

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR- MG
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
PAULA GERALDA SANTOS COSTA

ANÁLISE DAS VIABILIDADES TÉCNICA, ECONÔMICA E SUSTENTÁVEL DO
BLOCO DE CONCRETO CONVENCIONAL EM COMPARAÇÃO COM O BLOCO
DE CONCRETO RECICLÁVEL

FORMIGA – MG
2017

PAULA GERALDA SANTOS COSTA

ANÁLISE DAS VIABILIDADES TÉCNICA, ECONÔMICA E SUSTENTÁVEL DO
BLOCO DE CONCRETO CONVENCIONAL EM COMPARAÇÃO COM O BLOCO
DE CONCRETO RECICLÁVEL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.
Orientadora: Prof.^a Esp. Mariana Del Hoyo Sornas.

FORMIGA – MG

2017

C837 Costa, Paula Geralda Santos.
Análise das viabilidades técnica, econômica e sustentável do bloco de concreto convencional em comparação com o bloco de concreto reciclável / Paula Geralda Santos Costa. – 2017.
88 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-
Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2017.

1. Resistência à compressão. 2. Resíduos de construção e demolição.
3. Vedação. I. Título.

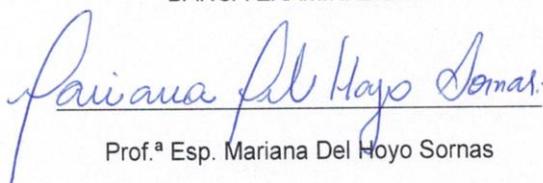
CDD 691

Paula Geralda Santos Costa

ANÁLISE DAS VIABILIDADES TÉCNICA, ECONÔMICA E SUSTENTÁVEL DO
BLOCO DE CONCRETO CONVENCIONAL EM COMPARAÇÃO COM O BLOCO
DE CONCRETO RECICLÁVEL

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Centro Universitário
de Formiga - UNIFOR-MG, como requisito
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

ORIENTADORA


Prof.^a Dra. Kátia Daniela Ribeiro

UNIFOR – MG


Prof.^a Dr. Ronan Souza Sales

UNIFOR – MG

Formiga, 27 de outubro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por essa grande conquista, Ele que esteve presente em todos os momentos, por ter amparado e cuidado para que o caminho se tornasse o melhor possível.

Aos meus pais, Patrícia e Expedito (in memoriam), que me ensinaram a ser persistente e lutar sempre pelos meus objetivos e que se aqui estivessem estariam muito orgulhosos do caminho que consegui percorrer. Aos meus irmãos, Priscilla e Júnior, pelos conselhos e ajuda dados nos momentos de dificuldade. Ao meu companheiro Arthur, que me acompanhou nessa trajetória e não mediu esforços para que meu sonho se concretizasse, me dando apoio, carinho e muito incentivo.

A minha orientadora Mariana Del Hoyo Sornas pela ótima orientação durante todo o trabalho, a enorme paciência e disponibilidade em ajudar.

A todos os meus amigos, que fizeram com que esse caminho se tornasse mais fácil e compartilharam comigo todas as preocupações, lágrimas e alegrias durante esses cinco anos de curso.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente participaram de mais essa conquista a meu lado.

RESUMO

O ramo da construção civil empenha-se em buscar tecnologias de ponta para proporcionar obras com nível de excelência cada vez maior. Porém, no Brasil o mesmo setor ainda baseia-se em construções mais convencionais, ocasionando déficits em qualificação final do produto e grande geração de resíduos provenientes de construção e demolição. Este trabalho tem por finalidade salientar que a utilização do RCD (resíduos de construção e demolição) e RCC (resíduos da construção civil) em blocos de concreto de vedação garantem uma viabilidade técnica-econômica e uma possibilidade de diminuição dos impactos gerados ao meio ambiente. Para verificação dos requisitos nos blocos de concreto reciclados em comparação aos blocos de concreto convencionais, foram feitos os ensaios referentes à resistência à compressão axial, absorção de água e verificações de medidas e textura de ambos os blocos. A partir da comparação das vantagens e desvantagens dos dois tipos de blocos e dos resultados obtidos através dos ensaios pertinentes, constatou-se que a solicitação mínima referente à resistência à compressão foi alcançada e até mesmo superada, na maioria dos casos, e os demais parâmetros também foram atendidos. Desta forma, ficou atestado que o emprego de resíduos de construção e demolição nos blocos de concreto é capaz de lhe conferir características necessárias para o seu uso em alvenaria de vedação.

Palavras-chave: Resistência à compressão. Resíduos de construção e demolição. Vedação.

ABSTRACT

The construction industry strives to seek cutting-edge technologies to provide works of ever-increasing excellence. However, in Brazil the same sector is still based on more conventional constructions, causing deficits in final product qualification and large generation of waste from construction and demolition. The aim of this work is to emphasize that the use of RCD (construction and demolition waste) and RCC (construction waste) in concrete blocks of sealing ensure a technical-economic feasibility and a possibility of reducing the impacts generated to the environment. To verify the requirements on recycled concrete blocks compared to conventional concrete blocks, tests were performed on axial compression strength, water absorption and measurements and texture checks of both blocks. From the comparison of the advantages and disadvantages of the two types of blocks and the results obtained through the relevant tests, it was verified that the minimum request regarding the compressive strength was reached and even exceeded, in most cases, and the other parameters were also attended to. In this way, it was confirmed that the use of construction and demolition waste in the concrete blocks is capable of giving it characteristics necessary for its use in masonry of the fence.

Keywords: Compressive strength. Construction and demolition wastes. Fence.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIBC - Associação Brasileira do Cimento da Indústria de Blocos de Concreto

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRECON - Associação Brasileira Para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

RCC - Resíduos de Construção Civil

RCD - Resíduos de Construção e Demolição

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SINDUSCON/SP– Sindicato da Construção de São Paulo

TCPO - Tabelas de Composição de Preço para Orçamentos

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

A - área bruta obtida de cada bloco ensaiado

cm - centímetro

s - desvio-padrão do fabricante

φ - determinado a partir da quantidade de blocos

f - fator

$f_{\text{crítico}}$ - fator crítico

F - força aplicada

g - grama

°C - graus Celsius

h - hora

MPa - Mega Pascal

f_{b1} - menor valor individual da amostra

m² - metro quadrado

m³ - metro cúbico

mm - milímetro

mm² - milímetro quadrado

N - Newton

% - porcentagem

n - quantidade de blocos na amostra

kgf/cm² - quilograma força por centímetro quadrado

R\$ - reais

f_{bk} - resistência característica da amostra

R- resistência encontrada

f_{bm} - resistência média da amostra

$f_{bk,est}$ - resistência característica estimada da amostra

un - unidade

$f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}$ - valores de resistência à compressão individual das amostras

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bloco de concreto	20
Figura 2 - Família dos blocos e suas dimensões	22
Figura 3 - Alvenaria de vedação com bloco de concreto.....	23
Figura 4 - Blocos em L	26
Figura 5 - Blocos em T	27
Figura 6 - Areia em diferentes granulometrias	28
Figura 7 - Brita em diferentes granulometrias	28
Figura 8 - Cimento <i>Portland</i> utilizado em argamassas e concretos	29
Figura 9 - Sequência básica de funcionamento de uma vibro-prensa automática.....	32
Figura 10 - Início da produção e concepção dos blocos de concreto.....	33
Figura 11 - Câmara de cura do bloco de concreto	34
Figura 12 - Equipamento de resistência à compressão	36
Figura 13 - Etapas do ciclo de vida de uma obra	40
Figura 14 - Composição média de entulhos depositados em aterros.....	41
Figura 15 - Bota-fora em Belo Horizonte/MG	42
Figura 16 - Composição da fonte geradora de RCD no Brasil	45
Figura 17 - Bloco de concreto reciclado	48
Figura 18 - Bloco de concreto convencional utilizado para estudo.....	53
Figura 19 - Bloco de concreto reciclado utilizado para estudo	53
Figura 20 - Paquímetro utilizado para aferição dos blocos de concreto.....	54
Figura 21 - Prensa hidráulica utilizada para a compressão dos blocos.....	54
Figura 22 - Verificação das dimensões do bloco de concreto	56
Figura 23 - Bloco de concreto convencional seco no momento de sua pesagem.....	57
Figura 24 - Bloco de concreto reciclado seco no momento de sua pesagem ..	57
Figura 25 - Blocos de concreto convencional e reciclado imersos na água	58
Figura 26 - Bloco de concreto convencional saturado no momento de sua pesagem.....	59
Figura 27 - Bloco de concreto reciclado saturado no momento de sua pesagem.....	59
Figura 28 - Blocos de concreto convencional seco no ensaio de resistência	

à compressão.....	61
Figura 29 - Bloco de concreto reciclado seco no ensaio de resistência à compressão.....	61
Figura 30 - Bloco de concreto convencional saturado no ensaio de resistência à compressão.....	62
Figura 31 - Blocos de concreto reciclado saturado no ensaio de resistência à compressão.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resistências dos blocos de concreto no estado seco	70
Gráfico 2 - Resistências dos blocos de concreto no estado saturado.....	72
Gráfico 3 - Resistência característica estimada das amostras	73
Gráfico 4 - Resistência média dos blocos de concreto.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das modulações em fiadas de encontro	25
Quadro 2 - Usos recomendados para agregados reciclados	46
Quadro 3 - Normas da ABNT utilizadas na caracterização do RCD	51
Quadro 4 - Análise da conformidade de textura dos blocos de concreto	67
Quadro 5 - Comparativo entre as propriedades dos blocos de concreto	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões dos blocos de concreto.....	21
Tabela 2 - Tolerâncias dos blocos de concreto	37
Tabela 3 - Base das proporções utilizadas para a confecção do bloco.....	48
Tabela 4 - Traços em massa utilizados para o concreto reciclado 1:6.....	49
Tabela 5 - Traços em massa utilizados para o concreto reciclado 1:8.....	50
Tabela 6 - Composição de custo de 1 m ² de alvenaria de vedação com a utilização de bloco de concreto	64
Tabela 7 - Custo total para a obtenção de 1 m ² de alvenaria de vedação	64
Tabela 8 - Quantidades de insumos para a produção de 8 unidades de blocos.....	65
Tabela 9 - Dimensões dos blocos de concreto analisados	66
Tabela 10 - Massas encontradas dos blocos de concretos.....	68
Tabela 11 - Porcentagem de absorção de água nos blocos de concreto.....	69
Tabela 12 - Forças aplicadas nos blocos de concretos secos	70
Tabela 13 - Forças aplicadas nos blocos de concretos saturados.....	71
Tabela 14 - Custo de uma residência de 250 m ² com os dois tipos de alvenaria.....	75
Tabela 15 - Variância da nos resistência entre os blocos	77
Tabela 16 - Variância da massa específica dos blocos.....	77
Tabela 15 - Variância da porcentagem de absorção de água dos blocos.....	78

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 JUSTIFICATIVA	19
4 REFERENCIAL TEÓRICO	20
4.1 Definição de bloco de concreto	20
4.1.1 Características dos blocos de concreto	20
4.1.2 Utilização do bloco de concreto como alvenaria de vedação	23
4.1.2.1 Disposição dos blocos de concreto na alvenaria de vedação	25
4.1.3 Insumos constituintes do bloco de concreto	27
4.1.3.1 Agregados miúdos	27
4.1.3.2 Agregados graúdos	28
4.1.3.3 Cimento <i>Portland</i>	29
4.1.3.4 Água	30
4.1.3.5 Aditivos e pigmentos	30
4.1.4 Produção dos blocos de concreto	31
4.1.4.1 Ensaios de avaliação da qualidade do bloco de concreto convencional	34
4.1.4.1.1 Ensaio de resistência à compressão	34
4.1.4.1.2 Absorção de água	36
4.1.4.1.3 Medidas e textura	37
4.2 Os impactos gerados pela construção civil	38
4.3 Definição de resíduos de construção e demolição (RCD)	39
4.3.1 Coleta do RCD	42
4.3.2 Especificações físicas do RCD	43
4.3.3 Britagem e peneiramento do RCD	43
4.4 Definição de agregados reciclados	45
4.4.1 Blocos de concreto utilizando agregados reciclados	47
4.4.2 Dosagem e produção dos blocos de concreto com agregados reciclados	49
4.4.3 Ensaios de avaliação da qualidade do bloco de concreto reciclado	51

5 MATERIAL E MÉTODOS.....	52
5.1 Materiais utilizados	52
5.2 Métodos utilizados	55
5.2.1 Verificação de medidas e textura.....	55
5.2.2 Absorção de água	56
5.2.3 Ensaio de resistência à compressão.....	60
5.2.4 Análise da viabilidade econômica	63
5.2.5 Análise da viabilidade sustentável	64
5.2.6 Análise de variância.....	65
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
6.1 Análise dimensional e de textura dos blocos.....	66
6.2 Análise da absorção de água	68
6.3 Análise da resistência à compressão.....	69
6.4 Viabilidade econômica.....	75
6.5 Viabilidade sustentável.....	75
6.6 Análise de variância dos dados	76
6.7 Vantagens e desvantagens dos blocos de concreto	79
7 CONCLUSÃO.....	81
7.1 Sugestões para trabalhos futuros	82
REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

Os blocos de concreto para utilização em alvenarias podem ser definidos como elementos pré-moldados, a partir da combinação correta de cimento, agregados graúdos e miúdos e a água. O bloco de concreto vem sendo disseminado desde décadas passadas nas construções civis devido às suas grandes vantagens construtivas.

A construção civil pode ser definida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico-social de um país, porém dentre as suas desvantagens, está a enorme geração de resíduos de construção e demolição (RCD), enorme consumo de recursos naturais e mudanças na paisagem.

O setor da construção dispõe de um grande desafio: conciliar uma atividade produtiva que gere lucros, mas que também seja sustentável e conseqüentemente agrida menos o meio ambiente. Desta forma, a reciclagem de RCC (resíduos de construção civil) e RCD (resíduos de construção e demolição) tem surgido como fonte de utilização em diversos produtos. Dentre os vários itens que podem ser feitos a partir desses resíduos está o bloco de concreto reciclado para utilização em alvenarias de vedação.

Logo, o objetivo deste trabalho é averiguar se os blocos de concreto a partir de resíduos de construção e demolição (RCD) em comparação aos blocos de concreto convencionais possuem viabilidade técnica-econômica e sustentável para serem utilizados em construções com a finalidade de vedação. A primeira parte da pesquisa foi observar se os blocos de concreto para vedação a partir do uso de agregados reciclados seguiram as normas brasileiras vigentes quanto à absorção de água, textura superficial, precisão dimensional e principalmente quanto à resistência à compressão. Assim, foi feita a descrição dos métodos de realização dos ensaios técnicos pertinentes.

A segunda parte de tal pesquisa foi comparar os dois tipos de blocos quanto à sua viabilidade econômica e sustentável. Para tal foi feita uma análise de preço e quantidade gasta de insumos para a fabricação e uso tanto do bloco de concreto convencional quanto para o bloco de concreto reciclado.

Dispondo das potencialidades da utilização do bloco de concreto reciclado, o presente trabalho julga-se necessário para que se apresentem vantagens e desvantagens e as particularidades do bloco reciclado com relação ao bloco de

concreto convencional. Portanto tal pesquisa busca colaborar em dois setores relevantes: construção civil e meio ambiente.

2 OBJETIVOS

Esse tópico tem por finalidade retratar quais são os objetivos do presente trabalho, sendo eles objetivo geral e objetivos específicos, conforme descritos a seguir.

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi realizar um estudo comparativo entre o bloco de concreto reciclado e o bloco de concreto convencional, analisando a viabilidade técnica, econômica e sustentável de cada um.

2.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- Descrever as características e processos de produção dos blocos de concreto reciclado e convencional;
- Analisar tecnicamente cada um dos tipos de blocos de concreto através de ensaios de compressão, umidade e aferição das dimensões;
- Analisar economicamente e sustentavelmente o bloco de concreto reciclado e do bloco de concreto convencional;
- Conhecer qual dos blocos de concreto possui maior eficácia e economia;
- Aplicar na construção civil os dois tipos de blocos de concreto.

3 JUSTIFICATIVA

Em obras da construção civil, há enormes desperdícios devido à sobra e perdas de materiais que, podem ser reaproveitados a partir do uso de inovações tecnológicas como, por exemplo, a reciclagem dos mesmos para a formação de novos materiais.

Diante da grande quantidade de resíduos de construção e demolição (RCD) gerados no meio urbano e ao enorme desperdício de materiais, o meio ambiente vem sofrendo grandes impactos com essa situação, que vai desde a poluição gerada pelo entulho até consequências negativas como as enchentes e mudanças na fauna e flora. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) pode-se constatar uma geração aproximada de 31 milhões de toneladas/ano de resíduos na construção civil (RCC) no Brasil. Assim, os blocos de concreto reciclados despontam como uma fonte disseminadora de boa parte dos resíduos gerados nas construções e como uma mudança de paradigmas no mercado.

Este trabalho tem o intuito de abordar sobre os blocos de concreto reciclados equiparando-os aos blocos de concreto convencional, quanto a sua viabilidade técnica, econômica e sustentável, cujo objetivo é apresentar informações aos consumidores sobre as propriedades, desempenho, vantagens e desvantagens de ambos os blocos, para que, desta forma, seja possível a visualização das características dos insumos e, por conseguinte uma maior disseminação do uso do bloco de concreto reciclado nas construções.

A pesquisa servirá também de referência ao meio acadêmico e a profissionais, colaborando para análises e estudos científicos e viabilizando o conhecimento sobre o uso dos blocos de concreto reciclados. O estudo científico é pertinente devido ao crescente mercado da construção civil, que fomenta sempre por novas técnicas e novos produtos, que sejam capazes de gerar uma mercadoria final eficiente e de qualidade.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção foram abordados os temas essenciais e relevantes para a elaboração do trabalho através do embasamento teórico obtido mediante pesquisas em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, teses de doutorado, artigos acadêmicos e experimentos já realizados.

4.1 Definição de bloco de concreto

O bloco de concreto é empregado em grandes proporções no Brasil, de forma que foi o primeiro bloco a portar uma norma brasileira, contendo suas especificações. Segundo Holanda (2002), os blocos de concreto podem ser definidos como uma mistura de concreto, com as proporções corretas de cimento, água e agregados miúdos e graúdos, sendo obtidos através de prensas automáticas, que detêm poderosas vibrações e prensagens (FIG.1).

Figura 1 - Bloco de concreto



Fonte: Ferreira (2011, p.28).

4.1.1 Características dos blocos de concreto

Alguns parâmetros devem ser seguidos para que os blocos de concreto possam obter boas características e conseqüentemente serem produtos de qualidade. Segundo a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 6136 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2016), os blocos devem possuir os seguintes padrões:

- Os blocos devem possuir ângulos retos e totalmente exatos
- Devem possuir uma cor homogênea;
- Não devem apresentar trincas ou qualquer outro tipo de defeito que possa prejudicar a sua resistência ou ainda o seu assentamento, visando sua maior durabilidade.

Os blocos de concreto possuem dimensões padronizadas, que propiciam o seu uso de acordo com cada necessidade em uma construção. Essas dimensões, segundo Désier (2010), são apresentadas na TAB. 1.

Tabela 1- Dimensões dos blocos de concreto

Tipo de Bloco	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Altura (cm)
B29	14	29	19
B14	14	19	19
B39	Variável	39	19
B19	Variável	19	19
B54	Variável	54	19

Fonte: Désier (2010), adaptado.

Ainda para possíveis amarrações em encontros de paredes Désier (2010) cita as seguintes dimensões:

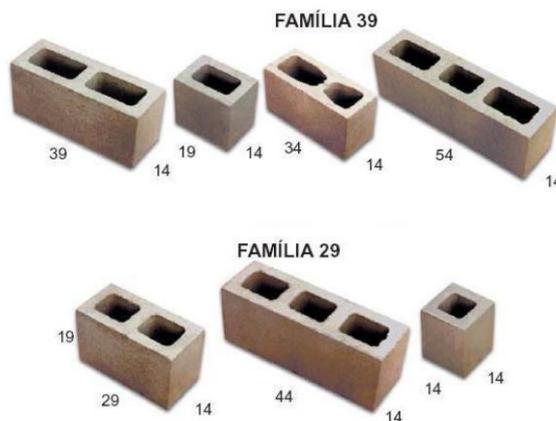
- 14x19x34 (cm), para amarração nos cantos.
- 14x19x54 (cm), para amarrações em "T".

Dessa forma, é possível separar os blocos quanto às suas dimensões, formando as seguintes famílias:

- Família 29: composta pelos blocos B29 (14x19x29 cm) e o bloco B14 (14x19x19 cm). Os blocos têm sempre 14 cm de largura. Ou seja, o comprimento dos blocos é sempre múltiplo da largura, o que evita o uso dos elementos compensadores, salvo para ajuste de vãos de esquadrias.
- Família 39: designada por M15 possui dimensões modulares do comprimento (20 cm) diferentes da largura (15 cm). A família 39 é composta de três elementos básicos: o bloco B39 (39x19 cm) e largura variável; o bloco B19 (19x19 cm) e largura variável e o bloco B54 (54x19 cm) e largura variável. Tal diferença exige a introdução de blocos complementares com o objetivo de restabelecer a modulação nos encontros das paredes: o 14x19x34, para amarração nos cantos, e o 14x19x54, para amarrações em "T" (DÉSIER, 2010).

A FIG. 2 ilustra imagens dos blocos em suas famílias de acordo com a classificação do autor supracitado.

Figura 2 - Família dos blocos e suas dimensões



Fonte: Désier (2010).

Segundo a NBR 6136 (ABNT 2016), o bloco de concreto é uma peça para utilização em alvenaria, que pode ser estrutural ou não, sendo sua área líquida inferior ou igual a 75% da área bruta e que necessariamente precisa respeitar os seguintes critérios para a definição de suas dimensões e áreas:

- a) Dimensões nominais: são as dimensões comerciais dos blocos, informadas pelos fabricantes e que devem ser múltiplas do módulo $M = 10$ cm e também de seus submódulos $M/2$ e $M/4$.
- b) Dimensões reais: são adquiridas quando se mede cada bloco separadamente, que devem ser equivalentes às dimensões nominais diminuindo 1 cm, sendo esse 1 cm equivalente à espessura média da junta de argamassa.
- c) Área bruta: corresponde à área da seção perpendicularmente aos eixos dos orifícios, sem descontar a área dos vazios.
- d) Área líquida: equivale a área mediana da seção perpendicular do eixo dos orifícios, descontando-se as áreas dos vazios.

A qualidade final do bloco de concreto é dependente do dimensionamento correto de cada peça, que desta forma será capaz de oferecer uma perfeita segurança ao final de uma obra.

4.1.2 Utilização do bloco de concreto como alvenaria de vedação

A alvenaria pode ser definida como “o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso” (TAUIL; NESE, 2010, p. 19). Assim, esse conjunto de peças propicia a vedação de espaços e oferece segurança, conforto térmico e acústico, além de proteger contra intempéries e a impactos externos.

A alvenaria de vedação é calculada para resistir apenas ao seu peso próprio, possuindo certas características que ainda precisam ser melhoradas, como a mão-de-obra, que ainda necessita de qualificação, o grande desperdício de materiais, devido à quebra dos blocos no transporte e ainda a grande falta de controle na execução da obra (SILVA; GONÇALVES; ALVARENGA, 2016).

Segundo Tauil e Nese (2010), a alvenaria de blocos de concreto, propicia maior facilidade na construção civil, se for feita uma comparação a outros tipos de produtos (FIG. 3).

Figura 3 - Alvenaria de vedação com bloco de concreto



Fonte: Marinovski (2011, p.10).

Essa facilidade em utilizar os blocos de concreto em alvenarias de vedação, está diretamente ligada à racionalidade que tal produto proporciona. A racionalização no âmbito da construção surge com a finalidade de integrar todos os projetos necessários para finalizar uma construção: projeto arquitetônico, projeto de estruturas, o de instalações elétricas e hidráulicas, e os demais, melhorando a qualidade final da obra (SILVA; GONÇALVES; ALVARENGA, 2016).

Desta forma, a utilização dos blocos de concretos nas alvenarias de vedação

beneficia uma construção, segundo Silva, Gonçalves e Alvarenga (2016), da seguinte maneira:

- Facilitam a passagem de instalações, já que se pode fazer uso de blocos furados na vertical;
- Evita a quebra de blocos na execução, pois se pode fazer uso de blocos compensadores das famílias dos mesmos;
- Melhora a organização do canteiro de obras, devido ao menor desperdício de blocos.

Para serem utilizados em obra e comercializados, os blocos de concreto devem atender a certos paradigmas que são indicados pelas classes de uso em alvenarias. No caso de alvenaria de vedação, segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016), o bloco de concreto deve ser considerado como:

- Classe D - Não tem função estrutural e é utilizado em alvenarias que estejam acima do nível do solo.

É necessário que todas as construções em alvenaria satisfaçam exigências mínimas, tais como:

1. A estabilidade mecânica;
2. Durabilidade em função da exposição á chuva;
3. Isolamento térmico;
4. Isolamento acústico;
5. Resistência ao fogo que considera por um lado os blocos como incombustíveis e por outro lado que as paredes devem garantir durante um determinado tempo as seguintes funções: estabilidade ao fogo, corta chamas e corta fogo (DÉSIER, 2010).

Os blocos de concreto utilizados como alvenaria de vedação devem possuir uma espessura mínima de 15 mm em suas paredes, a menor dimensão dos furos deve ser ≥ 70 mm e o raio entre eles, que se denomina mísula, de no mínimo 20 mm (ABNT, 2016).

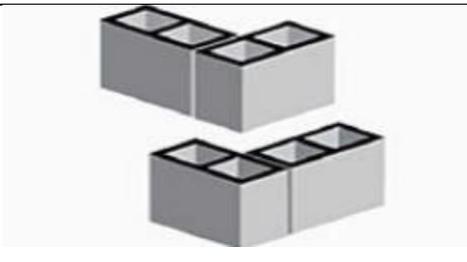
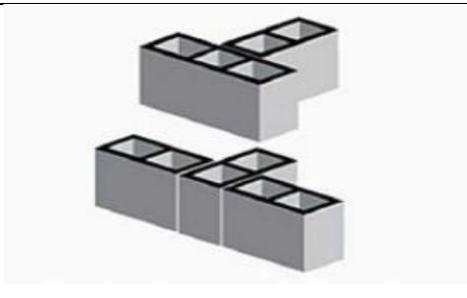
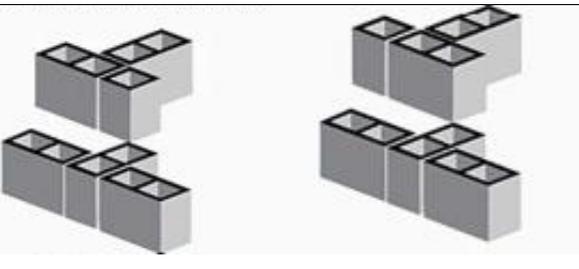
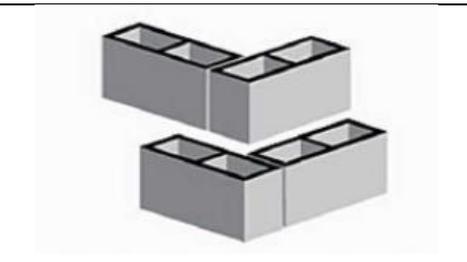
A alvenaria de vedação compreende os mais diversos fins e aplicações, podendo ser construídas a partir de mão-de-obra não especializada ou da tecnologia mais sofisticada, sendo de total importância para a concepção das demais obras

brasileiras e do mundo (SILVA, 2003).

4.1.2.1 Disposição dos blocos de concreto na alvenaria de vedação

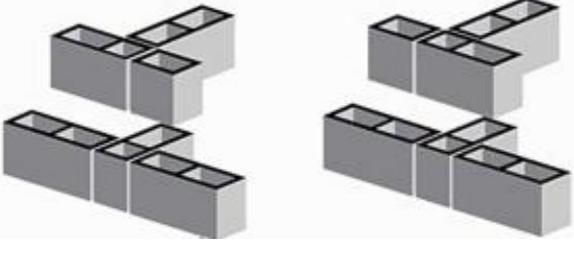
Os blocos de concreto podem estar dispostos de várias maneiras em uma mesma edificação, pois se deve levar em consideração a arquitetura da obra, condição mais importante na definição do tipo de bloco a ser adotado (RAMALHO; CORRÊA, 2003). O QUADRO 1 apresenta as modulações feitas em fiadas de encontro entre alvenaria, de acordo com o projeto arquitetônico do empreendimento.

Quadro 1 - Descrição das modulações em fiadas de encontro

Imagem	Características do bloco
	Canto com modulação e largura iguais.
	Borda com modulação e largura iguais, com bloco especial de três módulos.
	Borda com modulação e largura iguais, sem bloco especial de três módulos.
	Canto com módulo e largura diferentes, sem bloco especial.

Fonte: Ramalho e Corrêa (2003, p.19, 20,21), adaptado.

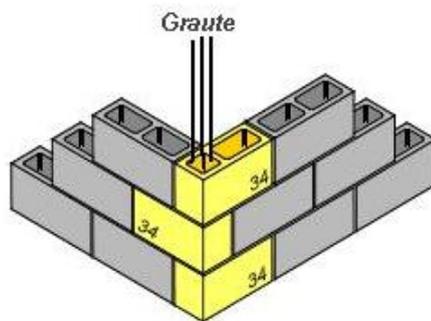
Continuação do Quadro 1 - Descrição das modulações em fiadas de encontro

	<p>Canto com módulo e largura diferentes, com bloco especial.</p>
	<p>Borda com módulo e largura diferentes, com bloco especial de três furos.</p>
	<p>Borda com módulo e largura diferentes, com bloco especial.</p>

Fonte: Ramalho e Corrêa (2003, p.19, 20,21), adaptado.

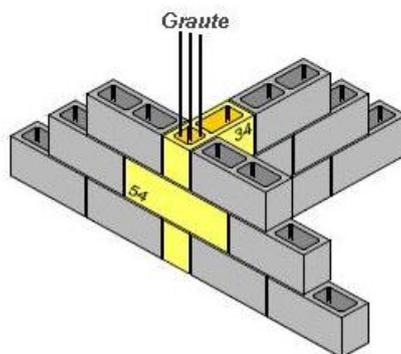
Segundo Désier (2010), os blocos de concreto ainda podem estar dispostos em encontros de paredes (L e T), como representa a FIG. 4 e a FIG. 5.

Figura 4 - Blocos em L



Fonte: Désier (2010).

Figura 5 - Blocos em T



Fonte: Désier (2010).

É perceptível que os blocos de concreto são utilizados desde tempos remotos, porém com a tecnologia cada vez mais avançada é possível se adquirir produtos com qualidades indiscutíveis e destinados a funções cada vez mais específicas (DÉSIER, 2010).

4.1.3 Insumos constituintes do bloco de concreto

Os componentes básicos para a fabricação do bloco de concreto são: os agregados miúdos e graúdos, o cimento *Portland* e a água. A quantidade de materiais utilizados para a concepção final do bloco de concreto sofre variação de acordo com o produto final que se deseja ter, podendo ainda empregar outros tipos de matérias-primas como minerais, pigmentos, ou outros aditivos, dependendo da especificação do bloco (SALVADOR FILHO, 2007).

A seguir são apresentados os insumos que compõem os blocos de concreto, evidenciando suas características e definições.

4.1.3.1 Agregados miúdos

Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), o agregado miúdo consiste na areia natural ou decorrente do processo de britagem de rochas com estabilidade, ou ainda a combinação de uma e outra, sendo que, após o processo de peneiramento esses grãos ficam retidos na peneira de 150 mm (FIG. 6).

Figura 6 - Areia em diferentes granulometrias



Fonte: Bessa (2012, p. 59).

4.1.3.2 Agregados graúdos

Consiste em pedras de origem natural ou oriundas do processo de britagem de rochas com estabilidade, ou ainda a combinação de uma e outra, cujos grãos, após o processo de peneiramento, ficam retidos na peneira de 4,75 mm (ABNT, 2009) (FIG. 7).

Figura 7 - Brita em diferentes granulometrias



Fonte: Bessa (2012, p. 59).

Devido a essa classificação por peneiramento, atribuem-se as seguintes nomenclaturas para os agregados graúdos:

- Pedrisco: de 4,8 a 9,5 mm;
- Brita 1: de 9,5 a 19 mm;
- Brita 2: de 19 a 38 mm;
- Brita 3: de 38 a 76 mm;
- Pedra-de-mão: maior que 76 mm – também chamada de rachão; usada em gabiões (SALVADOR FILHO, 2007, p. 48).

4.1.3.3 Cimento *Portland*

O cimento *Portland* pode ser caracterizado como:

Um aglomerante hidráulico produzido pela moagem do clínquer obtido através da calcinação e clinquerização da mistura de calcário e argila. A qualidade final desse aglomerante depende da matéria-prima utilizada, das adições posteriores à calcinação e do grau de finura atingido na moagem (SALVADOR FILHO, 2007, p. 53).

A FIG. 8 mostra o cimento *Portland* utilizado como aglomerante na composição das argamassas e concretos.

Figura 8 - Cimento *Portland* utilizado para em argamassas e concretos



Fonte: A autora (2017).

Esse aglomerante, quando combinado à água, consegue unir-se aos agregados e homogeneizar o concreto. Essa união só acontece devido à hidratação do cimento, decorrente do comportamento dos anidros de água, sendo a velocidade desses comportamentos dependentes dos tipos de compostos (SALVADOR FILHO, 2007). Esse produto deve ser armazenado em local seco e desprovido do contato direto com as intempéries ambientais.

4.1.3.4 Água

A água é uma substância líquida, incolor, inodora e insípida, que para ser utilizada na fabricação de concretos convencionais ou dos blocos de concreto, deve estar isenta de impurezas e de material orgânico (IZQUIERDO, 2011).

4.1.3.5 Aditivos e pigmentos

Pode-se ainda dispor dos seguintes materiais na concepção do bloco de concreto:

- a) Aditivos: são produtos que, adicionados à mistura do concreto modificam algumas de suas propriedades melhorando determinadas condições, por exemplo: trabalhabilidade, tempo de pega, incorporação de ar, fluidez, etc. (SALVADOR FILHO, 2007, p. 57).

De acordo com a NBR 11768 (ABNT, 2011) há vários tipos de aditivos que são utilizados a partir da necessidade de cada caso. Alguns exemplos são:

- Plastificantes: aumenta a consistência do concreto a partir da diminuição da água de amassamento;
- Retardador: aumenta o período do início e do fim de pega do concreto;
- Acelerador: encurta o período do início e do fim de pega do concreto, proporcionando um maior desenvolvimento das resistências iniciais.

- b) Adições minerais: são materiais incorporados na composição do concreto que contribuem na melhoria das diversas propriedades desse material. Como exemplo de adições minerais mais importantes, pode-se citar pozolanas, como sílica ativa, cinza volante, entre outras.
- c) Pigmentos: a adição de pigmentos é a coloração integral do concreto, seja dosado em central, pré-moldado, na forma de argamassas ou blocos, transformando a aparência fria e monótona natural do concreto em tons alegres, harmoniosos e agradáveis. Uma das principais classes de colorantes são os pigmentos à base de óxido de ferro naturais e sintéticos (SALVADOR FILHO, 2007, p. 58 e 59).

A utilização de aditivos, adições minerais e pigmentos dependem, sobretudo, das características finais que se deseja obter no concreto, observando quando, onde e como tal produto vai ser utilizado (SALVADOR FILHO, 2007).

4.1.4 Produção dos blocos de concreto

No Brasil, a produção de blocos de concreto possui diferenças relacionadas desde ao requinte das máquinas até ao grau de gestão dentro das fábricas. Para a produção dos blocos de concreto, é necessário que os mesmos passem por várias etapas para que se tenha um controle de qualidade.

A primeira etapa é a entrega das matérias-primas aos locais determinados. O cimento é disposto em silos metálicos e depois liberado para utilização. Logo em seguida, é feito o controle de agregados, sendo realizada a estimativa de volume existente. O controle quantitativo e qualitativo desses agregados é feito a partir da utilização das peneiras de granulometrias diversas (TAMAKI, 2010).

Desta forma mistura-se o cimento junto aos agregados miúdos e graúdos, já separados, e, em sequência, acrescenta-se a água. Todos esses insumos devem ser colocados na proporção correta, respeitando-se o traço utilizado (TAMAKI, 2010).

Depois de feita a mistura dos componentes, leva-se tal combinação de insumos ao equipamento responsável pela concepção das peças de concreto que são as vibro-prensas. Essas máquinas devem respeitar padrões de velocidade, amplitude, direção e tempo de adensamento (SOUZA, 2001).

De acordo com Frasson, Oliveira e Prudêncio (2002, p. 735):

As máquinas vibro-prensas podem ser de funcionamento mecânico ou hidráulico. Elas diferenciam-se pelo grau de compactação que imprimem e sua capacidade de produção, que normalmente é medida por blocos/hora.

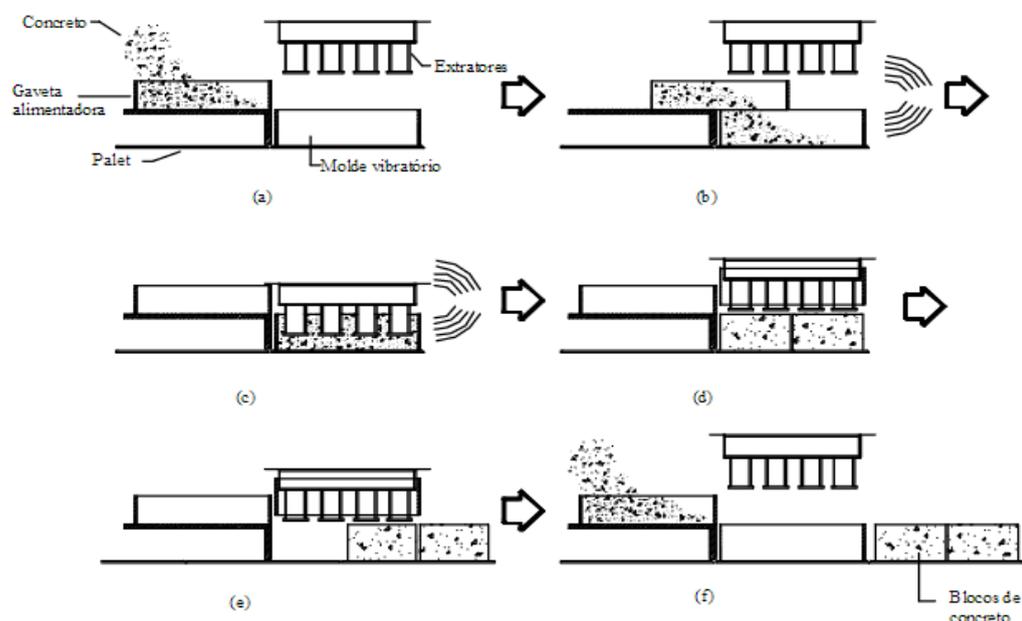
Para um bom funcionamento das vibro-prensas e para que um bloco saia com suas características de moldagem corretas, os seguintes critérios devem ser respeitados:

- a. Preenchimento de uma caixa metálica (gaveta) com material destinado à moldagem;
- b. Deslocamento do material e preenchimento do molde dos blocos. A penetração do material é auxiliada através de uma vibração sincronizada do próprio molde e da agitação de uma grade metálica localizada no interior da gaveta;
- c. Retorno da gaveta para sua posição inicial e descida dos extratores para compactação e extrusão dos blocos de dentro do molde. Esta compactação é acompanhada de nova vibração, que apenas termina quando a altura desejada para os blocos é atingida;
- d. Extrusão ou desforma dos blocos após o final da vibração através de

- ascensão do molde enquanto os extratores permanecem imóveis, ficando os blocos sobre o palet;
- e. O palet com os blocos recém-formados avança para a frente da máquina enquanto um novo palet vazio ocupa seu lugar sobre o molde;
 - f. O molde desce para sua posição original enquanto os extratores ascendem, permitindo o início de um novo ciclo (MEDEIROS; SABBATINI, 1993, p.8).

A FIG. 9 mostra a sequência do funcionamento de uma vibro-prensa para a moldagem do bloco de concreto.

Figura 9 - Sequência básica de funcionamento de uma vibro-prensa automática

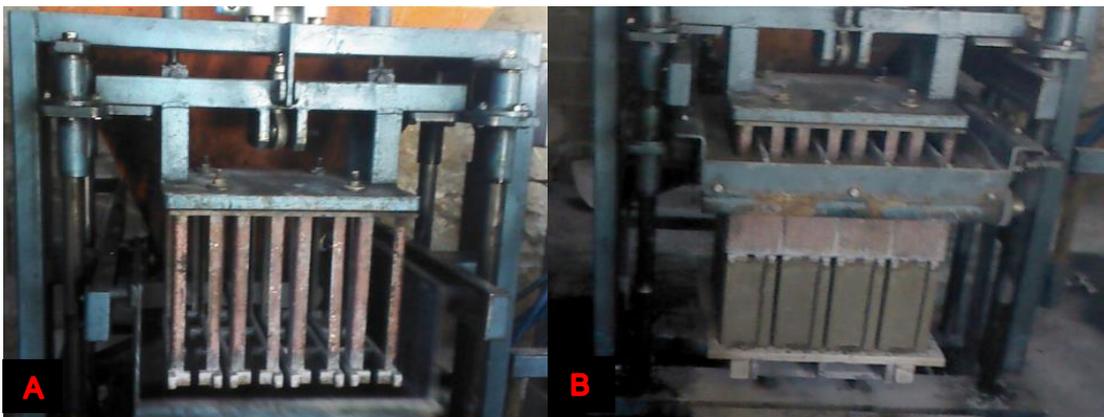


Fonte: Medeiros ¹ (1993, apud SOUZA, 2001, p.15).

Assim, define-se expressamente que “o tempo final de moldagem atesta exatamente em que condições os blocos estão sendo moldados. Qualquer falta de ajuste pode ser facilmente detectada através do tempo final de moldagem” (MEDEIROS; SABBATINI, 1993, p. 10 e 11). A FIG. 10 mostra a concepção do bloco de concreto no equipamento adequado.

¹ MEDEIROS, J.S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. São Paulo, 1993. 449p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Figura 10 - Início da produção e concepção do bloco de concreto.



Nota: A = início da produção do bloco de concreto; B = concepção do bloco de concreto.

Fonte: A autora (2017).

Após a moldagem, os blocos saem com dimensões e características padronizadas, sendo colocados uns sobre os outros sobre paletes de madeira e depois são levados à próxima etapa, a cura. Esse processo pode ser definido como:

O conjunto de procedimentos necessários à correta hidratação do cimento, deve ser preferencialmente acelerada, feita em câmara de vapor, às temperaturas de 60 a 70°C, por no mínimo 6 horas (FRASSON; OLIVEIRA; PRUDÊNCIO, 2002, p.736).

Após esse processo, com totalidade de 6 horas, é necessário que as peças passem por um período de descanso para que se evitem possíveis fissuras (MEDEIROS; SABBATINI, 1993).

Geralmente utilizam-se três tipos diferentes de cura para blocos de concreto: a natural ou ao ar livre, a cura através de autoclaves e cura em câmara a vapor, que possuem características diferentes para seu emprego (SOUZA, 2001).

O processo de cura em câmara de vapor é o mais utilizado e requer cuidados quanto à elevação correta da temperatura e a quantidade certa de umidade para que não haja o endurecimento do cimento. A FIG. 11 ilustra uma cura em câmara de vapor (MEDEIROS; SABBATINI, 1993).

Figura 11 - Câmara de cura do bloco de concreto.



Fonte: Rosa (2010, p.28).

Segundo Rosa (2010), quando realizado em excelência, o processo de cura é eficaz na redução ao consumo de cimento e melhoramento do bloco quanto à sua resistência.

4.1.4.1 Ensaios de avaliação da qualidade do bloco de concreto convencional

Após o processo de cura, blocos de cada lote de fabricação são recolhidos para testes de resistência à compressão, vistoria em suas dimensões, acabamento, espessuras e inspeção de características como absorção de água (TAMAKI, 2010).

Esses critérios de avaliação são de extrema importância, pois compõem requisitos normativos que servem de indicadores de qualidade ou especificação para os blocos (DÉSIER, 2010). Esses critérios de avaliação do bloco podem ser definidos da seguinte maneira:

4.1.4.1.1 Ensaio de resistência à compressão

Este ensaio é de suma importância, pois:

A compacidade depende dos critérios de dosagem e influencia diretamente a resistência do bloco assim como o índice de absorção. A cura é um fator determinante na resistência a compressão dos blocos, a qual deve ser avaliada aos 28 dias. A resistência é a capacidade que a parede de alvenaria possui de suportar as diversas ações mecânicas previstas em projeto, tais como as cargas da estrutura, vento, deformações, choques, etc. Esta resistência está diretamente ligada a alguns fatores como: características dos componentes e das juntas, aderência do conjunto,

esbeltez da parede, ligação entre paredes, entre outros. Os blocos são comercializados em classes de resistência que variam desde 4,5 MPa até 16 MPa (DÉSIER, 2010).

A resistência à compressão dos blocos pode ser determinada a partir de fórmulas. A equação 1 refere-se ao valor característico à compressão (f_{bk}) dos blocos de concreto, segundo sua área bruta, de acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2016).

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

Sendo:

$i = n/2$, se n for par;

$i = (n - 1)$, se n for ímpar.

Onde:

$f_{bk,est}$ é a resistência característica estimada da amostra, expressa em MPa;

$f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}$ são os valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente;

n é igual à quantidade de blocos na amostra.

Já para a determinação dos valores de resistência característica (f_{bk}), a norma propõe a equação 2:

$$f_{bk} = (\varphi f_{b1}) \text{ ou } f_{bk} = f_{bk,est} \quad (2)$$

Onde:

f_{bk} é a resistência característica da amostra;

f_{b1} é o menor valor individual da amostra;

$f_{bk,est}$ é a resistência característica estimada da amostra, expressa em MPa;

φ determinado a partir da quantidade de blocos.

O valor de resistência característica do bloco (f_{bk}), segundo sua área bruta, ainda pode ser designado, segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016) pela equação 3:

$$f_{bk} = f_{bm} - 1,65 \cdot s \quad (3)$$

Onde:

f_{bk} é valor de resistência característica da amostra;

f_{bm} é a resistência média da amostra em MPa;

s é o desvio-padrão do fabricante.

Esse desvio-padrão leva em consideração uma quantidade mínima de 30 corpos-de-prova obtidos em intervalos regulares de produção para cada faixa de resistência adotada (ABNT, 2016).

Os ensaios de resistência à compressão são realizados em equipamentos modernos e que respeitam todos os padrões descritos pelas normas vigentes (FIG. 12).

Figura 12 - Equipamento de resistência à compressão



Fonte: Tamaki (2010).

4.1.4.1.2 Absorção de água

Outro parâmetro de qualificação do bloco de concreto refere-se à quantidade de água absorvida. Esta característica é importante pois representa um indicador de durabilidade do produto, sendo que o índice individual de absorção deve ser igual ou menor que 10%. A quantidade de absorção de água está diretamente ligada à porosidade dos blocos e é parametrizada para garantir eficiência ao sistema construtivo (DÉSIER, 2010).

Para definir a porcentagem de água absorvida pelos blocos deve-se utilizar a equação 4, conforme determina a NBR 12118 (ABNT, 2013):

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

A é absorção total, expressa em porcentagem (%);

m_2 é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g);

m_1 é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g).

4.1.4.1.3 Medidas e textura

As características como precisão dimensional e a textura superficial dos blocos também são de extrema importância e são classificados da seguinte maneira:

- Precisão dimensional e perfeição geométrica: a qualidade e o tipo do bloco de concreto são fundamentais para o bom desempenho do sistema estrutural. O processo de fabricação (mistura homogênea, prensagem, secagem e cura controlada), confere aos produtos grande regularidade de formas e dimensões possibilitando a modulação da obra já a partir do projeto, evitando-se improvisos e os costumeiros desperdícios deles decorrentes.
- Textura superficial: os blocos devem ser homogêneos, compactos e com arestas vivas (indicador de precisão dimensional). Devem estar livres de trincas, fraturas para não prejudicar o seu assentamento, resistência.
- Durabilidade. Em geral, a textura varia de lisa a áspera dependendo dos materiais utilizados e das condições de fabricação (DÉSIER, 2010).

Esses parâmetros são de suma importância para a confecção correta do bloco de concreto. Dessa forma tais peças apropriam-se das seguintes tolerâncias, a partir de suas dimensões padrão (TAB. 2).

Tabela 2 - Tolerâncias dos blocos de concreto

Requisitos	Bloco de concreto
Absorção de água (%massa)	10 (individual)
Tolerâncias dimensionais (mm)	± 2 (largura) ± 3 (altura e comprimento)
Resistência à compressão (MPa)	≥ 2,0 e ≤ 6,0

Fonte: Désier (2010), adaptado.

A resistência à compressão dos blocos de concreto é o principal parâmetro a ser verificado, pois a absorção de água, precisão dimensional, a perfeição geométrica e a textura dos blocos estão diretamente ligadas a tal propriedade (DÉSIER, 2010).

4.2 Os impactos gerados pela construção civil

O ambiente recebe impactos devido ao consumo cada vez maior de produtos, melhores e mais industrializados, além de parâmetros cada vez mais altos para a concepção de construções no ramo civil (BORGES, 2012). Para que haja sustentabilidade no mundo é necessário que se tome várias medidas, um grande passo a ser dado é proporcionar transformações nas construções civis.

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 001 de 23/01/1986 impacto ambiental pode ser definido como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - As atividades sociais e econômicas;
- III - A biota;
- IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - A qualidade dos recursos ambientais.

A degradação na natureza acaba gerando também impactos sociais e econômicos, que são influenciados diretamente “pelo porte, uso e funcionalidade da obra em questão, podendo variar de uma pequena a grande significância de impacto, como barragens, aterros, grandes terraplenagens, entre outros” (SPADOTTO et al., 2011, p. 174). Assim é de extrema importância que se façam diagnósticos que completam as análises ambientais e socioeconômicas, devendo fazer parte dessa análise os seguintes parâmetros, como descreve a Resolução do CONAMA nº 001 de 23/01/1986:

- a) O meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;
- b) O meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor

- científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
- c) O meio socioeconômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

Os impactos no meio ambiente podem ser gerados devido a problemas oriundos da construção, como a geração de ruídos e de resíduos, na extinção de espécies da fauna e da flora e em alagamentos em certas áreas, devido às mudanças em cursos de rios e poluição do mesmo, por exemplo, (SPADOTTO et al., 2011).

A cadeia produtiva da construção civil, também denominada *construbusiness*, apresenta importantes impactos ambientais em todas as etapas do seu processo: extração de matérias primas, produção de materiais, construção, uso e demolição. Qualquer sociedade seriamente preocupada com esta questão deve colocar o aperfeiçoamento da construção civil como prioridade (JOHN, 2001, p. 30 - 39).

Um grande fator de degradação ambiental no Brasil, por exemplo, se dá ao fato de 50% dos resíduos de construção civil (RCC) estar diretamente associados às enormes demolições e a manutenção cada vez mais crescente nas obras (BORGES, 2012).

Por isso, é de extrema importância que os resíduos da construção civil sejam reaproveitados, considerando que a utilização desses insumos incidirá diretamente na saúde e bem-estar da população, além de diminuir os impactos causados na fauna e na flora e melhorar a economia das regiões.

4.3 Definição de resíduos de construção e demolição

Os resíduos de construção e demolição segundo a Associação Brasileira Para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015), consiste no “conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes”.

A geração desses resíduos está fortemente ligada ao tipo de cronograma físico-financeiro, as escolhas dos tipos de produtos a serem empregados na obra, ao processo executivo a ser empregado na construção e se for necessário demolir, ao

tipo de técnica a ser empregada, que define a quantidade e os tipos de restos de materiais gerados (SINDICATO DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DE SÃO PAULO – SINDUSCON - SP, 2005). Assim pode-se determinar a geração de resíduos a partir dos ciclos temporais da construção (FIG. 13).

Figura 13 - Etapas do ciclo de vida de uma obra.



Fonte: SINDUSCON - SP (2005).

Para melhorias ambientais, estão sendo discutidas questões referentes ao RCD visando formas corretas de destinações para os resíduos e conseguir uma diminuição dos impactos e poluentes gerados ao meio ambiente (SILVA, 2014). Na maioria das vezes, grande quantidade desses resíduos são destinados a bota-foras ilegais, na beira de rios e até mesmo em terrenos baldios.

Conforme a Resolução CONAMA nº 431, de 24/11/2011, Art.3º, os RCD são classificados do seguinte modo:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação;

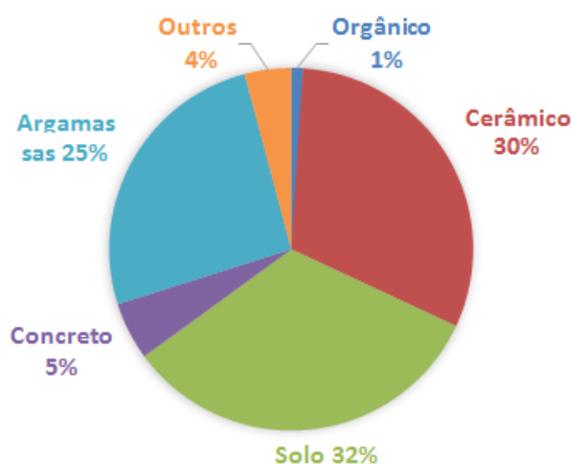
IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

A geração desses resíduos de construção é dependente dos seguintes fatores:

- Ausência de gestão de RCD nos canteiros de obras;
- Mão-de-obra despreparada no que diz respeito à gestão de resíduos;
- Perdas e desperdícios de materiais devido a projeto pouco otimizados e métodos ineficazes;
- Consumo excessivo de recursos naturais por super dimensionamento de serviços da construção (MARQUES NETO, 2009).

Os resíduos provenientes da construção civil devem ser empregados sempre que possível, utilizando-se planos de gerenciamento dos mesmos nos canteiros de obra, já que esse campo produz uma enorme diversidade de insumos e a sua integração no setor proporciona a mesma vida útil dos demais materiais. Faz-se necessária uma caracterização da quantidade de resíduos gerados na construção civil a partir de uma composição média de entulhos, como mostra a FIG. 14 (BRITO, 1999).

Figura 14 - Composição média de entulhos depositados em aterros



Fonte: Brito (1999).

Percebe-se, dessa forma, que os RCD são constituídos, em maior parte, por materiais minerais inertes como aglomerantes, areia e pedra, com a presença de insumos que podem ser considerados impuros como o plástico, madeira e papel, por

exemplo. No Brasil, há uma estimativa que para cada tonelada de lixo de centros urbanos coletados, coletam-se duas toneladas de entulho de origem civil (MARQUES NETO, 2009).

4.3.1 Coleta do RCD

As obras passam por diversas dificuldades, sendo em maior parte por falta de interpretação de um projeto, gerando erros e conseqüentemente grandes desperdícios de insumos (FERNANDES, 2015).

Conforme Pinto (1999), a perda de materiais de construção depende dos processos de execução de cada obra e do tamanho de tal edificação.

A geração do RCD normalmente se dá em grandes volumes, sendo esses resíduos de construção e demolição despejados, na maioria das vezes, em caçambas que se encontram em frente às obras. Após o despejo desses resíduos nas caçambas, caminhões de empresas privadas ou públicas se encarregam de destinar esses entulhos ao local apropriado (BERNARDES et al., 2008).

Segundo Bernardes et al. (2008), no local destinado ao descarregamento, os resíduos são pesados em sua totalidade e, logo depois, são separados, manualmente ou por maquinários, e divididos em classes A, B, C ou D, como classifica o CONAMA (2011).

Esses resíduos vão ser depositados em bota-foras que são “áreas de pequeno e grande porte, privadas ou públicas, que vão sendo designadas oficial ou oficiosamente para a recepção dos RCD e outros resíduos sólidos inertes” (PINTO, 1999, p. 58). A FIG. 15 mostra um bota-fora no estado de Minas Gerais, que é utilizado como fonte de matéria prima para a fabricação de diversos materiais.

Figura 15 - Bota-fora em Belo Horizonte/MG



Fonte: Pinto (1999, p.66).

A triagem desse material, ou seja, sua separação é de extrema importância para classificá-lo e quantificá-lo para que as próximas etapas a serem executadas sejam bem sucedidas.

4.3.2 Especificações físicas do RCD

Após a destinação correta dos resíduos de construção e demolição, é necessário que se faça certas especificações quanto ao material. De acordo com Pinto (1999), as especificações do RCD podem ser dadas levando-se em consideração:

- A parcela de área construída;
- O fluxo de cargas nos coletores;
- A supervisão das descargas.

Os resíduos de construção são dependentes das caracterizações de cada área em que são gerados e assim possuem características diversas. Silva (2014, p.9) afirma que “a variabilidade na sua composição apresenta ainda características diferentes entre país, estados, cidades e até mesmo entre os bairros de uma mesma cidade”.

É fundamental ressaltar ainda, a importância de classificar ou conhecer a fonte geradora desse entulho (construção, reforma, demolição ou desastres naturais) e ainda, o porte da obra sem deixar de mencionar a tipologia da construção (industrial, residencial, comercial etc.) (SILVA, 2014, p.9).

4.3.3 Britagem e peneiramento do RCD

Com a finalidade de tornar os agregados resultantes do RCD o mais equiparável possível dos agregados naturais, faz-se uso de britadores. A escolha correta do britador garante as características necessárias referentes à granulometria e dimensões dos agregados (BARROS, 2005).

Deve-se levar em consideração também, junto ao método de britagem, o processo de banho dos agregados que tem a função de remover o *filler*. Esse *filler* é o resultado da britagem de granulometria bem fina que pode ocasionar elevado

consumo de cimento, devido à utilidade de água de amassamento com trabalhabilidade específica. Porém esse tipo de processo não é viável do ponto de vista econômico, devido ao seu alto custo (BALLISTA, 2003).

A britagem dos agregados reciclados pode se dar por impacto, por atrito, por clivagem ou puncionamento, ou ainda por compressão. A realização dessas britagens podem se dar tanto em circuitos abertos como em circuitos fechados, sendo que os circuitos abertos funcionam com a passagem de apenas uma vez dos materiais pelo britador, sem levar em consideração os tamanhos granulométricos, e no circuito fechado os materiais passam diversas vezes pelos britadores até se obter o tamanho desejado de cada partícula (BALLISTA, 2003).

Segundo Barros (2005), os tipos de britadores mais utilizados para reciclar os resíduos de construção e demolição são os britadores de impacto e compressão. Os britadores de impacto conseguem fracionar as partículas em tamanhos bem pequenos, ao contrário do britador de compressão que necessita de rebitagem devido à maior granulometria das partículas.

As centrais de britagem podem ser desde estacionárias, ou seja, montadas no próprio canteiro de obras, ou ainda centrais de britagens de tamanhos gigantescos, onde, na maioria das vezes, são utilizados processos de britagem por compressão ou impacto (HOOD, 2006).

Com a realização de todas as britagens necessárias, os agregados passam pelas peneiras para a devida separação conforme a sua granulometria. Essa separação deve ser feita considerando a NBR 7211 (ABNT, 2009) que os divide quanto ao tamanho das malhas das peneiras, sendo considerado:

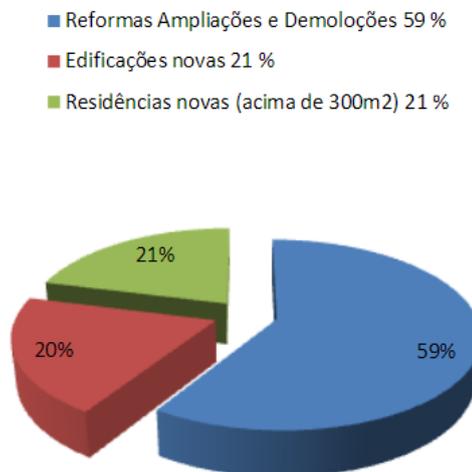
- Agregado graúdo o que fica na peneira de malha 4,75 mm.
- Agregado miúdo o que passa na peneira de malha de 4,75 mm.

Depois de feita a distinção entre agregado graúdo e miúdo, ambos, separadamente, são homogeneizados para serem utilizados para os mais diversos fins (BORGES, 2012).

O SINDUSCON - SP (2015) relata que os resíduos de construção são melhores que os resíduos de demolição, uma vez que eles ainda não foram submetidos a processos de acabamento, como a pintura, por exemplo, que podem acarretar problemas de degradação aos solos. O SINDUSCON - SP analisou o

Brasil e constatou que composição dos resíduos é dada da seguinte forma (FIG. 16).

Figura 16 - Composição da fonte geradora de RCD no Brasil



Fonte: SINDUSCON – SP (2015).

Para as especificações físicas do RCD, podem-se considerar os seguintes critérios de composição:

- a) Material cerâmico: material constituído de blocos, tijolos, telhas e revestimento de piso e parede;
- b) Argamassa: material constituído de cimento e/ou cal e areia sem a presença de agregado graúdo ou pedrisco;
- c) Concreto: material composto por cimento, areia e brita;
- d) Rochas naturais: qualquer tipo de fragmento de rocha natural que não apresente nenhum tipo de material aglomerante (HOOD, 2006, p.65-66).

Esses resíduos retêm particularidades diferentes quanto à sua geometria e dimensões já conhecidas, podendo possuir dimensões totalmente irregulares, pois são dependentes do processo gerador (SILVA, 2014).

4.4 Definição de agregados reciclados

Com o intuito de reduzir os impactos causados ambientalmente devido às ações humanas, se faz cada vez mais necessário buscar alternativas para os serviços. Na construção civil não é diferente, a utilização de resíduos de obras vem se tornando uma forma de diminuir as perdas geradas e ainda minimizar os desastres naturais (LEITE, 2001).

Segundo a resolução nº 307 do CONAMA (2002), agregado reciclado pode ser definido como:

Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.

O agregado reciclado tem utilizações diversas, desde o uso em pavimentações até adições em concreto e fabricações de peças em alvenaria (FERNANDES, 2015). Esse tipo de insumo desponta na sociedade como uma forma de acrescentar e modernizar os diversos produtos já existentes no meio da construção civil.

Santana et al. (2011) afirmam que o agregado reciclado é capaz de atribuir benefícios técnicos relevantes para o concreto, possuindo influência direta na durabilidade e desempenho do mesmo. A utilização desse tipo de insumo não é benéfico apenas para economia, mas também é fundamental para questões sustentáveis.

“O Brasil é um dos poucos países a terem aprovado normas específicas para a utilização de agregados reciclados” (LEVY, 2006, p. 377). Dessa forma, é possível a obtenção de produtos diversos e com destinações específicas, como mostra o QUADRO 2.

Quadro 2 - Usos recomendados para agregados reciclados

Produto	Características	Uso recomendado
Areia reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contra pisos, solocimento, blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
Brita reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.

Fonte: ABRECON (2015).

Continuação Quadro 2 - Usos recomendados para agregados reciclados

Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: ABRECON (2015).

A partir do QUADRO 2 proposto é possível visualizar o melhor tipo de material para cada situação. Assim, pode-se fabricar, a partir de agregados reciclados, blocos de concreto, pré-moldados e tijolos de solo-cimento. A utilização de agregados reciclados na concepção de blocos de concreto garante uma boa qualidade, tomando-se os devidos cuidados, já que, o agregado reciclado absorve maior quantidade de água, além de ser totalmente sustentável por ser de origem de resíduos de construção e demolição (SANSÃO, 2009).

4.4.1 Blocos de concreto utilizando agregados reciclados

Devido ao largo crescimento da população nos últimos anos, se faz cada vez mais necessário que a construção civil aprimore a tecnologia de seus materiais a serem empregados, visando um menor desperdício e geração de resíduos (CELESTINO; CARASEK; CASCUDO, 2014).

Apesar de tratar-se de uma iniciativa ecologicamente correta e que está em sintonia com as novas legislações ambientais e códigos normativos, o uso de materiais reciclados exige diversos cuidados, principalmente com relação à composição do próprio agregado reciclado que pode apresentar contaminantes e substâncias deletérias ao emprego da fração miúda do agregado reciclado. Acrescenta-se a isso, o fato que a elevada porcentagem de agregados reciclados na mistura pode conduzir a um aumento significativo da absorção de água, diminuição da coesão e aumento da retração por secagem das unidades (BUTTLER, 2007, p. 77).

Uma proposta para melhorar as questões ambientais e diminuir os materiais que acabam sendo desperdiçados e inutilizados no meio da construção civil foi confeccionar blocos de concreto a partir dos resíduos de construção e demolição. Os

insumos utilizados para a concepção de tal bloco consistiam basicamente de sobras de tijolos e blocos cerâmicos, massa, rebocos de argamassa e resquícios de placas de gesso, que foram selecionados e separados de outros materiais (ABREU et al., 2009). Segundo a NBR 15116 (ABNT, 2004), os agregados para confecção de peças recicladas devem atender às especificações da Classe A da Resolução CONAMA 431/2011.

Esses materiais, após serem selecionados, passam por um processo de trituração e peneiração e logo depois são misturados ao cimento em proporções adequadas. Desta forma, é possível a confecção de um bloco de concreto padronizado e composto pelos seguintes elementos (ABREU et al., 2009) (TAB. 3).

Tabela 3 - Base das proporções utilizadas para a confecção do bloco.

Materiais	Amostra
Cimento CII 32	10%
Agregados	60%
Gesso	30%
Água	% suficiente para fazer a liga

Fonte: ABREU et al., (2009, p.3, adaptado).

Seguindo tais características e proporções, é possível a confecção dessas peças de concreto, que respeitam os padrões de qualidade propostos pelas normas vigentes, sendo totalmente viável a utilização de RCD na mistura desses produtos (ABREU et at., 2009) (FIG. 17).

Figura 17 - Bloco de concreto reciclado.



Fonte: Abreu, et al., (2009, p.5).

Esse tipo de bloco reciclável, considerando-o apenas como elemento de vedação, pode ser produzido sem qualquer dano futuro à obra. Faz-se necessário,

todavia, testes conforme orienta as normas, obtendo-se um produto final com baixo custo e de boa qualidade (ABREU et al., 2009).

4.4.2 Dosagem e produção dos blocos de concreto com agregados reciclados

Para a determinação da melhor dosagem para a produção de blocos de concreto reciclado, devem ser seguidos parâmetros que vão proporcionar um produto final de qualidade.

Segundo Borges (2012), as dosagens dos blocos de concreto reciclados devem ser feitas a partir do estudo da resistência do bloco de concreto convencional. Considerando que a resistência do concreto deve estar entre 2 MPa e 3 MPa, lembrando que para blocos de vedação esse valor não pode ser menor que 2 MPa, Borges (2012) definiu a relação entre cimento/ agregados reciclados em 1:6 e 1:8.

Após a dosagem dos materiais é feita a produção dos blocos, que seguem os traços determinados por Borges (2012) (TAB. 4).

Tabela 4 - Traços em massa utilizados para o concreto reciclado 1:6

	Substituição de 25% do agregado miúdo	Substituição de 50% do agregado miúdo	Substituição de 100% do agregado miúdo	Substituição de 100% do agregado graúdo
Cimento	1	1	1	1
Areia Média	2,03	1,36	0	0
Brita	3,29	3,29	3,29	0
Agregado miúdo reciclado	0,68	1,36	2,71	2,71
Agregado graúdo reciclado	0	0	0	3,29
Teor de argamassa	53%	53%	53%	53%
Teor de umidade	4%	4,5%	4,89%	5,78%
Teor de água utilizado na pré-molhagem, em relação à massa de agregado reciclado miúdo	4,3%	4,3%	4,3	4,3%
Teor de água utilizado na pré-molhagem, em relação à massa de agregado reciclado graúdo	-	-	-	2,48%
Relação a/c	0,28	0,32	0,34	0,40

Fonte: Borges (2012, p.64)

A TAB. 5 representa os traços em massa para o bloco de concreto, utilizando a relação 1:8.

Tabela 5 - Traços em massa utilizados para o concreto reciclado 1:8

	Substituição de 25% do agregado miúdo	Substituição de 50% do agregado miúdo	Substituição de 100% do agregado miúdo	Substituição de 100% do agregado graúdo
Cimento	1	1	1	1
Areia Média	2,83	1,89	0	0
Brita	4,23	4,23	4,23	0
Agregado miúdo reciclado	0,94	1,89	3,77	3,77
Agregado graúdo reciclado	0	0	0	4,23
Teor de argamassa	53%	53%	53%	53%
Teor de umidade	4%	4,5%	4,89%	5,78%
Teor de água utilizado na pré-molhagem, em relação à massa de agregado reciclado miúdo	4,3%	4,3%	4,3	4,3%
Teor de água utilizado na pré-molhagem, em relação à massa de agregado reciclado graúdo	-	-	-	2,48%
Relação a/c	0,36	0,41	0,44	0,52

Fonte: Borges (2012, p.65).

A partir desses critérios, o autor supracitado elaborou testes para verificar se o agregado reciclado acarretaria mudanças no produto final, obtendo-se:

Um bloco de concreto substituindo 100% do agregado miúdo e mantendo-se em 53% o teor de argamassa. Após a moldagem se verificou que o aspecto visual do bloco era praticamente igual ao bloco com somente agregados naturais. Desta forma, fixou-se o teor de argamassa em 53% para os blocos com agregados reciclados. Já ao se fazer a substituição de 100% de agregado miúdo e graúdo obteve-se um bloco com uma superfície um pouco mais áspera, porém completamente aceitável ao se comparado com o acabamento dos blocos usualmente vendidos no mercado (BORGES, 2012, p.62).

A tipologia e o proporcionamento de agregados miúdos e graúdos mais utilizados para a obtenção dos blocos de concreto reciclado são aqueles que possuem formas mais cúbicas (MESQUITA et al., 2015).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) determina a seguinte padronização para caracterizar e, conseqüentemente, dosar e produzir os blocos de concreto do tipo reciclado (QUADRO 3).

Quadro 3 - Normas da ABNT utilizadas na caracterização do agregado do RCD

Ensaio	Norma brasileira utilizada
Caracterização granulométrica	NBR 7211/2009 NBR NM 248/2003
Amostragem dos agregados	NBR NM 26/2001 NBR NM 27/2001
Dimensão máxima característica e módulo de finura	NBR NM 248/2003
Determinação da massa específica	NBR NM 52/2003 NBR NM 53/2003
Teor de impurezas orgânicas	NBR NM 49/2001
Análise dimensional, espessura mínima das paredes e dimensões dos furos das amostras	NBR 12118/2001
Absorção de água	NBR 12118/2001

Fonte: Mesquita et al., (2015,p.33) adaptado.

Com base nesses ensaios, verificou-se que só era perceptível se um bloco era reciclado ou não se o mesmo fosse rompido, sendo possível identificar nas fissuras o material cerâmico exposto, já que até mesmo a cor dos blocos com agregados reciclados era praticamente a mesma (MESQUITA et al., 2015).

Depois de produzidos, os blocos de concreto reciclados vão para o processo de cura e ensaios técnicos pertinentes.

4.4.3 Ensaios de avaliação do bloco de concreto reciclado

Para que o ensaio de resistência à compressão do bloco de concreto reciclado seja eficiente, são necessárias averiguações das dimensões, do tipo de acabamento, da espessura e ainda das características quanto à absorção de água, de cada bloco (MESQUITA et al., (2015). Desta forma, os requisitos normativos para os blocos de concreto reciclados são os mesmos previstos para os blocos de concreto convencionais.

Assim para obter os resultados corretos e necessários, segundo Borges (2012) os ensaios devem ser baseados na NBR 12118 e na NBR 6136.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho decorreu de dois procedimentos metodológicos, o primeiro baseou-se em um estudo teórico, baseado numa coletânea de informações a respeito dos blocos de concreto convencionais e dos blocos de concreto reciclados, sendo que em ambos os casos as peças de concreto possuem finalidade de vedação.

A segunda metodologia fundamentou-se em um estudo de caso, onde os blocos de concreto convencionais e recicláveis foram analisados perante sua viabilidade técnica-econômica e sustentável. Para determinar todas as características de tais artefatos, foram realizados ensaios de compressão axial, aferição de medidas e textura e o ensaio pertinente quanto ao grau de absorção de água das peças. Todos esses ensaios basearam-se nas NBR 6136 (ABNT, 2016) e NBR 12118 (ABNT, 2013).

Já para a avaliação quanto à viabilidade econômica, foram elaboradas tabelas orçamentárias referentes aos preços dos agregados e aglomerantes constituintes dos blocos e serviços para que possam ser empregados. Com relação à viabilidade sustentável foram elaboradas tabelas com as quantidades de insumos utilizados para a confecção das unidades dos blocos.

5.1 Materiais utilizados

Para a realização desse trabalho foram escolhidos dezesseis blocos de concreto para análise, com função apenas de vedação, sendo oito desses blocos de concreto convencionais e a outra metade blocos reciclados. Os dois tipos de blocos foram fornecidos pela mesma fábrica sendo escolhidos de forma aleatória (FIG. 18).

A NBR 12118 (ABNT, 2013) estabelece que sejam verificados no mínimo três blocos para cada caso, ou seja, três blocos para a verificação de medidas e textura e outros três blocos para a verificação da absorção de água e resistência à compressão, o que totalizaria seis blocos de concreto do tipo convencional e seis blocos do tipo reciclado. Assim a quantidade mínima de blocos a serem ensaiados foi atendida e superada.

Figura 18 - Bloco de concreto convencional utilizado para estudo



Fonte: A autora (2017).

Os blocos de concreto reciclados utilizados na pesquisa foram compostos, segundo o fabricante de restos de construção civil, como agregados (miúdos e graúdos). Dentre os RCC estavam restos de blocos de concreto, blocos cerâmicos e argamassa de cimento. Todos os componentes de tal bloco estavam dentro dos parâmetros determinados pela NBR 15116 (ABNT, 2004) que determina que esse tipo de produto não devesse possuir restos de madeira, plástico, aço, tubulações e similares. A FIG. 19 representa o bloco de concreto reciclado que foi utilizado para o estudo.

Figura 19 - Bloco de concreto reciclado utilizado para estudo



Fonte: A autora (2017).

A fim de realizar a aferição de medidas nos blocos, foi utilizado um paquímetro para medir o comprimento, largura, altura, espessura e tamanho das

mísulas (FIG. 20).

Figura 20 - Paquímetro utilizado para aferição dos blocos de concreto



Fonte: A autora (2017).

Foi utilizada também a prensa de compressão axial universal da marca Solocap (FIG. 21), uma balança de precisão Digiton modelo UL20 e ainda um tanque com água, em temperatura ambiente, para imersão dos blocos de concreto. Com a utilização de todos esses materiais descritos foi possível avaliar os artefatos de concreto tecnicamente.

Figura 21 - Prensa hidráulica utilizada para a compressão dos blocos.



Fonte: A autora (2017).

5.2 Métodos utilizados

Este tópico descreve todos os métodos que foram utilizados para o desenvolvimento experimental. O objetivo foi obter informações para o estudo dos blocos de concreto convencionais e blocos de concreto reciclados a partir de ensaios técnicos e estudo de tabelas para a verificação econômica e sustentável. Foram realizadas as seguintes verificações:

- Verificação de medidas e textura;
- Verificação da porcentagem de absorção de água;
- Ensaio de resistência à compressão axial;
- Estudo de tabelas de preços, para a verificação da viabilidade econômica;
- Estudo de tabelas de quantidade de insumos utilizados na fabricação das peças, para a verificação da viabilidade sustentável.

Todos os experimentos foram executados no Laboratório de Ciências da Terra no Centro Universitário de Formiga - UNIFOR – MG, onde foram recolhidos os dados necessários para obtenção dos resultados.

5.2.1 Verificação de medidas e textura

As dimensões dos blocos são características de extrema importância. Comprimento, largura, altura, espessura e tamanho das mísulas devem atender aos valores mínimos especificados pela NBR 6136 (ABNT, 2016), com a finalidade de facilitar o manuseio, a estética e proporcionar melhor desempenho na construção.

As averiguações das medidas dos blocos de concreto reciclados e convencionais foram feitas a partir do uso de um paquímetro, sendo todas as medidas determinadas conforme pré-determina a NBR 12118 (ABNT, 2013) (FIG. 22).

Figura 22 - Verificação das dimensões do bloco de concreto



Fonte: A autora (2017).

Para a avaliação de textura dos blocos foi feita apenas uma avaliação visual, em todas as amostras, de modo que obedecessem aos critérios pré-estabelecidos pela NBR 6136 (ABNT, 2016).

5.2.2 Absorção de água

A absorção de água de acordo com a NBR 9778 (ABNT, 2009), é o acréscimo de massa de um corpo sólido correspondente à penetrabilidade de água nos poros permeáveis em relação à massa em estado seco.

A absorção relaciona-se diretamente à segurança de uma construção, pois é devido ao acúmulo de peso imprevisto nos blocos que pode ocorrer o desabamento de uma estrutura, colocando vidas em risco. Por outro lado, as paredes de bloco de concreto que não absorvem água, nos parâmetros adequados, possuem problemas de aderência de argamassa e conseqüentemente geram massas secas sem capacidade de fixação.

Para a determinação de absorção de água foi utilizada uma balança com capacidade máxima de 20 kg, atendendo assim à NBR 12118 (ABNT, 2013).

Inicialmente, foram aferidos os pesos dos blocos em seu estado seco ao ar. Para esta verificação foram utilizados quatro blocos de concreto convencionais e quatro blocos de concreto reciclados, determinando sua massa M_1 (FIG. 23).

Figura 23 - Bloco de concreto convencional seco no momento de sua pesagem.



Fonte: A autora (2017).

A FIG. 24 mostra o bloco de concreto reciclado em seu estado seco ao ar no momento de sua pesagem em laboratório.

Figura 24 - Bloco de concreto reciclado seco no momento de sua pesagem



Fonte: A autora (2017).

Após pesados, os blocos de concreto seguiriam para um tanque com água em temperatura ambiente, onde ficaram por 24 horas, conforme determina a NBR 12118 (ABNT, 2013) (FIG. 25).

Figura 25 - Blocos de concreto convencional e reciclado imersos na água.



Fonte: A autora (2017).

Depois de retirados da água, os blocos foram pesados novamente, para determinar sua massa M_2 e, posteriormente, a porcentagem do grau de absorção de água. Porém para que o grau de absorção de água das peças fosse o mais equiparável possível do que ocorre na realidade, elas foram retiradas da água e pesadas e depois foram novamente devolvidas ao tanque com água por cerca de um minuto e depois pesadas novamente, conforme determina a NBR 12118 (ABNT, 2013). Esse processo foi feito até que os blocos possuísem uma tolerância máxima de 0,5 % de diferença entre suas massas, sendo realizado de 3 a 4 vezes para cada bloco. As FIG. 26 mostra o bloco convencional saturado no momento de sua pesagem.

Figura 26 - Bloco de concreto convencional saturado no momento de sua pesagem



Fonte: A autora (2017).

A FIG. 27 mostra o bloco de concreto reciclado saturado no momento em que foi pesado.

Figura 27 - Bloco de concreto reciclado saturado no momento de sua pesagem



Fonte: A autora (2017).

Segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016) o valor de absorção de água no bloco não deveria ultrapassar 10%.

5.2.3 Ensaio de resistência à compressão

À resistência à compressão certifica os blocos de concreto quanto à sua capacidade de resistir a cargas do seu assentamento e também de seu transporte. O não atendimento das resistências previstas em normas indica que tal produto poderá apresentar danos futuros, como trincas e rachaduras, oferecendo risco à construção. Dessa forma, essa é uma das propriedades de maior importância nos blocos de concreto.

Depois de feita as verificações das dimensões e textura dos blocos, antes que eles fossem ensaiados quanto à sua resistência, eles passaram por um procedimento de regularização de suas faces, conforme recomenda a NBR 12118 (ABNT, 2013). Posteriormente, foi utilizada uma peça de madeira com uma espessura de 3 mm para que o bloco ficasse com suas faces todas uniformes. Essa madeira possuía dimensões de 10 cm x 39 cm (largura e comprimento), possuindo, assim, as mesmas medidas dos blocos. A espessura da madeira utilizada, de 3 mm, obedeceu à espessura máxima descrita na NBR 12118 (ABNT, 2013).

O ensaio de resistência à compressão tem por finalidade determinar a resistência característica (f_{bk}) das amostras. Como especifica a norma, foi utilizada uma máquina computadorizada, uma prensa hidráulica, que dentre as suas funções está à compressão axial dos corpos.

O teste de compressibilidade decorreu da utilização de quatro amostras do bloco de concreto convencional e quatro amostras do bloco de concreto reciclado, ensaiados secos ao ar (FIG. 28).

Figura 28 - Bloco de concreto convencional seco no ensaio de resistência à compressão



Fonte: A autora (2017).

A FIG. 29 mostra o bloco de concreto reciclado em seu estado seco no ensaio de resistência à compressão.

Figura 29 - Bloco de concreto reciclado seco no ensaio de resistência à compressão



Fonte: A autora (2017).

Para efeito de comparação, os blocos que foram imersos em água também foram ensaiados quanto à sua resistência à compressão (FIG. 30).

Figura 30 - Bloco de concreto convencional saturado no ensaio de resistência à compressão



Fonte: A autora (2017).

A FIG. 31 mostra o bloco de concreto reciclado saturado no momento em que estava sofrendo compressão.

Figura 31 - Bloco de concreto reciclado saturado no ensaio de resistência à compressão



Fonte: A autora (2017).

A NBR 6136 (ABNT, 2016) determina que os blocos de concreto com utilização para alvenaria de vedação tenham uma resistência característica (f_{bk}) \geq 3,0 MPa. Os blocos de concreto em análise devem possuir um valor de até 4 MPa conforme determinado pela fábrica, que não forneceu um valor exato de resistência dos mesmos, afirmando apenas que eles suportariam a carga prevista em norma.

Para a determinação da resistência à compressão dos dois tipos de blocos foi

utilizada a equação 5:

$$R = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Onde:

R : resistência encontrada, em MPa;

F : força aplicada, em Newton (N);

A : área bruta obtida de cada bloco ensaiado, em mm².

Conforme descrito na fórmula acima, é necessário calcular a área para encontrar o f_{bk} de cada bloco. Tal dimensão deve ser calculada a partir da largura (l) pelo comprimento (c) de cada bloco (largura x comprimento), segundo a NBR 12118 (ABNT 2013).

5.2.4 Análise da viabilidade econômica

Dentre as alvenarias mais utilizadas para as obras de habitação em todo o país está o bloco de concreto, devido principalmente à facilidade de acesso. Para o estudo da viabilidade econômica do bloco de concreto convencional em relação ao reciclado foram utilizadas tabelas da TCPO (Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos). A TAB. 6 demonstra a quantidade de insumos e a mão de obra empregada para a execução de 1 m² de alvenaria de vedação com os blocos de concreto, juntamente com o custo de cada componente, sendo estes retirados do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e do próprio fornecedor dos blocos no ano de 2017.

Tabela 6 - Composição de custo de 1 m² de alvenaria de vedação com a utilização do bloco de concreto

Componentes	Unidade	Consumo médio	Custo médio (R\$)	Custo total (R\$)
Pedreiro	H	0,71	6,86	4,8706
Servente	h	0,43	4,82	2,0726
Argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar – traço 1:0,5:8	m ³	0,0147	399,86	5,877942
Bloco de concreto convencional para vedação (altura: 200 mm/ comprimento: 390 mm/ largura: 100 mm/ resistência mínima de 3 MPa)	un	13,0	1,73	22,49
Bloco de concreto reciclado para vedação (altura: 200 mm/ comprimento: 390 mm/ largura: 100 mm/ resistência mínima de 3 MPa)	um	13,0	0,58	7,54

Fonte: TCPO (2012) e Mercado e Construção (2017), adaptado.

A partir da composição acima foi possível delimitar o custo total para a construção de 1 m² de alvenaria de vedação para o bloco de concreto convencional e para o reciclado (TAB. 7).

Tabela 7 - Custo total para obtenção de 1 m² de alvenaria de vedação

Tipo de alvenaria	Custo total (R\$)
Bloco de concreto convencional (10x20x39 cm)	35,311142
Bloco de concreto reciclado (10x20x39 cm)	20,361142

Fonte: A autora (2017).

Para a análise econômica de tais produtos, foi utilizada como parâmetro de comparação uma residência com 250 m².

5.2.5 Análise da viabilidade sustentável

Para analisar os blocos quanto a sua sustentabilidade, foi feito um estudo sobre a quantidade de insumos utilizados para a fabricação dos blocos de concreto. Todas as quantidades descritas foram fornecidas pelo fabricante dos blocos, conforme demonstra a TAB. 8. Essas quantidades são referentes à concepção de cada 8 unidades de blocos, convencionais e reciclados, que foram utilizadas em estudo.

Tabela 8 - Quantidades de insumos para a produção de 8 unidades de blocos

	Pó de pedra/ Pedrisco (kg)	Areia (kg)	Cimento (kg)	Água (l)	Agregado reciclado (kg)
Bloco de concreto convencional	35	30	7,5	8,0	–
Bloco de concreto reciclado	–	–	7,5	10,0	65

Fonte: A autora (2017).

A partir das quantidades de insumos para a fabricação dos artefatos de concreto, foi possível visualizar qual bloco agrediria em maior escala o meio ambiente.

5.2.6 Análise de variância

A partir de todos os resultados obtidos através dos ensaios e estudos, foi feito a análise de variância para dois tipos de blocos de concreto, com o intuito de perceber quão similares os blocos eram.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No sentido de melhor compreensão dos resultados e obtenção de conclusões satisfatórias, foram formulados ensaios, como já demonstrados, e conseqüentemente tabelas, quadros e gráficos que fundamentaram tal pesquisa.

6.1 Análise dimensional e de textura dos blocos

A TAB. 9 mostra a largura, altura, comprimento e espessura tanto dos blocos de concreto convencionais bem como dos blocos de concreto reciclados.

Tabela 9 - Dimensões dos blocos de concreto analisados

	Amostra	Largura (cm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Espessura (mm)
Bloco de concreto convencional	B1	99,0	200,0	389,0	20,0
	B2	100,0	199,0	390,0	20,0
	B3	100,0	201,0	389,0	20,0
	B4	99,0	201,0	391,0	20,0
	B5	100,0	201,0	389,0	20,0
	B6	101,0	200,0	390,0	19,0
	B7	100,0	201,0	390,0	19,0
	B8	99,0	202,0	390,0	20,0
Bloco de concreto reciclado	B9	100,0	200,0	390,0	19,0
	B10	99,0	200,0	389,0	19,0
	B11	100,0	198,0	390,0	19,0
	B12	100,0	199,0	390,0	19,0
	B13	99,0	201,0	390,0	20,0
	B14	100,0	201,0	391,0	20,0
	B15	100,0	201,0	389,0	19,0
	B16	100,0	200,0	390,0	20,0

Fonte: A autora (2017).

Para as verificações e testes, foi utilizada a família B39 dos blocos de concreto, que possuem largura variável, comprimento de 39 cm e altura de 19 cm. Todas as unidades possuíam, aproximadamente, dimensões nominais de 10 cm x 20 cm x 39 cm, (largura, altura e comprimento) que satisfizeram aos dados repassados pelo fabricante e à NBR 6136 (ABNT, 2016) que especifica tolerâncias máximas de ± 2 mm para a largura e ± 3 mm para altura e o comprimento.

A espessura tanto dos blocos de concreto convencionais quanto dos blocos de concreto reciclados, foram de aproximadamente de 20 mm, variando ± 1 mm, obedecendo à NBR 6136 (ABNT, 2016) que especifica apenas um valor mínimo de

15 mm para blocos de concreto para uso em vedação.

Em relação à menor dimensão do furo da mísula, todos os blocos possuíam um valor de 73 mm, obedecendo a NBR 6136 (ABNT, 2016) que aponta que tal valor deve ser ≥ 70 mm. Com relação ao raio da mísula, todos os blocos também obtiveram o valor mínimo prescrito na NBR 6136 que deve ser de no mínimo 20 mm.

A análise de textura dos blocos de concreto foi feita a partir de uma avaliação visual, onde os mesmos deveriam possuir homogeneidade, compacidade e arestas vivas, além de estarem livres de trincas ou fissuras, que possam prejudica-los quanto à sua resistência ou assentamento. O QUADRO 4 demonstra se os blocos estão em conformidade com tais parâmetros.

Quadro 4 - Análise da conformidade de textura dos blocos de concreto

	Amostras	Verificação da homogeneidade	Verificação de compacidade e arestas vivas	Verificação de ausência de trincas e fissuras	Análise da cor
Bloco de concreto convencional	B1	Conforme	Conforme	Conforme	Acinzentado
	B2	Conforme	Conforme	Conforme	Acinzentado
	B3	Conforme	Conforme	Conforme	Acinzentado
	B4	Conforme	Conforme	Conforme	Acinzentado
	B5	Conforme	Conforme	Conforme	Acinzentado
	B6	Conforme	Conforme	Conforme	Acinzentado
	B7	Conforme	Conforme	Conforme	Acinzentado
	B8	Conforme	Conforme	Conforme	Acinzentado
Bloco de concreto reciclado	B9	Conforme	Conforme	Conforme	Avermelhado
	B10	Conforme	Conforme	Conforme	Avermelhado
	B11	Conforme	Conforme	Conforme	Avermelhado
	B12	Conforme	Conforme	Conforme	Avermelhado
	B13	Conforme	Conforme	Conforme	Avermelhado
	B14	Conforme	Conforme	Conforme	Avermelhado
	B15	Conforme	Conforme	Conforme	Avermelhado
	B16	Conforme	Conforme	Conforme	Avermelhado

Fonte: A autora (2017).

A análise da cor não foi um critério especificado pela norma como obrigatório, sendo analisada apenas como forma de comparação e de avaliação da singularidade entre os blocos. Apesar de serem bem parecidos, os blocos de concreto reciclados apresentaram uma coloração em tom mais avermelhado, enquanto que os blocos de concreto convencionais possuíram uma cor mais acinzentada. A cor mais avermelhada do bloco de concreto reciclado decorre da utilização de resíduos de construção e demolição. No caso em estudo essa cor deveu-se principalmente a uma pequena porcentagem, aproximadamente de 20%,

de esses resíduos serem compostos de blocos cerâmicos.

6.2 Análise da absorção de água

Para a realização do ensaio de absorção de água dos blocos foi feita a determinação primeiramente da massa seca (M_1) e logo depois da massa saturada (M_2), conforme mostra a TAB. 10. A NBR 12118 (ABNT, 2013) propõe que os blocos a serem ensaiados secos passem por uma estufa de secagem, porém nesse caso não foi necessário, pois foram utilizados dois lotes distintos de blocos. O primeiro lote foi composto por oito blocos de concreto, quatro convencionais e quatro reciclados, utilizados para a verificação da resistência à compressão axial, o segundo lote também foi composto por oito blocos de concreto, quatro convencionais e quatro reciclados, destinados à verificação de porcentagem de água absorvida.

Tabela 10 - Massas encontradas dos blocos de concretos

	Amostras	M_1 (Kg)	M_2 (Kg)
Bloco de concreto convencional	B5	9,092	9,578
	B6	9,146	9,636
	B7	9,136	9,629
	B8	9,107	9,604
Bloco de concreto reciclado	B13	8,570	9,064
	B14	8,610	9,165
	B15	8,490	9,078
	B16	8,564	9,135

Fonte: A autora (2017).

O bloco de concreto reciclado apresentou uma massa menor em seu estado seco e em seu estado saturado. A composição do bloco de concreto reciclado proporciona uma massa total final menor que a do bloco de concreto convencional, possibilitando uma diferença aproximada de 500 gramas quando secos e após saturados.

Em virtude das duas massas encontradas, secas e saturadas (M_1 e M_2), é possível avaliar a porcentagem de absorção de água dos blocos, como mostra a TAB. 11. Essa porcentagem de absorção foi encontrada a partir da equação 4,

demonstrada no item 4.1.4.1.2.

Tabela 11 - Porcentagem de absorção de água nos blocos de concreto

	Amostras	Porcentagem de absorção (%)	Porcentagem máxima aceitável (%)
Bloco de concreto convencional	B5	5,34	10
	B6	5,36	10
	B7	5,40	10
	B8	5,46	10
Bloco de concreto reciclado	B13	5,76	10
	B14	6,44	10
	B15	6,92	10
	B16	6,67	10

Fonte: A autora (2017).

A NBR 6136 (ABNT, 2016) estabelece que a porcentagem de absorção de água para os blocos de concreto deve ser de, no máximo, 10%. Após as 24 horas de imersão em água, os dois tipos de blocos de concreto absorveram, como demonstrado no quadro anterior, uma porcentagem satisfatória.

Os blocos de concreto reciclados, no entanto, apresentaram uma maior absorção de água em comparação aos blocos de concreto convencionais. Uma possível explicação para tal resultado pode ser que a presença de RCD nos blocos reciclados tenha provocado uma maior incidência de poros permeáveis, gerando essa pequena diferença de percentual entre os dois tipos de bloco. Essa diferença, porém, não foi tão demasiada sendo aproximadamente de 1%.

6.3 Análise da resistência à compressão

Após serem colocados na prensa hidráulica, os blocos de concreto em estado seco apresentaram os seguintes valores de forças, conforme demonstra o TAB. 12.

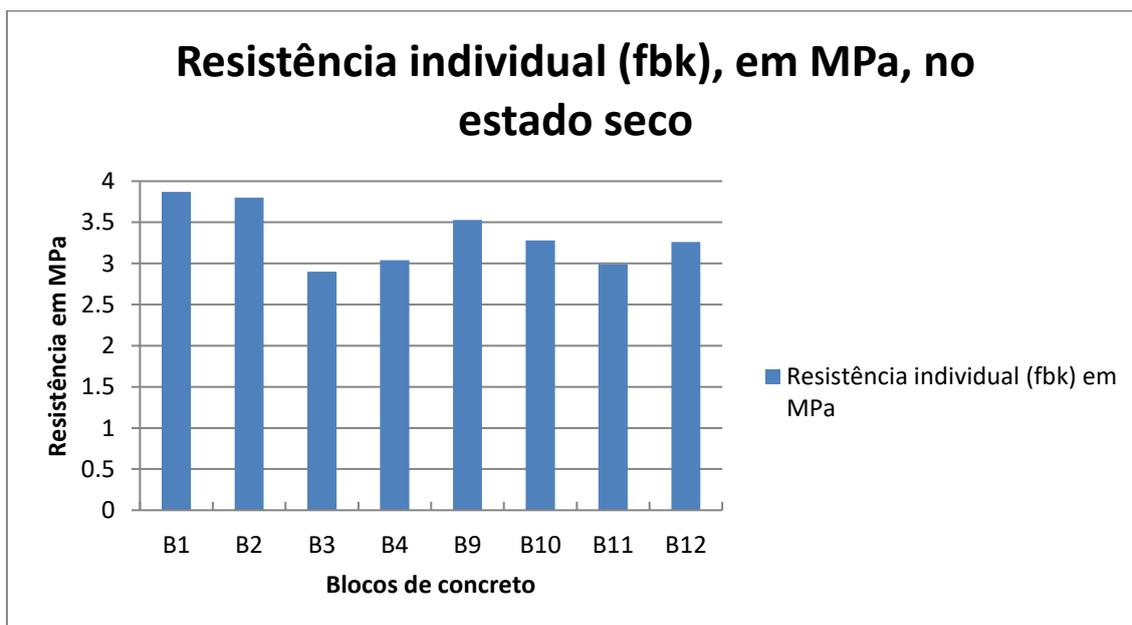
Tabela 12 - Forças aplicadas nos blocos de concreto secos

	Amostras	Força (N)
Bloco de concreto convencional seco	B1	149147,428
	B2	148302,075
	B3	112994,816
	B4	117898,991
Bloco de concreto reciclado seco	B9	137819,097
	B10	126414,530
	B11	116995,099
	B12	127199,552

Fonte: A autora (2017).

A partir dessas forças, foram feitos os cálculos pertinentes para encontrar os valores de resistência dos blocos, fazendo uso da equação 5 demonstrada no item 5.2.3. Desta forma foram obtidos os resultados, conforme mostra o GRAF. 1.

Gráfico 1 - Resistências dos blocos de concreto no estado seco



Fonte: A autora (2017).

Os valores encontrados no ensaio de resistência à compressão dos blocos secos satisfizeram, em partes, os pré-estabelecidos pela norma vigente e estão de acordo com os fornecidos pelo fabricante dos blocos de concreto. Segundo a NBR 6136 (ABNT 2016), os blocos de concreto para uso em vedação devem ter uma resistência ≥ 3 MPa e o fabricante assegurou que os blocos apresentariam tal resistência.

As duas amostras que não suportaram a carga ideal, chegaram bem próximo do valor estabelecido. Uma possível explicação de que tais artefatos não possuíram um $f_{bk} \geq 3$ MPa é o tipo de instrumentação utilizado para mistura do concreto. O mais correto seria o fabricante possuir uma betoneira para fazer tal mistura, porém tal procedimento ainda é feito de forma bem arcaica na fábrica, onde os mesmos utilizam serventes para misturar o concreto de forma manual.

No ensaio de resistência à compressão, utilizando os blocos em seu estado seco, o tipo reciclado praticamente suportou a mesma carga dos blocos convencionais, uma vez que a diferença é bem pequena de um para o outro.

Logo depois de feito o ensaio com os blocos de concretos secos, para título de comparação, os blocos saturados também foram ensaiados. Assim, foram obtidas as forças descritas na TAB. 13.

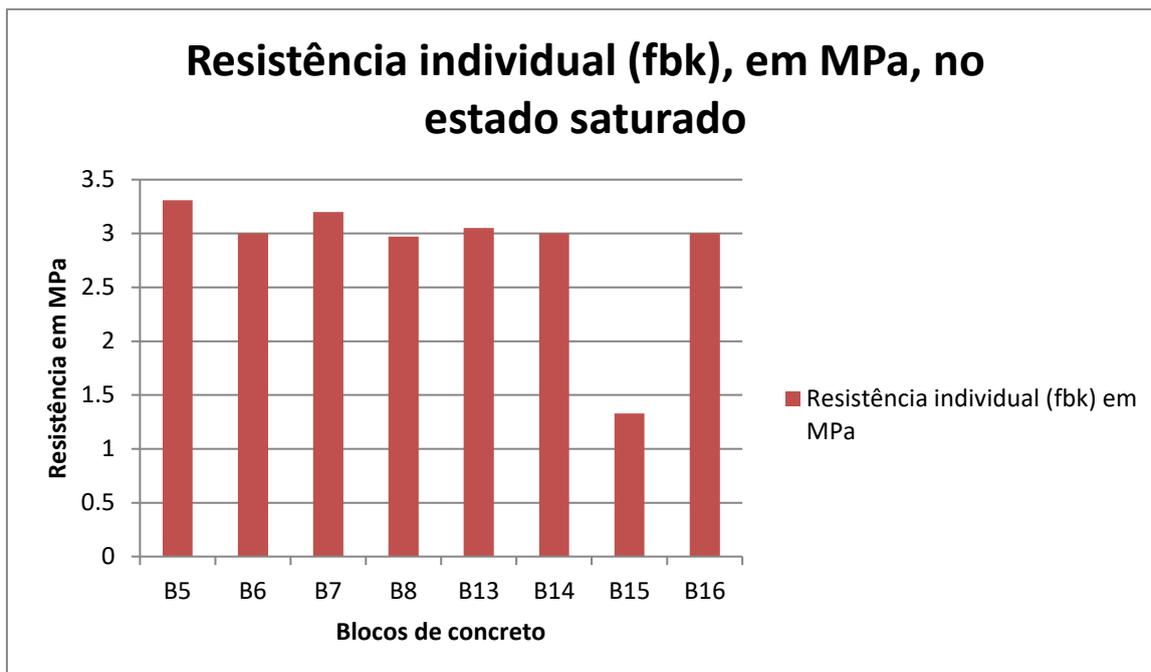
Tabela 13 - Forças aplicadas nos blocos de concreto saturados

	Amostras	Força (N)
Bloco de concreto convencional saturado	B5	129147,428
	B6	118302,075
	B7	124994,816
	B8	114898,991
Bloco de concreto reciclado saturado	B13	117819,097
	B14	117414,530
	B15	51943,129
	B16	117199,552

Fonte: A autora (2017).

Para o cálculo da resistência dos blocos saturados, fez-se uso da equação 5 e da área bruta, como no caso anterior, e obtiveram-se os resultados demonstrados pelo GRAF. 2.

Gráfico 2 - Resistências dos blocos de concreto no estado saturado



Fonte: A autora (2017).

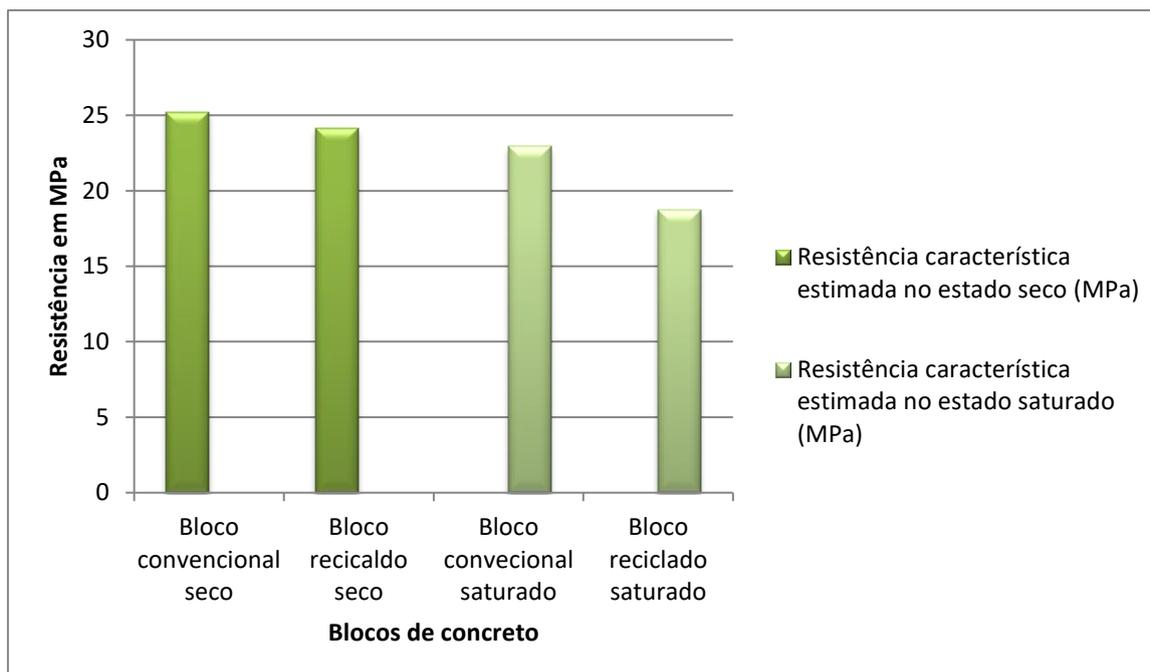
Novamente a maioria dos blocos de concreto satisfizeram a norma, possuindo um valor de resistência ≥ 3 MPa. O bloco de concreto reciclado saturado possuiu uma resistência menor que a do bloco de concreto convencional, porém a diferença entre um e outro é praticamente irrisória.

Apenas uma amostra do bloco de concreto convencional não chegou ao valor pré-estabelecido em pela NBR 6136 (ABNT 2016), porém seu f_{bk} foi bem aproximado de 3 MPa. A maior discrepância de resistência aconteceu em uma das amostras do bloco de concreto reciclado, que possuiu uma resistência apenas de 1,33 MPa. A explicação plausível para tal ocorrido é a mesma já citada, a forma manual de mexer tanto concreto convencional como o utilizado para a fabricação do reciclado se deu de forma manual e ainda a utilização de masseiros diferentes, ou ainda problemas no momento da cura do bloco.

A partir dos valores de f_{bk} obtidos dos dois tipos de blocos, foi possível determinar a resistência característica estimada das amostras, em seu estado seco e molhada, a partir da equação 1, demonstrada no item 4.1.4.1.1.

Assim, o GRAF. 3 demonstra o valor de resistência característica estimada encontrada para os dois tipos de blocos, em seu estado seco e saturado.

Gráfico 3 - Resistência característica estimada das amostras

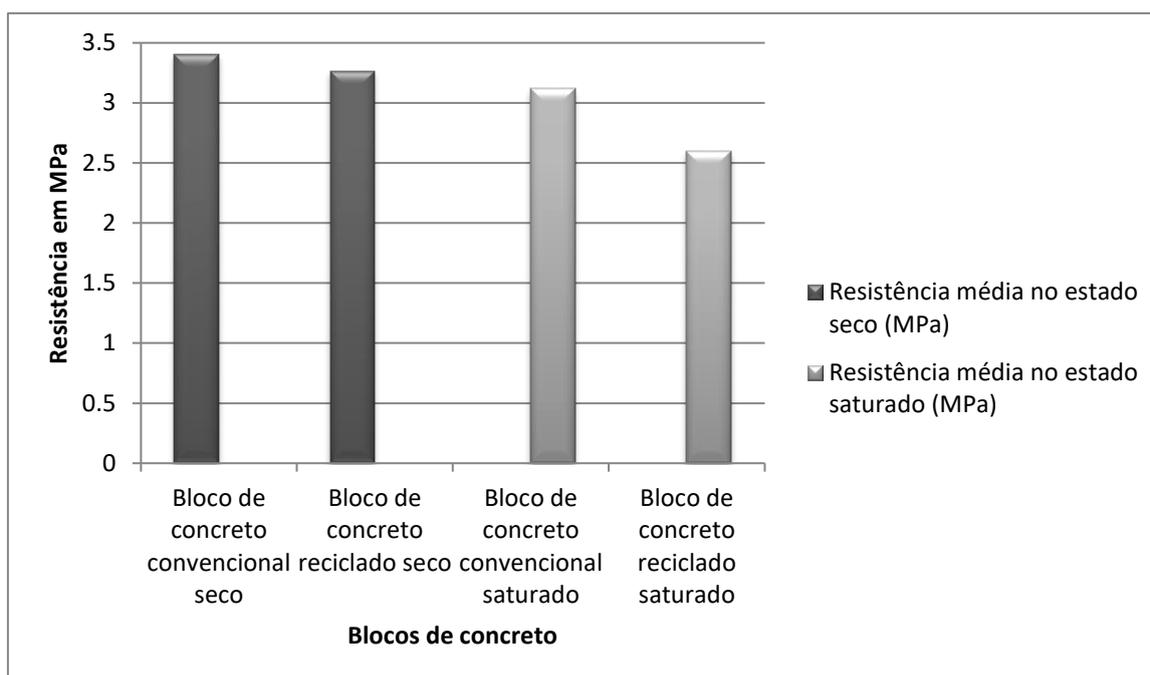


Fonte: A autora (2017).

Como demonstrado, a resistência característica de ambos os blocos em seu estado seco, foram bem parecidas, já no estado saturado houve uma maior diferença devido à amostra B15, que possuiu uma resistência individual bem baixa.

Ainda como fonte de comparação, foi feita a resistência média das amostras (f_{bm}). Esse valor médio foi encontrado dividindo as resistências encontradas, pelo número de amostras que foram ensaiadas. Os resultados encontrados foram demonstrados no GRAF. 4.

Gráfico 4 - Resistência média dos blocos de concreto



Fonte: A autora (2017).

Foi possível observar, a partir dos resultados acima, que apenas a resistência média do bloco de concreto reciclado saturado não alcançou 3 MPa. Esse fato decorreu da amostra B15 ter possuído um valor de resistência individual bem baixo, porém, a resistência média foi bem próxima do desejado.

Em síntese, foi possível constatar que (QUADRO 5):

Quadro 5 - Comparativo entre as propriedades dos blocos de concreto

Propriedades	Bloco	
	Reciclado	Convencional
Dimensões	Igual	Igual
Massa específica seca	Menor	Maior
Massa específica saturada	Menor	Maior
Absorção de água	Maior	Menor
Resistência à compressão	Menor ou igual	Maior ou igual

Fonte: A autora (2017).

Apesar dos blocos de concreto reciclados terem possuído uma resistência menor que a do bloco convencional, a diferença entre um e outro foi bem pequena. Assim, a maioria dos blocos analisados, convencionais e reciclados, satisfizeram à

NBR 6136 (ABNT, 2016) e NBR 12118 (ABNT, 2013).

6.4 Viabilidade econômica

A análise econômica do uso dos dois tipos de blocos de concreto numa residência com aproximadamente 250 m², é mostrada na TAB. 14.

Tabela 14 - Custo de uma residência de 250 m² com os dois tipos de alvenarias

Tipo de Alvenaria	Custo para 1 m ² (R\$)	Custo para 250 m ² (R\$)
Bloco de concreto convencional	35,311142	8827,7855
Bloco de concreto reciclado	20,361142	5090,2855

Fonte: A autora (2017).

Depois de analisar os resultados da TAB. 14, foi possível perceber que a utilização de alvenaria de vedação com o bloco do tipo reciclado torna a construção, em aproximadamente R\$ 3700,00 mais econômica financeiramente. O uso do bloco de concreto reciclado para vedação proporcionou uma economia expressiva para tal residência, sendo mais acessível que o bloco de concreto convencional.

Ainda foi perceptível que o milheiro de bloco convencional custa atualmente no mercado por volta de R\$ 1730,00 enquanto que o reciclado sai por aproximadamente R\$ 580,00, uma diferença substancial e que causaria efeitos sobre o orçamento de qualquer edificação.

Por meio da reciclagem de entulhos e futura concepção dos blocos reciclados, é possível fazer economia no que se refere à compra dos agregados naturais, à transporte das matérias primas e redução dos custos na disposição final do RCD e RCC em aterros.

6.5 Viabilidade sustentável

Para o comparativo de sustentabilidade entre um bloco e outro, foi feito o levantamento da quantidade de insumos para a fabricação de tal bloco. Para obtenção de 8 unidades de blocos de concreto convencionais foram gastos 72,5 kg de insumos (areia, pó de pedra/pedrisco, cimento) e 8 litros de água. Para a concepção da mesma quantidade de blocos de concreto reciclados foram

necessários 72,5 kg de insumos (agregados reciclados e cimento) e 10 litros de água.

Apesar de utilizar a mesma quantidade em quilogramas de insumos, os blocos de concreto reciclados utilizaram apenas os restos de construção e demolição, não necessitando de agregados comuns.

Levando em consideração que o ramo da construção civil é um dos maiores geradores de lixo e, conseqüentemente, um dos maiores degradadores ambientais, a reciclagem do entulho contribui de forma direta com a sustentabilidade ambiental. A reciclagem de resíduos de construção e demolição influencia diretamente na limpeza de rios, represas e alívio do impacto ambiental em aterros e lixões, diminuindo o gás carbônico emitido na atmosfera, devido à menor quantidade de lixo a serem depositados nos locais pré-estabelecidos.

Um único aspecto negativo da utilização desse tipo de bloco, é que o mesmo por absorver mais água, necessita de 0,25 litros a mais de água em cada artefato, porém a utilização desse tipo de bloco propicia mais vantagens que desvantagens, ou seja, reutiliza resíduos que seriam depositados na natureza, diminuindo o lixo gerado e beneficiando o meio ambiente, tornando esse aspecto negativo quase que insignificante.

Já o bloco de concreto convencional, mesmo utilizando uma menor quantidade de água, agride mais o meio ambiente, pois precisa retirar recursos naturais para seu processo em pedreiras, e outros depósitos de origem natural.

Desta forma, o bloco de concreto reciclado torna-se uma maneira de melhorar a sustentabilidade do planeta.

6.6 Análise de variância dos dados

A partir das resistências dos dois tipos de blocos, em sua totalidade, ou seja, a resistência dos oito blocos convencionais, sendo quatro blocos no estado seco e quatro no saturado, e a resistência dos oito blocos reciclados, sendo também quatro blocos no estado seco e quatro no saturado, foi possível determinar (TAB. 15):

Tabela 15 - Variância da resistência entre os blocos

Grupos	Soma (MPa)	Média (MPa)	Variância (MPa)	Variação			
				Entre grupos (MPa)	Dentro dos grupos (MPa)	f	$f_{crítico}$
Oito blocos convencionais	26,09	3,26	0,142784	0,438906	4,178688	1,470486	4,60011
Oito blocos reciclados	23,44	2,93	0,454171				

Fonte: A autora (2017).

Foi possível avaliar a partir da TAB. 15, que a média de resistência entre um bloco e outro, nos dois estados estudados, foi de 0,33 MPa e que a variância entre os dois tipos de blocos possuiu uma diferença praticamente irrisória, de aproximadamente 0,31 MPa. Ou seja, os dois tipos de blocos possuíram uma resistência à compressão praticamente igual. Tal afirmação foi comprovada pelo fato que o fator f apresentou-se menor que o $f_{crítico}$, reforçando o que já foi constatado, ou seja, que os dois tipos de blocos poderiam ser utilizados na alvenaria de vedação, sem qualquer dano futuro à mesma.

Ainda foi possível avaliar a variância quanto à massa específica seca e saturada, tanto do bloco convencional bem como do saturado (TAB. 16). Para esse caso, foram avaliadas as massas dos oito blocos, sendo quatro deles convencionais e quatro reciclados, considerando tanto a massa específica seca, bem como a saturada.

Tabela 16 - Variância da massa específica dos blocos

Grupos	Soma (g)	Média (g)	Variância (g)	Variação			
				Entre grupos (g)	Dentro dos grupos (g)	f	$f_{crítico}$
Quatro blocos convencionais	74928	9366	69587,71	1129969	1110818	14,24137	4,60011
Quatro blocos reciclados	70676	8834,5	89100,57				

Fonte: A autora (2017).

A partir da TAB. 16, foi possível afirmar o que já: a massa específica dos blocos reciclados foi menor que a dos convencionais. A média das massas possuiu uma variação de 531,5 gramas, uma diferença considerável entre um bloco e outro, o que ocasionaria uma diferença de peso relevante ao final de uma edificação.

A variância foi de 19512,86 gramas, um valor também considerável entre um bloco e outro, sendo que grupo de bloco convencional possuiu uma variância menor que a dos blocos reciclados. Tal fato pode ser explicado, pois os blocos convencionais possuíram a massa M_1 mais alta, porém os mesmos absorveram menor quantidade de água, o que não aumentou tanto a massa final M_2 . Ao contrário do que aconteceu com os blocos reciclados, que apesar de terem possuído a massa M_1 menor, absorveram uma maior quantidade de água, o que influenciou diretamente da massa final M_2 desse grupo.

Apesar do fator f , nesse caso ter sido maior que o $f_{crítico}$, os dois blocos poderiam ser utilizados na construção civil sem causar nenhum problema futuro, quanto à parte estrutural da edificação.

A TAB. 17 mostra a variação de porcentagem de absorção de água entre os blocos.

Tabela 17 - Variância da porcentagem de absorção de água dos blocos

Grupos	Soma (%)	Média (%)	Variância (%)	Variação			
				Entre grupos (%)	Dentro dos grupos (%)	f	$f_{crítico}$
Quatro blocos convencionais	21,56	5,39	0,0028	2,2472	0,127233	17,66204	5,987378
Quatro blocos reciclados	25,8	6,45	0,251667				

Fonte: A autora (2017).

A partir dos dados da TAB. 17, foi possível constatar que a média e a variância de porcentagem de absorção de água entre os dois blocos foi bem próxima, em torno de 1% e 0,25%, respectivamente. Ou seja, a diferença entre as porcentagens de absorção de água entre os dois tipos de blocos pode ser desconsiderada. Mesmo com o fator $f_{crítico}$ menor que o fator f , os dois tipos de blocos podem ser utilizados no setor civil.

6.7 Vantagens e desvantagens dos blocos de concreto

A partir das análises e ensaios nos blocos de concreto e de todas as considerações dos autores no referencial teórico, foi possível determinar suas vantagens e desvantagens em relação ao emprego de outros tipos de alvenarias construtivas. As vantagens e desvantagens dos blocos de concreto convencionais, se comparados com outros tipos de blocos, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto (ABIBC, 2012) e Ferreira (2011) são:

VANTAGENS

- A uniformidade de suas medidas;
- A enorme economia de materiais, se comparado ao bloco cerâmico, por exemplo, na confecção das paredes mais planas;
- A possibilidade de se dispensar o chapisco e o revestimento de argamassa, em certas situações;
- A viabilidade de pintura direta sobre o bloco ou a possibilidade de deixa-lo aparente;
- Diminuição de tempo da edificação;
- Redução de 15% a 20% do preço da edificação;
- Uma redução de 25 para 12,5 blocos, por m².

DESVANTAGENS

- Diminuição no conforto térmico e acústico, se comparados a outros blocos;
- Absorve maior quantidade de água;
- Maior peso e conseqüentemente maior dificuldade no manuseio;
- Utilizados em maior quantidade para construções industriais do que para residenciais.

A utilização de agregados reciclados fundamentou-se devido ao desejo de diminuir custos nas obras e diminuir o impacto causado ao meio ambiente. As confecções dos blocos de concreto reciclados respeitaram todos os padrões de normatização e apresentaram praticamente as mesmas vantagens e desvantagens,

com relação aos blocos de concreto convencionais, possuindo os seguintes complementos nas vantagens, segundo Ciochi (2003):

VANTAGENS

- Agregados reciclados semelhantes aos agregados convencionais;
- Produtos com preços finais mais baixos;
- Diminuição no despejo de materiais no ambiente e conseqüentemente uma menor degradação ambiental e
- Substituição de até 25% a 100% dos agregados convencionais pelos reciclados, sem alteração de resistência.

As desvantagens dos blocos de concreto reciclados são as mesmas dos convencionais, acrescentando-se que:

As desvantagens da implantação dessa gestão, onde ainda não há áreas suficientes para o recebimento dos RCD, como também a implantação da gestão ambiental de resíduos exige um alto investimento inicial para por em prática o funcionamento de usinas de reciclagem em locais que a construção civil está crescendo em grandes escalas (TONUS; MINOZZI, 2013, p. 22).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bloco de concreto é um material que tem conquistado espaço e confiabilidade no ramo da construção civil. A pesquisa teve como principal objetivo estudar o bloco de concreto reciclado em comparação ao bloco de concreto convencional para uso em alvenaria de vedação, analisando a viabilidade técnica, econômica e sustentável de tais peças. Assim, esse tipo de bloco poderia ser utilizado como alternativa no ambiente da construção civil. Para alcançar esse objetivo foram realizadas verificação de medidas e textura, testes com relação à absorção de água e ensaios de resistência à compressão axial. Todos esses ensaios foram feitos tanto nos blocos de concreto convencionais, quanto nos reciclados.

Basicamente o trabalho experimental foi dividido em três etapas. A primeira constituiu-se em verificar as medidas, aparência e textura dos dezesseis tipos de blocos, sendo oito deles convencionais e os outros oito reciclados. A segunda etapa foi aferir a massa dos artefatos e logo após colocar metade dos blocos, sendo quatro de cada espécie, em um tanque com água em temperatura ambiente e deixá-los imersos por 24 horas. Após aguardar pelo tempo determinado, as peças de concreto foram novamente pesadas. A terceira e última etapa, foi quanto à realização dos ensaios de resistência à compressão nos dois tipos de blocos, tanto nos secos quanto nos saturados.

As propriedades físicas dos tipos de blocos de concreto utilizados no ensaio com relação à absorção de água, dimensões e massas específicas, cumpriram com as exigências estabelecidas pelos códigos normativos.

Com relação à resistência à compressão axial, as falhas obtidas nas quatro amostras, das dezesseis estudadas, podem ser explicadas pelo fato do fabricante que disponibilizou os blocos utilizar como forma de mistura dos agregados, para a concepção dos blocos, o modo manual que não mistura de forma tão homogênea como uma betoneira, por exemplo. Ou ainda, o fato dos blocos terem sido concebidos de masseiros de concreto diferentes ou por alguma falha no processo de cura. Porém o estudo de variância atestou que os dois tipos de blocos equiparam-se quanto à resistência especificada pela NBR 6136 (ABNT, 2016).

Um único fator de maior significância foi que, os blocos de concretos reciclados possuíram uma massa específica, seca e saturada, em aproximadamente

500 gramas, menor que a do bloco convencional. Tal fator não propiciaria problemas quanto à estrutura final da edificação, porém se utilizado o bloco reciclado o peso final da alvenaria seria menor se comparado ao uso do bloco convencional.

Observando pelo lado sustentável, a utilização do bloco de concreto reciclado proporcionaria menor geração de lixo e resíduos ao meio ambiente. Levando em consideração que o planeta está totalmente necessitado de economizar recursos e preservar sua fauna e flora, esse tipo de material é capaz de reutilizar produtos que antes viravam entulhos e preservar as reservas naturais de matéria-prima. Assim a sustentabilidade do planeta seria aumentada em boas proporções, uma vez que a construção civil está entre os maiores geradores de resíduos atualmente.

O bloco de concreto reciclado é mais barato se comparado ao convencional, uma vez que utiliza restos das construções como agregados. Porém, por necessitar de maquinários um tanto quanto sofisticados para a obtenção dos agregados, a concepção desses artefatos reciclados ainda se torna um pouco mais difícil. Porém se os RCD e RCC forem coletados da maneira correta e levados a locais adequados, a compra dessas máquinas gerariam cortes de gastos, menor geração de lixo e propiciaram lucros rapidamente.

Em geral, a pesquisa conseguiu atingir seu objetivo, identificando todas as características dos blocos de concreto reciclados em comparação aos convencionais, mostrando a possibilidade de utilizar esse tipo de produto sem danificar ou gerar qualquer tipo de dano a edificações.

7.1 Sugestões para trabalhos futuros

No sentido de melhorar o conhecimento técnico do bloco de concreto reciclado, fazem-se as seguintes sugestões para possíveis trabalhos futuros:

- Estudo da melhor dosagem para tal produto, visando diminuir a porcentagem de absorção de água nas peças;
- Análise sobre a durabilidade do bloco reciclado em uma edificação;
- Pesquisas de possíveis fornecedores de tal produto no Brasil, analisando de forma mais precisa o custo para a concepção do bloco de concreto reciclado.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R. M et al. **Blocos de vedação com entulho**. In: International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo – Brasil, Maio de 2009. 7p. Disponível em:
<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/2/R.%20M.%20Abreu%20-%20Resumo%20Exp.pdf>. Acesso em: 06/03/17.
- ASSOCIACAO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE BLOCOS DE CONCRETO - ABIBC. **Press Kit Bloco Brasil**. São Paulo, 2012. Disponível em:
<http://www.blocobrasil.com.br/projetos/sistema-construtivo/sistema-construtivo-alvenaria>. Acesso em: 06/03/17.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **ABRECON**. 2015 Disponível em:
<http://www.abrecon.org.br/o-que-e-entulho/>. Acesso em: 07/03/17.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136:2016 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:2009 Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778:2009 Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768: 2011 Aditivos químicos para concreto de cimento *Portland* – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118:2013 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116:2004 Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2004.
- BALLISTA, L. P. Z. **Avaliação de algumas propriedades de concretos em estruturais com agregados graúdos reciclados modificados com látex estireno-butadieno**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2003. 152p. Disponível em:
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-13112015-142759/pt-br.php>. Acesso em: 09/03/17.

BARROS, M.C. **Avaliação de um resíduo da construção civil beneficiado como material alternativo para sistema de descobertura.** 96 p. Dissertação de Mestrado - COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

Disponível em:

http://www.poc.ufrj.br/teses/mestrado/inter/2005/Teses/BARROS_MA_05_t_M_int.pdf. Acesso em: 09/03/2017.

BERNARDES, A et al. **Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, jul./out. 2008. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em:

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/5699/4306. Acesso em: 09/03/17.

BESSA, I. S. **Avaliação do processamento digital de imagens como ferramenta para caracterização de agregados e misturas asfálticas.** 2012. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. Disponível em:

http://repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/4842/1/2012_dis_isbessa.pdf. Acesso em: 11/03/17.

BORGES, G. F. **Produção de blocos de concreto para vedação: análise da viabilidade técnico-econômica da utilização dos agregados reciclados.** Trabalho de Diplomação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, outubro de 2012. 83 p. Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/79744/000897347.pdf?sequence=1>. Acesso em: 11/03/17.

BUTTLER, A. M. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2007. 499p. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-16102007-111106/pt-br.php>. Acesso em: 11/03/17.

BRITO, J. A. F. **Cidades versus entulho.** In: IBRACON, ANAIS II SEMINÁRIO Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, Comitê Técnico CT 206 - Meio Ambiente. São Paulo, 1999, p 56-67.

CELESTINO, P. H. M.; CARASEK, H. CASCUDO, O. **Produção de blocos de concreto em obra com utilização de resíduo cimentício como agregado – um exercício de sustentabilidade.** Revista PINI. Edição 208. Julho/2014. 4p. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/208/producao-de-blocos-de-concreto-em-obra-com-utilizacao-de-319323-1.aspx>. Acesso em: 14/03/17.

CIOCCHI, L. Reciclagem de concreto. Revista PINI. Edição do dia 24/setembro/2003. Disponível em:

<http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/reciclagem-de-concreto-80112-1.aspx>. Acesso em: 14/03/17.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (1986). **Resolução nº001, de 5 de janeiro de 1986**. Ministérios das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. .
Publicada no Diário Oficial da União em 17/12/1986. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 15/03/17.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). **Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011**. Ministérios das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação.
Publicada no Diário Oficial da União em 25/05/2011. Disponível em:
https://www.legisweb.com.br/legisweb_novo/legislacao/?id=114767. Acesso em:
15/03/17.

CONSTRUÇÃO E MERCADO – Negócios de Incorporação e Construção.
Regularização fundiária urbana. PINI, v.70, n. 194, setembro de 2017.
DÉSIER, J. M. **Blocos e tijolos de concreto**. Repositórios sobre blocos de concreto, 2010. Disponível: http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/blocos_concreto.php. Acesso em: 15/03/17.

FERNANDES, B. C. M. **A utilização de resíduos da construção civil e demolição – RCD – como agregado para o concreto**. Centro Universitário de Formiga – UNIFOR/MG, FORMIGA, 2015. 68p. Disponível em:
http://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/jspui/bitstream/123456789/290/1/TCC_BrunaCristinaMirandolaFernandes.pdf. Acesso em: 17/03/17.

FERREIRA, R. **Bloco cerâmico X bloco de concreto**. Revista Construção e Mercado. Edição 123. Outubro/2011. Disponível em:
<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/123/artigo299119-1.aspx>. Acesso em: 17/03/2017.

FRASSON JR. A.; OLIVEIRA, A. L.; PRUDÊNCIO JR.L.R. **Influência do processo produtivo nas resistências dos blocos de concreto**. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu – Paraná – Brasil, 07 a 10 de maio de 2002. p.733-740. Disponível em:
http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_0733_740.pdf.
Acesso em: 18/03/17.

HOLANDA, O. G. J. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. Tese de Doutorado – Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002. 242p. Disponível em:
http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/2002DO_JUNIORHolanda.pdf.
Acesso em: 18/03/17.

HOOD, R. S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado a confecção de blocos de concreto para pavimentação**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2006. 150p. Disponível em:
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12112/000623333.pdf;sequence=1>.
Acesso em: 18/03/17.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA – IPEA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil – Relatório de pesquisa**. Brasília, 2012. 34p. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf. Acesso em: 18/03/17.

IZQUIERDO, I. S. **Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Estruturas. São Carlos, 2011. 121p. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde.../2011ME_IndaraSotolzquierdo.pdf. Acesso em: 21/03/17.

JOHN, V.M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. In: CARNEIRO, A.P et al. Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA; 312 p.; 2001; p.27-45. Disponível em: http://www.pick-upau.org.br/mundo/reciclagem_entulho/reciclagem_entulho/capitulo_01.pdf. Acesso em: 21/03/17.

LEITE, M.B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Porto Alegre, 2001. 270p. Disponível em: http://www.lume.ufrgs.br/bitstream_id/45864/000292768.pdf. Acesso em: 21/03/17.

LEVY, S. M. **Produzindo concretos ecologicamente e politicamente corretos**. Exacta, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 375-384, jul./dez. 2006.

MARINOSKI, D. **Alvenarias: conceitos, alvenaria de vedação, processo executivo**. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. ARQ 5663 – Tecnologia da edificação III. Aula 2. Florianópolis – SC, 2011. Disponível em: http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula%20-%20Alvenarias_%20introducao%2Bvedacao.pdf. Acesso em: 22/03/17.

MARQUES NETO, J.C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na Bacia Hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15)**. Tese de Doutorado – Universidade de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009. 669p. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22042010-135307/es.php>. Acesso em: 22/03/17.

MEDEIROS, J. S; SABBATINI, F.H. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil. 20 p. São Paulo, 1993. Disponível em: http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT_00098.pdf. Acesso em: 22/03/17.

MESQUITA, L. C et al. **Análise da viabilidade técnica de utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de blocos de vedação.** Revista Eletrônica de Engenharia Civil – REEC. Volume 10, nº 3, 2015, p. 30-40. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/download/32651/19500>. Acesso em: 22/03/17.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1999. 190p. Disponível em: <http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/gestresiduossolidos.pdf>. Acesso em: 24/03/17.

RAMALHO, M.A; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: Pini, 2003.171 p.

ROSA, R.P. **Consumo energético para produção de blocos de concreto: estudo comparativo com blocos cerâmicos através da avaliação do ciclo de vida.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre, junho 2010. 59p Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26076/000756067.pdf?sequence=1> Acesso em: 24/03/17.

SALVADOR FILHO, J.A.A. **Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas.** Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2007. 246p. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-29012009-104204/pt-br.php>. Acesso em: 24/03/17.

SANSÃO, J. H. **Gerenciamento de resíduos de construção civil e demolição na cidade de Juiz de Fora – MG (Dicas para construtores e projetistas).** Tese (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2009. 153p. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia%20Julia%20Hallack.pdf>.pdf. Acesso em: 27/03/17.

SANTANA, V. M. et al. **Utilização de concreto reciclado na aplicação de elementos estruturais.** In: XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós Graduação, ed. XV. Anais do XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós Graduação. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2011. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2011/anais/arquivos/0246_0254_01.pdf. Acesso em: 27/03/17.

SILVA, M. B. L. **Novos materiais à base de resíduos de construção e demolição (RCD) e resíduos de produção de cal (RPC) para uso na construção civil.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências dos Materiais – PIPE. Curitiba, 2014. 845p. Disponível em: <http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/259.pdf>. Acesso em: 30/03/17

SILVA, M.M.A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia. São Paulo 2003. 167p. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde01032004.../DissertacaoMargarete.pdf. Acesso em: 30/03/17.

SILVA, R. C.; GONÇALVES, M. O.; ALVARENGA, R.C.S.S. **Tecnologia – alvenaria racionalizada.** Artigo cinetífico (Pini), edição 112, julho/2016. 4p. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo285542-4.aspx>. Acesso em: 30/03/17.

SINDUSCON – SINDICATO DA CONSTRUÇÃO. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil – Avanços institucionais e melhorias técnicas.** Sinduscon – SP, desde 1934. 143 p.2015. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RES%C3%84DUOS-2015.pdf>. Acesso em: 30/03/17.

SOUZA, J.G.G. **Contribuição ao estudo da relação entre propriedades e proporcionamento de blocos de concreto – Aplicação ao uso de entulho como agregado reciclado.** Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia/Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília/DF, Julho/2001. 120p. Disponível em: <http://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M01-9B-Jos%C3%A9-de-Sousa.pdf>. Acesso em: 03/04/17.

SPADOTTO, A et al. **Impactos ambientais causados pela construção civil.** Unoesc & Ciência – ACSA, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 173-180, jul./dez. 2011. Disponível em: https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acsa/article/viewFile/745/pdf_232. Acesso em: 03/04/17.

TCPO. **Tabelas de composição de preço para orçamentos.** 14.ed – São Paulo. PINI, 2012.

TAMAKI, L. **Como se faz: blocos de concreto.** Materiais e ferramentas. Revista PINI, edição 28 – Março/2010. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/28/como-se-faz-blocos-de-concreto-168206-1.aspx>. Acesso em: 07/04/17.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural.** São Paulo: Editora Pini, 2010. 183 p.

TONUS, C. A.; MINOZZI, P. I. **Utilização de agregados reciclados de alvenaria na produção de concreto para contrapisos.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Paraná. Pato Branco, 2013. 67p. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/849/1/PB_COECI_2012_2_03.pdf. Acesso em: 09/04/17.