

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JORDANA LEMOS DA SILVA

KENZO SATO DOMINGUES

**USO DE RESÍDUOS DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO
EXTERNO EM CONCRETO**

ANÁPOLIS / GO

2018

JORDANA LEMOS DA SILVA
KENZO SATO DOMINGUES

USO DE RESÍDUOS DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO
EXTERNO EM CONCRETO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA

ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

DA SILVA, JORDANA LEMOS/ DOMINGUES, KENZO SATO

Uso de resíduos de Argamassa de revestimento externo em concreto estrutural.

58P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto Reciclado

2. Slump test

3. Aditivos

4. Resíduos

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Jordana Lemos; DOMINGUES, Kenzo Sato. Estudo do concreto reciclado através de resíduos da construção civil. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 51p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jordana Lemos da Silva

Kenzo Sato Domingues

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Uso de resíduos de argamassa de revestimento externo em concreto.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Jordana Lemos da Silva

E-mail: jordanaslemos@gmail.com



Kenzo Sato Domingues

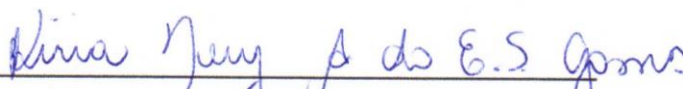
E-mail: kenzosato10@hotmail.com

JORDANA LEMOS DA SILVA
KENZO SATO DOMINGUES

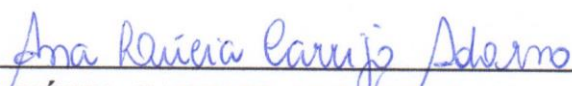
**USO DE RESÍDUOS DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO
EXTERNO EM CONCRETO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

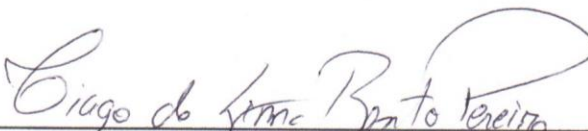
APROVADO POR:



KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES, Mestra (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)



ANA LÚCIA GARRIJO ADORNO, Doutora (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



TIAGO DE LIMA BENTO PEREIRA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 05 de junho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, maior em tudo na minha vida, que me permitiu chegar até aqui.

Agradeço em especial a minha mãe, Aparecida Lemos, que nunca mediu esforços para me dar o melhor estudo que ela pôde.

À minha irmã, Joyce Lemos, e meu namorado, Allison Marques, por estarem comigo durante esses anos.

Agradeço à técnica do laboratório da UniEvangélica, Ângela Nogueira, e pelo meu amigo, Engº Flávio Marcelo, pela ajuda nos ensaios executados.

À professora orientadora Mestra Kíria Nery Alves do Espírito Santo Gomes, pela impecável orientação.

Jordana Lemos da Silva

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse, porque sem Deus não sou ninguém.

Aos meus pais, que sempre foram minha fonte de inspiração e que me incentivaram todos os anos que estive na faculdade.

Aos meus colegas que estiveram nessa longa caminhada na faculdade. Em especial a minha colega Jordana Lemos, que foi minha parceira de TCC, obrigado pela paciência e esforço.

E a todos que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu obrigado.

Kenzo Sato Domingues

RESUMO

A humanidade deu grandes saltos ao longo dos anos, um deles foi o desenvolvimento da sustentabilidade, ou seja, descobrir meios sustentáveis para lidar com problemas como escassez de água, matérias primas retiradas da natureza, desmatamento, entre outros. A construção civil necessita de adequações voltadas a sustentabilidade, visando não só a economia e sim a vida do planeta com a preservação da natureza. Antes de dar início a uma construção, deverá se pensar em uma edificação sustentável, com a opção por materiais de menor agressão, de maior durabilidade e que exijam o menor impacto possível para sua obtenção. Visando a necessidade de reutilizar resíduos de construção que iriam para descarte, foi elaborado 5 traços experimentais, sendo 1 de referência e 4 com a substituição da areia natural, em volume com proporções de 25%, 50%, 75% e 100%, por Resíduos de Argamassa de Revestimento Externo (RARE) para verificar a influência desse material na consistência e resistência à compressão axial do concreto. Com isso, obteve-se uma maior resistência em todos os traços que sofreram substituição, porém a consistência do concreto diminuiu na medida em que foi aumentando a substituição, relatado através do ensaio de *slump test*. O traço com melhor desempenho em relação a resistência, foi o que obteve substituição de 25% do agregado miúdo areia natural por RARE.

PALAVRAS-CHAVE:

Sustentabilidade. Concreto. Resíduo. Argamassa. Revestimento.

ABSTRACT

Humankind has made great leaps over the years, one of them was the development of sustainability, that is, discovering sustainable ways to deal with problems such as water scarcity, raw materials taken from nature, deforestation, among others. Civil construction needs adaptations aimed at sustainability, aiming not only the economy but the life of the planet with the preservation of nature. Before starting a construction, one should think about a sustainable building, with the option of materials of less aggression, of greater durability and that demand the least possible impact to obtain them. Aiming at the need to reuse construction waste that was to be discarded, 5 experimental traces were elaborated, 1 of reference and 4 with the replacement of natural sand, in volume with proportions of 25%, 50%, 75% and 100%. External Coating Mortar Residues (RARE) to verify the influence of this material on the consistency and axial compressive strength of the concrete. Thus, a greater resistance was obtained in all traces that were replaced, but the concrete's consistency decreased as the substitution was increased, as reported by the slump test. The trait with better performance in relation to the consistency of the trace, was what obtained a replacement of 25% of the natural sand aggregate by RARE.

KEYWORDS:

Sustainability. Concrete. Residue. Mortar. Coating.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Superplastificante e RARE	41
Figura 2 - Betoneira utilizada para mistura	42
Figura 3 - Concreto.....	42
Figura 4 - <i>Slump Test</i> para o traço 1	43
Figura 5 - Corpos de prova moldados	43
Figura 6 - Corpos de prova após a cura de 24 horas.....	44
Figura 7 - Corpos de prova em câmara úmida.....	44
Figura 8 - Ruptura de um corpo de prova aos 28 dias.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos resíduos conforme CONAMA nº 307 e nº 431	24
---	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Teores dos componentes do cimento Portland CP II-F-40.....	32
Tabela 2 - Exigências químicas CP II-F-40.....	32
Tabela 3 - Exigências físicas e mecânicas do cimento CP II-F-40	32
Tabela 4 - Resultado da caracterização do agregado graúdo – brita 0	33
Tabela 5 - Resultado da caracterização do agregado graúdo – brita 1	34
Tabela 6 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – Areia lavada média	36
Tabela 7 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – Pó de Pedra	36
Tabela 8 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – RARE.....	37
Tabela 9 - Valores em Kg/m ³ dos materiais usados no traço	40
Tabela 10 - Resultado dos ensaios.....	44
Tabela 11 - Resistência à compressão	45
Tabela 12 - Porcentagem dos resultados dos ensaios de resistência à compressão axial.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva granulométrica do agregado graúdo – brita 0.....	35
Gráfico 2 - Curva granulométrica do agregado graúdo – brita 1.....	35
Gráfico 3 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – Areia lavada média.....	38
Gráfico 4 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – Pó de pedra	38
Gráfico 5 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – RARE	38
Gráfico 6 - Resultados referentes às resistências obtidas	46

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCA	Cinza da Casca de Arroz
CIB	Conselho Internacional da Construção
CMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP	Cimento Portland
FCK	Resistência Característica do Concreto à Compressão
GO	Goiás
IAU	Instituto de Arquitetura e Urbanismo
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma Mercosul
PET	Politereftalato de Etileno
PGRCC	Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RARE	Resíduos de Argamassa de Revestimento Externo
RAS	Reações Álcali-Sílica
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SANEAGO	Saneamento de Goiás
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE UNIDADE DE MEDIDA E SÍMBOLO

#	Abertura da malha
%	Porcentagem
\geq	Maior ou igual
\leq	Menor ou igual
Cm ³	Centímetro cúbico
Fck	Resistência característica do concreto
G	Gramma
H	Altura
Hab	Habitante
Kg	Quilograma
Km	Kilômetro
M ²	Metro quadrado
M ³	Metro cúbico
Mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
Nº	Número

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 METODOLOGIA	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2 SUSTENTABILIDADE.....	18
2.1 HISTÓRICO	18
2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ECONÔMICO	18
2.3 RESPONSABILIDADES AMBIENTAIS NA CONTRUÇÃO CIVIL	20
3 USO DE RESÍDUOS NO CONCRETO	23
3.1 DEFINIÇÃO	23
3.2 APLICAÇÕES	24
3.2.1 Concreto com adição de casca de arroz.....	24
3.2.2 Concreto com resíduos de borrachas de pneus	25
3.2.3 Concreto com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar.....	26
3.2.4 Concreto com adição de garrafa PET	27
3.2.5 Concreto com adição de resíduos de vidro.....	27
3.3 PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS- PGRS.....	28
4 PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	31
4.1 AQUISIÇÃO DO MATERIAL PESQUISADO	31
4.2 TRAÇO UTILIZADO.....	31
4.2.1 Materiais utilizados e suas características	31
4.2.1.1 Cimento Portland	31
4.2.1.2 Agregado graúdo.....	33
4.2.1.3 Agregado miúdo.....	35
4.2.1.4 Água.....	39
4.2.1.5 Aditivo superplastificante	39
4.3 EXECUÇÃO DO TRAÇO.....	39
4.4 DESENVOLVIMENTO DO CONCRETO COM RARE	40
4.4.1 Mistura	40

4.4.2	Moldagem dos corpos de prova.....	42
4.4.3	Cura	43
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	44
5.1	<i>SLUMP TEST</i>	44
5.2	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL	44
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	47
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil possui um importante papel para a efetuação dos objetivos globais do desenvolvimento da sustentabilidade. De acordo com o Conselho Internacional da Construção (CIB), a construção civil é a área de atividades humanas na qual possui o maior consumo de recursos naturais e utiliza energia com bastante intensidade, gerando vários impactos ambientais. Além de todos esses impactos existem os que são relacionados à geração de resíduos líquidos, sólidos e gasosos. Segundo estimativas, pouco mais de 50% dos resíduos sólidos resultantes das atividades humanas se dão por meio da construção (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, s/d).

Uma edificação sustentável inicia antes da construção, com a opção por materiais de menor agressão, de maior durabilidade e que exijam o menor impacto possível para sua obtenção. Além da escolha por materiais corretos existe a necessidade de verificar os fornecedores para a garantia de uma procedência ambientalmente segura (FARIA, s/d).

Pablos (2012, *apud* TEM SUSTENTÁVEL, SD), diz que a vantagem do concreto sustentável é não descartar inadequadamente de resíduos sólidos industriais, pois pode ocasionar contaminação principalmente dos solos e águas subterrâneas e também propiciar a economia de recursos naturais.

No meio dos conceitos de sustentabilidade, existe a política dos 3R's, que propõe uma diminuição dos resíduos gerados pelo ser humano. Teve seu surgimento na Conferência da Terra, com realização no Rio de Janeiro, em 1992 e prega os atos de Reduzir, Reutilizar e Reciclar o lixo produzido. Reduzir consiste em minimizar ao máximo o volume de lixo gerado, isso consiste na escolha de produtos com maior resistência e que possuem uma maior durabilidade, não optando por produtos descartáveis. Reutilizar consiste em quando for possível utilizar um produto várias vezes, assim como a utilização de embalagens retornáveis ao invés de descartáveis. Reciclar é a melhor providência a se tomar caso não seja possível a reutilização e consiste em transformar os resíduos em produtos novos, acontecendo por meio da coleta seletiva dos materiais (CERQUEIRA & FRANCISCO, s/d).

1.1 JUSTIFICATIVA

O concreto reciclado é uma solução para o problema hoje enfrentado, que é a extração de maior parte de matéria prima do ambiente, causando problemas e impactos a ele

com o descarte, em sua maioria incorretos, de restos de materiais. O descarte gerado pela construção é chamado de Resíduos da Construção e Demolição (RCD). Há uma estimativa de que no Brasil, a origem do RCD provém metade de demolições e metade de novas construções (SILVA, 2016).

O descarte inadequado dos RCD traz transtornos como comprometimento da paisagem local, do tráfego de veículos e pedestres, provoca o assoreamento de córregos, lagos e rios, causa o entupimento da drenagem urbana, ocasionando enchentes (FAMAI, s/d).

Reciclar RCD vai além de se pensar na economia, ela traz uma opção para reduzir o consumo de materiais obtidos através da extração de matérias primas da natureza pois, seu volume gera um grande impacto ambiental, social e econômico. A areia natural utilizada na construção civil é um exemplo de escassez de matéria retirada da natureza, pois está progressivamente mais difícil de se obtê-la. O uso de resíduos de argamassa de revestimento externo em concreto é uma solução viável para substituição da areia natural.

O concreto reciclado propõe usar o RCD como um agregado, podendo ser parte ou totalmente substituído dos materiais naturais. O uso específico do RCD para o concreto exige o estudo, separação, avaliação das condições do material reciclado, no caso de não haver estudos de como esse material específico se comporta.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa teve como objetivo geral produzir um concreto reciclado, com resíduos de argamassa de revestimento externo (RARE).

1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivo específico tem-se o requisito de avaliar a consistência e resistência à compressão do concreto com Resíduos de Argamassa de Revestimento Externo (RARE) em diferentes amostras, todas em diferentes proporções de substituição, sendo 25%, 50%, 75% e 100%, do agregado miúdo areia natural por RARE, exceto o traço 1, que foi usado como referência, para avaliar o comportamento do concreto nessas diferentes situações.

1.3 METODOLOGIA

As metodologias utilizadas para a elaboração deste trabalho são as seguintes:

- Obtenção do material utilizado na pesquisa, por uma construtora da cidade de Anápolis;
- Caracterização dos materiais usados na pesquisa seguindo as orientações das normas técnicas vigentes do Brasil;
- Execução de ensaio de *slump test*, conforme especifica a NBR NM 67 (ABNT, 1998);
- Moldagem dos corpos de prova conforme especifica a NBR 5738 (ABNT, 2015);
- Realização dos ensaios de resistência a compressão axial dos corpos de prova, conforme especifica a NBR 5739 (ABNT, 2007);
- Análise e apresentação dos resultados finais.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para estabelecer uma sequência lógica das informações, ideias e dados coletados, estabeleceu-se seis capítulos apresentados a seguir.

O primeiro capítulo constitui a introdução ao trabalho, dando destaque ao seu contexto histórico, relevância, justificativa e objetivos.

O capítulo 2 relata a sustentabilidade, descrevendo seu histórico e responsabilidade na sociedade.

O capítulo 3 trata-se sobre o uso de resíduo no concreto com sua definição, aplicação, histórico e exemplos de concretos sustentáveis.

O capítulo 4 é apresentado o programa experimental desenvolvido para execução da pesquisa. Nele é descrito a aquisição do material, estudo de dosagem e definição do traço e o processamento do concreto com o material estudado.

A análise e apresentação dos resultados é descrita no capítulo 5, exibindo a resistência à compressão axial alcançada pela pesquisa.

E por último, o capítulo 6, que traz as considerações finais e a viabilidade do concreto sustentável estudado.

2 SUSTENTABILIDADE

2.1 HISTÓRICO

A sustentabilidade é um termo cada vez mais usado nos dias atuais, e vem sendo utilizados por diversas empresas no seu ramo de atuação devido aos problemas ambientais e sociais em nosso planeta. Observa-se que a ação do homem pelo decorrer do tempo vem trazendo grandes consequências, e os efeitos decorrentes refletem-se na criação de projetos que possam minimizar esse problema mundial. Hoje as organizações se preocupam cada vez mais para que algo mude, procurando preservar o meio ambiente. Esta preocupação vem da sociedade, empresas e deve contar com a maior participação do governo. Com o objetivo de solucionar esse problema nasceu a sustentabilidade.

Na década de 80 surgiu o termo sustentabilidade, promovido da conscientização que os países necessitavam descobrir formas de produzir o crescimento de suas economias sem acabar com o meio ambiente ou abandonar o bem-estar das próximas gerações (SAVITZ & WEBER, 2007).

Ribeiro (2006) define que ser sustentável é, “aquele que atende às necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazê-las”.

Nessa linha de pensamento para Barbosa (2017):

O termo sustentabilidade é definido como a constituição de igualdade na distribuição do bem-estar associada dos custos de degradação aqueles que a geraram, impedindo ou compensando a perda do bem-estar dos indivíduos direta ou indiretamente afetados, a intertemporal, que visa garantir o acesso aos recursos naturais existentes hoje às gerações futuras.

A busca por produtos sustentáveis, pelas empresas, vem crescendo no decorrer dos anos, visando o tripé da sustentabilidade: sociedade, meio ambiente e economia. Empresas que conseguem desenvolver a consciência de preservação ambiental e sustentabilidade são bem vistas pela sociedade e junto com um planejamento estratégico, estas empresas tendem a crescer no mercado.

2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ECONÔMICO

O desenvolvimento econômico e o sustentável tem ligação direta. A partir do crescimento e expansão da economia, surgiram diversos problemas ambientais e

consequentemente tiveram que pensar em como ajudar o meio ambiente e desenvolvendo a economia ao mesmo tempo.

De maneira teórica, o termo desenvolvimento econômico foi focalizado pela primeira vez por Schumpeter, no começo do século XX (SOUZA, 2005). O termo desenvolvimento nasceu, de acordo com Sandroni (1999), pela visão da desigualdade existente entre os países desenvolvidos e os subdesenvolvidos, observados à distribuição de renda e a facilidade de obter os bens materiais, ou seja, o bem-estar material. A partir do pós-guerra e a solidificação do desenvolvimento econômico, o termo conquistou mais força, pois os países subdesenvolvidos fizeram transformações na sua estrutura que reduziram a lacuna existente, entre os países desenvolvidos e subdesenvolvidos em questão da distribuição de renda e aspectos do bem-estar material (SANDRONI, 1999).

Nali de Jesus de Souza (2005) diz que não existe uma definição universal do termo desenvolvimento econômico e que sua definição muda em decorrência da corrente em que o abordou. Para o autor, tiveram duas principais correntes: uma delas, representada por autores keynesianos e neoclássicos, onde sua característica é teórica e considera que o crescimento é uma das características do desenvolvimento. A outra corrente, representada por Lewis, tem uma visão empírica, onde defende que o crescimento é indispensável para o desenvolvimento. Se tratando de conceitos mais atuais de desenvolvimento econômico tem-se uma elaborada por Sandroni (1999) que define este termo como “Crescimento econômico (aumento do Produto Nacional Bruto per capita) acompanhado pela melhoria do padrão de vida da população e por alterações fundamentais na estrutura de sua economia” (SANDRONI, 1999).

Com o passar do tempo, tem se certificado que o desenvolvimento econômico, não está apenas relacionado com melhorias do bem-estar na sociedade e distribuição de renda, mas também está diretamente ligado com a preocupação da geração dos impactos ambientais provocados pelo processo de desenvolvimento. A partir disso originou o termo desenvolvimento sustentável.

Antes mesmo do desenvolvimento sustentável ser debatido pelos estudiosos, esse assunto já era analisado de uma forma utópica e restrito aos conhecimentos dos ecologistas. Quando se começou a busca pelo entendimento mais profundo sobre esse conceito, surgiram muitas divergências entre os estudiosos, pois o assunto é muito amplo e complexo, Buarque (2006, *apud* MORETTO, 2007) desenvolveu uma ideia, admitindo que o desenvolvimento sustentável se “[...] estrutura numa base teórica, resultante da convergência das modernas teorias científicas que estudam os sistemas complexos”. Parecido com esse pensamento Morin

(2004, *apud* MORETTO, 2007) expressa seu cuidado quando se fala de desenvolvimento sustentável, considerando que “[...] a sua essência está imbricada em um tecido de problemas inseparáveis, exigindo uma reforma epistemológica da própria noção de desenvolvimento”.

A disseminação do documento “Nosso futuro comum” feita na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), ocorrida em 1987, fez com que o conceito de desenvolvimento sustentável se firmasse na década de 1980. Nesse documento diz que o desenvolvimento sustentável garante e atende as necessidades atuais sem o comprometimento das gerações futuras de atender as suas (CNUMAD *apud* MUELLER, 1995). No seu conceito mais abrangente, mostra que o desenvolvimento sustentável, junto ao desenvolvimento econômico tem a visão de melhorar os indicadores sociais e preservando o meio ambiente.

Sustentado numa visão ética, de preservar o meio ambiente para as próximas gerações, o conceito de desenvolvimento sustentável tem se tornado consensual em quase todo o mundo. Vários países já estão colocando em prática esse desenvolvimento, e o Brasil está inserido. Como principais exemplos de desenvolvimento sustentável no Brasil destacam-se a fonte renovável água de reuso, reflorestamento e a reciclagem.

2.3 RESPONSABILIDADES AMBIENTAIS NA CONTRUÇÃO CIVIL

A lei Municipal 10.522 (São Paulo, 2012) estabelece, entre outros pontos, a elaboração do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Essa legislação tem o objetivo de evitar que os resíduos de obras sejam descartados em locais inadequados, mostrando as direções para triagem e gestão desse material. Essa lei veio instaurar o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos volumosos e tem como alguns dos objetivos a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental (ALMEIDA, 2013).

Na área da construção, os conceitos de sustentabilidade já estão propagados entre as empresas que, antes dessa lei, já adotavam sistemas para aumentar a eficiência no uso dos recursos para diminuir a geração de resíduos (ALMEIDA, 2013). Isso demonstra que várias empresas já convivem no dia a dia com a preocupação com o meio ambiente, pois se nota a degradação do ecossistema. Para garantir a sobrevivência dessas, é preciso cuidar do ecossistema, garantindo, assim, a sobrevivência econômica dos negócios e a qualidade de vida dos cidadãos.

Se tratando da construção civil no Brasil, ela mostra um atraso quando se fala de compromisso sustentável, como na carência de formação e especialização de técnicos e no mal uso de materiais porém, com as atitudes do Ministério do Meio Ambiente, as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA está mudando esse cenário, mas precisa-se de uma atenção maior para o socioambiental.

Na construção civil são produzidas grandes quantidades de resíduos Carelli *et al* (2015) determinam que os resíduos da construção civil (RCC) são derivados de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e decorrentes da escavação de terrenos e da preparação, tais como tijolos, blocos cerâmicos, etc.

Obras comerciais ou residenciais, que fazem uso de processos construtivos convencionais, com estruturas de concreto armado em junção com vedação em alvenaria com blocos de concreto ou cerâmico, produzem entre 0,10 e 0,15 m³ de RCC/m² de área construída, sendo 50% desse volume proveniente da alvenaria, concreto, argamassas e cerâmicos, 30% da madeira, 10% do gesso, 7% do papel, plástico e metais e 3% são de resíduos perigosos e de outros não recicláveis (CARELLI *et al*, 2015).

Pinto (1999, *apud* ABRECON, 2015), diz que o Brasil tem uma produção média anual de RCD de 500 kg/hab. No levantamento do número da população do Brasil do IBGE, o país possuía em 2014, 202.033.670 de habitantes e sendo a massa unitária do RCD igual a 1200 kg/m³, estima-se que a geração de RCD anual seja de 84.180.696 m³.

Os fatores de preservação e sustentabilidade do meio ambiente são de extrema importância para a sociedade, de modo que o engenheiro tem papel fundamental no desenvolvimento desses, pois o engenheiro deve cuidar dos quesitos sociais que interferem no desenvolvimento da ciência e da tecnologia e deve delegar-se das consequências ambientais, da ética e social.

Segundo a resolução CNE/CES 11, de 11/03/2002 da Câmara de Educação Superior, o engenheiro deve:

- Empregar noções teóricas, matemáticas, ferramentais, modernizando em engenharia;
- Arquitetar e dirigir ensaios e esclarecer seus resultados para resolução;
- Arquitetar, idealizar, observar metodologia, materiais e recursos e regimes;
- Detectar, elaborar e resolver contratemplos da engenharia;

- Criar e usar instrumentos e procedimentos novos no serviço;
- Integrar e empregar a ética e o comprometimento técnico;
- Determinar os incidentes da execução da engenharia no contexto socioambiental;
- Determinar a acessibilidade financeira de planejamento de engenharia;
- Declarar a perspectiva de sempre procurar um avanço profissional.

Pereira *et al* (2013) mostra que a responsabilidade ambiental na construção civil viabiliza uma nova imagem no mercado. O marketing ambiental é um processo de atividade que busca satisfazer suas necessidades e desejos porém, não prejudicando o meio ambiente e reduzindo os impactos ambientais. Essa estratégia leva o consumidor a adquirir um produto sustentável e que possa contribuir para a preservação do meio ambiente.

3 USO DE RESÍDUOS NO CONCRETO

3.1 DEFINIÇÃO

Resíduos da construção civil são provenientes de construções, 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, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc. (CONAMA, 2002).

A Resolução nº 307 do CONAMA (2002), ainda define os agregados reciclados como materiais granulares provenientes do beneficiamento desses resíduos que apresentam características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura ou outras obras de engenharia. Segundo ela, os resíduos de construção devem obedecer a classificação presente no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos conforme CONAMA nº 307

Classes	Integrantes predominantes considerados na composição gravimétrica
A	Resíduos recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra
B	Resíduos recicláveis para outras definições, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação
D	Resíduos perigosos, como tintas, solventes, óleos e amianto (contaminados)

Fonte: CONAMA (2002)

O concreto com adição de resíduos, chamado “concreto ecológico” nasceu da necessidade de reciclar para reutilizar os materiais descartados da área da construção civil e de outras indústrias, a fim de propor alternativas mais econômicas e ecologicamente corretas para o uso do concreto. É possível utilizar diversos materiais que seriam descartados para fabricar esse tipo de concreto.

3.2 APLICAÇÕES

Toda obra da construção civil gera resíduos. Sem uma tecnologia, um planejamento certo para o seu reaproveitamento, certamente este material é descartado na natureza, ocasionando uma série de problemas ambientais. Os agregados de resíduos são considerados na maioria das vezes, matérias de baixa qualidade, pela falta de conhecimento de suas propriedades e da tecnologia empregada.

CORBIOLI (1996) mostra uma definição feita pelo arquiteto Tarcísio de Paula Pinto, que estuda desde 1983 a reciclagem de entulho.

Se a questão é redução de custos, o ideal é que a reciclagem seja somada a outras formas de economizar. Não existe nenhuma solução mágica. A melhoria dos processos construtivos, como a adoção da laje zero, fôrmas pré-fabricadas ou a aplicação do gesso diretamente sobre os blocos, é essencial para reduzir os custos e a quantidade de material desperdiçado. A reciclagem entra como uma forma de reaproveitar o que é inevitavelmente perdido.

Todavia, necessita cuidado com a substituição dos materiais convencionais pelos reciclados. É necessário conhecer o material, para possuir o controle de suas propriedades.

3.2.1 Concreto com adição de casca de arroz

A cinza proveniente da cremação ou secagem da casca de arroz pode ser usada como substituta parcial do cimento no processo de representação de concretos. Este resíduo tem como principal comportamento o alto teor de sílica, o que faculta sua aplicação como elemento pozolânico.

O arroz é um dos alimentos mais relevantes para o sustento humano, servindo como base alimentício para mais de três bilhões de pessoas no mundo e recebendo o pressuposto de segundo cereal mais cultivado no mundo (29% da produção), somente atrás do milho, com percentual de 33% (SOSBAI, 2010).

O Brasil situa-se entre os respeitadores produtores mundiais de arroz, com uma produção de 13,6 milhões de toneladas colhidas na coleta 2010/2011. O estado do Rio Grande do Sul, por sua vez, escriturou uma produção total de 8,9 milhões de toneladas na mesma safra, o que recompensou a cerca de 65% da produção nacional. Nesta safra foram produzidos

aproximadamente 2.525.640 toneladas de casca no Brasil, sendo esses, a maioria descartados (SANTOS *et. al.*, 2012).

Segundo Hoffmann (2010), a Cinza da Casca de Arroz (CCA) é um resíduo que possui em sua composição 92% de sílica, tendo essa como característica primordial a sua dureza elevada, podendo ser aplicada na fabricação de cimento, tintas, entre outros.

Segundo a associação de normas técnicas, por meio da NBR 12653, as pozolanas são artefatos silicosos ou silicoaluminosos que, por si só, possuem pouca ou nenhuma carga aglomerante, mas que, enquanto finalmente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio, a temperatura ambiente para formar constituídos com propriedades cimentantes, similares aos produtos gerados na hidratação do cimento Portland (ABNT, 1992). O concreto feito com a CCA em alteração ao cimento tem sido apontado por diversos autores.

Nenhum outro tipo de material pozolânico, incluindo a sílica ativa, tem potencial para cooperar no ganho de resistência com baixas idades como a CCA. Além de impulsar o ganho da firmeza, a mesma contribui para resumir a segregação e a exsudação, tornando o concreto com superior trabalhabilidade. Conclui-se ainda que é possível substituir mais de 70% do cimento por CCA, porém basta que 10% a 20% de CCA seja inserida, para que o concreto se beneficie com ganho de resistência e diminuição de permeabilidade com relação a sulfatos e cloretos (MEHTA, 1992).

3.2.2 Concreto com resíduos de borrachas de pneus

Estima-se que a frota de veículos leves nacional atinja, em 2050, cerca de 130 milhões de unidades, representando uma taxa de motorização de cerca de 1,7 habitantes/ veículo (EPE, 2014). A vida útil dos pneus varia de 40 mil a 100 mil km, depois, grande parte dela é descartada ou direcionada para a recapagem, o que gera resíduos, sendo a decomposição desse em cerca de 500 anos.

A reutilização do pneu como agregado do concreto assume, logo, um papel importante na defesa do meio ambiente, pois, além de diminuir a extração de recursos naturais, como a areia e a brita, diminui a aglomeração desses resíduos nos perímetros urbanos. Esta situação pode ser favorecida pela adoção de padrões de incentivo específicos para a produção de habitações de menor renda, com o objetivo de resolver o problema de déficit habitacional.

O uso de pneus triturados como agregado miúdo no concreto como reserva dos materiais de criação convencionais apresenta, além da possibilidade à alocação de resíduos, uma solução técnica, com os seguintes benefícios para as edificações: densidade reduzida, melhor propriedade de drenagem e melhor isolamento térmica e acústica (SANTOS, 2005).

Segundo SEGRE (1999), foi realizado trabalhos com pó de borracha de pneus usados tratados superficialmente com hidróxido de sódio na pasta de cimento, obtendo vantagens quanto a absorção de água por capilaridade e resistência mecânica.

Em geral, nota-se que a introdução de borracha ao concreto gera um abatimento da resistência à compressão. A rigidez à compressão diminui em torno de 50%, se unida borrachas com granulometria fina e em torno de 60%, se ajuntado em borrachas com granulometria grossa. Isto demonstra que a alteração na resistência à compressão, também, depende da granulometria da borracha (TOPÇU,1994). A redução da quantidade de material sólido com a capacidade de suportar carregamento e a concentração de tensões na pasta ao redor dos agregados de borracha são as principais razões para a perda dessa resistência (TOPÇU AVCULAR, 1997). Porém, com cerca de 10 a 15% de adição de borracha de pneu em agregado miúdo, se observou resultados bastante satisfatórios (SANTOS, 2005).

3.2.3 Concreto com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar

O Brasil é um grande produtor da cana-de-açúcar. Na safra nacional de 2017/2018 está prevista para produzir cerca de 635,59 milhões de toneladas de cana (CONAB, 2017). No Brasil foram utilizados cerca de 137 milhões de toneladas de bagaço, o que produziu cerca de 3,5 milhões de toneladas de cinza do bagaço de cana (FIESP/CIESP, 2001).

A cinza do bagaço de cana-de-açúcar possui em sua composição química a sílica, matéria-prima importante para a produção de cimento composto e/ou de aditivo mineral pozolânico para pastas, argamassas e concretos. Portanto, estudos relacionados com a aplicação da cinza do fuga como aditivo mineral são de grande importância, pois possibilitam a prática de concretos com maior resistência e durabilidade e a moderação de custos e de impactos ambientais decorrentes da administração dos resíduos. A cada tonelada de cana-de-açúcar processada são gerados aproximadamente 26% de bagaço (umidade de 50%) e 0,62% de cinza residual (FIESP/CIESP, 2001).

Analisando os resultados, observou-se que existe uma relação entre a porcentagem de massa de cimento substituída e a resistência à compressão, ou seja, quanto mais massa de

cimento substituída por cinza da cana-de-açúcar, menor a resistência. A ausência da etapa de moagem da cinza (etapa essa que aumenta sua superfície específica e conseqüentemente aumenta sua reatividade) está diretamente relacionada com a queda de resistência.

3.2.4 Concreto com adição de garrafa PET

Ao agrupar fibras de Politereftalato de Etileno, popularmente conhecido como PET, ao cimento, é possível legitimar a eficiência e a eficácia deste método na melhoria das propriedades físico-mecânicas do material, como no controle de fissuração, aumento da carga pós ruptura e ao aumento da durabilidade e resistência do concreto à ruptura (CORÓ, 2002). Estudos envolvendo compósitos cerâmicos com agregados (fibras) de PET se provam pelo fator desses serem utilizados em praticamente todos os produtos que se vê hoje em dia, bem como em embalagens de garrafas d'água etc. e, aos montes, sem nenhum cuidado por parte de seus usuários, são descartadas, contaminando mares, rios e lagos. Além disso, ao ser lançado nas ruas, entope bueiros, causando enchentes e servem de recipientes para insetos se proliferarem livremente, trazendo doenças à população.

Estudos realizados por Meneses (2011), o concreto com fibras de garrafa PET mostraram um ganho de resistência se comparado com o concreto padrão, devido a geometria (plana) da fibra de PET. Também foi mostrado que o abatimento com esse tipo de concreto com fibras é maior, ou seja, a trabalhabilidade é maior, devido a sua geometria.

Segundo Correa e Santana (2014) que estudaram a substituição do agregado miúdo natural pelo pó de PET moído, foram realizados ensaios de compressão, densidade e absorção de água. No ensaio de compressão, foi observada que a resistência desse concreto sofreu uma perda na resistência à compressão de 30%, se comparado ao concreto padrão, devida a porosidade interna. No ensaio de densidade, o concreto com o Pet teve uma perda na sua densidade, se comparada com o concreto padrão, como esperado. No ensaio de absorção de água do concreto com PET, mostrou que essa é maior do que a do concreto padrão, devido as hidrofílicas do PET.

3.2.5 Concreto com adição de resíduos de vidro

O resíduo de vidro, nas pesquisas analisadas, foi usado como substituto parcial do agregado miúdo e/ou do material cimentício. O tamanho das partículas do resíduo de vidro foi

o critério principal de escolha para essa substituição. Por vezes, era necessário um processo de moagem a fim de que as partículas de vidro possuíssem o tamanho desejado. Segundo Maier e Durham (2012) o tamanho das partículas desempenha um papel muito importante uma vez que influenciam em possíveis Reações Álcali-Sílica (RAS), prejudicando assim o desempenho mecânico e a durabilidade da matriz cimentícia.

Righi *et al* (2012) estudaram o concreto com vidro moído, realizando ensaios de resistência à compressão simples a temperatura ambiente e elevando essa temperatura para observar seu comportamento. Nesse ensaio foram utilizados corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm, e com 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e até 100% da substituição parcial de agregado miúdo natural pelo vidro moído. Foi possível verificar, após os experimentos, que essa substituição gerou perda de resistência com valores até 15% e na adição de 100% de uso do agregado por vidro moído, a resistência foi maior que o do concreto padrão. Atribuição desse resultado devido à elevação do teor de finos na mistura.

Lopez e Azevedo (2003) em seu estudo, obteve resultados significativos, onde mostrou uma propensão no aumento da resistência por ruptura axial, ligada diretamente com a elevação da granulometria do vidro moído, até atingir a granulometria entre 0,15 – 0,30 mm, depois a tensão de resistência vai decaindo, até se manter num patamar, mas, superior a resistência do corpo de prova padrão. Foi concluído ainda que “este aumento da tensão média poderia ser causado pelo preenchimento de vazios pelo vidro fino. Os espaços entre os agregados utilizados, principalmente entre a areia, estariam sendo ocupados pelo vidro, fazendo com que o material fique mais resistente”.

3.3 PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS- PGRS

Seguinto as orientações do CONAMA, os resíduos obtidos na construção civil devem ser destinados das seguintes maneiras:

- a. Classe A – terão que ser reciclados ou reutilizados como agregados, ou levados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, de forma que se permita sua reciclagem ou reutilização futura;
- b. Classe B – reutilizar, reciclar ou encaminhar a áreas onde ficarão armazenados temporariamente, de forma que se permita sua reciclagem ou reutilização futura;

c. Classe C: conforme as normas técnicas específicas, deverão ser transportados, reutilizados e armazenados;

d. Classe D - conforme as normas técnicas específicas, deverão ser transportados e reutilizados.

Diversas empresas poluem o meio ambiente por não conhecer os métodos adequados para que isso não ocorra. Pode-se citar alguns dos problemas causados pela poluição, como o da Saúde Pública. Por meio de Políticas Públicas é possível mudar esses problemas ambientais em oportunidade de negócios. O PGRS são documentos com valor jurídico e mostra a capacidade de uma empresa de gerir os resíduos que ela mesma gera (MACHADO, 2013).

OS PGRS são, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, obrigatórios para determinadas empresas e instituições. São elas:

- Geradores de resíduos dos serviços públicos de saneamento básico excetuados os resíduos sólidos urbanos domiciliares e de limpeza urbana, originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- Geradores de resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- Geradores de resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- Geradores de resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- Estabelecimentos comerciais que gerem resíduos perigosos, ou mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal;
- Os responsáveis pelos terminais e outras instalações referidas na alínea “j” do inciso I do art. 13 da Lei 12.305/2010 e, nos termos do

regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e, se couber, do SNVS, as empresas de transporte;

- Os responsáveis por atividades agrossilvopastoris, se exigido pelo órgão competente do Sisnama, do SNVS ou do Suasa.

O PGRS é uma exigência feita pelo órgão ambiental municipal, em conformidade com a regulamentação específica de cada município acerca da responsabilidade pelo manejo de resíduos sólidos. Portanto, para a emissão de alvarás das atividades pode ser cobrado o PGRS. Ele também engloba o licenciamento ambiental de atividades poluidoras e geralmente é exigido junto com os estudos necessários para que o órgão licenciador tome sua decisão. (MASTER AMBIENTAL, s/d).

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

4.1 AQUISIÇÃO DO MATERIAL PESQUISADO

Para a realização da pesquisa contida nesse trabalho, foi adquirida a amostra em um canteiro de obras de uma empresa de construção civil, na cidade de Anápolis, no estado de Goiás. A amostra foi retirada pela própria empresa, seguindo o que propõe a NRB 10007(ABNT, 2004) – Amostragem de resíduos sólidos.

Para a utilização do resíduo sólido retirado do canteiro, foi feito o procedimento de peneiramento manual em peneira #4,75 mm, para retirada de partículas indesejadas como restos de madeira, arames e pedras provenientes do local de onde o material foi retirado. Para a execução do concreto, o resíduo não sofreu nenhum tipo de tratamento para alteração de sua composição, tornando a pesquisa voltada totalmente para a sustentabilidade.

4.2 TRAÇO UTILIZADO

Para o experimento foi usado um traço base para resistência igual a 30 MPa, fornecido por uma concreteira do município de Anápolis – GO, chamada CIPLAN, assim como os agregados graúdos, miúdos, cimento e superplastificante.

Para fins de conhecimento da distribuição granulométrica de todos os agregados utilizados nessa pesquisa, ensaios de caracterização e granulometria dos agregados seguiu-se as especificações da NM 248 (ABNT, 2003).

4.2.1 Materiais utilizados e suas características

4.2.1.1 Cimento Portland

Foi utilizado na pesquisa o cimento CII F 40, obtido por uma usina da região chamada CIPLAN e possui desempenho superior e adição de fíler calcário com massa específica de 3500 kg/m³ e resistência de 40 MPa aos 28 dias. Para atender as especificações da NBR 11578 (ABNT,1991) e para preservação de suas propriedades, o material foi armazenado e protegido de umidade em um local seco.

Os teores dos componentes do cimento Portland CP II-F 40, as exigências químicas e exigências físicas e mecânicas estão descritos nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1 - Teores dos componentes do cimento Portland CP II-F-40

Sigla	Classe de resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
CP II-F	40	94-90	-	-	6-10

Fonte: ABNT, 1991.

Tabela 2 - Exigências químicas CP II-F-40

Determinações químicas	Limites (% da massa)
Resíduo insolúvel (RI)	$\leq 2,5$
Perda ao fogo (PF)	$\leq 6,5$
Óxido de magnésio (MgO)	$\leq 4,0$
Trióxido de enxofre (SO₃)	$\leq 5,0$
Anidrido carbônico (CO₂)	

Fonte: ABNT, 1991.

Tabela 3 - Exigências físicas e mecânicas do cimento CP II-F-40

Características e propriedades	Unidade	Limites de classe 40
Finura	Resíduo na peneira 75 μ m	% $\leq 10,0$
	Área específica	m ² /kg ≥ 280
Tempo de início de pega	h	≥ 1
Expansibilidade a quente	mm	≤ 5
Resistência à compressão	3 dias de idade	MPa $\geq 15,0$
	7 dias de idade	MPa $\geq 25,0$
	28 dias de idade	MPa $\geq 40,0$

Fonte: ABNT, 1991.

4.2.1.2 Agregado graúdo

Os agregados graúdos utilizados nos concretos foram a brita 0, com dimensão máxima característica igual a 12,5 mm e brita 1, com dimensão máxima característica igual a 19,0 mm.

O resultado dos ensaios de caracterização dos agregados brita 0 e brita 1 estão descritos nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 - Resultado da caracterização do agregado graúdo – brita 0

ABERTURA DAS PENEIRAS		MATERIAIS RETIDOS	
mm	Massa retida (g)	Simplex (%)	Acumuladas (%)
152	0	0	0
75	0	0	0
64	0	0	0
50	0	0	0
38	0	0	0
32	0	0	0
25	0	0	0
19	0	0	0
12,5	0	0	0
9,5	315,3	13	13
6,3	1077,2	44	57
4,8	745,4	30	87
2,4	0	0	87
PRATO	328,1	13	100
TORAL	2466	100	-

Fonte: próprios autores, 2018.

As características do agregado graúdo brita 0 são:

- Dimensão máxima característica (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 12,5 mm
- Módulo de finura (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 5,87
- Teor de material pulverulento (NBR NM 46 (ABNT, 2003)): 1,1%
- Massa específica (NBR NM 53 (ABNT, 2003)): 2,70 g/cm³
- Massa unitária (NBR NM 45 (ABNT, 2006)): 1,52 g/cm³

Tabela 5 - Resultado da caracterização do agregado graúdo – brita 1

ABERTURA DAS PENEIRAS	MATERIAIS RETIDOS		
	mm	Massa retida (g)	Simplex (%)
152	0	0	0
75	0	0	0
64	0	0	0
50	0	0	0
38	0	0	0
32	0	0	0
25	0	0	0
19	0	0	0
12,5	2671,6	53	53
9,5	2100,7	42	95
6,3	217,7	4	99
4,8	0	0	99
2,4	0	0	99
PRATO	328,1	1	100
TORAL	2466	100	-

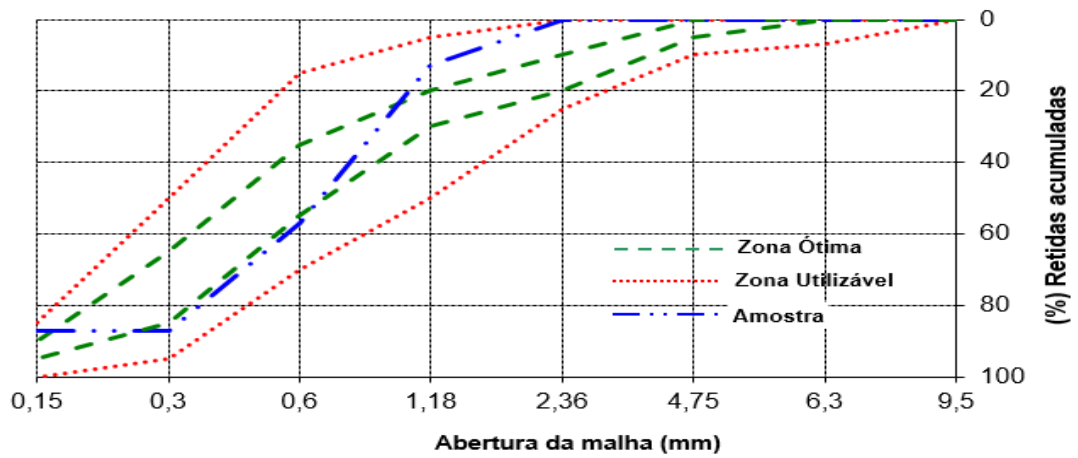
Fonte: Próprios autores, 2018.

As características do agregado graúdo brita 1 são:

- Dimensão máxima característica (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 19,0 mm
- Módulo de finura (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 6,93
- Teor de material pulverulento (NBR NM 46 (ABNT, 2003)): 0,2%
- Massa específica (NBR NM 53 (ABNT, 2003)): 1,45 g/cm³
- Massa unitária (NBR NM 45 (ABNT, 2006)): 2,7 g/cm³

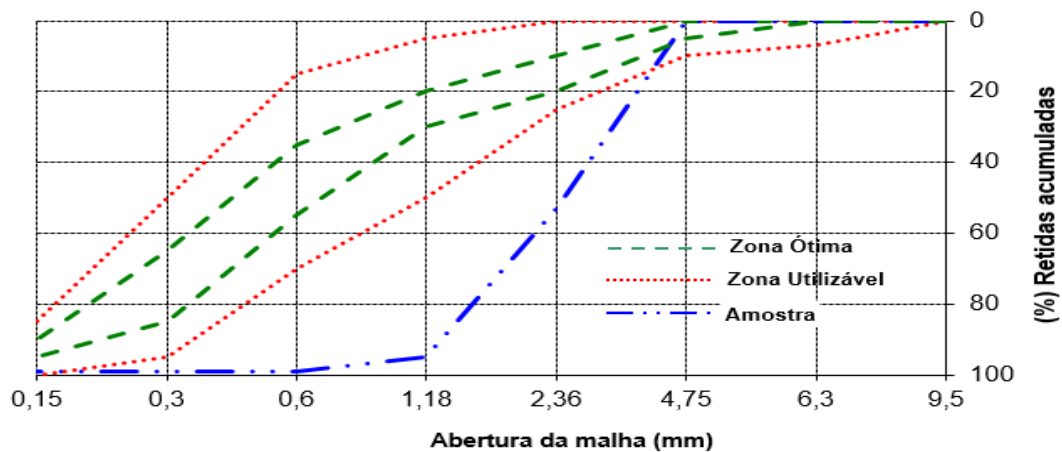
O resultado dos ensaios de granulometria dos agregados brita 0 e brita 1 estão descritos nos Gráficos 1 e 2, respectivamente.

Gráfico 1 - Curva granulométrica do agregado graúdo – brita 0
- Limites Granulométricos -



Fonte: Próprios autores, 2018.

Gráfico 2 - Curva granulométrica do agregado graúdo – brita 1
- Limites Granulométricos -



Fonte: Próprios autores, 2018.

4.2.1.3 Agregado miúdo

Os agregados miúdos utilizados na produção do concreto foram três: areia lavada média, pó de pedra e RARE. O resultado dos ensaios de caracterização dos materiais estão descritos nas Tabelas 6, 7 e 8, respectivamente.

Tabela 6 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – Areia lavada média

ABERTURA DAS PENEIRAS	MATERIAL RETIDO		
	mm	Massa retida (g)	Simples (%)
4,8	12,66	2,5	2,5
2,4	42,4	8,5	11
1,2	53,2	11	22
0,6	50,94	10	32
0,3	68,09	14	46
0,15	141,69	28	74
PRATO	129,49	26	100
TOTAIS	498,47	100	-

Fonte: próprios autores, 2018.

As características do agregado miúdo areia lavada média são:

- Dimensão máxima característica (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 4,8 mm
- Módulo de finura (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 1,87
- Teor de material pulverulento (NBR NM 46 (ABNT, 2003)): 1 %
- Massa específica (NBR NM 53 (ABNT, 2003)): 2,2 g/cm³
- Massa unitária (NBR NM 45 (ABNT, 2006)): 1,1 g/cm³

Tabela 7 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – Pó de Pedra

ABERTURA DAS PENEIRAS	MATERIAL RETIDO		
	mm	Massa retida (g)	Simples (%)
9,5	0	0	0
6,3	0	0	0
4,8	0	0	0
2,4	105,9	28	28
1,2	92,7	25	53
0,6	52,1	14	67
0,3	30,8	8	75
0,15	29,4	8	83
PRATO	65,5	17	100,0
TOTAL	376,4	100,0	-

Fonte: Próprios autores, 2018.

As características do agregado miúdo pó de pedra são:

- Dimensão máxima característica (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 4,8 mm
- Módulo de finura (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 3,06
- Teor de material pulverulento (NBR NM 46 (ABNT, 2003)): 1 %
- Massa específica (NBR NM 53 (ABNT, 2003)): 2,71 g/cm³
- Massa unitária (NBR NM 45 (ABNT, 2006)): 1,60 g/cm³

Tabela 8 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – RARE

ABERTURA DAS PENEIRAS	MATERIAL RETIDO		
	mm	Massa retida (g)	Simplex (%)
4,75	0	0	0
2,36	0,8	0,8	0,8
1,18	98,9	20,1	20,9
0,6	143,1	29,0	49,9
0,3	143,9	29,2	79,1
0,15	76,35	15,5	94,6
PRATO	29,89	6,1	100,0
TOTAL	492,94	100,0	-

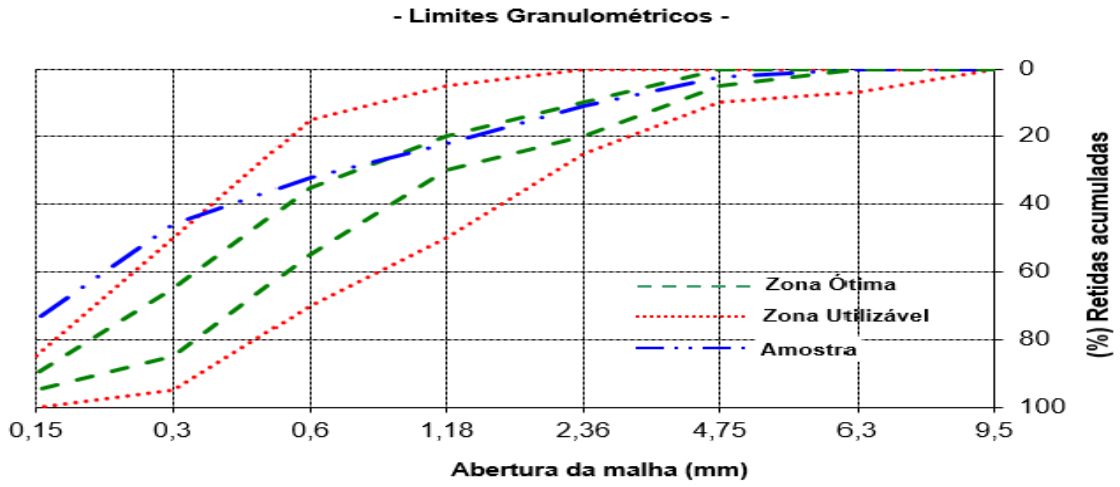
Fonte: Próprios autores, 2018.

As características do agregado miúdo RARE são:

- Dimensão máxima característica (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 2,36 mm
- Módulo de finura (NBR 7211 (ABNT, 2005)): 2,45
- Teor de material pulverulento (NBR NM 46 (ABNT, 2003)): 1 %
- Massa específica (NBR NM 53 (ABNT, 2003)): 1,39 g/cm³
- Massa unitária (NBR NM 45 (ABNT, 2006)): 1,01 g/cm³

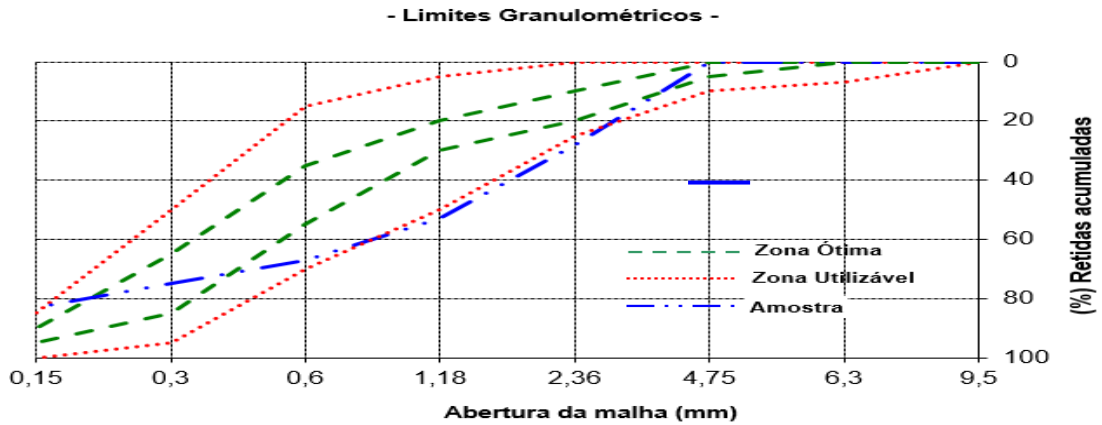
O resultado dos ensaios de granulometria dos agregados como areia lavada média, pó de pedra e RARE estão descritos nos Gráficos 3, 4 e 5, respectivamente.

Gráfico 3 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – Areia lavada média



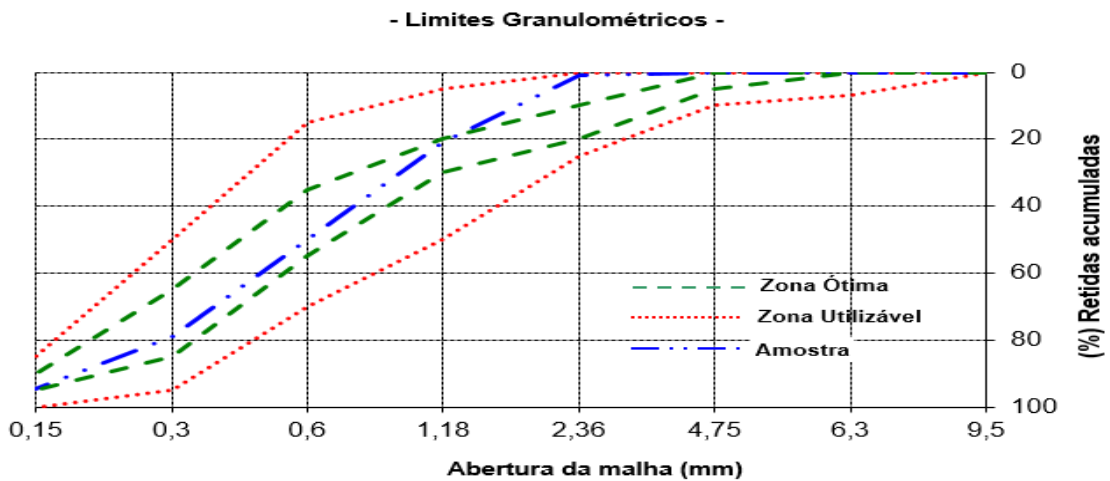
Fonte: Próprios autores, 2018.

Gráfico 4 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – Pó de pedra



Fonte: Próprios autores, 2018.

Gráfico 5 - Resultado da caracterização do agregado miúdo – RARE



Fonte: Próprios autores, 2018.

4.2.1.4 Água

Para execução do amassamento foi utilizada água da rede de tratamento público, fornecida pela Concessionária do município de Anápolis – GO, a Saneamento de Goiás (SANEAGO), com massa específica de 1000 kg/m^3 .

4.2.1.5 Aditivo superplastificante

Foi utilizado em todos os traços elaborados para o experimento. O aditivo superplastificante tipo II tem a função de revestir os grãos de cimento do concreto ou argamassa, promovendo uma melhor trabalhabilidade do material com menor quantidade de água.

4.3 EXECUÇÃO DO TRAÇO

Para o experimento foram usados 5 traços distintos. Para o traço 1 foi usado o traço original, sendo definido como base para obtenção da resistência axial e assim ser comparado com os resultados obtidos pelos traços alterados.

Os traços que sofreram alteração foram os de números 2, 3, 4 e 5, pois foi substituído a areia natural por RARE na proporção que segue abaixo:

- Traço 2 (25%): 75% de areia natural e 25% de RARE;
- Traço 3 (50%): 50% de areia natural e 50% de RARE;
- Traço 4 (75%): 25% de areia natural e 75% de RARE;
- Traço 5 (100%): 100% de RARE.

O intuito do estudo é comparar e analisar a influência do RARE nos valores de resistência do concreto e como ele influencia na trabalhabilidade. Os traços utilizados estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores em Kg/m³ dos materiais usados no traço

Traço	Cimento	Areia Natural	Areia Industrial	RARE	Brita 0	Brita 1	Aditivo	Água
0%	5,58	5,55	5,66	0	7,2	7,2	0,0339	3,21
25%	5,58	4,16	5,66	1,39	7,2	7,2	0,0339	3,21
50%	5,58	2,77	5,66	2,77	7,2	7,2	0,0339	3,21
75%	5,58	1,39	5,66	4,16	7,2	7,2	0,0339	3,21
100%	5,58	0	5,66	5,55	7,2	7,2	0,0339	3,21

Fonte: próprios autores, 2018.

A figura 1 mostra os materiais superplastificante e RARE respectivamente após a pesagem, com medida referente à um traço.

Figura 1 - Superplastificante e RARE



Fonte: próprios autores, 2018.

4.4 DESENVOLVIMENTO DO CONCRETO COM RARE

4.4.1 Mistura

O concreto utilizado para a elaboração dos corpos de prova foi misturado com auxílio de uma betoneira, conforme mostra a Figura 2. O laboratório de concreto, no qual o traço foi

executado, se encontra no Centro Tecnológico do Centro Univeritário UniEvangélica. Apesar do pequeno volume de materiais, obteve-se uma mistura com qualidade desejável.

Figura 2 - Betoneira utilizada para mistura



Fonte: próprios autores, 2018.

Levando-se em conta que o concreto deve atender a alguns requisitos básicos para garantir a homogeneidade dos componentes, o processo de mistura dos agregados ocorreu na seguinte ordem:

- a. 50% da água + agregados graúdos;
- b. Cimento + agregados miúdos + 50% da água;
- c. Aditivo superplastificante.

A Figura 3, mostra o concreto já retirado da betoneira, após a mistura.

Figura 3 - Concreto



Fonte: próprios autores, 2018.

O *slump test* foi feito, conforme estabelece a NBR NM 67 (ABNT, 1998), para todos os traços executados. A Figura 4, mostra a execução do ensaio de *slump test* no traço 1.

Figura 4 - Slump Test para o traço 1



Fonte: próprios autores, 2018.

4.4.2 Moldagem dos corpos de prova

Foram moldados quatro corpos-de-prova para cada traço executado, em moldes de 10x20cm e após passado desmoldante, eles foram colocados sobre um local liso e nivelado para assim, ser moldado o corpo-de-prova em duas camadas, conforme estabelece a NBR 5738 (ABNT, 2015).

O adensamento foi feito manualmente e foi usado uma haste metálica lisa de 600 mm por 16 mm, aplicando 2 camadas com 12 golpes cada, conforme estabelece a NBR 5738 (ABNT, 2015). A Figura 5 mostra os corpos-de-prova do traço 1 nos moldes e em local liso e nivelado.

Figura 5 - Corpos-de-prova moldados



Fonte: próprios autores, 2018.

4.4.3 Cura

As etapas de cura do concreto foram feitas conforme estabelece a NBR 5738 (ABNT, 2015), respeitando o período inicial de cura de 24 horas (Figura 6). Após isso os corpos-de-prova foram desmoldados e colocados em uma câmara úmida (figura 7), ajustada a uma temperatura de 22,6° e umidade de 98% até as datas de rompimento (7 e 28 dias).

Figura 6 - Corpos-de-prova após a cura de 24 horas



Fonte: próprios autores, 2018.

Figura 7 - Corpos-de-prova em câmara úmida



Fonte: próprios autores, 2018.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 *SLUMP TEST*

Na tabela 10 apresentada, observa-se que os resultados obtidos pelo ensaio de *slump test* não foram satisfatórios em relação aos traços que receberam substituição do agregado miúdo RARE. Na medida em que foi aumentando a porcentagem, menor foi o valor de slump adquirido com isso, menor a consistência do concreto.

O tamanho das partículas dos agregados influencia diretamente na quantidade de água necessária para a obtenção da consistência. Foi feito por Martins (2008) um estudo sobre o tamanho das partículas com relação ao fator água/cimento de um concreto, no qual ele concluiu que:

Os agregados com alto teor de finos, necessitam de maior quantidade de água para um mesmo abatimento de tronco de cone, e conseqüentemente, para manter a relação água/cimento, de uma maior quantidade de cimento, encarecendo o custo do concreto.

O agregado miúdo RARE, possui uma granulometria menor que os demais agregados miúdos usados nesse experimento, podendo então explicar o fator de baixa consistência do concreto.

Tabela 10 - Resultado dos ensaios

De slump test

TRAÇO	ABATIMENTO 150±20 mm
0%	140
25%	80
50%	70
75%	65
100%	60

Fonte: próprios autores, 2018.

5.2 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL

Os resultados dos ensaios à compressão axial estão descritos na Tabela 11. Foram rompidos dois corpos-de-prova com sete dias e dois com vinte oito dias, para cada traço analisado.

Tabela 11 - Resistência à compressão

Traço	Resistência à Compressão Axial (MPa)	
	07 dias	28 dias
0%	27,9	31,8
	27,7	33
25%	32,3	40,7
	32,8	41,9
50%	28,5	35,1
	33	36,1
75%	31,2	36,9
	33,4	38
100%	31,8	38,2
	33,1	38,3

Fonte: próprios autores, 2018.

Observa-se que todos os traços obtiveram resultado maior que o mínimo esperado de 30 MPa.

Na Tabela 12, está descrito todas as médias em MPa dos resultados obtidos aos 28 dias. O traço de 0% obteve uma média de resultado satisfatório de 32,4 MPa com 28 dias, valor 8% maior que o esperado. Foi observado que o traço 25% obteve maior porcentagem de resultado com 28 dias em relação aos traços 3, 4 e 5, com média de 41,3 MPa, ou seja, 37,7% maior que o esperado pelo traço 0%, que seria 30 MPa, e 27,47% maior que o resultado obtido pelo traço 0%, 32,4 MPa.

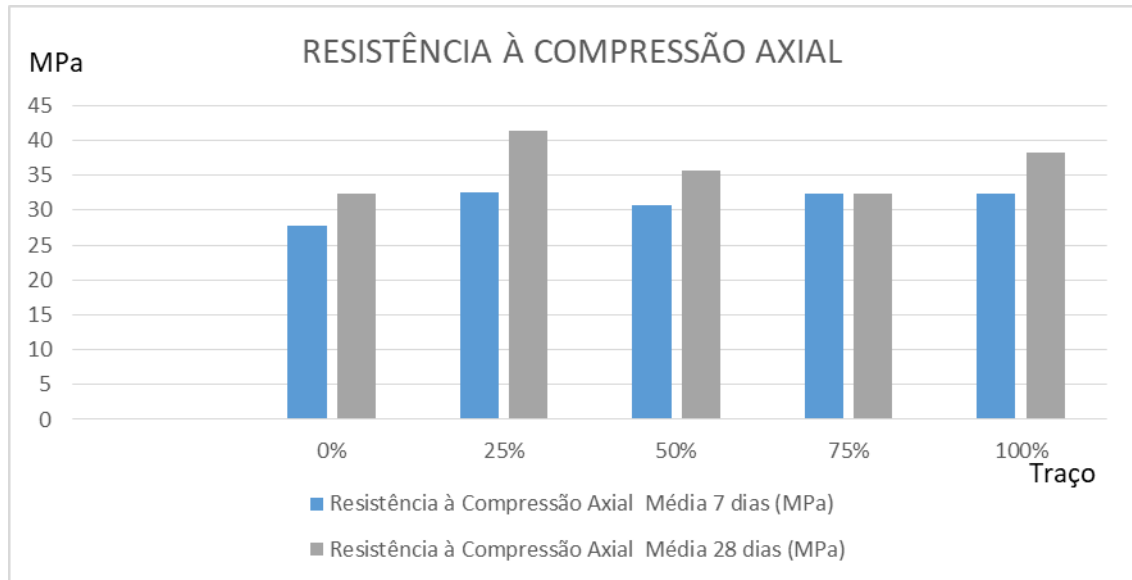
Tabela 12 - Porcentagem dos resultados dos ensaios de resistência à compressão axial

Traço	Média 28 dias (MPa)	% a mais em relação ao esperado com 28 dias - traço 0% (30 MPa)	% a mais em relação ao obtido com 28 dias - traço 0% (32,4 MPa)
0%	32,4	7,43	-
25%	41,3	37,67	27,46
50%	35,6	18,67	9,87
75%	32,3	7,67	- 0,31
100%	38,25	27,5	18,05

Fonte: próprios autores, 2018.

Está descrito no Gráfico 6, os resultados referentes às resistências obtidas em média, aos 7 e 28 dias.

Gráfico 6 - Resultados referentes às resistências obtidas



Fonte: próprios autores, 2018.

A Figura 8, apresenta a ruptura de um corpo de prova aos 28 dias, produzido a partir de um dos traços elaborados para estudo.

Figura 82 – Ruptura de um Corpo de prova aos 28 dias



Fonte: próprios autores, 2018.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo analisar o uso de resíduos de argamassa de revestimento externo em concreto, visando uma tensão de ruptura igual ou superior a 30 MPa, além de analisar a trabalhabilidade do material. A substituição do agregado miúdo natural, em proporção, pelo resíduo utilizado gerou uma resistência à compressão axial superior ao previsto em todos os traços, sobressaindo o de substituição de 25%, que obteve uma resistência 37,67% a mais do que o esperado.

O uso do aditivo superplastificante foi de grande importância, possibilitando a redução de água porém, os traços que obtiveram maior porcentagem de substituição da areia natural pelo RARE sofreram diminuição da trabalhabilidade, no qual pôde ser analisada por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone. Com isso, conclui-se que o concreto com o uso de RARE para uso na construção deverá ser adaptado, alterando para mais a relação água/cimento ou superplastificante, elevando o custo do concreto.

Apesar da conclusão que o concreto com RARE possui um custo mais elevado que o concreto tradicional, os benefícios em relação ao meio ambiente e a preservação da matéria prima torna esse fator algo irrelevável. Trabalhar com a preservação da natureza de forma certa, pode trazer uma qualidade nas construções igual ou superior a das formas tradicionais usadas e também um bom aspecto visual para o empreendimento, pois algo que hoje se torna sustentável está recebendo uma grande aceitação por parte dos consumidores finais.

O uso do RARE em concreto estrutural não pode ser aplicado, pois ainda não há pesquisas o suficiente para determinação do comportamento desse concreto em peças estruturais.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nesse contexto sugerem-se para futuros trabalhos os seguintes itens:

- O estudo do comportamento do concreto sustentável com RARE em peças estruturais;
- Estudar se a cal em seu estado endurecido possui ligação ou favorece a diminuição da trabalhabilidade;
- Analisar se com o tempo ocorrerá alguma patologia como a degradação, quando o concreto for executado com RARE.

REFERÊNCIAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211** - Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 11578** - Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 12653** - Materiais Pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5738** - Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 12653**: Materiais Pozolânicos – Especificação. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR NM 45** - Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 53** – Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR NM 67** - Ensaio de Abatimento do Concreto. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NRB 10007** - Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABRECON. **Relatório** – Reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. São Paulo, 2015.

ALMEIDA, Jorge Luiz. **Responsabilidade Socioambiental na Construção Civil**. Disponível em: <https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/colunas/jorge-luiz-oliveira-de-almeida/2013/08/26/interna_jorgeluiz,47498/responsabilidade-socioambiental-na-contrucao-civil.shtml>. Acesso em: 26/04/2018.

BARBOSA, P. R. A. Índice de sustentabilidade empresarial da bolsa de valores de São Paulo (ISE-BOVESPA): exame da adequação como referência para aperfeiçoamento da gestão sustentável das empresas e para formação de carteiras de investimento orientadas por princípios de sustentabilidade corporativa. 2007. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto COPPEAD de Administração, 2007.

CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR. **Resolução CNE/CES 11**. Brasília, 2002.

CARELLI, E. et al. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil** – Avanços institucionais e melhorias técnicas. Parte I. SidusCon, SP. São Paulo, 2015.

CONAB. **Safra de cana-de-açúcar deve chegar a 635 milhões de toneladas.** Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/index.php/ultimas-noticias/2190-safra-de-canadeacucar-deve-chegar-a-635-milhoes-de-toneladas-20171219>>. Acesso em: 25/04/2018.

CONAMA. **Resolução N°258.** Brasília, 1999.

CONAMA. **Resolução N°307.** Brasília, 2002.

CORÓ, Ângela Ghislani, 2002. Trabalho de Conclusão de Curso. **Investigação das Propriedades Mecânicas de Concretos Reforçados com Fibras PET.** 2002. Disponível em: <<http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wpcontent/uploads/2010/03/TCC-Angela-Ghislani-Cor.pdf>>. Acesso em: 27/03/2018.

CORREA, P. M. SANTANA, R. M. **Reciclagem de pet, visando a substituição do agregado miúdo no concreto leve.** IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre/RS, 2014.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética (Ministério de Minas e Energia, Brasil). **Cenário econômico 2050. Série Estudos Econômicos Nota Técnica DEA 12/14.** Rio de Janeiro, agosto de 2014. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PNE2050_Premissas%20econ%C3%B4micas%20de%20longo%20prazo.pdf>. Acesso em: 09/03/2018.

FAMAI. **Resíduos da Construção Civil – RCC.** Santa Catarina, [20--]. Disponível em: <<https://famai.itajai.sc.gov.br/c/rcc#.WsaE3IjwbDd>>. Acesso em: 08/01/2018.

FARIA, C. **Construção Sustentável.** [S.I.], [20--]. Disponível em:<<https://www.infoescola.com/ecologia/construcao-sustentavel/>>. Acesso em: 08/01/2018.

FIESP/CIESP (2001) – **Ampliação da oferta de energia através da biomassa (bagaço de cana-de-açúcar).** São Paulo: FIESP/CIESP, 90p.

FRANCISCO, W. **Política dos 3 R's.** Mundo Educação. [S.I.], [20--]. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/politica-dos-3rs.htm>>. Acesso em 08/01/2018.

HOFFMANN, R; JAHN, S.L; BAVARESCO, M; SARTORI, T.C.. **Aproveitamento da cinza produzida na combustão da casca de arroz: estado da arte.** 2010. 14 p. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/cenergia/artes_final.pdf>. Acesso em: 01/03/2018.

LÓPEZ, D. A. R.; AZEVEDO, C. A. P. de. **Avaliação da utilização de vidro cominuído como material agregado ao concreto.** UNISC – Santa Cruz do Sul; ULBRA. Canoas, 2003.
MACHADO, GLEYSSON. **Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/planos-de-gerenciamento-de-residuos-solidos-pgrs/>>. Acesso em: 24/04/2018.

MAIER, P.R; DURHAM, S.R. **Beneficial use of recycled materials in concrete mixtures.** Construction and Building Materials, v. 29, p 428-437, 2012.

MARTINS, P. B. M. **Influência da Granulometria Agregado Miúdo na Trabalhabilidade do Concreto**. Feira de Santana, 2008. 76p. Monografia, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2008.

MASTER AMBIENTAL. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)**. Paraná, [20--]. Disponível em: <<https://www.masterambiental.com.br/consultoria-ambiental/gerenciamento-de-residuos/plano-de-gerenciamento-de-residuos-solidos-pgrs/>>. Acesso em: 08/05/2018.

MEHTA, P.K. **Rice husk ash – A unique supplementary cementing material. in: advances in concrete technology**. CANMET. Ottawa, 1992, p 407-431.

MENESES, I. A. **Avaliação de concreto com adição de fibras de PET submetido a altas temperaturas**. Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 91p, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável**. Brasília, [20--]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em: 08/01/2018.

MORETTO, C. F. **O desenvolvimento sustentável na perspectiva local: a percepção do sentido da sustentabilidade pelos residentes do município de passo fundo**. Pibic-UPF. Rio Grande do sul, 2007.

MUELLER, Charles C. **As contas nacionais e os estudos ambientais da atividade econômica**. Análise Econômica, Porto Alegre, v. 13, n. 23 e 24, p. 68-99, mar./set. 1995.

PEREIRA, F. R. et al. **Marketing ambiental: uma ferramenta empresarial estratégica**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://revistaconexao.aems.edu.br/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=1208>>. Acesso em: 08/03/2018.

RIBEIRO, M. S. **Contabilidade Ambiental**. São Paulo: Saraiva, 2006, pg 6.

RIGHI, et al. **Análise de concretos produzidos com vidro moído quando submetidos à elevadas temperaturas**. XXXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural. Rio de Janeiro/RJ, 2012.

SANDRONI, Paulo. **Novíssimo Dicionário de Economia**. São Paulo, Best Seller, 1999. P. 169 e170.

SANTOS, A. C. (2005); **Avaliação do Comportamento do Concreto com Adição de Borracha Obtida a Partir da Reciclagem de Pneus com Aplicação em Placas Pré-moldadas**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Alagoas, Maceió/AL.

SANTOS, C.E. *et. al.* . **Anuário Brasileiro do Arroz**. Editora Gazeta Santa Cruz. Santa Cruz do Sul-RS. 2012. 128 p.

SAVITZ, A. W., & WEBER, K. **A empresa sustentável: o verdadeiro sucesso é o lucro com responsabilidade social e ambiental**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

SEGRE, N. C. (1999); **Reutilização de Borracha de Pneus Usados como Adição em Pasta de Cimento**. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo/SP.

SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/28**. Porto Alegre-rs, 2010. 188 p.

SOUZA, Nali de Jesus. **Desenvolvimento Econômico**. Editora Atlas, 5 edição. São Paulo. 2005.

TOPÇU, I. B. & AVCULAR, N. (1997). **Analysis of Rubberized Concrete as a Composite Material**. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 09/03/2018.

TOPÇU, I. B. (1994). **The Properties of Rubberized Concrete**. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 09/03/2018.