 0,5% em relação ao valor anterior, anotando então sua massa m_1 .

Após esse período os blocos foram imersos em água por mais 24 h, para em seguida Foi feita a pesagem do bloco na condição saturado superfície seca, que é obtida drenando o bloco durante 60 s, sobre uma tela de abertura de malha maior ou igual a 9,5 mm, removendo a água da superfície com um pano úmido, anotando a então sua massa m_2 .

Em seguida é aplicado a Equação (20) para determinar a absorção de água:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (20)$$

Onde: a = é a absorção total, expressa e

m_2 = é a massa do bloco seco em estufa (g)

m_1 = é a massa do corpo de prova saturado (g)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização do agregado de quartzito miúdo e agregado de quartzito graúdo

5.1.1 Massa unitária compactada e do volume de vazios

Segundo a ABNT NBT NM 45:2006 no qual rege os parâmetros para determinar a massa unitária e o volume de vazios. Foram obtidos os seguintes resultados apresentados na Tabela 21 para agregado miúdo e agregado graúdo de quartzito.

Tabela 21: Determinação da massa unitária e índice de vazios

Determinação da massa unitária e índice de vazios para agregado miúdo e graúdo de quartzito	Miúdo	Graúdo
m_{ar} =massa do recipiente mais agregado (kg)	16,480	15,620
m_r =massa do recipiente vazio (kg)	0,956	0,956
V =Volume do recipiente (m ³)	0,01	0,01
ρ_{ap} =massa unitário (compactada) (g/cm ³)	1,55	1,46
d_1 =massa específica agregado seco (g/cm ³)	2,61	2,61
ρ_w =massa específica da água a 23°C (kg/m ³)	0,997	0,997
E_v =índice de vazios (%)	40,58	43,64

Fonte: O autor (2019).

5.1.2 Teor de argila em torrões e materiais friáveis

O procedimento de acordo com a ABNT NBR NM 7218:2010 resultou nos seguintes valores, apresentados na Tabela 22.

Tabela 22: Teor de argila em torrões e materiais friáveis em quartzitos.

Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis em quartzitos:	Miúdo	Graúdo
m_i =massa inicial do intervalo granulométrico (g)	200,65	1000
m_f =massa final após peneiramento via úmida (g)	200,31	999,4
m_t =teor de argila em torrões e materiais friáveis (%)	0,17	0,06

Fonte: O autor (2019).

Os resultados foram satisfatórios visto que limite estabelecido e de 3% segundo a Frazão e Paraguassu (1998).

5.1.3 Teor de materiais pulverulentos

De acordo com a ABNT NBR NM 46:2003 foram obtidos os seguintes resultados de acordo com a Tabela 23.

Tabela 23: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem
Teor de materiais pulverulentos

m_i = é a massa original da amostra seca (g)	1000,21
m_f = é a massa da amostra seca após a lavagem (g)	994,96
m = é a porcentagem de material fino que passa pela peneira 75 μ m (%)	0,53

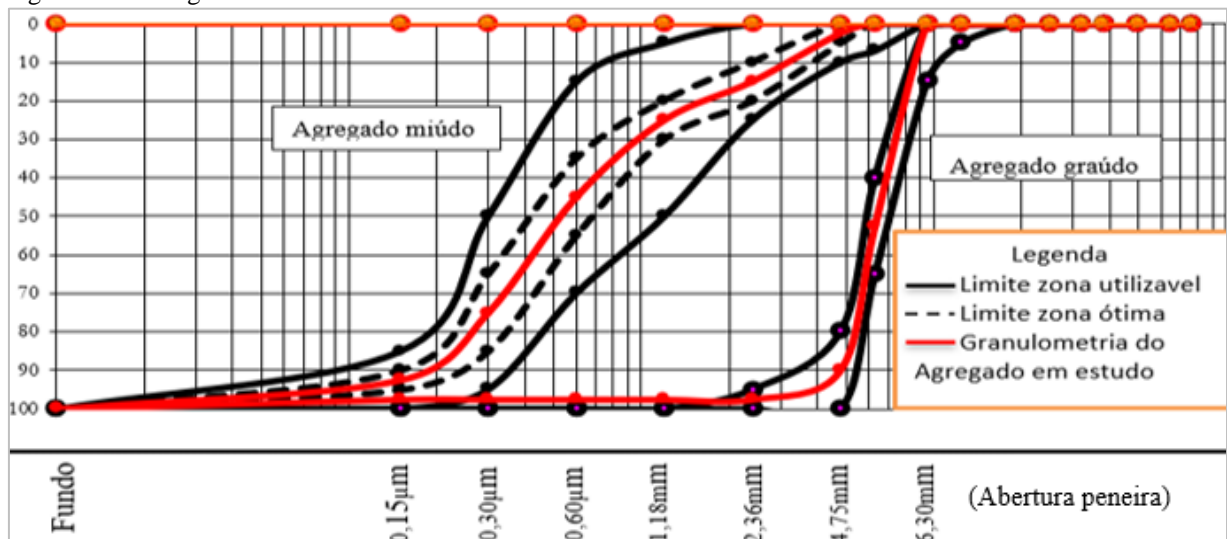
Fonte: O autor (2019).

O resultado foi satisfatório visto que Frazão e Paraguassu (1998) limite o uso até a 1%.

5.1.4 Análise granulométrica

Os valores de ajuste de granulometria, para o quartzito e para o gnaiss de acordo com a granulometria recomendada segundo a ABNT NBR 7211:2009 e para a granulometria de acordo com Fernandes (2015), estão no apêndice A. A Figura 30 representa a curva granulométrica ótima de acordo com a ABNT NBR 7211:2009.

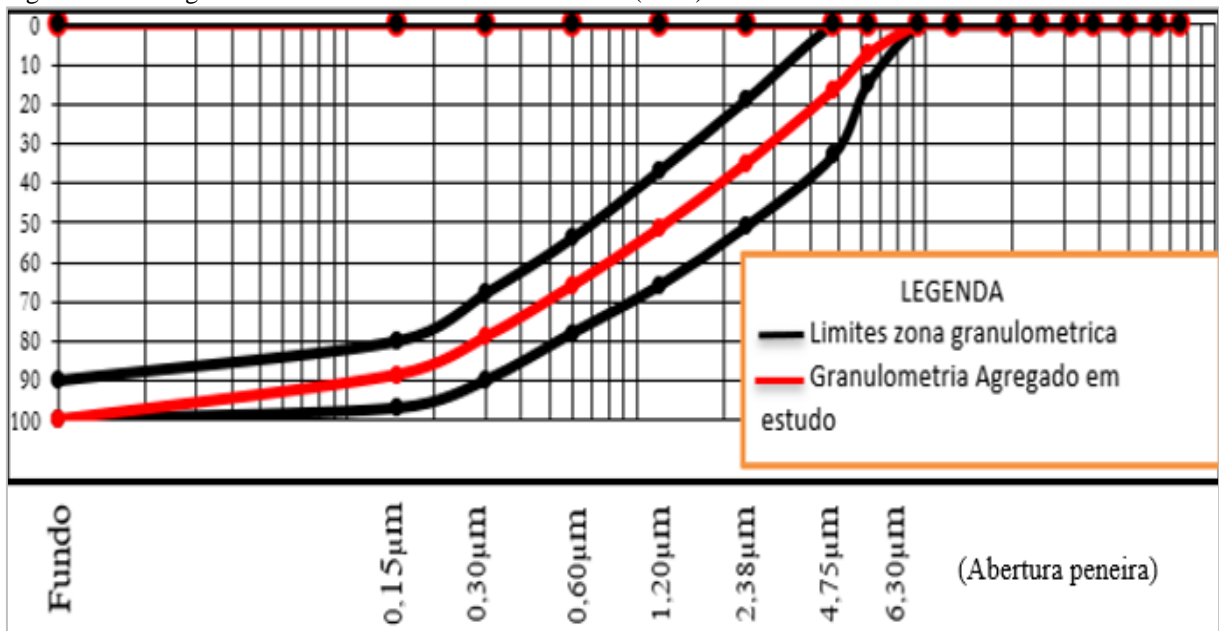
Figura 30 Curva granulométrica de acordo com ABNT NBR 7211:2009.



Fonte: ABNT NBR 7211 (2009), adaptado pelo autor (2019).

Foi possível através dos limites determinado atingido a zona ótima da granulometria da ABNT NBR 7211:2009. Também foi atingido a granulometria recomendada por Fernandes, Idário (2015) conforme a Figura 31.

Figura 31 Curva granulométrica de acordo com Fernandes (2015).



Fonte: Fernandes (2015), adaptado pelo autor (2019).

5.2 Caracterização do agregado de quartzito miúdo

5.2.1 Massa específica e massa específica aparente

Conforme descrito o processo segundo a ABNT NBR NM 52:2009 foi obtido os resultados conforme a Tabela 24.

Tabela 24: Determinação de massa específica e massa específica aparente

Determinação de massa específica e massa específica aparente	
m = massa da amostra seca em estufa (g)	497,79
V = volume do frasco (cm^3)	500
V_a = volume de água acionado ao frasco (cm^3)	309,19
m_1 = massa do conjunto frasco + agregado (g)	734,74
m_2 = massa total frasco + agregado + água (g)	1043,93
ρ_a = massa específica da água (g/cm^3)	1
m_s = massa da amostra na condição saturada superfície seca (g)	500,08
d_1 = massa específica aparentes do agregado seco (g/cm^3)	2,61
d_2 = massa específica agregado saturado superfície seca (g/cm^3)	2,62
d_3 = massa específica do agregado (g/cm^3)	2,642

Fonte: O autor (2019).

5.2.2 Determinação da absorção de água

De acordo com a ABNT NBR NM 30:2000 os valores obtidos para determinar a absorção de água estão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25: Absorção de água agregado miúdo

Determinação das Massas	
m = Massa ao ar da amostra seca (g)	500,14
m_s = Massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g)	501,6
A = Absorção da água (%)	0,291

Fonte: O autor (2019).

5.3 Caracterização do agregado de quartzito graúdo

5.3.1 Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro

A qualidade do agregado e sua forma tem ligação direta a sua resistência e trabalhabilidade, a ABNT NBR 7211:2009 determina que o índice de forma não deve ser superior a 3, com a aplicação da equação (10). O resultado é apresentado na Tabela 26.

Tabela 26: Índice de forma pelo paquímetro

Determinação índice de forma ABNT NBR 7211:2009	
C/E	Condição
2,08	Aceitável

Fonte: O autor (2019).

No Apêndice B está disponibilizado a planilha para determinação do índice de forma apresentado na Tabela 26 .

5.3.2 Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água

Os valores foram obtidos da Tabela 27, foram obtidos de acordo com a ABNT NBR NM 53:2009.

Tabela 27: Determinação massa específica, massa específica aparente e absorção de água

Determinação de massas e absorção de água	
m = massa ao ar da amostra seca (g)	3000
m_a = massa em água da amostra saturada (g)	1858,32
m_s = massa ao ar da amostra em condição saturada superfície seca (g)	3007,6
d = massa específica agregado seco (g/cm^3)	2,610
d_s = Massa Específica em condição saturada superfície seca (g/cm^3)	2,617
d_a = massa Específica Aparente (g/cm^3)	2,627
A = absorção (%)	0,25

Fonte: O autor (2019).

5.3.3 Determinação teor de umidade total

Os valores de acordo com a ABNT NBR 9939:2012 estão apresentados na Tabela 28:

Tabela 28: Teor de umidade total

Determinação de teor de umidade total	
m_i = é a massa inicial da amostra (g);	1500
m_f = é a massa final da amostra seca após estufa (g);	1401,87
h = é o teor de umidade total, arredondado ao décimo mais próximo (%);	0,07

Fonte: O autor (2019).

5.4 Parâmetros de qualidades do agregado de quartzito

Para avaliar os resultados obtidos dos ensaios foi feita a Tabela 29, em comparação com parâmetros estabelecidos por Verhoef e Van de Wall (1998 apud GOMES,2000) e também Frazão e Paraguassu (1998) como demonstra o item 5.4 deste trabalho. Os resultados obtidos atendem as especificações, viabilizando seu uso na construção civil.

Tabela 29: Parâmetros de qualidade dos ensaios

Tipo	Agregado miúdo	Agregado graúdo
Massa unitária(g/cm³)	1,55 N.E	1,46 N.E
Torrões de argila (%)	0,17 Aceitável (máx. 3%)	0,06 Aceitável (máx. 3%)
Material pulverulento (%)	0,53 Aceitável (máx. 1 %)	N.A
Massa específica seca (g/cm³)	2,61 Bom	2,61 Bom
Massa específica saturado superfície seca (g/cm³)	2,620 N.E	2,617 N.E
Massa específica aparente (g/cm³)	2,642 N.E	2,627 N.E
Índice de vazios (%)	40,58 N.E	43,64 N.E
Absorção d'água (%)	0,291 Excelente	0,282 Excelente
Índice de forma pelo método do paquímetro	N.A	2,08 Aceitável (máx. 3)
Teor de umidade total (%)	0,82 N.E	0,07 N.E
Granulometria	Brita 0 Excelente (curva ótima)	Brita 0 Excelente (curva ótima)

N.E.= não especificado. N.A = não aplicável;

Fonte: O autor (2019).

5.5 Dosagem preliminar do concreto para produção dos corpos de prova cilíndricos

5.5.1 Método da ABCP/ACI

5.5.1.1 Resistência da dosagem

O valor da resistência para dosagem do concreto de acordo com a ABNT NBR 12665:2015 foi determinado de acordo com a Tabela 30.

Tabela 30: Determinação da resistência do concreto

Traço adotado	f_{ck} (MPa)	S_d	f_{cj} (MPa)
	25	4	31,6

Fonte: O autor (2019).

5.5.1.2 Relação água/cimento

De acordo com Mehta e Monteiro (2008) a relação água/cimento influencia na cura do concreto, trabalhabilidade e na retração por secagem, a utilização de menos água de amassamento ocasiona a redução substancial da retração, no entanto por outro lado o aumento da água reduz o volume de agregado, aumentando consequentemente a retração. A relação água/cimento é um fator importante para obter resultados satisfatórios na produção de concreto seco para blocos de cimento Portland.

o cimento precisa de cerca de 25% da sua massa para desenvolver reações químicas de endurecimento (hidratação). Ocorre, que em razão da presença de agregado miúdo, esta água não é suficiente para proporcionar á mistura a trabalhabilidade adequada para seu manuseio, sendo então necessário adicionar uma quantidade um pouco maior de água para possibilitar as operações de misturas, lançamento e adensamento do concreto. (FERNANDES, 2015, p. 79)

Fernandes (2015) também define que a relação água/cimento deve ser a menor possível, porém, o suficiente para que sejam garantidas boas condições de mistura, lançamento e adensamento do concreto, a princípio será adotado um fator para avaliação de 0,3 para relação água/cimento, que corresponde a 30% sendo um valor maior que 25% como é recomendado. No entanto devido a esta restrição o método da ABCP/ACI está sendo adaptado.

5.5.1.3 Consumo de água e aditivo

Conforme Fernandes (2015) o grande cuidado em produzir concreto seco e determinar a umidade ótima da mistura, uma mistura na umidade ótima dificulta um pouco a alimentação do molde mas é muito mais fácil de ser compactada, resulta em menor índice de vazios e em maior resistência a compressão, a água em proporções além do necessário para hidratação do cimento prejudica o concreto porque aumenta a porosidade da pasta diminuindo sua resistência, Fernandes (2015) recomenda que o a umidade da mistura esteja de 4% a 8%. Segundo Tango (1994) a umidade para produção deve ser a maior possível entre (5% a 8%), para que as unidades não se esboroem.

Visto a deficiência do concreto seco, em relação ao adensamento, o uso de aditivos cumprem o papel de plastificar a mistura sem, no entanto, prejudicar a qualidade da pasta, desenvolvem papel fundamental na dosagem. O aditivo é um:

Produto adicionado durante o processo de preparação do concreto, em quantidades não maior que 5% da massa de material cimentício contida no concreto, com o objetivo de modificar as propriedades do concreto no estado fresco. (ABNT NBR 12655,2015, p.5)

Segundo Fernandes (2015) a proporção ideal de aditivo varia de 0,2% a 0,4 % do peso de cimento. O aditivo utilizado para produção da dosagem foi o (ADI-BLOCO) conforme laudo técnico do produto apresentado no Anexo A. Foi utilizado 15,63 ml de aditivo para cada traço produzido (atendendo a recomendação de Fernandes (2015) e do laudo técnico do produto) conforme será apresentado adiante. Sendo assim devido à dificuldade de obter o valor real do consumo de água, foi adotado inicialmente o valor de 130 (l/m³), e após determinar o traço final foi calculada a porcentagem de umidade, dividindo o peso de água consumido em cada traço pelo peso total de agregado.

5.5.1.4 Consumo de cimento

O consumo de cimento foi obtido de acordo com a Tabela 31 a seguir:

Tabela 31: Consumo de cimento C_c :

Consumo de água (l/m ³)	Relação água/cimento (a/c)	Consumo de cimento (kg/m ³)
130	0,3	433,33

Fonte: O autor (2019).

5.5.1.5 Consumo de agregado

O consumo de agregado graúdo foi determinado de acordo a Tabela 32

Tabela 32: Consumo de agregado graúdo

Traço	Agregado	Consumo (kg/m ³)
1A e 1B	Quartzito	765,47
1C e 1D	Gnaisse	798,33

Fonte: O autor,2019.

O consumo de agregado miúdo foi determinado de acordo com a Tabela 33 a seguir:

Tabela 33: consumo de agregado miúdo

Traço	Agregado	Consumo (kg/m ³)
1A e 1B	Quartzito	1132,74
1C e 1D	Gnaisse	1300,5

Fonte: O autor,2019.

5.5.1.6 Apresentação do traço

O Traço foi determinado de acordo com a Tabela 34 a seguir:

Tabela 34: Apresentação do traço de acordo com ABCP/ACI (1984)

Traço	Tipo rochoso	C_c	C_a	C_b	C_{ag}
1A e 1B	Quartzito	1	2,61	1,77	0,3
1C e 1D	Gnaisse	1	3,0	1,84	0,3

Fonte: O autor (2019).

5.5.1.7 Cálculo do volume dos materiais

Foi calculado o consumo de agregados nas proporções adequadas para produzir 12 dm^3 de concreto, para cada traço sendo no total de quatro traços, o consumo em (kg) nas proporções foi determinado de acordo com a Tabela 35.

Tabela 35: Apresentação do traço em (kg) nas proporções para produzir 12 dm^3 cada traço.

Traço	Tipo rochoso	C_c (kg)	C_a (kg)	C_b (kg)	C_{ag} (kg)
1A e 1B	Quartzito	5,21	13,6	9,22	1,57
1C e 1D	Gnaisse	5,21	15,63	9,58	1,57

Fonte: O autor (2019).

5.5.1.8 Verificação da umidade do traço

Determinado o traço foi calculado a umidade de acordo com a Tabela 36 para ambos traços foi determinada uma umidade adequada de acordo com Fernandes (2015) que recomenda uma umidade entre 4% a 8% e Tango (1994) recomendando uma porcentagem de 5% a 8% conforme explicado no item 5.5.1.3.

Tabela 36: Umidade do traço de acordo com o tipo rochoso

Traço	Traço de acordo com tipo rochoso	Umidade da Mistura (%)
1A e 1B	Quartzito	5,57
1C e 1D	Gnaisse	5,14

Fonte: O autor (2019).

O traço pode ser representado também da seguinte forma, fazendo a soma dos agregados miúdos com agregados graúdos, pois ambos são do mesmo tipo rochoso, entanto pode ser expresso de acordo com a Tabela 37.

Tabela 37: Apresentação do traço

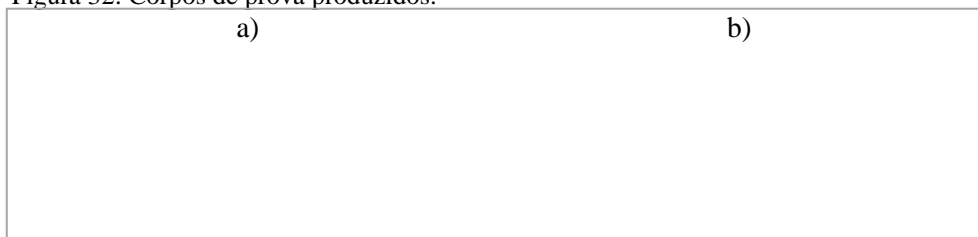
Traço	Tipo rochoso	C_c	C_{ab}	C_{ag}
1A e 1B	Quartzito (kg/m^3)	1	4,38	0,3
1C e 1D	Gnaisse (Kg/m^3)	1	4,84	0,3

Fonte: O autor (2019).

5.5.1.9 Produção experimental dos corpos de provas cilíndricos

É possível notar na Figura 32, os corpos de provas produzidos, os quatro traços respectivamente da direita para esquerda são: Conforme a granulometria de Fernandes (2015) e conforme a granulometria da norma ABNT NBR 7211:2009 para gnaisse e quartzito.

Figura 32: Corpos de prova produzidos.





Traço segundo Fernandes (2015)
1D (Gnaiss) 1B(Quartzito)

Traço segundo ABNT NBR 7211:2009
1C(Gnaiss) 1A(Quartzito)

Fonte: O autor (2019)

Os resultados obtidos de resistência dos ensaios estão citados na Tabela 38 na ordem crescente respectivamente.

Tabela 38: Resultado dos ensaios de compressão:

Traço	Agregado	Granulometria	Amostras						
			1	2	3	4	5	6	7
1A	Quartzito	Norma 7211:2009	7,15	7,28	7,93	8,56	8,62	8,76	9,29
1B		Fernandes	5,36	6,12	6,45	6,58	6,63	7,12	7,54
1C	Gnaiss	Norma 7211:2009	7,21	7,45	7,88	8,32	8,46	9,12	9,32
1D		Fernandes	6,12	6,37	7,21	7,63	8,21	8,54	8,77

Fonte: O autor (2019)

O valor do f_{bk} conforme Equação (19), respeitando os limites inferiores e superiores da ABNT NBR 6136:2016, conforme a Tabela 39.

Tabela 39: Cálculo da resistência característica dos blocos $f_{bk}(MPa)$

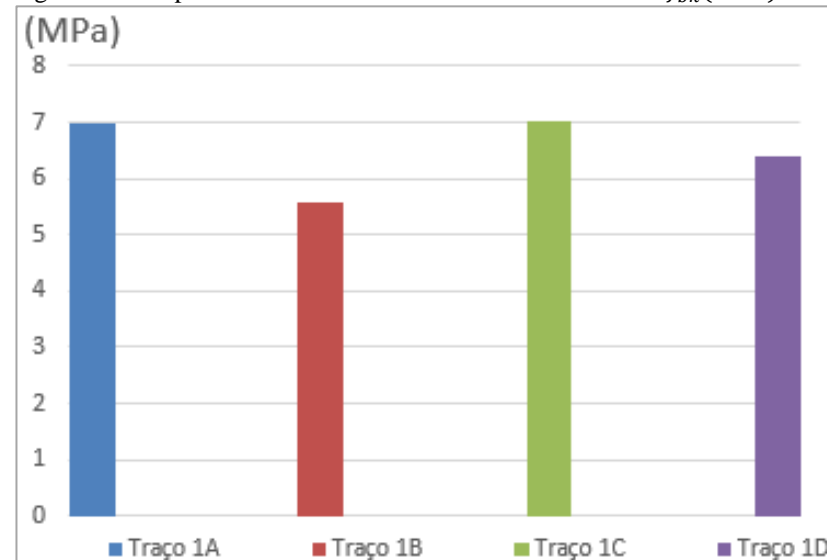
Traço	Agregado	Granulometria	$f_{bk,est}$	Média	Limite inferior	Limite superior	$f_{bk}(MPa)$
1A	Quartzito	Norma 7211:2009	8,11	8,22	6,36	6,99	6,99
1B		Fernandes	6,28	6,54	4,77	5,56	5,56
1C	Gnaiss	Norma 7211:2009	8,46	8,25	6,41	7,01	7,01
1D		Fernandes	6,5	7,54	5,38	6,4	6,4

Fonte: O autor (2019)

De acordo com os valores obtidos da Tabela 39 é possível determinar as classes de resistências dos corpos de prova cilíndricos produzidos conforme ABNT NBR 6136:2016, todos apresentaram condições satisfatória para classe B, sendo que os corpos de prova produzidos de acordo com a granulometria da ABNT NBR 7211:2009 apresentaram maior

resistência a compressão no entanto não apresentaram bom acabamento. A resistência dos corpos de prova cilíndricos está comparada de acordo com o Figura 33.

Figura 33:Comparativo da resistência característica do bloco $f_{bk}(MPa)$



Fonte: O autor (2019)

O comparativo entre o traço 1A e o traço 1C obteve resultado entre os agregados de 0,3%, produzindo concreto na granulometria de acordo com a ABNT NBR 7211:2009. A proporção aumento para 13,12% quando comparado o traço 1B e 1D, produzindo concreto na metodologia de Fernandes (2015). Foi adotado como base para produção dos blocos estruturais o traço de acordo com a granulometria de Fernandes (2015) pois apresentou um melhor acabamento, sendo mais indicado para produção dos blocos estruturais, e os valores de resistência mecânica não foram discrepantes se comparado a granulometria de acordo com a ABNT NBR 7211:2009.

5.6 Dosagem do concreto para produção dos blocos estruturais

5.6.1 Empacotamento dos grãos

A porcentagem passante de cada mesh, utilizada para obter a curva de empacotamento foi determinada de acordo com a Tabela 40.

Tabela 40: Porcentagem passante dos mesh nas peneiras (mm)

Peneira(mm)	Mesh 3	Mesh 5	Mesh 10	Mesh 20	Mesh 30	Mesh 60	Mesh 80	Mesh 100
8	24							
4	29							
2	47	99,8						
1		0,2	11,18					
0,704			56,06	15,14				
0,592			8,95	49,49				

0,497			8,95	8,38	11,51			
0,418			5,16	8,38	11,5			
0,352			1,585	8,38	17,42			
0,296			1,585	3,21	17,42			
0,248			0,73	0,67	10,29	8,94		
0,209			0,73	0,67	10,29	8,89		
0,176			0,73	0,67	10,29	8,89		
0,148			0,59	0,6	2,5	20,18	7,81	
0,124			0,59	0,6	2,5	20,18	7,77	
0,104			0,59	0,6	2,5	20,18	33,53	
0,88			0,59	0,6	1,39	5,78	33,53	38,84
0,74			1,98	1,81	1,39	5,77	4,34	38,66
fundo			0,39	0,8	1	1,19	13,02	22,5
soma	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: O autor (2019)

5.6.2 Consumo dos materiais a ser produzidos

O consumo de cimento de cada traço de acordo com a Equação (17), está determinado de acordo com a Tabela 41.

Tabela 41: Consumo de cimento para produção dos blocos de concreto

Traço	Proporção (A/C)	Cimento (kg)
2A	1:4,38	43,46
2B	1:10	22,45

Fonte: O autor (2019)

Os valores de ajuste que mais se aproximaram da curva de referência no software EMMA Mix Analyzer estão determinados na aba quantidade da Tabela 42 para o traço 2A.

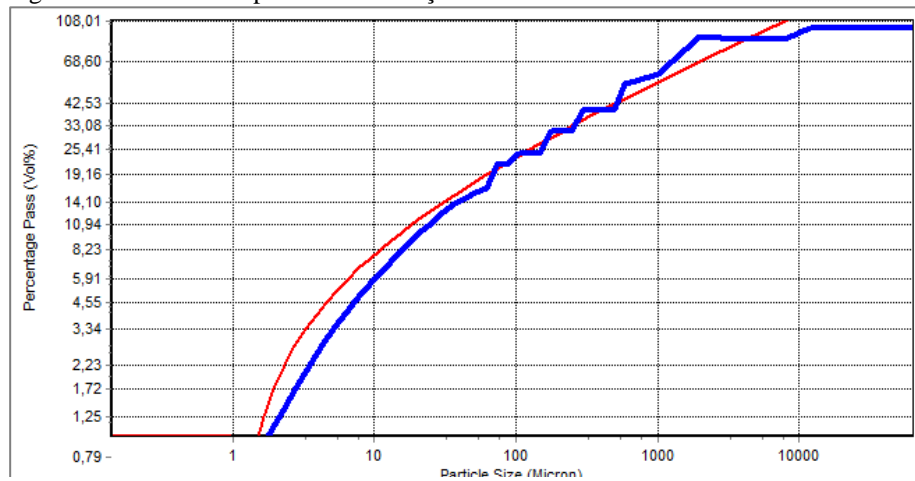
Tabela 42: Valores de ajuste traço 2A.

Mesh's	Quantidade (kg)	Consumo de cimento (kg)	Consumo de agregado
Mesh 3	0,84		36,5
Mesh 5	0,74		32,16
Mesh 10	0,6		26,07
Mesh 20	0,6		26,07
Mesh 30	0,5	43,46	21,73
Mesh 60	0,4		17,38
Mesh 80	0,4		17,38
Mesh 100	0,3		13,06
Total	4,,38		190,35

Fonte: O autor (2019)

De acordo com os valores da Tabela 42 foi determina a curva empacotamento conforme a Figura 34.

Figura 34: Curva de empacotamento traço 2A



Fonte: O autor (2019)

Os valores de ajuste que mais se aproximaram da curva de referência no software EMMA Mix Analyzer para o traço 2B estão determinados na aba quantidade da Tabela 43.

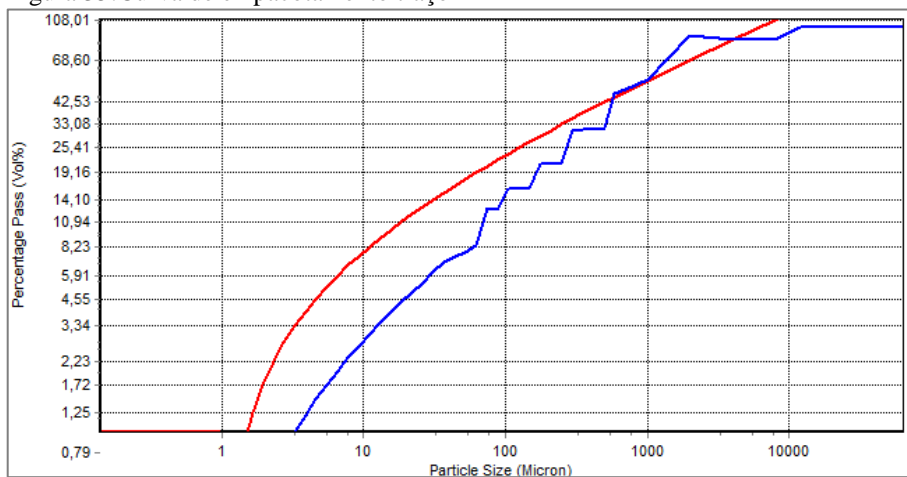
Tabela 43: Valores de ajuste traço 2B.

Mesh's	Quantidade (kg)	Consumo de cimento (kg)	Consumo de agregado
Mesh 3	1,95		43,77
Mesh 5	1,54		34,57
Mesh 10	1,60		35,93
Mesh 20	1,51		33,89
Mesh 30	1,20	22,45	26,95
Mesh 60	1,00		22,45
Mesh 80	0,6		13,47
Mesh 100	0,6		13,47
Total	10		224,50

Fonte: O autor (2019)

E determinada a curva de empacotamento agregado/cimento para o traço 2B, conforme Figura 35.

Figura 35: Curva de empacotamento traço 2B



Fonte: O autor (2019)

Após determinar o consumo de agregados de quartzito, o consumo de cimento, e mantendo a proporção do consumo de água foi possível determinar o consumo para cada traço conforme a Tabela 44.

Tabela 44: Proporção do traço inicial

Traço	Consumo cimento (kg)	Consumo de agregado de quartzito (kg)	Consumo de água (lt)
2A	43,46	190,35	13,04
2B	22,45	224,50	6,735

Fonte: O autor (2019)

Foi levado em consideração a absorção de água conforme item 5.2.2 dos agregados, o consumo de água do traço 2A foi aumentado em 554 ml para manter a mesma proporção, e o consumo do traço 2B foi aumentado em 772 ml, conforme Tabela 45.

Tabela 45: Proporção do traço inicial corrigida

Traço	Consumo cimento (kg)	Consumo de agregado de quartzito (kg)	Consumo de água (lt)
2A	43,46	190,35	13,60
2B	22,45	224,50	7,507

Fonte: O autor (2019)

5.6.3 Produção dos blocos estruturais

A Figura 36 apresenta os blocos de concretos produzidos, sendo os blocos do traço 2A do lado esquerdo, e os blocos produzidos com traço 2B do lado direito.

Figura 36: Blocos de concretos produzidos



Fonte: O autor (2019)

Os blocos produzidos com traço na proporção de 2A apresentou umidade de 7,5% de acordo com o sensor de umidade Figura 25 e uma textura tátilo-visual satisfatório para as proporções previamente estabelecidas, conforme a Figura 37.

Figura 37: Análise táctico-visual traço 2A



Fonte: O autor (2019)

No entanto os blocos produzidos com traço 2B apresentaram um volume maior de agregados e a proporção de água estabelecida não garantiu homogeneidade do traço, a umidade alcançada no sensor era de 3,7% foi necessário aumentar o consumo de água para moldar os blocos até atingir a mesma umidade do traço 2A , o total de água do traço foi de 14,5 lt. Na Figura 38 é possível fazer uma análise táctico-visual dos blocos produzidos.

Figura 38: Análise táctico-visual traço 2B



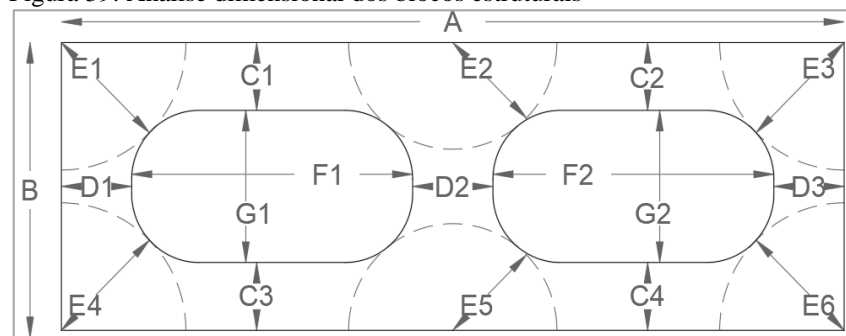
Fonte: O autor (2019)

5.7 Propriedades físicas e mecânicas dos blocos estruturais

5.7.1 Análise dimensional

De acordo com a Tabela 10 foi verificada uma análise dimensional em seis blocos, as medidas coletadas estão de acordo com a Figura 39.

Figura 39: Análise dimensional dos blocos estruturais



Fonte: O autor (2019)

As medidas coletas estão apresentadas de acordo com a Tabela 46 a seguir.

Tabela 46: Análise dimensional dos blocos estruturais.

		Limite(mm)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
Dimensões nominais	A	390 ± 2	390,02	390,07	390,12	390,03	390,08	390,04
	B	140 ± 2	140,03	140,08	140,23	140,47	140,21	140,07
Paredes longitudinais	C1		25,62	25,81	26,32	25,36	25,47	25,64
	C2	≥ 25	25,99	26,18	25,49	25,78	25,93	26,59
	C3		25,61	25,97	25,62	26,04	25,29	26,25
	C4		256,22	26,61	25,47	25,39	26,28	25,94
Paredes transversais	D1		26,62	26,17	25,02	25,54	25,77	25,39
	D2	≥ 25	26,31	25,78	25,62	26,65	25,47	26,54
	D3		25,98	25,74	26,12	26,47	25,85	26,03
Mísulas	E1		54,10	55,01	54,78	54,95	55,21	54,54
	E2	≥ 40	54,26	55,15	54,48	54,48	55,32	55,02
	E3		54,26	54,99	55,08	55,31	55,19	55,18
Mísulas	E4		55,54	55,89	56,65	56,84	55,62	55,87

Continuação Tabela 46: Análise dimensional dos blocos estruturais.

	E5		54,85	55,66	56,21	56,54	55,98	56,33
	E6		55,69	56,54	54,78	56,54	54,30	55,87
Dimensão furo longitudinal	F1	≥ 70	146,8	146,21	146,5	145,88	146,25	145,84
	F2		146,77	145,66	145,98	146,52	146,87	146,52
Dimensão furo transversal	G1	≥ 70	89,14	87,91	88,54	88,89	89,21	89,01
	G2		89,32	88,62	88,69	89,65	89,78	88,88
Altura	H	190 ± 3	190,25	190,89	190,45	190,25	190,75	190,66

Fonte: O autor (2019)

A análise dimensional dos blocos estruturais atende a todos os critérios especificados no item 3.10.4.2.

5.7.2 Resistência característica a compressão axial

A Tabela 47 apresenta s valores de resistência individuais a compressão axial obtidas pelos blocos produzidos com traço na proporção A/C de 1:4,38 e A/C 1:10 na ordem crescente. Fotos do ensaio de compressão se encontram no apêndice C.

Tabela 47: Resistência individual blocos

Resistência a compressão individual dos blocos (MPa)							
Traço	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7

2A	9,54	10,57	11,05	11,44	11,54	11,55	11,58
2B	6,45	6,5	6,56	7,18	7,19	7,43	7,6

Fonte: O autor (2019)

Aplicando a Equação (19) e verificando o valor $\psi \cdot f_{b(1)}$ da Tabela 20 foi determinado o valor $f_{(bk,est)}$ conforme a Tabela 48.

Tabela 48: Cálculo da resistência característica dos blocos $f_{bk}(MPa)$

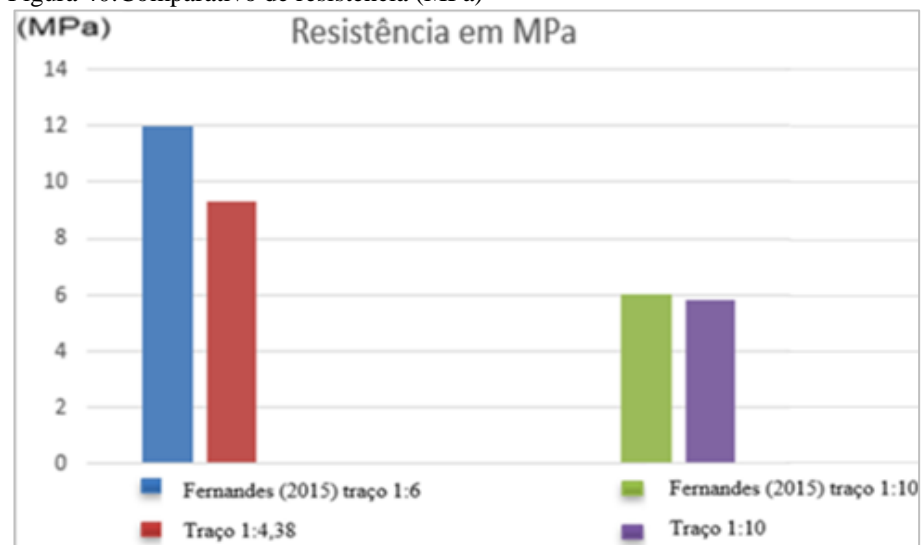
Agregado	Traço	$f_{bk,est}$	Média	Limite inferior	Limite superior	$f_{bk}(MPa)$
Quartzito	2A	9,33	11,03	8,68	9,37	9,33
	2B	5,82	6,98	5,86	5,93	5,86

Fonte: O autor (2019)

Foi possível concluir que o traço 2A cumpriu com o requisito de resistência do bloco classe A ($f_{bk} \geq 8,0$ MPa), e o traço 2B atende a resistência do bloco classe B ($4,0$ MPa $\leq f_{bk} < 8,0$ (MPa)).

Foram comparados os resultados obtidos com resultados de traços sugeridos por Fernandes (2015), no entanto não está determinado se os valores de resistência sugeridos por Fernandes (2015) são os de resistência característica dos blocos $f_{(bk,est)}$, podendo ser também a resistência média que os corpos de prova deverão apresentar quando forem ensaiado á compressão no laboratório em determinada idade $f_{(bj)}$, supondo que seja o $f_{(bk,est)}$, a Figura 40 apresenta os resultados de resistência.

Figura 40: Comparativo de resistência (MPa)



Fonte: O autor (2019)

A uma diferença maior de resistência entre o traço produzido conforme metodologia de Fernandes (2015) de A/C 1:6 em comparação com traço em estudo de 2A(A/C 1:4,38) mesmo esse segundo traço apresentando um consumo maior de cimento, sua resistência foi inferior, a diferença foi de 22,25%, já a resistência entre dois traços produzidos na mesma

proporção de A/C 1:10 foi de apenas 3%. Os insumos utilizados para produção dos blocos conforme metodologia de Fernandes (2015) são: cimento, areia, pó de pedra, pedrisco ou brita 0 e aditivo, devido a esses critérios não é possível fazer um comparativo preciso entre os traços de concreto, pois os insumos são diferentes. Para a produção do bloco em estudo foi utilizado apenas cimento, quartzito, água e aditivo. Além disso, os equipamentos são diferentes, por esse motivo podem apresentar eficiências diferentes, por calibração, força de compressão, vibração, dentre outros.

5.7.3 Absorção de água

De acordo com a Tabela 10 foram ensaiados três blocos para cada traço. Foi preciso cortar os blocos para poder serem colocados na estufa de acordo com Figura 41.

Figura 41: Ensaio de absorção de água



Fonte: O autor (2019)

Os resultados obtidos do ensaio de absorção estão demonstrados na Tabela 49.

Tabela 49: Ensaio de absorção

	Traço 2A			Traço 2B		
	M2	M1	%	M2	M1	%
Amostra 1	2,83	2,668	6,07	2,718	2,492	9,06
Amostra 2	2,716	2,538	7,01	2,712	2,49	8,91
Amostra 3	2,790	2,548	9,49	2,636	2,406	9,55

Fonte: O autor (2019)

Todos os blocos atendem ao limite estabelecido de absorção de acordo Tabela 11, os blocos com traço com consumo maior de cimento apresentaram uma absorção menor.

5.8 Custo para produção

Foram coletados os valores dos agregados para produção dos blocos convencionais de acordo com a SINAPI, tendo como referente dados do mês de setembro de 2019 de acordo com a Tabela 50.

Tabela 50: Preços de insumos

Código	Descrição do insumo	Unidade	Preço mediano (R\$)
369	Areia amarela	m ³	66,72
4741	Pó de pedra	m ³	66,84
4720	Pedra britada n.0	m ³	89,4

Fonte: SINAPI (09-2019)

Foi realizado uma pesquisa de mercado na região do sul de Minas Gerais no período de outubro de 2019, para determinar o valor do agregado de quartzito britado que não foi obtido de acordo com a SINAPI, segundo a empresa Siox Indústria Comércio e Beneficiamento de Minério LTDA o valor foi de 42,80 (R\$/m³). A Tabela 51 apresenta o custo final dos blocos, para produção de 3 m³.

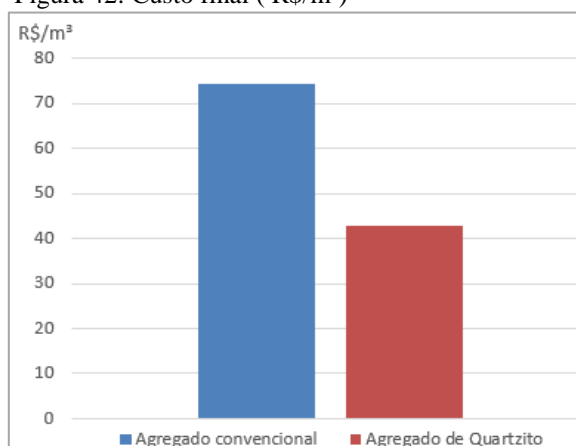
Tabela 51: Custo de agregados para produção de 3m³ de bloco convencional

Descrição	m ³	R\$/m ³	R\$
Areia amarela		66,72	66,72
Pó de pedra	1	66,84	66,84
Pedra britada n.0		89,4	89,4
Total	3		222,96

Fonte: O autor (2019)

O custo dos agregados para produção de 3m³ de bloco convencional e de R\$ 222,96, o custo unitário por m³ será de R\$74,32, a Figura 42 apresenta o custo final para produção dos blocos estruturais.

Figura 42: Custo final (R\$/m³)



Fonte: O autor (2019)

Utilizando do agregado de quartzito para produção dos blocos estruturais, o custo dos agregados seria de 57,58% menor se comparado com custo utilizando agregados convencionais. No entanto vale ressaltar, que os valores não estão sendo considerados fretes.

6 CONCLUSÃO

O intuito deste trabalho foi realizar o aproveitamento dos rejeitos de quartzito gerados durante a sua exploração no centro produtor de São Thomé das Letras, visto que, este rejeito causa grande danos ambientais, principalmente em torno do município onde é explorado. Uma das formas para utilização dos rejeitos de quartzitos é como agregado para produção de blocos estruturais de concreto de cimento Portland.

Visando aplicar esses rejeitos como agregados na produção de blocos estruturais realizou-se ensaios a fim de qualificar as propriedades físicas do quartzito, o qual apresentou resultados satisfatórios. A realização desses ensaios é de grande importância, visto que, as propriedades do material influenciam na qualidade do concreto.

Os resultados de resistência dos corpos de prova cilíndricos de concreto comparando os dois traços com granulométricas dos agregados distintas, foram semelhantes. O comparativo entre a produção de concreto com agregado de quartzito e a produção de concreto com agregado de gnaiss apresentaram diferenças de resistência de 0,3% utilizando a granulometria ótima recomendada pela ABNT NBR 7211:2009. Produzindo concreto com agregado de quartzito e com agregado de gnaiss segundo a metodologia de Fernandes (2015) a proporção aumentou para 13,12%. Porém, a distribuição granulométrica dos agregados recomendada por Fernandes (2015) apresentou um melhor acabamento superficial, sendo mais indicada para a produção dos corpos de prova cilíndricos de concreto.

Após essa análise foram produzidos outros dois traços utilizando a distribuição granulometria recomendada por Fernandes (2015) para produção dos blocos estruturais com agregados de quartzito, a fim de comparar a resistência destes, com blocos convencionais produzidos conforme metodologia recomendada por Fernandes (2015). O resultado do traço 2A produzido com agregado de quartzito, comparado com traços produzidos com agregados convencionais segundo metodologia de Fernandes (2015), apresentou um resultado de resistência 22,25% menor, e apresentou um consumo maior de cimento de 27%. No entanto, o segundo traço 2B apresentou valor de resistência 1% superior ao traço produzido conforme metodologia de Fernandes (2015) com agregados convencionais na mesma proporção de (A/C 1:10).

Apesar dos valores obtidos terem sido satisfatórios, não foi possível fazer um comparativo entre a resistência dos traços produzidos com agregado de quartzito em relação a resistência dos traços produzidos com agregados convencionais, fabricados segundo metodologia de Fernandes (2015), pois os blocos foram compostos com insumos diferentes e com equipamentos diferentes, o importante é que o primeiro traço 2A, atende aos parâmetros

dos blocos classe A, e o segundo traço 2B os parâmetros dos blocos classe B, de acordo com a ABNT NBR 6136:2016, portanto podem ser utilizados para compor a alvenaria estrutural.

A redução do custo final utilizando agregado de quartzito comparado com agregados convencionais é de 57,5%, essa economia viabiliza o uso do agregado de quartzito, pois além de reduzir custos, é uma forma sustentável de reaproveitar o material, que é considerado rejeito pelas mineradoras. Na composição dos custos, não se considerou o valor do transporte, então o custo final depende da localização da fábrica.

Tendo em vista a importância do tema deste trabalho, pode-se sugerir estudos complementares para verificação da reação álcali agregado nos quartzitos, visto que estes agregados apresentam percentuais de sílica significativos.

Espera-se com este trabalho poder contribuir para o setor da construção civil, propondo um uso alternativo dos rejeitos de quartzitos como agregado na produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural.

REFERÊNCIAS

ABNTNBR NM 248:2003. **NBR NM 248: Agregados:Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2003.

ALBUQUERQUES, S. M. **Estudo para uso de agregado de resíduos de construção e demolição em blocos de concreto para alvenaria.** Instituição de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo. São Paulo. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR NM 30:Agregado miúdo:Determinação da absorção de água.** Rio De Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR NM 46:** Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 6467:Agregados:Determinação do inchamento de agregado miúdo-Método de ensaio.** Rio de Janeiro. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR NM45: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro. [S.l.]. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 12821: Preparação de concreto em laboratório- Procedimento.** Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR NM 52: Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR NM53:** Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: [s.n.], 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 7218: Agregdos- Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.** Rio de Janeiro. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 9939:** Determinação do teor de umidade total. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 12118:** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria:Método de ensaio. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 12665**: **Concreto de cimento Portland: Preparo, controle, recebimento e aceitação**. Rio de Janeiro. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 6136**: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: Requisitos**. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria-Requisitos. Rio de Janeiro: [s.n.], 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 5739**: **Concreto- Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 5739**: **Concreto-Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TECNICA. **NBR 7809**: **Agregado graúdo: Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro**. Rio de Janeiro. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 27**: **Agregados: Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 26**: **Agregados - Amostragem**. Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211** : **Agregados para concreto: Especificação**. Rio de Janeiro. 2009.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: LTC-Livros técnicos e científicos, v. 1, 2013.

BUCHER, L. A. FALCÃO. **Estimativa da resistência a compressão de concretos executados com cimento nacional em função da relação a/c**. ABCP. São Paulo. 1989.

CARRISO, R.; PIRES, D. CETEM. **A pedra São Thomé. Tensões e conflitos entre APL mineral e o turismo**, 2011. Disponível em: <www.cetem.gov.br/punlicacao/livros/vol_1_grandes_minas_total.pdf>. Acesso em: 18 marc 2019.

EBERT, H. **Ocorrência da fácies granulítica no sul de mns gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem.** Acad. Bras.Ciên. [S.l.], p. 215-229. 1968.

FARIAS, M. M.; PALMEIRAS, E. M. **Agregados para a construção civil.** [S.l.]. 2007.

FEAM. **Plano de ação para sustentabilidade do setor de rochas ornamentais-quartzito São Thomé das Letras.** Belo Horizonte, p. 58. 2009.

FERNANDES, I. D. **Blocos e pavers produção e controle de qualidade.** 6. ed. Ribeirão Preto: Treino assessoria e treinamento empresariais Ltda, 2015.

FERNANDES, T. M. G.; GODOY, A. M.; FERNANDES, N. H. **Aspectos geológicos e tecnológicos dos quartzitos do centro produtor de São Thomé das Letras (MG).** UNESP, Geociências. São Paulo, p. 129-141. 2003.

FONTES, M. P. F. **Introdução ao estudo de minerais e rochas.** Imprensa Univesitária da UFV. Viçosa, p. 23p. 1984.

FRASSOM , J. **Prosposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2000.

FRAZÃO, E. B. **Tecnologia de rochas na contrução civil.** São Paulo: Associação brasileira de geologia de engenharia e ambiental, 2002.

FRAZÃO, E. B.; PARAGUASSU, A. B. **Geologia do Brasil.** São Paulo: ABGE, 1998. p p.

FRAZÃO, E. B.; PARAGUASSU, A. B. **Geologia do brasil.** São Paulo: ABGE, 1998.

GOMES, M. A. S. **Redução de impacto ambiental através da melhoria do processo de lavra de quartzito micáceo no município de São Thomé das Letras-Minas Gerais.** Escola de engenharia, v. dissertação de mestrado (Curso de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica de Minas). Belo Horizonte. 2000.

GOMES, R. L. **Características tecnológicas e alterrrabilidade dos compartimentos entablamento e colunata de derrames basálticos da porção setentrional da bacia do Paraná.** USP São Carlos. São Paulo. 2001.

IBGE. Cidades-São Thomé das Letras. **Instituto brasileiro de geografia e estatística-Censo**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/sao-thome-das-letras/panorama>>. Acesso em: 25 abr 2019.

KARIN, F. G. **Análise comparativa da aderência de tipos rochosos assentados com três argamassas**. São Carlos. São Paulo, p. 64. 2010.

MEDEIROS, J. S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: Produção de componentes e parâmetros de projetos**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1993.

MEDEIROS, J. S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: Produção de componentes e parâmetros de projeto**. Dissertação (Mestrado)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1993.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Controle da microestrutura para o desenvolvimento de concretos de alto desempenho**. São Paulo: EPUSP, 2008. 22 p.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2°. ed. Porto alegre-RS: [s.n.], 2013.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. 5 ed. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

RIBEIRO, A. E.; HEILBRON, M. **Estratigrafia e metamorfismo dos grupos Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais**. Salvador: Congresso Brasileiro geologia, v. v.1, 1982. p.177-176 p.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de construção civil**. 2°. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

RODRIGUES, P. P. F. **Parâmetros de dosagem do concreto**. IBRACON. São Paulo. 1998.

RUSSO, M. L. C. **Reciclagem de resíduo gerado na extração de quartzito**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 21-. 2011.

RUSSO, M. L. C. **Reciclagem de resíduo gerado na extração de quartzito**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.

SINAPI-**Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil**-.Disponível em : <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648>. Porto Alegre, Composição Setembro 2019.

TANGO, C. E. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais**. Santa Catarina. Florianópolis, p. 5. 1994.

TANGO, C. E. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais**. Florianópolis. 1994.

TROUW, R. A. J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. **Contribuição a geologia da folha barbacena**. Goiânia: SBG, v. v.2, 1987. 974-984 p.

VASCONCELOS, F. C. W. **Desenvolvimento de tecnologia para recomposição vegetal com espécies nativas, nas pilhas de rejeito/estéril geradas pela mineração de pedra São Thomé, no município de São Thomé das Letras, Minas Gerais**. UFMG/Escola de Engenharia. Belo Horizonte, p. 148. 2001.

Apêndice A: Valores de ajuste de granulometria

A) Valores de ajuste para gnaiss de acordo com a granulometria da ABNT 7211:2009.

Massa Inicial (g)		15630			Massa Inicial (g)		9580		
Peneira (mm)	AGREGADO MIÚDO				Peneira (mm)	AGREGADO GRAÚDO			
	VALOR DE AJUSTE					VALOR DE AJUSTE			
	Lim. Inf (%)	Lim. Sup. (%)	Média (%)	Massa Ideal (g)		Lim. Inf (%)	Lim. Sup. (%)	Média (%)	Massa Ideal (g)
76	0	0	0,0	0,0	76	0	0	0,0	0,0
64	0,0	0,0	0,0	0,0	64	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	50	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0	38	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	32	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	25	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	19	0,0	0,0	0,0	0,0
12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0
9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0
6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	40,0	65,0	52,5	5029,5
4,8	0,00	5,00	2,5	390,8	4,8	80,00	100,00	90,0	3592,5
2,4	10,00	20,00	15,0	1953,8	2,4	95,00	100,00	97,50	718,5
1,2	20,00	30,00	25,0	1563,0	1,2	0,00	0,00	0,00	
0,6	35,00	55,00	45,0	3126,0	0,6	0,00	0,00	0,00	
0,3	65,00	85,00	75,0	4689,0	0,3	0,00	0,00	0,00	
0,15	90,00	95,00	92,5	2735,3	0,15	0,00	0,00	0,00	
Fundo				1172,3	Fundo				239,5
Total				15630,0	Total				9580,0

Fonte: O autor,2019.

B) Valores de ajuste para quartzito de acordo com a granulometria da ABNT 7211:2009.

Massa Inicial (g)		13600			Massa Inicial (g)		9220		
Peneira (mm)	AGREGADO MIÚDO				Peneira (mm)	AGREGADO GRAÚDO			
	VALOR DE AJUSTE					VALOR DE AJUSTE			
	Lim. Inf (%)	Lim. Sup. (%)	Média (%)	Massa Ideal (g)		Lim. Inf (%)	Lim. Sup. (%)	Média (%)	Massa Ideal (g)
76	0	0	0,0	0,0	76	0	0	0,0	0,0
64	0,0	0,0	0,0	0,0	64	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	50	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0	38	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0	32	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	25	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	19	0,0	0,0	0,0	0,0
12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0
9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0
6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	40,0	65,0	52,5	4840,5
4,8	0,00	5,00	2,5	340,0	4,8	80,00	100,00	90,0	3457,5
2,4	10,00	20,00	15,0	1700,0	2,4	95,00	100,00	97,50	691,5
1,2	20,00	30,00	25,0	1360,0	1,2	0,00	0,00	0,00	
0,6	35,00	55,00	45,0	2720,0	0,6	0,00	0,00	0,00	
0,3	65,00	85,00	75,0	4080,0	0,3	0,00	0,00	0,00	
0,15	90,00	95,00	92,5	2380,0	0,15	0,00	0,00	0,00	
0,075	0,00	0,00	0,0		0,075	0,00	0,00	0,00	
Fundo				1020,0	Fundo				230,5
Total				13600,0	Total				9220,0

Fonte: O autor,2019.

C) Valores de ajuste para gnaiss de acordo com a granulometria de Fernandes (2015).

Massa Inicial (g)		25210		
Peneira (mm)	AGREGADO			
	VALOR DE AJUSTE			
	Lim. Inf (%)	Lim. Sup. (%)	Média (%)	Massa Ideal (g)
76	0	0	0,0	0,0
64	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0
12,5	0,0	0,0	0,0	0,0
9,5	0,0	0,0	0,0	0,0
6,3	0,0	15,0	7,5	1890,8
4,8	0,00	33,00	16,5	2268,9
2,4	19,00	51,00	35,00	4663,9
1,2	37,00	66,00	51,50	4159,7
0,6	54,00	78,00	66,00	3655,5
0,3	68,00	90,00	79,00	3277,3
0,15	80,00	97,00	88,50	2395,0
0,075	90,00	100,00	95,00	1638,7
Fundo	100,00	100,00	100,00	1260,5
Total				25210,0

Fonte: O autor (2019).

D) Valores de ajuste para quartzito de acordo com a granulometria de Fernandes (2015).

Massa Inicial (g)		22820		
Peneira (mm)	AGREGADO			
	VALOR DE AJUSTE			
	Lim. Inf (%)	Lim. Sup. (%)	Média (%)	Massa Ideal (g)
76	0	0	0,0	0,0
64	0,0	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0
12,5	0,0	0,0	0,0	0,0
9,5	0,0	0,0	0,0	0,0
6,3	0,0	15,0	7,5	1711,5
4,8	0,00	33,00	16,5	2053,8
2,4	19,00	51,00	35,00	4221,7
1,2	37,00	66,00	51,50	3765,3
0,6	54,00	78,00	66,00	3308,9
0,3	68,00	90,00	79,00	2966,6
0,15	80,00	97,00	88,50	2167,9
0,075	90,00	100,00	95,00	1483,3
Fundo	100,00	100,00	100,00	1141,0
Total				22820,0

Fonte: O autor (2019).

Apêndice B: Planilha para determinação do índice de forma pelo método do paquímetro

C	E	33,05	14,25	37,21	10,98	20,54	9,95	20,31	17,52	29,65	12,52
29,85	10,12	29,33	13,47	35,61	15,88	27,94	13,94	25,14	14,41	28,65	20,14
25,22	11,28	31,25	10,25	25,14	14,51	35,05	17,52	21,54	10,25	22,11	19,20
21,96	13,17	30,25	10,95	31,25	20,54	36,21	12,55	30,54	11,32	36,51	19,08
30,6	12,22	29,58	19,58	19,54	9,85	27,94	13,65	34,35	16,25	28,59	7,65
26,34	10,76	30,25	11,20	20,26	10,25	25,20	13,21	29,25	11,20	30,65	10,54
21,22	8,97	19,52	11,25	28,95	10,25	27,94	13,92	29,63	10,11	28,54	12,20
28,78	10,21	31,42	10,25	18,42	12,21	31,25	10,25	30,35	17,14	21,62	14,20
21,54	8,92	27,84	18,55	32,30	10,25	33,32	12,25	29,65	10,32	31,52	12,23
31,21	10,32	23,01	19,25	30,88	11,25	34,52	20,10	27,26	11,20	29,54	14,32
19,58	12,25	25,23	16,34	29,79	13,54	21,22	10,25	29,54	14,23	27,32	13,69
14,12	8,62	26,76	20,554	28,49	13,54	34,52	12,52	31,25	13,13	26,34	20,14
16,18	06,54	36,33	7,45	27,56	12,54	33,54	17,52	32,32	10,25	29,09	14,34
17,54	12,32	32,32	10,78	16,21	14,30	20,35	11,72	29,65	19,14	36,05	27,09
21,23	12,54	29,54	11,20	29,56	20,14	27,31	14,26	29,21	12,32	21,84	10,30
25,59	14,32	30,25	15,58	21,05	10,25	32,32	10,25	24,16	14,13	34,35	14,25
25,64	21,36	29,58	12,13	31,25	12,06	29,42	12,32	29,65	10,21	Média=2,08	
21,23	10,69	27,58	20,10	17,54	12,52	28,52	14,32	27,26	13,52		
25,58	10,21	25,12	10,15	31,26	10,25	29,52	15,35	26,14	13,25		
26,24	16,54	15,65	8,85	33,25	10,25	26,21	12,30	27,24	20,10		
25,01	11,36	31,69	20,25	23,22	16,52	27,52	12,21	28,36	12,25		
32,31	12,35	17,52	8,65	31,78	20,25	28,23	16,26	26,25	13,25		
30,28	10,98	19,2	06,54	33,25	10,21	15,21	11,30	25,23	12,14		
21,26	14,56	33,25	15,25	25,14	14,41	29,42	9,06	20,14	10,11		
23,25	12,98	29,65	9,32	29,92	20,72	26,84	11,21	21,12	11,30		
21,20	13,85	22,21	10,65	27,53	17,08	29,32	10,25	25,26	11,20		
28,54	11,54	23,54	7,54	34,35	14,32	33,25	10,65	32,36	11,20		
26,25	13,65	25,22	13,27	33,12	19,87	32,35	20,45	33,36	15,25		
27,54	14,85	27,97	12,91	25,14	13,13	35,25	18,19	29,65	14,18		
29,52	11,21	21,96	18,17	37,05	15,75	30,25	16,54	26,54	15,62		
28,59	15,30	35,72	16,36	37,05	21,60	19,15	14,25	30,21	10,25		
30,54	13,54	26,34	10,49	35,06	20,25	20,14	15,32	28,21	10,21		
31,05	14,54	22,96	9,62	25,14	14,62	34,21	20,24	26,21	9,32		
31,16	17,54	29,46	14,16	25,14	14,21	18,41	13,21	31,35	10,25		
31,52	17,36	47,05	11,35	35,02	18,35	29,25	11,21	33,25	12,54		
30,6	21,36	36,33	8,76	27,30	14,59	28,54	12,32	34,23	12,14		
35,72	15,35	34,62	11,36	27,17	13,70	31,25	21,01	26,14	12,17		

Legenda: C= comprimento; E= espessura

Fonte: o autor,2019.

Apêndice C: Ensaio de compressão nos blocos estruturais

a)



b)



c)



d)



e)



f)




g)



h)

ANEXO B: Laudo técnico aditivo utilizado para dosagem

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <h2 style="margin: 0;">ADI-BLOCO</h2> <p style="margin: 0;">Aditivo Plastificante para Concreto Seco</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>	
Função:	<p>ADI-BLOCO é um aditivo plastificante para concreto seco utilizado na confecção de blocos e outros artefatos. Proporciona ao concreto seco a redução da água de amassamento, maior plasticidade e lubricidade da massa. Melhora a resistência e a textura dos blocos, facilitando a desforma e diminuindo a quebra das peças de concreto.</p> <p>É compatível com a maioria dos tipos de cimento Portland disponíveis no mercado. É um aditivo líquido, pronto para uso e isento de cloretos.</p>
Benefícios:	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da água de amassamento. • Aumenta a vida útil de fôrmas e moldes, pois a lubrificação que ADI-BLOCO proporciona à massa diminui o atrito e conseqüentemente o desgaste das mesmas. • Redução de peças defeituosas durante a fabricação, desforma e transporte. • Melhora a compactidade, textura e o acabamento da peça de concreto. • Aumento das resistências. • Redução da fissuração. • Redução da permeabilidade. • Aumento da durabilidade. • Redução de custos na produção de concreto.
Dosagem / Aplicação:	<p>A dosagem recomendada para os ensaios de determinação do teor ideal do aditivo ADI-BLOCO é de 100 a 500 ml de aditivo para cada 100 Kg de cimento.</p> <p>O aditivo ADI-BLOCO deve ser diluído na água de amassamento e adicionado após a mistura inicial dos componentes secos.</p>
Especificações do Produto:	<p>Aspecto / Cor : Líquido / Azul pH: 7,00 ± 1,0 Massa específica: 1,010 ± 0,02 g/cm³</p>
Embalagem / Estocagem / Validade:	<p>O aditivo ADI-BLOCO é fornecido a granel, em bombonas plásticas ou tambores de 200L. Deve ser estocado em suas embalagens originais em local protegido do sol, ventilado e seco. Seu prazo de validade é de 06 meses a partir da data de sua fabricação.</p>
Recomendações de Segurança:	<p>Ao manusear o aditivo ADI-BLOCO deve-se utilizar equipamentos de proteção individual (EPI's): luvas, óculos de segurança, máscara e avental. Não ingerir o produto. Evitar o contato com os olhos e a pele. Procurar um médico em caso de sintomas de irritação ao produto. Antes de utilizar este produto, recomenda-se consultar a sua FISPQ.</p>