

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG

IGOR GONÇALVES CAMPOS

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO COMO
AGREGADO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS SEXTAVADOS NÃO ESTRUTURAIS
PARA PAVIMENTAÇÃO**

FORMIGA-MG

2018

IGOR GONÇALVES CAMPOS

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO COMO
AGREGADO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS SEXTAVADOS NÃO ESTRUTURAIS
PARA PAVIMENTAÇÃO**

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

Orientadora: Prof.^a Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

FORMIGA-MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UNIFOR-MG

C198 Campos, Igor Gonçalves.
Utilização de resíduos da construção civil e demolição como agregado na produção de blocos sextavados não estruturais para pavimentação / Igor Gonçalves Campos. – 2018.
44 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)-
Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Concreto. 2. Reciclagem. 3. Sustentabilidade. I. Título.

CDD 628.4

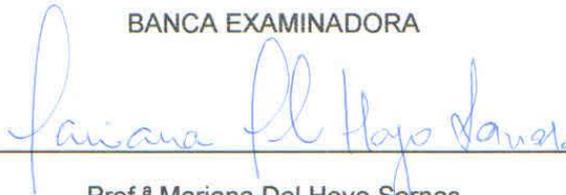
Catálogo elaborado na fonte pela bibliotecária
Rosana Guimarães Silva – CRB 6-3064

IGOR GONÇALVES CAMPOS

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO
COMO AGREGADO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS SEXTAVADOS NÃO
ESTRUTURAIS PARA PAVIMENTAÇÃO**

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

BANCA EXAMINADORA



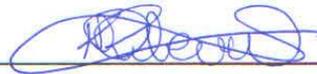
Prof.^a Mariana Del Hoyo Sornas

Orientadora



Fábio de Castro Rezende

Engenheiro Civil



Prof.^a Dra. Kátia Daniela Ribeiro

UNIFOR-MG

FORMIGA-MG, 31 de outubro de 2018

RESUMO

A necessidade de uma menor exploração ambiental e a previsão de uma futura escassez de recursos naturais fazem com que a construção civil procure diminuir o uso e minimizar o impacto dos mesmos, procurando desenvolver novas técnicas e conceitos visando a sustentabilidade. O objetivo da pesquisa é analisar a resposta quanto à resistência à compressão do resíduo de construção e demolição quando utilizado como substituto parcial do agregado fino e graúdo em blocos para pavimentação tendo assim a proposta da diminuição da exploração dos recursos naturais, levando em conta também a diferença de valores dos agregados no somatório final na produção do bloco. Os blocos foram produzidos, utilizando o traço de 1:4, substituindo no primeiro traço experimental, 33% do agregado graúdo e 33% do agregado miúdo e no segundo traço, 50% do agregado miúdo. O ensaio de compressão foi realizado por uma empresa especializada e os valores dos agregados foram estimados pela média dos preços de mercado da região de Lagoa da Prata/MG. Chegou-se à conclusão que a substituição dos agregados tem influência direta na resistência a compressão dos corpos de prova, porém foi observado durante os testes que a alternativa do agregado reciclado pode ser viável desde que sejam realizados outros testes e substituições.

Palavra-chave: Concreto, Reciclagem, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The necessity of a minor environmental exploration and a future shortage of natural resources does civil construction to work to reduce usage and minimize their impact, seeking to develop new techniques and concepts focused on sustainability. The research objective is to analyze the compression resistance response of construction and demolition residue when used as a partial substitute of fine and big aggregate in paving blocks aiming the proposal of reducing the exploitation of natural resources, also given how the difference of aggregates values in final block production sum. The blocks were produced, using 1:4 trace, replacing the first experimental trace 33% of big aggregate and 33% fine aggregate and on the second trace, 50% of fine aggregate. The compression test was realized by a specialized company and the aggregates values were estimated on the average market prices in the region of Lagoa da Prata/MG picked on a concurrence framework. It was concluded that the substitution of the aggregates influences proof body compression resistance directly, by the way it was observed on the tests that the recycled aggregate alternative it's viable as more experiments and replacement are performed.

Key words: environmental, sustainability, recycling, concrete.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Ensaio Resistencia a compressão – Traço 1	35
Gráfico 2 – Ensaio Resistencia a compressão – Traço 2	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resistencia característica a compressão	23
Tabela 2 – Valores Slump Test	28
Tabela 3 – Fator Multiplicativo	31
Tabela 4 – Coeficiente de Student	32
Tabela 5 – Volume de Insumos	33
Tabela 6 – Pesquisa de Mercado.....	34
Tabela 7 – Valor dos Insumos (R\$/m ³)	34
Tabela 8 – Resistência a Compressão – Traço 1	36
Tabela 9 – Resistência a Compressão – Traço 2	37

LISTA DE FIGURAS

Figura1 – Resíduos da construção e demolição: geração de emprego e renda ..	15
Figura 2 – Resíduos de Construção e Demolição – Problemas e soluções	16
Figura 3 – Coleta de entulho	17
Figura 4 – Usina reciclagem de entulho	18
Figura 5 – Peneira Vibratória	19
Figura 6 – Usina de reciclagem de Entulho	19
Figura 7 – Alguns modelos de pavers	22
Figura 8 – Amostra RCD Beneficiado	26
Figura 9 – Medição do Slump	27
Figura 10 – Fôrma Bloquete Sextavado	28
Figura 11 – Desforma do Bloco	29
Figura 12 – Cálculo do Volume	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

RCD – Resíduo da Construção Civil e Demolição

CONAMA – Conselho Nacional do meio ambiente

NBR – Norma Brasileira

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Objetivo geral	13
1.2. Objetivos específicos	13
1.3. Justificativa	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Resíduos de construção civil e demolições	15
2.2. Reciclagem de resíduos de construção civil e demolição	17
2.2.1. <i>Processamento</i> dos resíduos de construção e demolição.....	18
2.2.1.1. Coleta e separação de materiais	18
2.2.1.2. Britador e moagem.....	19
2.2.1.3. Peneiramento.....	20
2.2.1.4. Armazenamento	21
2.3. Aplicabilidade dos resíduos de construção civil.....	21
2.4. Vantagens e desvantagens da reciclagem do entulho.....	22
2.5. Blocos de concreto para pavimento intertravado	23
2.5.1. Processo de fabricação	23
2.5.2. Ensaios.....	24
2.5.2.1. Resistência a compressão.....	24
2.5.2.2. Resistência a abrasão.....	25
2.5.2.3. Absorção de água	25
2.5.3. Blocos de concreto com material RCD	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1. Materiais utilizados na fabricação dos blocos.....	26
3.1.1. Fabricação do concreto	27
3.1.2. Cálculo da quantidade de insumos para um bloco.....	28
3.1.2.1. Slump test.....	29
3.1.3. Fabricação dos blocos para pavimentação	30
3.1.4. Ensaios.....	31
3.1.4.1. Resistência a compressão.....	31
3.1.4.2. Resistência a abrasão.....	32
3.1.4.3. Ensaio de resistência a compressão	32
3.1.5. Cálculo da resistência a compressão de acordo com a norma NBR 9781:2013	33
3.1.5.1. Absorção de água	34
3.1.6. Blocos de concreto com material RCD	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1. Comparação de insumos utilizados	36
4.2. Ensaio de compressão	38
5. CONCLUSÃO	42

1. INTRODUÇÃO

O consumo de recursos naturais na construção civil tem aumentado de forma descontrolada, devido ao grande crescimento demográfico. Esse cenário há algum tempo, tem despertado em diversos lugares, uma busca por alternativas sustentáveis para diminuir os impactos causados.

Devido à atual preocupação com o meio ambiente e tendo em mente que o setor da construção civil é um setor que impacta a natureza com a exploração desenfreada, profissionais à frente desta área criaram medidas para tentar solucionar o problema.

Uma é a implantação de usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD). Estas usinas vieram para solucionar problemas como o despejo de entulho em lugares irregulares e para minimizar os efeitos da destinação inadequada dos RCD's. A reciclagem destes aparece como uma alternativa eficiente. Além de uma grande oportunidade de negócio para empresas especializadas.

Esta pesquisa propõe uma alternativa de reciclagem de resíduos, geralmente descartado de forma incorreta, analisando sua viabilidade técnica e análise de custo no uso em concreto não estrutural, mostrando as características do material quando beneficiado nos processos de reciclagem.

1.1. Objetivo geral

Verificar a influência em blocos não estruturais para pavimentos intertravados da substituição de agregados naturais pelo resíduo de construção e demolição (RCD), na sua resistência a compressão e na sua comercialização.

1.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos podem ser citados:

a) Fabricar blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de RCD, com preparo de dois traços, o primeiro com uma substituição de 33% do agregado graúdo e miúdo e o segundo com uma substituição de 50% do agregado miúdo.

b) Analisar os insumos utilizados nos blocos produzidos por meio de uma pesquisa de mercado, chegando assim a uma análise de custo sobre a produção dos mesmos.

c) Verificar a conformidade dos corpos de prova com as normas quanto resistência a compressão, através dos resultados do ensaio de resistência característica a compressão.

d) Concluir se a produção de blocos não estruturais para pavimentação é possível do ponto de vista da resistência e viável do ponto de vista econômico.

1.3. Justificativa

Profissionais que tem certa preocupação com os recursos naturais finitos, procuram com interesse materiais e técnicas construtivas que diminuam os impactos ambientais causados pela construção (PISANI, 2005)

O crescimento acelerado do mercado da construção civil tem ocasionado um aumento considerável da produção de resíduos, esses resíduos acarretam alto impacto ambiental quando descartado em locais inadequados como aterros sanitários e lixões.

Devido aos grandes impactos ambientais causados pelos processos produtivos da construção civil, desde a extração da matéria prima até o uso, demolição e descarte tem se feito necessário cada vez mais a reciclagem e reaproveitamento dos resíduos de construção e demolição (RCD).

Diante dessa realidade torna-se viável a criação de novos produtos adotando essas medidas de reaproveitamento e sustentabilidade. Assim a proposta desde trabalho é apresentar os RCD como uma alternativa de substituição de agregados na produção do bloco sextavado de concreto não estrutural, possibilitando uma diminuição na utilização dos recursos naturais usados no processo de fabricação reduzindo impactos ambientais causados e dando uma melhor destinação ao material retirado do canteiro de obras, mostrando também a análise de custos ao se utilizar os RCD no lugar dos agregados convencionais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta etapa, foram abordados os principais temas relevantes para a elaboração do trabalho, através do embasamento teórico obtido por meio de pesquisas em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso, artigos acadêmicos, dissertações de mestrado, teses de doutorados e experimentos já realizados.

2.1. Resíduos de construção civil e demolições

A construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, gerando como subproduto grande quantidade de entulho (LEVY, M. S.,2007).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente –CONAMA –n. 307, Art 2º, de 5 de julho de 2002, define os Resíduos de Construção civil e Demolição (RCD), como:

(...) resíduos provenientes de construção, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Segundo, Cabral e Moreira, existem diversas classificações para os RCD's considerando diversos parâmetros como tipo de obra (construção, demolição, reparação), tipo de material (inertes, não inertes, perigosos), destinação (recicláveis, não recicláveis). (Figura1)

De acordo com a norma NBR 10004 (2004) "Resíduos sólidos – Classificação" os resíduos de construção e demolição devem ser classificados, do ponto de vista do risco ambiental, sendo da seguinte maneira:

- Classe I (Perigosos) – São os que apresentam riscos ao meio ambiente e exigem tratamento e disposição especiais, ou que apresentam riscos à saúde pública.
- Classe II (Não-Perigosos)
 - Classe II A (não inertes) – São basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico.
 - Classe II B (Inertes) – São os resíduos que não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo, são resíduos como restos de construções, os entulhos de demolição, pedras e areias retirados de escavações."

Sendo assim os RCD sendo classificados como resíduos Classe III (inertes)., demonstrados na FIG 1.

Figura 1 – Resíduos da construção e demolição: geração de emprego e renda:



Fonte: ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição). (2016)

Outra forma de classificação e mais utilizada e adequada hoje é a proposta pelo Art. 3º da resolução 307 do CONAMA (2002) que divide os Resíduos da seguinte forma:

- (...) 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 infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos, argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto produzidas nos canteiros de obras;
- II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (NR)
- III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Nem todo tipo de resíduo é reaproveitado. Resíduos como tijolos, blocos cerâmicos e concretos em geral são os resíduos que foram utilizados neste trabalho. Resíduos perigosos, como lixo hospitalar, e não inertes, como lixo doméstico,

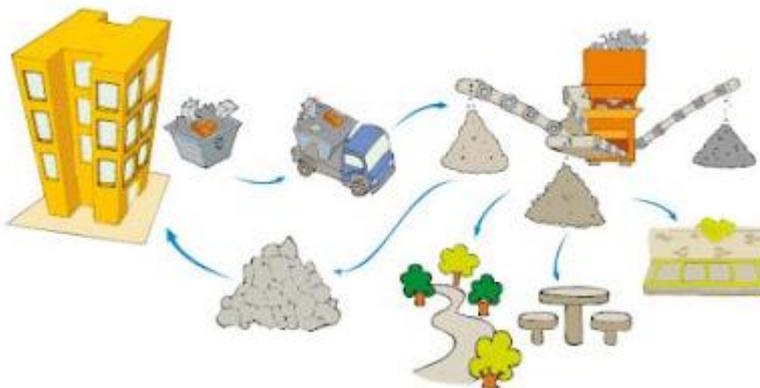
receberão um tratamento específico, não sendo encaminhados para usinas de reciclagem de entulho.

2.2. Reciclagem de resíduos de construção civil e demolição

Segundo Pinto (1999), a elevada geração de resíduos sólidos coloca como inevitável a adoção de políticas de valorização dos resíduos e sua reciclagem, os processos de gestão, tratamento e reutilização dos RCD vem se tornando um respeitável e sólido ramo da engenharia civil.

O processo de reciclagem do RCD é bastante recente no Brasil, mais vem ganhando espaço por conta das possibilidades da destinação dos resíduos e solução para confecção de produtos de baixo custo como demonstra o esquema da FIG 2, o que chama atenção dos gestores. (PINTO, 1999).

Figura 2 – Resíduos de Construção e Demolição – Problemas e soluções:



Fonte: Concreta Consultoria (2017).

Segundo Levy (2000), a reciclagem dos resíduos de construção no país, começou em 1991, em Belo Horizonte/MG, e hoje já existem estações de tratamento e reciclagem de entulho em várias outras cidades do país.

Para a reutilização dos resíduos de construção e demolição como material de construção, o RCD deve ser do tipo classe A conforme resolução nº 307 (CONAMA, 2002), e deve sofrer um processo de triagem e reciclagem originando um novo material: o agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil.

[...]O processo de reciclagem consiste basicamente na britagem do RCD do tipo classe A, diminuindo o tamanho dos grãos e produzindo assim o agregado reciclado. Entretanto, o resíduo antes da britagem já deve ser pré-selecionado e passar por uma fase de catação, onde os materiais indesejáveis, como vidro, metais, borracha, gesso e madeira devem ser retirados. Além disso, comumente são instaladas nas correias

transportadoras sistemas para realizar a separação magnética de elementos metálicos, como armaduras e pregos (ÂNGULO, 2005).

O segmento da reciclagem de resíduos no Brasil ainda é primitivo. Uma característica indispensável para a reciclagem de RCD no país é a comunicação com as questões ambientais dando ao processo um tratamento sustentável. (ABRECON, 2018)

Ser sustentável garante um alto crescimento a esse setor da engenharia, e ainda facilita negociações com órgãos públicos, com setor privado e com possíveis parceiros, a implantação de uma usina de reciclagem além de ser altamente rentável, gera também benefícios sociais para a cidade (ABRECON, 2018).

Segundo Ângulo (2000), nem sempre a reciclagem é uma solução que garante um impacto ambiental nulo. A reciclagem também impacta o ambiente, devido ao processamento, transporte e resíduos.

2.2.1. Processamento dos resíduos de construção e demolição

Para o uso dos resíduos de construção e demolição como agregados para fabricação de novos produtos é necessário realizar seu beneficiamento, pois os mesmos encontram-se, na sua grande parte, em grandes dimensões.

De acordo com Ângulo (2000), para realizar o beneficiamento dos RCD para poder assim realizar a reciclagem são necessárias algumas etapas sendo elas, coleta e separação, britagem, moagem, peneiramento, triagem e armazenamento, sendo apresentados a seguir.

2.2.1.1. Coleta e separação de materiais

A coleta do material é feita por caçambas como apresentado na FIG. 3, sendo as mesmas de empresas privadas ou cedidas pela prefeitura, não havendo separação prévia dos insumos de Classe A que são os reaproveitáveis segundo a resolução 307/2002.

Figura 3 – Coleta de entulho



Fonte: Central caçambas. (2017).

Nesta etapa são separados materiais desejáveis dos indesejáveis como metal, vidro, madeira e material orgânico; estes são encaminhados para tratamento adequado. Segundo Santos (2007), o material chega às usinas recicladoras e passa por um processo de separação inicial onde apenas os resíduos provenientes de construção e demolição são classificados conforme a sua composição:

- Material cimentício: Composto de diferentes concentrações de resíduos inertes de areia, brita e cimento, consolidados ou não em diversas granulometrias;
- Material misto: Composto de diferentes concentrações de resíduos inertes de cor cinza (concreto); resíduo inerte cor vermelha (cerâmicos cruzeiros ou cozidos, de tamanhos diversos e parte de solos ou argilas).

Para, posteriormente passar pelos processos de britagem e peneiramento.

A utilização de materiais indesejáveis pode influir nas propriedades de resistência do produto final fabricado com a utilização destes agregados.

2.2.1.2. Britador e moagem

O processo de britagem ou trituração é a etapa principal do beneficiamento dos resíduos, podendo ser feita uma ou mais vezes, dependendo da dimensão e granulometria desejadas. (MORAND, 2016)

Nesse processo pode ser utilizada uma usina móvel, fazendo a britagem do material no local onde ele é produzido, ou fixa (FIG. 4) que consiste em coletar o material e encaminhar para uma usina recicladora, onde pode ser obtido um material de granulometria variada, material este que pode vir a substituir tanto o agregado graúdo quanto o miúdo na produção de concretos e argamassas.

Figura 4 – Usina de reciclagem de entulho



Fonte: YLS,(2015).

Do britador o material segue numa pequena esteira rolante equipada com separador magnético, onde é feita a separação de resíduos de ferro que escaparam da triagem e foram introduzidos ao britador (NOGUEIRA, C.M et.al 2012).

2.2.1.3. Peneiramento

O material é encaminhado à peneira vibratória, que faz a separação do material em granulometrias selecionadas, separando assim grãos finos dos graúdos, como mostrado na FIG 5 (NOGUEIRA, et.al, 2012).

Figura 5 – Peneira Vibratória



Fonte: Sj Equipamentos (2018).

É nesta etapa que ocorre a separação dos elementos que terão como finalidade a substituição dos agregados nos concretos e argamassas como (areia, brita 1, brita 0).

2.2.1.4. Armazenamento

Após a etapa de peneiramento, cada uma das granulometrias obtidas é transportada para o seu respectivo pátio de estocagem por meio de esteiras transportadoras convencionais de velocidade constante, conforme FIG. 6 (NOGUEIRA, et.al 2012).

Figura 6 – Usina de reciclagem de Entulho



Fonte: EcoDebate, (2015).

2.3. Aplicabilidade dos resíduos de construção civil

A aplicabilidade do material reciclado é etapa decisiva no processo de desenvolvimento de mercado e a utilização dos resíduos deve ser em função das características do resíduo e de suas fases e também das condições de mercado locais. (JOHN, 2001). Ainda de acordo com JOHN (2001), as aplicações viáveis são aquelas que levam em consideração as características físico-químicas que o resíduo representa, gerando um novo produto de melhor desempenho e menor impacto no ambiente.

Segundo Morand (2016), o uso dos materiais reciclados pode ser feito em diversas áreas como, por exemplo:

- [...] a) Preenchimento de rasgos de paredes para tubulações hidráulicas e elétricas;
- b) Chumbamento de caixas elétricas e tubulações;

- c) Contrapiso de interiores de unidades habitacionais;
- d) Sistemas de drenagem (deve possuir alta permeabilidade para coletar e transportar os efluentes gerados em uma velocidade maior que a de produção);
- e) Aterramento de valetas junto ao solo;
- f) Pavimentação;
- g) Agregados para o concreto;
- h) Agregados para a argamassa.

Essa pesquisa terá foco principal na produção de concreto para fabricação de blocos de pavimentação sextavados, substituindo parte dos agregados de origem natural pelos agregados reciclados provenientes de usinas de reciclagem dando origem a um novo produto a ser usado na construção civil.

2.4. Vantagens e desvantagens da reciclagem do entulho

De acordo com a ABRECON (2018), a reciclagem do entulho representa vantagens, ambientais, econômicas e sociais e isso independe da finalidade a que esse produto for destinado após o beneficiamento, como por exemplo:

- Economia na compra de matéria-prima, devido a substituição de materiais naturais, pelo agregado reciclado, podendo ser utilizados na mesma obra onde o entulho foi produzido.
- Diminuição da poluição causada pelo entulho e de suas consequências negativas como enchentes e assoreamento de rios e córregos.
- Preservação das reservas de matéria-prima.
- É a forma de reciclagem que não demanda uma grande tecnologia, o que a torna mais barata.

Mesmo com todas as vantagens citadas acima, existem também desvantagens, como:

- A gestão do resíduo exige ainda um alto investimento inicial para colocar em funcionamento usinas de reciclagem.
- Preconceito do mercado consumidor com materiais que levam o agregado reciclado, o que torna mais difícil o alto investimento.

Tanto as tecnologias caras quando o preconceito contra o tipo do produto deve mudar, pois o momento atual é propício para negócios sociais e sustentáveis, que são aqueles que constituem valor para a sociedade e para o meio ambiente. (ABRECON, 2018)

2.5. Blocos de concreto para pavimento intertravado

Segundo a NBR 9781:2013, o piso intertravado ou pavimento intertravado é um pavimento cuja a estrutura é flexível e composta por uma camada base, que depois vem a ser revestida por artefatos de concreto. Os artefatos de concreto são componentes pré-moldados. Esse tipo de material é de fácil instalação, o que permite também o desmanche e o reuso das peças, também ajudando no processo de absorção de água por entre as juntas.

Fernandes (2008) diz que o conceito básico desse tipo de material é o intertravamento, que faz a transmissão de parte da carga exercida em uma peça para as peças vizinhas, o que alivia esforços individuais, reduzindo as deformações dos mesmos. São exemplos de normas para esse tipo de piso NBR 9781:2013 – (Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio) e NBR 15953:2011 – (Pavimento intertravado com peças de concreto — Execução).

2.5.1 Processo de fabricação

Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013) de peças de concreto para pavimentação, ainda sobre o processo produtivo o concreto utilizado nas peças deve ser constituído de cimento Portland, agregados e água sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos.

De acordo com o PONTE et.al.,(2004), o processo de fabricação pode ser dividido em 5 etapas principais:

[...] 1- Dosagem do Concreto: os agregados, aglomerante, água e o aditivo são dosados em peso automaticamente em proporções previamente definidas, de acordo com o traço já definido pela equipe técnica e o laboratório, tendo em vista o produto a ser fabricado;

2- Mistura: toda a matéria-prima é transferida automaticamente para o misturador para ser homogeneizada e transformada em concreto;

3- Moldagem: é a etapa de vibro-prensagem do produto. Do misturador, o concreto segue para alimentação da máquina, onde ocorrerá a prensagem e a vibração, que devem ser realizadas com grande energia de compactação. Após esse processo, as peças estão prontas para a cura.

4- Cura: após a moldagem, as peças seguem para as câmaras de cura totalmente estanques, ambientes com temperatura e umidade controladas. As peças devem permanecer nestas câmaras pelo tempo necessário para garantir a maior hidratação do cimento e conseqüentemente a qualidade final do produto. Dependendo do tempo de permanência na câmara e da temperatura externa, pode ser necessário realizar uma cura acelerada para a qual é utilizado vapor de água.

5- Estocagem: depois da retirada das peças das câmaras de cura, estas são dispostas em paletes de madeira e marcadas quanto ao lote de

identificação. Em seguida, elas seguem para o estoque onde ficarão até serem transportadas para os clientes’

Os pavers (Blocos de concreto intertravados) são encontrados no mercado com diversos formatos, como demonstrado na figura 7.

Figura 7 – Modelos de pavers



Fonte: FERNANDES, 2008

Um dos formatos de blocos de pisos intertravados de concreto é o hexagonal, conhecido como bloquete, formato que será adotado para este trabalho.

2.5.2. Ensaios

A NBR 9781 (ABNT, 2013) define também os ensaios necessários para verificação de aspectos com resistência a compressão, absorção de água e resistência a abrasão, conforme apresentados a seguir.

2.5.2.1. Resistência a compressão

A resistência está ligada à capacidade dos materiais de resistir às tensões sem que haja ruptura, sendo a resistência à compressão uma das propriedades mais importantes do concreto quando se avalia o desempenho de uma estrutura. (ABNT, 2013)

Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013), Peças de Concreto para Pavimentação, há duas categorias de resistência à compressão: 35 MPa e 50 MPa (Tabela 1), disponíveis em três espessuras: 6 cm, 8 cm ou 10 cm.

Tabela 1 – Resistencia característica a compressão

Solicitação	Resistencia característica à compressão (f _{pk}) aos 28 dias MPa
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥50

Fonte: ABNT NBR 9781:2013

2.5.2.2. Resistência a abrasão

Abrasão é um desgaste por atrito seco, predominante em pavimentação, dado pelo tráfego de pessoas e veículos, esse tipo de ensaio é tão importante para esse tipo de estrutura quanto o ensaio de resistência a compressão, apesar da norma brasileira não recomendar a avaliação dessa propriedade. (MARQUES, 2005).

2.5.2.3. Absorção de água

A Absorção de Água por imersão está relacionada com a medição do volume de poros no concreto. Segundo a Norma 9781 (ABNT, 2013), a amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7%.

2.5.3. Blocos de concreto com material RCD

Na produção dos blocos intertravados com a utilização dos agregados provenientes da RCD, o processo produtivo continua o mesmo demonstrado anteriormente (2.4.1 Processo de Fabricação), de acordo com a NBR 9781:2013. De acordo com Pitol (2014), deve-se ter cuidado somente na definição do traço utilizado na produção, pois o agregado reciclado é mais poroso que o agregado natural assim faz-se necessário um maior volume de água de amassamento, chegando a conclusão de que quando maior a quantidade de agregado utilizada maior será a quantidade de água do traço.

Para Miranda, Ângulo e Careli (2009), o uso do agregado reciclado no concreto deve ser feito juntamente com o agregado natural. Quando limitado as quantidades de agregado reciclado e natural, a variabilidade das propriedades é reduzida, podendo assim atender os limites propostos pelas normas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, realizou-se antes, uma pesquisa bibliográfica com base em consulta a livros, artigos, e também em plataformas online de busca de artigos, trabalhos de conclusão de curso, teses de doutorados e dissertações de mestrado. Com o objetivo de apontar a efetividade do uso de agregados reciclados de entulhos de construção e demolição na composição dos concretos com finalidade não estrutural.

Por tanto neste tópico são apresentados os materiais necessários e os procedimentos adotados para as execuções da produção e dos ensaios de acordo com as normas da ABNT.

Os resultados encontrados nesta pesquisa têm como objetivo levar a um comparativo entre os concretos convencionais e reciclados, chegando a conclusão do mais eficaz.

3.1. Materiais utilizados na fabricação dos blocos

Para o estudo da produção de blocos para pavimentação com a adição de RCD no concreto foi necessário o uso dos seguintes materiais para produção dos blocos.

- Cimento Portland CII -E-32
- Agregado graúdo: Brita 1
- Agregado miúdo: areia
- Água
- Resíduos de construção civil
- Foram utilizados também equipamentos como:
- Betoneira CSM – Rental (400 l)
- Compactador manual
- Fôrma sextavada

Foi utilizado o Cimento nacional CII-E-32, este cimento combina bons resultados de baixo calor de hidratação, com o aumento de resistência. Recomendado para estruturas que solicitem uma troca de calor moderadamente lenta.

O agregado miúdo foi a areia quartzosa, coletado em dragas no município de Lagoa da Prata – MG. O agregado graúdo utilizado foi a brita granítica 1 com

granulometria média de 9 mm a 19 mm coletado na cidade de Arcos – MG, ambos os agregados devidamente lavados.

O resíduo de construção civil e demolição usado é proveniente de várias obras de demolição realizadas em no município de Lagoa da Prata – MG, pela empresa que dá destino ao material realizando também a retirada da impurezas e a seleção do material. Somente o material derivado de estruturas de concreto é utilizado. O beneficiamento é realizado pela mesma empresa que faz a coleta, a empresa destina o entulho para o britador fixo onde o entulho é separado e classificado passando por trituração mecânica, que já do aspecto final na granulometria de brita 1 brita 1 e areia media. (Figura 8)

Figura 8 – Amostra RCD Beneficiado



Fonte: o Autor

Na figura 8 observa-se o material nas duas granulometrias citadas acima, é possível notar que a composição do material é somente de concretos e argamassas.

3.1.1. Fabricação do concreto

O traço de referência usado foi de 1:4:2:1 (cimento : areia : brita : água), definido conforme ao método de produção dos blocos e devido a pesquisa de campo realizada em fabricas de artefatos pré-moldados de concreto. Partindo desse traço pesquisado, foram feitas as seguintes modificações nos agregados

Traço 1 foi realizado da seguinte maneira, 1:4:2:1, onde na parcela de brita 1 foi substituído por 1/3 pelo agregado reciclado na granulometria idêntica e na

parcela de areia media foi substituído por 1/3 do agregado reciclado na granulometria da idêntica.

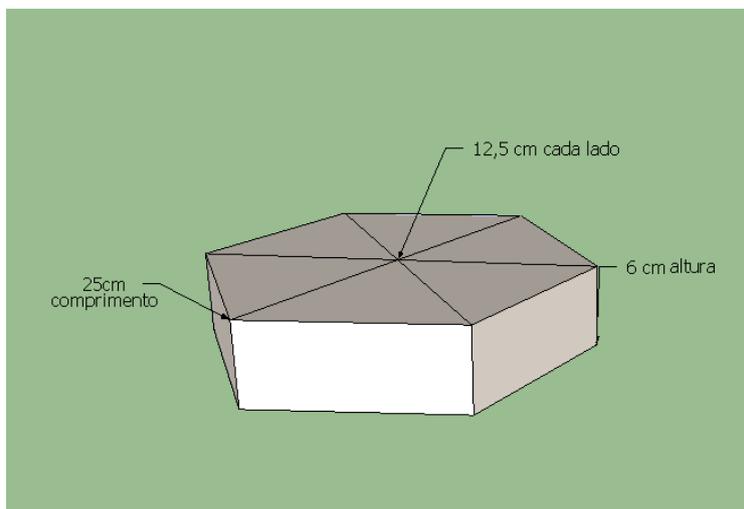
Traço 2 foi realizado da seguinte maneira: 1:4:2:1, onde na parcela da areia foi substituído ½ pelo agregado reciclado.

O concreto foi rodado em uma betoneira de 400 L (Figura 9), até atingir a consistência ideal para ser colocada nas formas. Após o preparo na betoneira o concreto foi retirado e foi feito o ensaio Slump test para verificar a consistência do concreto.

3.1.2. Cálculo da quantidade de insumos para um bloco

Para o cálculo da quantidade de insumos usados em um bloco, foi feito o cálculo do volume do prisma hexagonal, para isso foi dividido o bloco sextavado em 6 triângulos equiláteros (FIG 12).

Figura 12 – Cálculo do Volume:



Fonte: o Autor. (2018)

Foram utilizadas para os cálculos as seguintes equações (1):

Volume do Prisma:

$$V = Ab \times h \quad (1)$$

Onde:

V - Volume

Ab - Área da base

h – Altura

Para o cálculo da área da base foi feito o cálculo da área dos triângulos e multiplicado por 6 (número de triângulos):

Área da base (2):

$$Ab = 6 \times \left(\frac{l^2 \times \sqrt{3}}{4} \right) \quad (2)$$

Onde:

l – Lado do triângulo.

Depois de encontrar o volume de um bloco, é encontrada a quantidade de materiais utilizados com referência ao traço usado na produção.

3.1.2.1. *Slump test*

Com o concreto pronto na betoneira, foi realizado então o *Slump test* ou ensaio de abatimento tronco de cone. Neste ensaio foi colocada em uma fôrma cônica posicionada acima de uma chapa metálica a amostra do concreto, sendo três camadas igualmente adensadas com 25 golpes com uma haste metálica.

Após o adensamento das três camadas da amostra do concreto é feita a retirada do cone e o posicionamento do mesmo ao lado da amostra verificando assim o quanto o concreto se deforma após a retirada da forma. (FIG 11).

Figura 9 – Medição do *Slump*



Fonte: o Autor. (2018)

A TAB. 2 demonstra o resultado do teste de abatimento tronco de cone (*Slump*) nos dois traços adotados na pesquisa.

Tabela 2 – Valores *Slump Test*

Traço	<i>Slump</i> (cm)
1	0 cm
2	0 cm

Fonte: o Autor. (2018)

Em ambos os traços o resultado do *Slump Test* foi igual a 0 cm.

3.1.3. Fabricação dos blocos para pavimentação

Os blocos foram fabricados a partir de uma fôrma individual de metal como ilustrado na FIG. 10, onde o concreto foi despejado por cima da fôrma e adensado com um compactador manual.

Figura 10 – Fôrma Bloquete Sextavado



Fonte: o Autor. (2018)

Devido ao traço e ao método de preparo, os blocos foram desenformados imediatamente após o término do adensamento na fôrma. Que é possível devido ao

resultado do teste de abatimento de tronco de cone (*slump*), e a fôrma que foi cedida para a fabricação dos *pavers* (FIG. 11).

Figura 11 – Desforma do Bloco



Fonte: o Autor. (2018)

Durante os dois primeiros dias de cura os blocos foram molhados para evitar trincas nos blocos, técnica bastante usual para prevenir esse tipo de patologia em estruturas de concreto, contudo especificamente pela utilização do material RCD ser mais poroso teve-se mais cuidado com esse processo de umidificação dos artefatos.

3.1.4. Ensaios

A NBR 9781 (ABNT, 2013) define também os ensaios necessários para verificação de aspectos com resistência a compressão, absorção de água e resistência a abrasão, conforme apresentados a seguir.

3.1.5.1. Resistência a compressão

A resistência está ligada à capacidade dos materiais de resistir às tensões sem que haja ruptura, sendo a resistência à compressão uma das propriedades mais importantes do concreto quando se avalia o desempenho de uma estrutura. (ABNT, 2013)

Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013), Peças de Concreto para Pavimentação, há duas categorias de resistência à compressão: 35 MPa e 50 MPa (Tabela 1), disponíveis em três espessuras: 6 cm, 8 cm ou 10 cm.

Tabela 1 – Resistencia característica a compressão

Solicitação	Resistencia característica à compressão (f _{pk}) aos 28 dias MPa
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥50

Fonte: ABNT NBR 9781:2013

3.1.5.2. Resistência a abrasão

Abrasão é um desgaste por atrito seco, predominante em pavimentação, dado pelo tráfego de pessoas e veículos, esse tipo de ensaio é tão importante para esse tipo de estrutura quanto o ensaio de resistência a compressão, apesar da norma brasileira não recomendar a avaliação dessa propriedade. (MARQUES, 2005).

3.1.5.3. Ensaio de resistência a compressão

Os Ensaio de compressão foram realizados por uma empresa nos dias 21 de agosto (3 dias de cura), 01 de setembro (15 dias de cura), 14 de setembro (28 dias de cura). Foram enviados para realização dos ensaios 18 blocos como corpos de prova, sendo 9 blocos de cada traço para o rompimento de 3 blocos por cura. (Anexo A)

O Ensaio de resistência a compressão foi realizado conforme os procedimentos determinados pela NBR 9781:2013. O corpo de prova é posicionado centrado com o seu eixo coincidindo com o eixo da máquina, fazendo com que as forças passem pelo centro. A máquina possui uma fonte de energia estável garantindo assim a aplicação de força contínua isenta de choques bruscos. Os corpos de provas são apoiados em duas placas auxiliares com diâmetro de aproximadamente 85 mm e espessura de 20 mm, as mesmas acopladas uma no prato inferior outra no superior da máquina.

3.1.5. Cálculo da resistência a compressão de acordo com a norma NBR 9781:2013

Após a ruptura dos blocos, os valores encontrados são usados para obter a resistência a compressão peça expressa em MPa, como indicado em norma.

Com os valores da ruptura expressos em newtons (N), a área do carregamento em milímetros quadrados e o fator multiplicativo conforme a tabela 3 temos a seguinte equação. (Eq 3)

$$f_p = \frac{F}{A} \times p \quad (3)$$

Onde:

f_p : Resistencia da peça;

F: força de ruptura;

A: Área de carregamento;

p: Fator multiplicativo.

Tabela 3 – Fator Multiplicativo

Espessura nominal da peça (mm)	p
60	0,95
80	1,00
100	1,05

Fonte: ABNT NBR 9781:2013

Após o cálculo da resistência de cada peça, realizamos o cálculo da resistência a compressão estimada, com as seguintes equações. (4), (5)

$$f_{pk, est} = f_p - t \times s \quad (4)$$

Sendo:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Onde:

f_{pi} : Resistencia individual das peças (MPa);

$f_{pk, est}$: Resistencia característica estimada a compressão (MPa);

n: número de peças da amostra;

s: Desvio padrão da amostra (MPa);

t: coeficiente de Student fornecido na tabela X.

Tabela 4 – Coeficiente de Student

N	t
6	0,920
7	0,906
8	0,896
9	0,889
10	0,883
12	0,876
14	0,870
16	0,866
18	0,863
20	0,861
22	0,859
24	0,858
26	0,856
28	0,855
30	0,854
32	0,842

Fonte: ABNT NBR 9781:2013

Encontrando assim a resistência a compressão das peças que serão comparadas com a resistência mínima exigida na norma.

3.1.6.1. Absorção de água

A Absorção de Água por imersão está relacionada com a medição do volume de poros no concreto. Segundo a Norma 9781 (ABNT, 2013), a amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7%.

3.1.6. Blocos de concreto com material RCD

Na produção dos blocos intertravados com a utilização dos agregados provenientes da RCD, o processo produtivo continua o mesmo demonstrado anteriormente (2.4.1 Processo de Fabricação), de acordo com a NBR 9781:2013. De acordo com Pitol (2014), deve-se ter cuidado somente na definição do traço utilizado

na produção, pois o agregado reciclado é mais poroso que o agregado natural assim faz-se necessário um maior volume de água de amassamento, chegando a conclusão de que quando maior a quantidade de agregado utilizada maior será a quantidade de água do traço.

Para Miranda, Ângulo e Careli (2009), o uso do agregado reciclado no concreto deve ser feito juntamente com o agregado natural. Quando limitado as quantidades de agregado reciclado e natural, a variabilidade das propriedades é reduzida, podendo assim atender os limites propostos pelas normas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo teve como objetivo, verificar a viabilidade da utilização de resíduos de construção civil como agregado em blocos para pavimentação.

Foram apresentados os valores de mercado dos materiais, fazendo comparação dos insumos convencionais e dos blocos produzidos na pesquisa.

Os valores de resistência a compressão obtidos nos ensaios realizados também serão comparados aos valores estipulados por normas e valores pesquisados no mercado.

4.1. Comparação de insumos utilizados

Para comparação dos insumos, foi calculado os volumes dos blocos pelas fórmulas de cálculo do prisma, após obtido o volume total do bloco, foi utilizado a referência do traço convencional utilizado como base para o cálculo da quantidade (m³) de materiais usada em cada bloco.

Cálculo da área da base do bloco (2):

$$Ab = 6 \times \left(\frac{0,125^2 \times \sqrt{3}}{4} \right) = 0,040 \text{ m}^2$$

Cálculo do volume do bloco (1):

$$V = 0,040 \times 0,06 = 0,0024 \text{ m}^3$$

Relação com os insumos no traço, 1:4:2 (cimento, areia, brita 1). Na tabela 5 a seguir é demonstrado o volume de cada insumo utilizado na fabricação dos blocos com adição de RCD e bloco convencional, fazendo uma relação do volume do bloco com o traço utilizado.

Tabela 5 – Volume de Insumos

Volume de insumos (m ³)						
Blocos	Brita 1	Areia Média	Cimento	RCD graúdo	RCD miúdo	Total
Convencional	0,00068	0,00137	0,00034	-	-	0,0024
Traço 1	0,00045	0,000914	0,00034	0,000226	0,000456	0,0024
Traço 2	0,00068	0,000685	0,00034	-	0,000685	0,0024

Fonte: o Autor. (2018)

Para comparação de valores foram pesquisados o preço dos insumos em 3 estabelecimentos comerciais na cidade de Lagoa da Prata – MG e ilustrados na tabela 6.

Tabela 6 – Pesquisa de Mercado

	AREIA MEDIA (R\$/m ³)	BRITA 1(R\$/m ³)	CIMENTO (R\$/sc)
EMPRESA A	107,90	94,00	17,00
EMPRESA B	104,95	93,20	19,50
EMPRESA C	89,95	95,95	18,50
MÉDIA	100,95	94,40	18,00

Fonte: o Autor.(2018)

Levando em consideração que um saco de cimento de 50 kg tem um volume que equivale a 0,042 m³ (PRODETEC, 2016), com um valor médio de R\$ 18,00 o saco.

Divide-se os valores de 1 m³ pelo volume encontrado em cada traço.

Tabela 7 – Valor dos Insumos (R\$/m³):

Valor dos insumos (R\$/m ³)						
Blocos	Brita 1	Areia Média	Cimento	RCD(Graúdo)	RCD (Miúdo)	Total
Convencional	R\$ 0,064	R\$ 0,138	R\$ 0,140	-	-	R\$ 0,342
Traço 1	R\$ 0,043	R\$ 0,092	R\$ 0,140	R\$ 0,010	R\$ 0,023	R\$ 0,308
Traço 2	R\$ 0,064	R\$ 0,069	R\$ 0,140	-	R\$ 0,034	R\$ 0,307

Fonte: o Autor. (2018)

(A empresa que forneceu o RCD para os blocos dessa pesquisa, orçou o valor do material reciclado como 50% mais barato que valores dos materiais naturais)

Neste trabalho foi abordado somente os valores dos insumos para a produção dos blocos, não levando em consideração a mão de obra e equipamentos gastos na produção de blocos.

Como os dois traços deram valores muito aproximados de preço, o produtor tem em média uma economia de 10% nos preços dos materiais. O valor pode parecer baixo, mais por se tratar de uma só unidade e entendendo que para um metro quadrado são utilizados 16 blocos, a economia se torna considerável, principalmente se a área pavimentada for de grandes dimensões, como pátios de estacionamento e ruas em loteamentos.

4.2. Ensaio de compressão

O gráfico 1 ilustra os valores encontrados nos ensaios de resistência a compressão para os corpos de provas fabricados com o traço 1, em MPa levando em consideração os valores da ruptura dos blocos, para os corpos de provas com seu tempo de cura e traços de produção indicados.

Gráfico 1 – Ensaio Resistencia a compressão – Traço 1



Fonte: o Autor.(2018)

Tabela 8 – Resistência a compressão – Traço 1

TABELA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - 1

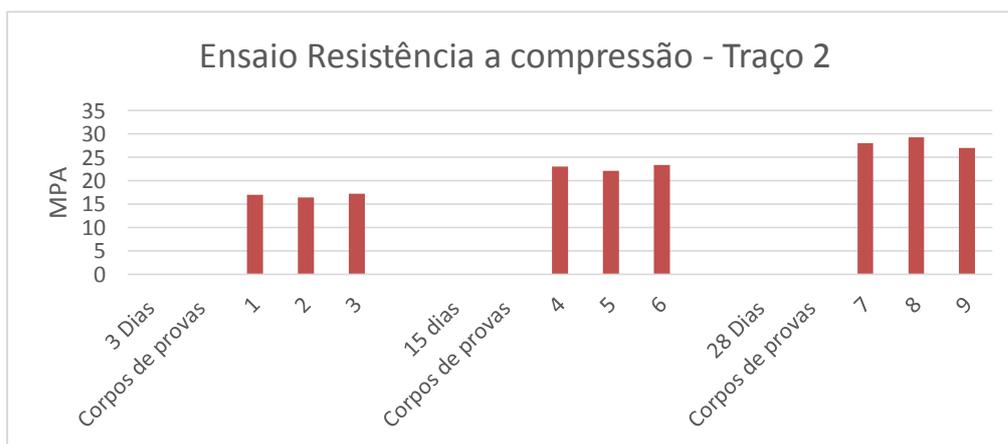
Traço	Dias	Resistência (MPa)	Média	Desvio Padrão	Resistencia estimada (f _{pk} , est Mpa)
Traço 1	3 dias	25,58	25,49	0,055	25,44280308
		25,43			
		25,47			
	15 dias	26,92	26,85	0,044	26,8093739
		26,8			
		26,83			
	28 dias	30,1	31,03	0,89	30,20228116
		30,51			
		32,48			

Fonte: Autor (2018)

A Tabela 8 apresentam os valores de resistência a compressão dos corpos de provas fabricados com o traço 1, já com os cálculos exigidos pela norma 9781:2013.

O gráfico 2 ilustra os valores encontrados nos ensaios de resistência a compressão para os corpos de provas fabricados com o traço 2, em MPa levando em consideração os valores da ruptura dos blocos, para os corpos de provas com seu tempo de cura e traços de produção indicados.

Gráfico 2 – Ensaio Resistencia a compressão – Traço 2



A Tabela 9 apresentam os valores de resistência a compressão dos corpos de provas fabricados com o traço 2, já com os cálculos exigidos pela norma 9781:2013.

Tabela 9 – Resistência a compressão – Traço 2

TABELA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - 2

Traço	Dias	Resistência (MPa)	Média	Desvio Padrão	Resistencia estimada (fpk, est Mpa)
Traço 2	3 dias	25,13	24,99	0,092	24,90468271
		24,97			
		24,87			
	15 dias	26,76	26,73	0,02	26,71048385
		26,73			
		26,7			
	28 dias	29,78	29,67	0,06	29,6128881
		29,61			
		29,63			

Fonte: Autor. (2018)

Os valores completos das análises ilustradas encontram-se no Anexo A desta pesquisa.

Após analisarmos os dados do ensaio de resistência a compressão é possível verificarmos os resultados distintos na adição da quantidade de resíduos dos diferentes traços.

Tendo como referência o que a norma 9781:2013 é possível fazermos as comparações dos valores. Segundo a norma os blocos deveriam apresentar uma resistência característica maior ou igual a 35 MPa para trafego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha ou maior ou igual a 50 MPa para veículos pesados.

Nos ensaios realizados os blocos não atingiram a resistência exigida em norma tendo uma diferença significativa nos traços 1 e 2. Sendo o traço 1 chegando a uma resistência média de 31,03 MPa e o traço 2 uma resistência média de 29,67 MPa. Na análise dos ensaios foi possível chegar à conclusão de que a maior

substituição do agregado miúdo resultou em uma maior diminuição da resistência a compressão.

Uma das explicações para este resultado, pode ser a de que o resíduo de construção civil e demolição é um material heterogêneo, cuja natureza é diferente dos agregados naturais é composto por elementos, irregulares, desiguais e distintos, o que pode comprometer a qualidade final do concreto.

Futuramente seria interessante a realização de ensaio de abrasão e envelhecimento dos blocos para que se possa comparar efetivamente com os blocos que já são comumente encontrados no mercado.

5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir do estudo realizado nesta pesquisa que a substituição dos agregados de blocos para pavimentação é uma alternativa viável e uma ótima solução para a alta extração de madeira prima na construção civil.

Foi utilizado na pesquisa o agregado graúdo e miúdo. Agregado graúdo com granulometria de brita 1 e agregado miúdo com características de areia média.

No traço 1 onde foi substituído 33,33% dos agregados graúdos e miúdo a resistência do bloco se mostrou 11,34 % mais baixa do que exigido em norma, já no traço 2 onde somente foi substituído o agregado graúdo em uma porcentagem de 50% foi possível observar uma taxa de 15,23% menor na resistência daquela exigida na norma.

Os resíduos proporcionaram uma diminuição na resistência a compressão, porém, segundo algumas das bibliografias pesquisadas pode-se constatar que o resíduo reciclado é um excelente agregado para o concreto quando utilizado com diferentes porcentagens no traço do mesmo.

É possível concluir que o uso do agregado reciclado no concreto, em proporções convenientemente dosadas, não afeta a resistência à compressão. (VIEIRA; MOLIN; LIMA, 2004, p.17).

“Quando se substitui o agregado natural por 20% de agregado reciclado de concreto ou de alvenaria, o sólido resultante apresentou o mesmo desempenho e, por vezes, até melhor comportamento que o concreto de referência.” (LEVY, 2006, p.382).

A diminuição da resistência a compressão é inversamente proporcional a quantidade de resíduos utilizados na substituição. As proporções utilizadas neste estudo foram definidas para que ocorresse também uma diferença econômica dos blocos convencionais para os reciclados.

Inclusive é possível observarmos uma diferente porcentagem de pesquisa para pesquisa, isto se dá, pois, a cultura da construção civil é diferente de estado para estado, país para país resultando em resíduos com composições distintas.

Deve-se realizar futuramente realizar ensaios com alteração das proporções e com a substituição de equipamentos para que se analise a fundo a influência das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRECON. **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição**. Disponível em: <<<http://abrecon.org.br/entulho/mercado/>>>. Acesso em 26 de mar de 2018.

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 155 p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10004: **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781: **Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15953: **Pavimento intertravado com peças de concreto — Execução**. Rio de Janeiro ABNT, 2011

BRASIL. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério do Meio Ambiente**. Conselho Nacional do Meio

Ambiente. Brasília, DF, 17 jul. 2002. Seção 1 p. 95 – 96. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

CENTRAL CAÇAMBAS. **Coleta de entulho**. 2017. Disponível em: <<http://www.centralcacambas.com.br/retirada-de-entulho-em-sao-bernardo-do-campo.html>>. Acesso em julho 2018.

CONCRETA CONSULTORIA, – **Resíduos de Construção e Demolição – Problemas e soluções, 2017**. Disponível em: <<https://www.concretaconsultoria.com.br/single-post/2017/10/16/Res%C3%ADduos-de-Constru%C3%A7%C3%A3o-e-Demoli%C3%A7%C3%A3o---Problemas-e-Solu%C3%A7%C3%B5es>>. Acesso em julho 2018.

DOS SANTOS, E. C. G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. 57p.

ECODEBATE. **Usina de reciclagem de Entulho**. 2015. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2015/09/02/usinas-de-reciclagem-de-entulho-em-belo-horizonte-e-a-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil-artigo-de-roberto-naime/>>. Acesso em julho 2018.

JOHN, V. M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. In. Cordeiro, A.P.; De Brum, I.A.S.; Cassa, J. C. S. Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.1, 26p-43p.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos**. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo PCC/USP. São Paulo, 1997.

LEVY, S. M. **Produzindo concretos ecologicamente e politicamente corretos**. Exacta, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 375 –384, jul./dez. 2006. Disponível em <<http://www.redalyc.org/html/810/81040217/>>, acesso em 12 de setembro 2018.

PONTE, G.A et.al. **Manual técnico de piso intertravado de concreto/T & A Blocos e Pisos**. Fortaleza: T & A Blocos e Pisos, 2004.46 p.

MORAND, F.G. **Estudo das principais aplicações de resíduos de obra como materiais de construção**. Tese (TCC). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016

NOGUEIRA, C.M et.al. **RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: Estação SLU – Estoril/Belo Horizonte/MG**. Pós em revista do Centro Universitário Newton Paiva. Belo Horizonte, 2012

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica,

Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.189p.

PISANI, M. A. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo desolo-cimento**. In: SINERGIA. v.6. n.1. 2005. São Paulo, 2005.

SJ EQUIPAMENTOS. **Peneira Vibratória**. 2018 Disponível em: <<http://sjequipamentos.com.br/equipamentos/peneira-3-decks-2/>>, acesso em julho 2018.

VIEIRA, G. L., MOLIN, D. C. C., LIMA, F. B. **Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição**. Repositório UM, n.19. Portugal, 2004. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/3/34/TC031_Artigo_RCD.pdf>. Acesso, em 12 de setembro 2018

YLS . **Usina de reciclagem de entulho**. 2015 Disponível em: <<https://www.yls.net.br/trituradores1.html>>. Acesso em julho 2018.

ANEXO A – ENSAIOS DE RESISTENCIA A COMPRESSÃO

ENSAIO 1					
ROMPIMENTO DE CORPO DE PROVA					
Igor Gonçalves Campos					
Viabilidade da Adição do RCD ao Bloco					
BLOCO SEXTAVADO					
N° C.P	Data Concretagem	Data Rompimento	Idade Dias	Ruptura (N)	Traço
1	15/08/2018	18/08/2018	3	171253,21	1
2	15/08/2018	18/08/2018	3	170251,76	1
3	15/08/2018	18/08/2018	3	170468,76	1
4	15/08/2018	18/08/2018	3	168251,76	2
5	15/08/2018	18/08/2018	3	167126,76	2
6	15/08/2018	18/08/2018	3	166476,24	2

Fonte: o Autor. (2018)

ENSAIO 2					
ROMPIMENTO DE CORPO DE PROVA					
Igor Gonçalves Campos					
Viabilidade da Adição do RCD ao Bloco					
BLOCO SEXTAVADO					
N° C.P	Data Concretagem	Data Rompimento	Idade Dias	Ruptura (N)	Traço
1	15/08/2018	30/08/2018	15	180215,6	1
2	15/08/2018	30/08/2018	15	179415,71	1
3	15/08/2018	30/08/2018	15	179553,21	1
4	15/08/2018	30/08/2018	15	179113,21	2
5	15/08/2018	30/08/2018	15	178933,21	2
6	15/08/2018	30/08/2018	15	178753,21	2

Fonte: o Autor. (2018)

ENSAIO 3					
ROMPIMENTO DE CORPO DE PROVA					
Igor Gonçalves Campos					
Viabilidade da Adição do RCD ao Bloco					
BLOCO SEXTAVADO					
N° C.P	Data Concretagem	Data Rompimento	Idade Dias	Ruptura (N)	Traço
1	15/08/2018	12/09/2018	28	201458,25	1
2	15/08/2018	12/09/2018	28	204215,78	1
3	15/08/2018	12/09/2018	28	217402,05	1
4	15/08/2018	12/09/2018	28	199340,2	2
5	15/08/2018	12/09/2018	28	198234,43	2
6	15/08/2018	12/09/2018	28	163458,25	2

Fonte: o Autor.(2018)

Média ao final dos 28 dias

Traço 1: 31,03 MPa

Traço 2: 29,67 MPa