

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO
SUBSTITUIÇÃO DOS AGREGADOS NO CONCRETO PARA A FABRICAÇÃO DE
BLOQUETES PARA CALÇAMENTO URBANO**

Gabriel Souza Garcia



**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO
SUBSTITUIÇÃO DOS AGREGADOS NO CONCRETO PARA A FABRICAÇÃO DE
BLOQUETES PARA CALÇAMENTO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACIG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia Civil

Orientadora: Juslei Vieira

MANHUAÇU

2019



GABRIEL SOUZA GARCIA

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO
SUBSTITUIÇÃO DOS AGREGADOS NO CONCRETO PARA A FABRICAÇÃO DE
BLOQUETES PARA CALÇAMENTO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACIG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia Civil

Orientadora: Juslei Vieira

Banca Examinadora:

Data de Aprovação:

MANHUAÇU

2019



AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grato a Deus por todas as realizações e conquistas durante o curso na faculdade, quero agradecer meus familiares que deram força e apoio durante o curso e também minhas irmãs Karla e Kássia, minha mãe Edilene e meu pai Ernani que deixou a missão de me tornar um profissional exemplar, agradecer aos amigos de curso Igor, Hiago, Denisson e Marcos em Belo Horizonte e Christian, Erick, Demerval, Luisa, Jéssica, Loriene, Jhonatan, Ana Luiza, Karlla, Helder, Natália, Carol, Mateus e Victor Júnior em Manhuaçu e a todas as pessoas que conheci durante o percurso que me ajudaram muito nos desafios da trajetória.

Reconheço o esforço de todos os professores que se empenharam no ensino e dedicaram com paciência o dom de partilhar conhecimento aos alunos nos estudos, e também aos coordenadores do curso de engenharia civil que se prontificaram em solucionar problemas, se aplicaram nas atividades e no desenvolvimento educacional.

Em especial agradeço a minha orientadora Juslei, que me deu total apoio em cada passo para que esse trabalho fosse executado, por toda a paciência, solicitude, presteza e esclarecimento de todas as dúvidas surgidas.

Enfim, dedico esse trabalho a todas as pessoas que me ajudaram e apoiaram durante essa fase que não foi nem um pouco fácil, e apesar de todas as dificuldades, Deus me concedeu forças e graças para concluir mais uma etapa e realizar o sonho de me formar.

Sendo assim, estarei de coração aberto e pronto para ajudar a todos que me apoiaram, será um privilégio poder compartilhar todo o conhecimento adquirido durante os seis anos de estudos.



RESUMO

A extração demasiada de recursos naturais para a produção de matérias primas para sustentar a indústria da construção civil, pode a longo prazo gerar uma escassez de minerais na natureza, são muitas as possibilidades, de instante parciais de forma a solucionar casos como este. Portanto, será estudada a possibilidade da utilização de resíduos sólidos rejeitados pela construção civil como substituição dos agregados no concreto para a fabricação de bloquetes para calçamento urbano, bem como suas propriedades físicas e comparação de custos com bloquetes fabricadas por métodos tradicionais.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos, Entulho, Agregados, Concreto Reciclado, Bloquete de Calçamento.



ABSTRACT

The excessive extraction of natural resources for the production of raw materials to support the construction industry can in the long run generate a shortage of minerals in nature, there are many possibilities, at the moment partial to solve cases like this. Therefore, it will be studied the possibility of using solid waste rejected by civil construction as a substitute for concrete aggregates for the manufacture of urban sidewalk blocks, as well as their physical properties and cost comparison with blocks made by traditional methods.

Keywords: Solid Waste, Rubble, Aggregates, Recycled Concrete, Paving Block.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Usina de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil.....	12
Figura 2a. Blocos rejeitados pelo controle de qualidade.....	14
Figura 2b. Rejeitos de vigotas, lajes pré-moldadas e painéis.....	14
Figura 3a. Britador de mandíbula.....	14
Figura 3b. Mandíbula do britador.....	14
Figura 4. Depósito de agregado reciclado, Brita 1.....	15
Figura 5. Blocos com agregados reciclados para calçamento.....	16
Figura 6a. Saco de cimento.....	19
Figura 6b. Cimento CP III 40 RS.....	19
Figura 7. Agregado graúdo (Areia lavada média).....	20
Figura 8. Resíduos de demolição.....	20
Figura 9a. Triturador de mandíbula.....	21
Figura 9b. Regulador de granulometria.....	21
Figura 10. Brita reciclada.....	21
Figura 11. Bloquete reciclada.....	22
Figura 12a. Corpo de prova moldado.....	22
Figura 12b. Cura do corpo de prova.....	22



LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Agregados utilizados na pesquisa.....	17
Tabela 2. Traço para produção dos blocos.....	18
Tabela 3. Traço para produção dos blocos.....	22



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparação de resistência a compressão.....	23
Gráfico 2. Porcentagem de matéria prima para o traço estudado.....	23
Gráfico 3. Gráfico de comparação de custos.....	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. DESENVOLVIMENTO.....	12
2.1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	12
2.1.2. RESÍDUOS.....	13
2.1.3. A USINA.....	14
2.1.4. OS BLOCOS.....	16
2.1.5. PRODUÇÃO DOS BLOCOS.....	17
2.1.5.1. MATERIAIS UTILIZADOS.....	17
2.1.5.1.1. AGLOMERANTE.....	17
2.1.5.1.2. ADITIVO.....	17
2.1.5.1.3. AGREGADOS.....	17
2.1.5.1.4. TRAÇO.....	17
2.2. METODOLOGIA.....	18
3. ANÁLISE DE DADOS.....	19
3.1. MATERIAIS UTILIZADOS.....	19
3.2. PRODUÇÃO DOS BLOCOS E CORPOS DE PROVA.....	21
3.2.1. TRAÇO.....	21
3.3. RESISTÊNCIA.....	23
3.4. CUSTO.....	23
4. CONCLUSÃO.....	24
5. REFERÊNCIAS.....	25



1. INTRODUÇÃO

Com suas dimensões continentais, o Brasil presencia tempos de grande crescimento. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas o IBGE (1999, 2019), nos últimos dezenove anos o país sofreu um crescimento populacional aproximado de 23,9%; aumento este que influi diretamente no mercado da construção civil.

Nos últimos anos, as tecnologias construtivas evoluíram significativamente para contemplar diversos perfis de clientes e atender a crescente demanda por construção. Com o passar do tempo, é normal que surjam novos métodos construtivos e produtos inovadores no setor da engenharia.

Devido ao grande volume de obras, toneladas de resíduos da construção civil são dispostos na natureza todos os dias por não possuírem serventia imediata nos demais processos construtivos. Segundo a ABRECON (2011), cada brasileiro produzia em 2011 uma média de meia tonelada de entulho por ano.

A forte demanda por matéria prima para produção de materiais de construção exige muito do meio ambiente, a extração demasiada de minerais gera impactos irreversíveis à natureza.

Pensando nisso, propõe-se o estudo da utilização de resíduos sólidos de classe A, gerados na construção civil como substituição de agregados para confecção de bloquetes para calçamento urbano, bem como a verificação de qualidade e observação do comportamento do novo método diante dos tradicionais.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

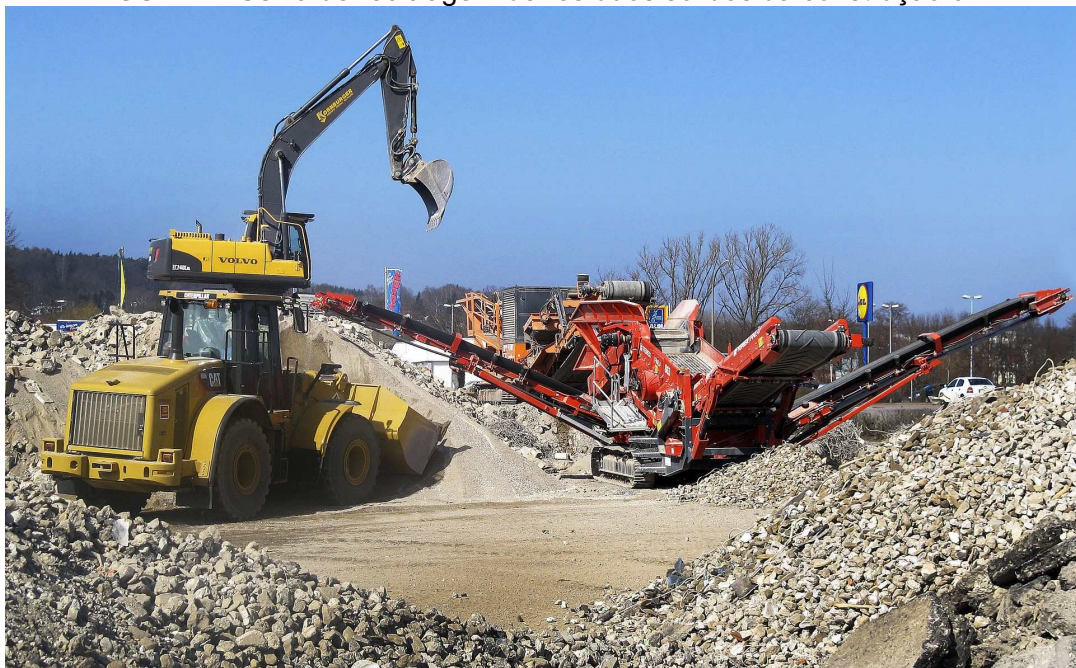
2.1.1 Considerações Gerais

Responsável pela maior parte dos resíduos gerados por seres humanos, a construção civil demanda de aproximadamente 50% dos recursos naturais extraídos do planeta (BUTTLER, 2007).

De forma geral, com a crescente elevação de custos de materiais e manutenção de velhas e novas vias, os engenheiros têm buscado novas tecnologias referentes à durabilidade do ciclo de vida dos produtos respeitando a necessidade de conservar cada vez mais o meio ambiente, evitando a extração demasiada de recursos naturais para impedir a disposição final de resíduos da construção civil, os quais possuem potencial de serem reaproveitados e beneficiados de forma a atender o mercado na produção dos blocos reciclados (PINTO, 1999).

Segundo Levy (2001) a versatilidade do concreto proporciona condições para a utilização nas diversas áreas da construção civil, ao contrário dos pilares, vigas, fundações e blocos estruturais, os blocos para calçamento não têm função estrutural, são utilizados em larga escala devido à magnitude das vias em grandes, médias e pequenas cidades. Desta forma, para colaborar com a qualidade das ruas, driblar a poluição e extração excessiva de recursos, surge o concreto produzido com agregados reciclados provenientes de demolições e demais processos de reformas ou descartes na construção civil, conforme figura 1:

FIGURA 1. Usina de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil



Fonte: Portal Resíduos Sólidos, 2014



Há relatos que os agregados reciclados eram utilizados desde o Império Romano, porém, após a Segunda Guerra Mundial, a Alemanha foi pioneira na aplicação dos resíduos reciclados em novas construções civis. Restos de blocos de concreto feitos com cimento Portland, foram utilizados significativamente pela primeira vez para a construção de várias cidades da Europa (LEVY, 2001).

Os Estados Unidos também investiram muito no estudo de novas tecnologias para o reaproveitamento de resíduos da construção civil, principalmente aqueles gerados pelas reformas de pavimentação rígida em larga escala (GONÇALVES, 2001).

Segundo LEVY (2001) nos anos 1928 já haviam estudos expressivos quanto a produção de concreto reciclado, elaborado a partir de agregados obtidos de resíduos minerais reciclados, era avaliado o consumo de água, a quantidade de cimento e a consequência da granulometria dos agregados, oriundos de demolições de construções de concreto e alvenaria britada.

Embora os estudos e técnicas de reaproveitamento de resíduos minerais das construções tenham evoluído, não é possível assegurar que a reciclagem tenha se propagado como uma ideia abrangente e conceituada.

Felizmente, grandes nações tecnologicamente desenvolvidas como o Japão, Estados Unidos, Holanda, Bélgica, Alemanha, França entre outras, têm se preocupado mais diante da necessidade de reciclar resíduos provenientes das construções civis, e colocam em prática os estudos feitos, visando assegurar a padronização dos materiais para que possam ser aplicados na área produtiva de forma a obter-se resultados relevantes quanto a sua utilização (LEVY, 2001).

Fundamentando-se no conceito da autossustentabilidade, o mercado da construção civil possui recursos e métodos inteligentes para o processamento de resíduos descartados, de forma a transformá-los em materiais para construção, sendo tecnicamente uma forma de desafogar o meio ambiente das poluições e viabilizar economicamente a reutilização dos resíduos (FRANCISCO, 2017).

2.1.2. Os Resíduos

Além de ecologicamente correto, o concreto produzido com agregados reciclados é economicamente viável pois gera emprego e renda, outrossim, a nova forma de comércio sustenta economia de milhões de dólares anuais. A construção civil é capaz de movimentar a economia com grande potencial devido à crescente demanda do mercado, que se relaciona diretamente com o crescimento populacional (GONÇALVES, 2001).

Ainda segundo Gonçalves (2001), todos os dias, são geradas enormes quantidades de resíduos, provenientes das reformas, demolições e demais atividades produtivas, como exemplo, a pavimentação rígida, que vem sendo utilizada em larga escala nas vias de grande movimentação, estes pavimentos possuem prazo de validade, ou seja, tem um tempo de vida útil, após este tempo é preciso fazer a manutenção das vias de concreto, isso gera volume de resíduos de grandes magnitudes, que são prejudiciais ao meio ambiente se descartados.

Fábricas de pré-moldados de concreto, também geram uma quantidade expressiva de resíduos, segundo Buttler (2007), uma fábrica de grande porte pode gerar até 7m³/dia de resíduos de concreto, no final do mês são aproximadamente 160m³ de resíduos gerados, quantidade essa representada por blocos de concretos rejeitados pelo controle de qualidade rejeitos de vigotas, painéis e lajes pré-moldadas.

Os resíduos rejeitados pela produção de pré-moldados de concreto são estocados até que o processo de reciclagem se inicie, as figuras com autoria de Buttler (2007), mostram um estoque de resíduos de uma fábrica brasileira conforme figuras 2a e 2b:

FIGURA 2a. Blocos rejeitados pelo controle de qualidade.



Fonte: Buttler, 2007

FIGURA 2b. Rejeitos de vigotas, lajes pré-moldadas e painéis.



Fonte: Buttler, 2007

Estes tipos de resíduos são ideais para a produção do concreto reciclado, para isso precisam passar por um processo de britagem e separação, entretanto, os agregados reaproveitados possuem características diferentes das dos agregados naturais, por isso, a quantidade de argamassa do concreto original aderida nas superfícies granulares, influenciam nas propriedades do concreto resultante (GONÇALVES, 2001).

Alguns tipos de agregados, como os reaproveitados de demolições contendo alvenarias, argamassa e concreto, podem apresentar diferentes resultados nos ensaios de resistência dos corpos de prova, sendo assim a classificação dos agregados é primordial para que o traço possa ser adaptado para um futuro resultado almejado (BAZUCO, 1999).

2.1.3. A Usina

Após a coleta dos entulhos, os mesmos seguem para a usina, a qual responsabiliza-se por separar e beneficiar os resíduos, tornando-os uniformes para a utilização na produção de concreto, os britadores de mandíbula são maquinários que transformam os entulhos em agregados menores. Após o processo de britagem, os agregados são peneirados a fim de classifica-los de forma a atender o padrão granulométrico prescrito nas normas vigentes da NBR 7217, no peneiramento são considerados agregados miúdos a fração inferior a 4,8 mm, brita 1 a fração entre 9,5 e 19 mm e brita 2 a fração entre 19 e 25 mm (LEVY, 2001).

Nas figuras 3a e 3b é possível observar um britador de mandíbula de pequeno porte, a caneta serve como comparação das dimensões:

FIGURA 3a. Britador de Mandíbula



Fonte: Levy, 2001

FIGURA 3b. Mandíbula do Britador



Fonte: Levy, 2001

Após todo o processo de beneficiamento dos agregados, os mesmos são estocados em montes até que sejam demandados para a produção de concreto reciclado.

FIGURA 4. Depósito de agregado reciclado, Brita 1



Fonte: Levy, 2001

2.1.4. Os Blocos

Feitos tradicionalmente com água, cimento Portland, agregado graúdo brita e agregado miúdo areia, os blocos de concreto para calçamento são utilizados em larga escala nas ruas brasileiras, já os blocos feitos com agregado reciclado, ainda representam uma pequena parcela de participação nos meios urbanos. Atualmente, no Brasil, grande parte das fábricas de blocos não possuem técnicas e controles rigorosos nos processos produtivos de modo a proporcionar segurança e qualidade ao produto final, sendo assim, são minoria as fábricas que possuem a certificação da Associação Brasileira do Cimento Portland (BUTTLER, 2007).

De acordo com Júnior (2000), as metodologias existentes na época ainda precisavam ser evoluídas e bem estudadas, o uso de agregados reciclados de boa qualidade, a utilização de cimento Portland de alta resistência inicial agregados à utilização de maquinários eficientes e dosagens exatas nos traços, pode gerar resultados excelentes na qualidade dos blocos produzidos.

A produção do bloco de concreto envolve uma tecnologia bastante peculiar. Diferente de um concreto convencional, o concreto para a produção de blocos não segue à risca a "Lei de Abrams", com a sua conhecida regra da relação água/cimento. Portanto, neste caso, não vale a recomendação de reduzir a quantidade de água na mistura para melhorar a resistência mecânica. Ao contrário, via de regra, quanto mais água se coloca na mistura, maior será a resistência alcançada. Isto ocorre, pois, a água dosada confere à mistura uma plasticidade que facilita a prensagem do material nas formas da máquina. Existe uma umidade ótima na qual as misturas conseguem obter uma melhor compactidade, bem parecido como o que ocorre na compactação de solos, por exemplo. Evidentemente, existe uma quantidade limite acima da qual as peças não conseguem ser produzidas (JUNIOR, 2000, p.14).

FIGURA 5. Blocos com agregados reciclados para calçamento



Fonte: Ecosolutions, 2014



2.1.5. Produção dos Blocos

2.1.5.1. Materiais Utilizados

Os materiais para a fabricação dos blocos de concreto reciclado são basicamente os mesmos materiais utilizados nos blocos de concreto convencionais, ou seja, água, cimento, agregados miúdos e agregados graúdos, a única diferença está na utilização dos agregados, os quais serão substituídos pelos resíduos reaproveitados da construção civil (GONÇALVES, 2001).

2.1.5.1.1. Aglomerante

Para a produção dos blocos reciclados Buttler (2007), utilizou o cimento CP V ARI PLUS de alta resistência inicial, o qual possibilita boas resistências em baixas idades, ou seja, oferece resistência suficiente para ser aplicado pouco tempo após deixar a fábrica.

2.1.5.1.2. Aditivo

O aditivo empregado na confecção dos blocos foi o Rheomix 610 da MTB, (Master Builder Technologies), trata-se de um aditivo plastificante de base saponácea, com cor laranja; o mesmo proporciona boa textura ao bloco, melhora a resistência mecânica e reduz a água de amassamento, já que é ideal para a produção de blocos e concretos de resistência seca (BUTTLER, 2007).

2.1.5.1.3. Agregados

A tabela 1 mostra os agregados utilizados pelo autor no experimento:

TABELA 1 - Agregados utilizados na pesquisa

Designação	Agregado
Agregado miúdo natural	Areia natural quartzosa - Itaporanga
Agregado miúdo natural	Areia natural quartzosa - Tietz
Agregado miúdo	Pó de pedra – origem Basáltica
Agregado graúdo	Pedrisco – origem basáltica
Agregado graúdo reciclado	Originários de diferentes tipos de concreto
Agregado miúdo reciclado	Originários de diferentes tipos de concreto

Fonte: Buttler, 2007

Oriundos de resíduos de fábricas de pré-moldados, entulhos da construção civil e rejeitos da fabricação de blocos, os agregados reciclados utilizados na pesquisa de Buttler (2007), foram aplicados na produção experimental dos blocos reciclados.

2.1.5.1.4. Traço

Ao testar vários traços para a produção dos blocos em seus experimentos o autor estudado utilizou o traço conforme tabela 2:



TABELA 2 - Traço para produção dos blocos

Consumo de materiais (kg/m ³)					
Cimento	Agregado gráúdo reciclado	Agregado miúdo natural	Água	Slump (mm)	Teor de argamassa (%)
438	1051	613	197	60	50

Fonte: Buttler, 2007

O traço apresentado, refere-se à utilização total de agregados reciclados no concreto com o objetivo de atingir 35 Mpa em vinte e oito dias de cura.

As unidades confeccionadas pelo autor seguindo o traço acima citado, apresentaram bons resultados diante de testes de resistência mecânica, atendendo a norma ABNT NBR 9781 com resistência à compressão superior à exigida de 35 Mpa após 28 dias de cura para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais.

2.2. Metodologia

Este trabalho foi definido como uma pesquisa exploratória experimental, foram feitas pesquisas qualitativas relacionadas ao tema, o intuito foi coletar a maior quantidade de dados e informações sobre o tema, de forma a proporcionar esclarecimento e obter-se uma direção para que a pesquisa pudesse ser realizada. Assuntos como o reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil na produção de blocos e agregados reciclados de concreto, tiveram maior relevância nas pesquisas. Para reforçar e fundamentar o trabalho, foram coletadas informações específicas, como exemplo, a obtenção dos agregados a partir do entulho descartado, o beneficiamento dos agregados de forma a atender todas as especificações e normas vigentes pela Associação Brasileira de Normas Técnicas a ABNT e a produção dos blocos reciclados, logo, todas as informações coletadas serão levadas em consideração na tomada de decisões da pesquisa experimental de forma direta e inteligente.

A pesquisa experimental consiste em aplicar na prática todas as teorias, informações e dados estudados até aqui.

Neste item foram apresentadas todas as experiências práticas realizadas envolvendo a utilização dos agregados reciclados de concreto para a produção dos blocos para pavimentação.

Foram subdivididos em quatro etapas todos os processos da pesquisa apresentada neste trabalho:

- Materiais utilizados
- Produção do bloco
- Testes de resistência
- Cálculo de viabilidade de aplicação

3. Análise de Dados

3.1. Materiais Utilizados

Os materiais utilizados para a produção dos blocos experimentais foram basicamente, água, aglomerante, agregados miúdos e os agregados graúdos.

Para a produção utilizou-se água potável devidamente tratada conforme recomendações da norma ABNT NBR 15900-1, atendendo assim a Portaria de N° 518 do Ministério da Saúde.

Como aglomerante, utilizou-se o cimento Portland CP III 40 RS da Interceмент, de acordo com o fabricante, os cimentos de alto-forno apresentam como vantagem maior durabilidade, pois conferem ao concreto menor calor de hidratação, maior resistência ao ataque por sulfatos e cloretos e maior resistência à compressão em idades mais avançadas. É um cimento que apresenta resistência aos 28 dias superior ao cimento comum estabelecidos pela ABNT NBR 5735 Cimento Portland de Alto Forno. O cimento resistente a sulfatos tem a propriedade de oferecer resistência aos meios agressivos sulfatados atendendo a norma ABNT NBR 5737 Cimento Portland Resistente aos Sulfatos.

Deste modo a vulnerabilidade às intempéries como a chuva e maresia por exemplo não representam problema quanto à durabilidade dos blocos.

As figuras 6a e 6b mostram o cimento utilizado no experimento:

FIGURA 6a. Saco de cimento



Fonte: Autor, 2019

FIGURA 6b. Cimento CPM 40 RS



Fonte: Autor, 2019

O agregado miúdo utilizado na produção experimental dos blocos foi a areia natural originária de rios de água doce, devidamente lavada para remoção de substâncias orgânicas, a areia de classificação média segundo norma NBR 6502 atende aos requisitos da norma NBR 7211 para a produção de concreto.

Conforme figura 7 pode-se observar o agregado miúdo aplicado no traço:

FIGURA 7. Agregado miúdo (Areia lavada média)



Fonte: Autor, 2019

Como agregado graúdo, utilizou-se entulho britado, recolhido da demolição de uma residência localizada em São João do Manhuaçu, o mesmo continha basicamente restos de pilares, vigas, blocos cerâmicos de alvenaria e argamassa colante.

Ocorreu a separação manual de todo o aço contido nos resíduos de classe A recolhidos para a produção experimental das unidades.

Foram recolhidos aleatoriamente três lotes de resíduos para britagem conforme figura 8:

FIGURA 8. Resíduos de demolição



Fonte: Autor, 2019

Utilizou-se um triturador para a britagem dos resíduos, o mesmo fora regulado para obtenção da brita 1 de granulometria variando de 9,5 mm a 19 mm, conforme classificação do Ministério de Minas e Energia (2009), o equipamento foi cedido por uma pedreira na cidade de São João do Manhuaçu.

FIGURA 9a. Triturador de mandíbula



Fonte: Autor, 2019

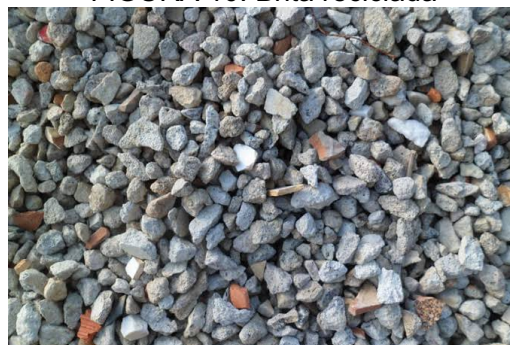
FIGURA 9b. Regulador de granulometria



Fonte: Autor, 2019

Após o processo de britagem, obteve-se a brita reciclada conforme figura 10:

FIGURA 10. Brita reciclada



Fonte: Autor, 2019

3.2. Produção dos Blocos e Corpos de Prova

3.2.1. Traço

Apesar da heterogeneidade e precariedade na padronização dos agregados reciclados de resíduos da construção civil, foi escolhido um traço pertencente ao trabalho de Buttler (2007) para a produção das unidades experimentais de blocos para pavimentação.

O mesmo mostrou-se eficiente de acordo com o autor, porém seu comportamento diante das novas variáveis, ou seja, do tipo de entulho e materiais empregados, pode gerar diferentes resultados quanto a resistência dos blocos.

TABELA 3 - Traço para produção dos blocos

Consumo de materiais (kg/m ³)					
Cimento	Agregado gráudo reciclado	Agregado miúdo natural	Água	Slump (mm)	Teor de argamassa (%)
438	1051	613	197	60	50

Fonte: Buttler, 2007

Foram moldados 2 blocos para calçamento de 10x20x5 centímetros para amostragem conforme figura 11:

FIGURA 11. Bloquete reciclada



Fonte: Autor, 2019

Para testes de resistência, foram moldados dois corpos de prova com 200mm de altura e 100mm de diâmetro, respeitando a norma NBR 5738 nos quesitos moldagem e cura. Os mesmos foram submetidos a testes de resistência a compressão com idades de quatorze dias de cura em tanque com água.

FIGURA 12a. Corpo de prova moldado



Fonte: Autor, 2019

FIGURA 12b. Cura do corpo de prova

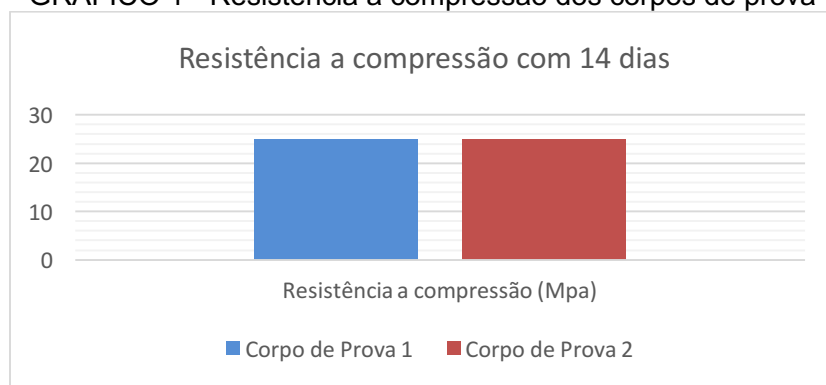


Fonte: Autor, 2019

3.3. Resistência

Os corpos de prova produzidos, foram submetidos à testes de resistência a compressão. O gráfico 1 mostra os resultados obtidos no processo experimental:

GRÁFICO 1 - Resistência a compressão dos corpos de prova



Fonte: Autor, 2019

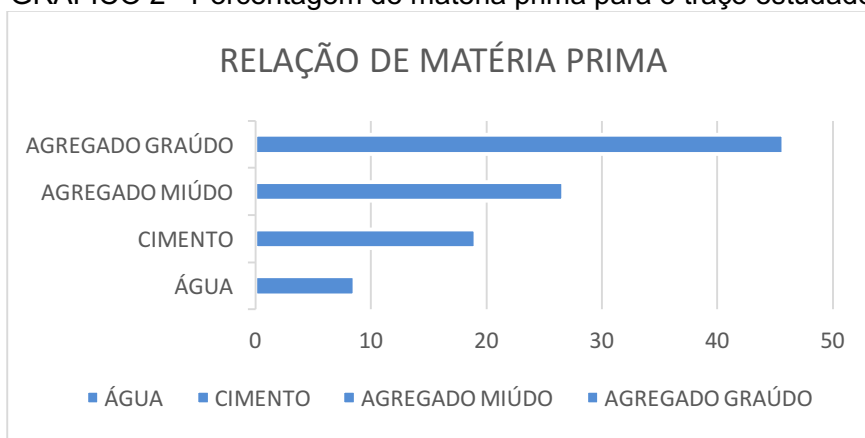
O resultado obtido, mostrou-se satisfatório se comparados aos resultados obtidos por Buttler (2007), já que, o traço utilizado neste processo experimental gerou resultados equiparáveis ao do autor referenciado. Os corpos de prova resistiram 25 Mpa com idades de 14 dias, o mesmo atende a norma ABNT NBR 9781, que especifica resistência à compressão de 35 Mpa após 28 dias de cura para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais.

3.4. Custo

A aplicação desse método de produção das bloquetes para calçamento, depende diretamente do custo final do produto.

O gráfico 2 apresenta a porcentagem de materiais presentes na composição dos blocos:

GRÁFICO 2 - Porcentagem de matéria prima para o traço estudado

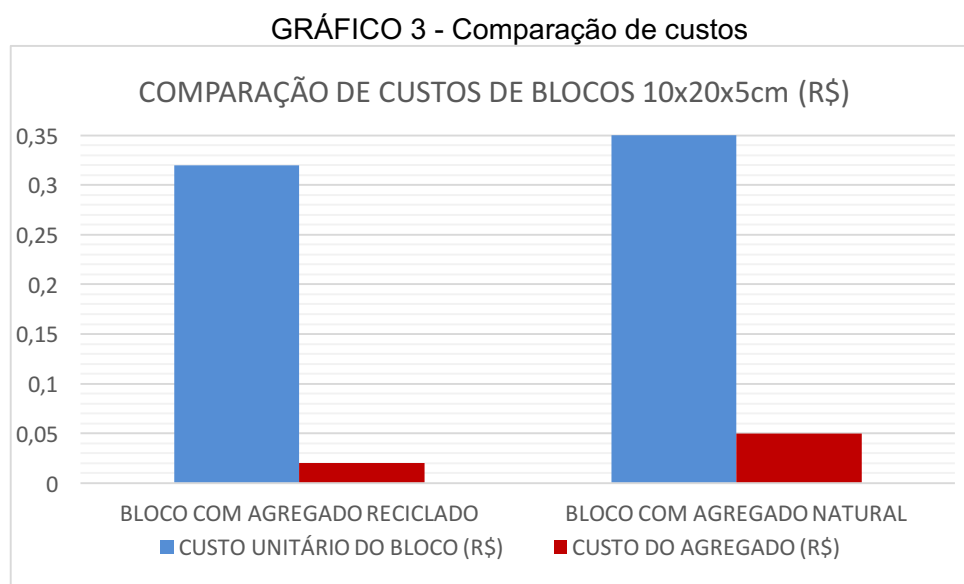


Fonte: Autor, 2019

O gráfico 2 mostra claramente que mais de 45% da composição de um bloco é referente ao agregado graúdo, isso significa que a utilização dos resíduos sólidos descartados de obras pode gerar uma redução significativa no custo final dos blocos.

Para comparação dos custos finais das bloquetes tradicionais com as bloquetes produzidas com resíduos sólidos, foram coletados dados do SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil) referente ao ano de 2019.

Repare no gráfico 3, o custo mediano inerente de cada material no estado de Minas Gerais.



Fonte: SINAPI, 2019

Observando o gráfico, pode-se perceber que o custo do agregado reciclado corresponde a menos de 50% do valor do agregado natural, sendo assim, o custo final da bloquete reciclada é 9% menor que a bloquete convencional, já considerando todo o processo de beneficiamento, produção e logística de ambos.

Além do custo ser menor, parte da extração de recursos naturais, seria substituída pelo reaproveitamento de resíduos, gerando menos poluição e diminuindo as chances de uma provável escassez de matéria prima natural.

4. Conclusão

Conclui-se que, a correta aplicação dos agregados respeitando traços específicos para a produção do concreto reciclado, apresenta eficácia diante dos processos realizados.

Obteve-se um resultado satisfatório do método de substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados na confecção das bloquetes para calçamento, o mesmo mostrou-se adequado às condições normativas para aplicação prática, sendo assim, para efeitos de usabilidade, comprova-se o desempenho mecânico e a vantagem econômica do procedimento estudado.

A comparação dos custos de material foi relevante no quesito economia, as bloquetes recicladas apresentam diferenças econômicas significativas se comparadas as bloquetes tradicionais, além disso, é importante ressaltar os benefícios em toda a cadeia produtiva, já



que a extração controlada de matéria prima natural garante maior qualidade ecológica para o sistema.

A demanda pelo bloco reciclado na região de Manhuaçu ainda é baixa, o esperado é que, em breve a quantidade demasiada de resíduos gerados seja reprocessada a fim de garantir fomento neste mercado.

O trabalho executado foi essencial para a conclusão do curso, os conhecimentos adquiridos agregaram muito na formação profissional. A busca pelo conhecimento é sempre importante para o aprimoramento de técnicas e execução dos processos, sendo assim, os estudos realizados neste trabalho colaboram não só para com a formação do discente, mas com todo o mercado da construção civil, o qual é responsável pela qualidade dos serviços prestados a sociedade.

5. Referências

ABNT NBR, 15900-1. **Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos.** 2009. Disponível em: <https://freitag.com.br/files/uploads/2018/01/portaria_norma_473.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

ABNT NBR, 5735. **Cimento Portland de alto-forno.** 1991. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/21253042/NBR-5735-EB-208-Cimento-Portland-de-Alto-Forno>>. Acesso em: 17 out. 2019.

ABNT NBR, 5737. **Cimento Portland Resistentes a Sulfatos.** 1992. Disponível em: <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/04/nbr-05737-1992-cimentos-portland-resistentes-a-sulfatos.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2019.

ABNT NBR, 5738. **Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** 2015. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%205738%20-%202015_aula.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2019.

ABNT NBR, 6502. **Rochas e Solos.** 1995. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-6.502-Rochas-e-Solos.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2019.

ABNT NBR, 7211. **Agregados para concreto - Especificação.** 2005. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/Nbr_7211_2005.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2019.

ABNT NBR, 7217. **Agregados - Determinação da composição granulométrica.** 2013. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-7.217-Determina%C3%A7%C3%A3o-da-composi%C3%A7%C3%A3o-granulom%C3%A9trica.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2019.



ABNT NBR, 9781. **Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio.** 2013. Disponível em: <salvadorpremoldados.com.br/wp-content/uploads/2016/04/NORMA-ABNT-NBR-9781-PISOS.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

BAZUCO, R. **Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos.** 1999. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/80789/139614.pdf?sequence=1>. Acesso em: 2 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Ministério da Saúde 518.** Brasília: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: <https://www.aeap.org.br/doc/portaria_518_de_25_de_marco_2004.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Agregados para Construção Civil.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construcao_civil.pdf/01c75ac7-eed2-4d85-a127-3ecddecba2a31>. Acesso em: 10 out. 2019.

BUTTLER, A. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural.** 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-16102007-111106/en.php>. Acesso em: 1 out. 2019.

CAIXA. SINAPI. **Preços de Insumos.** Belo Horizonte: SINAPI, 2019. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-mg/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MG_092019_Desonerado.zip>. Acesso em: 06 nov. 2019.

FERREIRA, A. **Reciclagem de Resíduos Sólidos da Construção Civil.** 2014. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 29 set. 2019.

FRANCISCO, M. **Estudo da utilização de resíduos em concretos para aplicações não estruturais.** 2017. Disponível em: <http://sites.unifoa.edu.br/portal_ensino/mestrado/memat/arquivos/dissertacao/marco-oliveira-vargas-francisco.pdf>. Acesso em: 29 set. 2019.

GONÇALVES, R. **Agregados reciclados de resíduos de concreto – Um novo material para dosagens estruturais.** 2001. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06052016-150748/publico/Dissert_Goncalves_RodrigoDC.pdf>. Acesso em: 2 out. 2019.

JÚNIOR, A. **Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural.** 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/78274>. Acesso em: 2 out. 2019.



LEVY, S. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria.** 2001. Disponível em: <https://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Tese_Salomon_Mony_L Levy.pdf>. Acesso em: 29 set. 2019.

PINTO, T. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. Disponível em: <<http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/GestResiduosSolidos.pdf>>. Acesso em: 1 out. 2019.