



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNO D' PAULA RIBEIRO SILVA
MARAÍSA REGINA MOREIRA SANTOS**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE
CONCRETOS COM ADIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO
RECICLADO EM DIFERENTES DOSAGENS**

PUBLICAÇÃO Nº: 7

**GOIANÉSIA / GO
2020**



**BRUNO D' PAULA RIBEIRO SILVA
MARAÍSA REGINA MOREIRA SANTOS**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE
CONCRETOS COM ADIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO
RECICLADO EM DIFERENTES DOSAGENS**

PUBLICAÇÃO Nº: 7

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

ORIENTADOR: LUANA DE LIMA LOPES

GOIANÉSIA / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, BRUNO D' PAULARIBEIRO.
SANTOS, MARAÍSA REGINA MOREIRA.

Análise Da Resistência À Compressão De Concretos Com Adição De Agregado Miúdo Reciclado Em Diferentes Dosagens [Goiás] 2020 xiv, 42p, 297 mm (ENC/UEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto

2. Construção civil

3. Resíduos sólidos

I. ENC/UNIII.

II. Análise Da Resistência À Compressão De Concretos Com

Adição De Agregado Miúdo Reciclado Em Diferentes Dosagens

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, B. D. P. R.; SANTOS M. R. M. Análise Da Resistência À Compressão De Concretos Com Adição De Agregado Miúdo Reciclado Em Diferentes Dosagens. TCC, Publicação ENC. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG), Goianésia, GO, 42p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Bruno D' Paula Ribeiro Silva, Maraísa Regina Moreira Santos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise Da Resistência À Compressão De Concretos Com Adição De Agregado Miúdo Reciclado Em Diferentes Dosagens

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

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.

Bruno D' Paula Ribeiro Silva
Rua 15, 952, Universitário
76382-030 - Goianésia/GO - Brasil

Maraísa Regina Moreira Santos
Rua 34, 299A, Carrilho
76380-758 - Goianésia/GO - Brasil

**BRUNO D' PAULA RIBEIRO SILVA
MARAÍSA REGINA MOREIRA SANTOS**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE
CONCRETOS COM ADIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO
RECICLADO EM DIFERENTES DOSAGENS**

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

APROVADO POR:

**LUANA DE LIMA LOPES, Ma.(FACEG)
(ORIENTADOR)**

**MARINÉS CHIQUINQUIRA CARVAJAL BRAVO GOMES, DRA. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**ROBSON DE OLIVEIRA FÉLIX, ESP. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: GOIANÉSIA/GO, 10 de JUNHO de 2020.

*Dedico este trabalho:
Ao meu tio Alessandro Dieques Moreira
(in memórian).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela graça de concluir essa jornada com sabedoria, por me conceder o discernimento necessário para enfrentar as adversidades da vida. Agradeço também aos meus pais Léia e Flávio e aos meus avós Antônio e Maria Aparecida por todo amor, cuidado, paciência e apoio nos momentos mais difíceis, e por não medirem esforços para que eu pudesse realizar minha graduação e que sempre foram para mim, exemplos de honestidade e fé.

Ao meu namorado e dupla de TCC, Bruno, por todo companheirismo na realização deste trabalho, sua parceria foi essencial.

Agradeço a minha querida professora e orientadora Ma. Luana de Lima Lopes por ser uma excelente profissional, por se fazer presente sempre em todo momento, pelos conselhos e principalmente pela amizade. Aos demais professores do curso que foram de grande importância na minha formação.

Aos colegas e amigos do curso de Engenharia Civil da FACEG, levarei comigo grandes amizades, muito obrigada.

Maraísa Regina Moreira Santos

Agradeço a Deus por sempre me mostrar o caminho certo e me dar saúde e oportunidade de alcançar meus objetivos. Sou grato aos meus pais Divino Aparecido Ribeiro e Maria Aparecida da Silva Ribeiro pelo incentivo aos estudos e pelo apoio incondicional.

Agradeço em especial minha namorada e companheira de TCC, Maraísa Regina, que acima de tudo é uma grande amiga, sempre presente nos momentos difíceis com uma palavra de incentivo e dando forças no decorrer do curso para que eu não desistisse.

A minha orientadora, Luana, que apesar da intensa rotina de sua vida acadêmica, aceitou me orientar nesta monografia. As suas valiosas indicações fizeram toda a diferença.

Aos meus colegas do curso de Engenharia civil da FACEG pelas trocas de ideias e ajuda mútua. Juntos conseguimos avançar e ultrapassar todos os obstáculos.

Bruno D' Paula Ribeiro Silva

“Ninguém é suficientemente perfeito, que não possa aprender com o outro e, ninguém é totalmente estruído de valores que não possa ensinar algo ao seu irmão”.

São Francisco de Assis

RESUMO

A construção civil é uma atividade caracterizada por modificar radicalmente as paisagens naturais, sendo uma das campeãs na extração de recursos naturais e na geração de resíduos. Com isso, a sustentabilidade tem ganhado cada vez mais espaço neste cenário, o que, conseqüentemente, leva a buscar medidas menos poluentes. Diante disto, este trabalho objetivou verificar a propriedade mecânica de resistência à compressão de concretos com adição, em diferentes dosagens (0, 25, 50, 75 e 100%), de resíduos da construção civil, com substituição ao agregado miúdo natural. O método utilizado consistiu em confeccionar os concretos, e para isso realizou-se o cálculo do traço posteriormente aos ensaios de granulometria e massa específica dos agregados e verificado o tipo de cimento trabalhado, a classe dele e a resistência que ele pode fornecer aos 28 dias. Para a resistência as amostras foram submetidas a cargas com a utilização da prensa. Foi possível verificar que os resultados de resistência à compressão foram inferiores aos 28 dias já que o ideal seria que o mesmo atingisse 25 MPa para os concretos com a presença de agregado reciclado. Podendo-se concluir que os mesmos não são viáveis para utilização estrutural.

Palavras-chave: construção civil, resíduos sólidos, concreto.

ABSTRACT

Civil construction is an activity characterized by radically modify natural landscapes, being one of the champions in the extraction of natural resources and in the generation of waste. With this, sustainability has gained more and more space in this setting, which, consequently, leads to the search for less polluting measures. That said, this work aimed to verify the mechanical property of compressive strength of concrete with addition, in different dosages (0, 25, 50, 75 and 100%), of construction waste, with replacement to the natural fine aggregate. The method used consist of make the concretes, and for this purpose the trace was calculated after the particle size and specific mass tests of the aggregates and the type of cement worked, its class and the strength it can provide at 28 days. For resistance, the samples were subjected to the loads with the use of the press. It was possible to verify that the results of compressive strength were lower for concretes with the presence of recycled aggregate. It can be concluded that they are not viable for structural use.

Keywords: civil construction, solid waste, concrete.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Usina de reciclagem de resíduos da construção civil (Aparecida de Goiânia-Go). | 10 |
| Figura2 – Confeção dos corpos de provas..... | 16 |
| Figura 3 – Ensaio de abatimento do tronco de cone..... | 18 |
| Figura 4 – Iniciando o processo de submersão dos corpos de prova. | 19 |
| Figura 5 – Corpo de prova após rompimento..... | 21 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Tipos de cimentos fabricados no Brasil..... | 6 |
| Tabela 2 – Porcentagens de areia natural e areia reciclada na fabricação do concreto. | 17 |
| Tabela 3 – Cronograma de ensaio dos corpos de provas..... | 19 |
| Tabela 4 – Resistência à compressão do concreto, em MPa. | 21 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Desvio padrão S_d | 12 |
| Quadro 2 – Determinação do consumo de água aproximado..... | 13 |
| Quadro 3 – Dimensão do agregado graúdo..... | 14 |
| Quadro 4 – Caracterização dos agregados reciclados e convencionais | 24 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABPC – Associação Brasileira de Cimento Portland

CP –Cimento Portland

FACEG–Faculdade Evangélica de Goianésia

NBR – Norma Brasileira

PVC– Policloreto de Vinila

RCC – Resíduos da Construção Civil

SANEAGO – Saneamento de Goiás S/A.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 2 |
| 1.2 OBJETIVOS | 3 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 3 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO..... | 4 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 2.1 HISTÓRICO DO CONCRETO | 5 |
| 2.2 MATERIAIS | 5 |
| 2.2.1 Cimento..... | 5 |
| 2.2.2 Agregados | 6 |
| 2.2.3 Agregado Miúdo – Areia Natural..... | 7 |
| 2.2.4 Agregado Graúdo – Pedra Brita | 7 |
| 2.2.5 Agregado miúdo reciclado – Areia Artificial | 8 |
| 2.2.6 Água | 8 |
| 2.3 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)..... | 9 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 10 |
| 3.2 CÁLCULO DE DOSAGEM DO CONCRETO PELO MÉTODO ABCP | 11 |
| 3.3 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA | 18 |
| 3.4 PROCEDIMENTOS PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS | 19 |
| 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 24 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 25 |

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que possui um dos índices mais altos de resíduos poluentes ao meio ambiente, de modo que é uma atividade caracterizada por modificar radicalmente as paisagens naturais, sendo uma das campeãs na extração de recursos naturais e na geração de resíduos (BALLISTA, 2003).

As mesmas matérias extraídas podem ser reutilizadas para a formação de novos materiais, como o concreto, caracterizando uma maneira de minimizar o impacto ambiental. Fator essencial para a redução de gases poluentes, visto que este setor é responsável por um terço dos gases do efeito estufa existentes na atmosfera (JOHN, 2000). Com isso, a sustentabilidade tem ganhado cada vez mais espaço neste cenário, o que, conseqüentemente, leva a buscar medidas menos poluentes.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 12655, 2015), o concreto de cimento Portland é formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, metacaulim ou sílica ativa).

O concreto de cimento Portland foi descoberto no fim do século XIX, mas seu uso se deu expressivamente no século XX, sendo considerado uma das descobertas mais interessantes da atualidade. Por ser um importante material estrutural da construção civil, se tornou o material mais consumido pelo homem depois da água, o que inovou a arte de projetar e construir estruturas ao longo da história da humanidade (HELENE e ANDRADE, 2010).

A Resolução Conama nº 307/2002, em seu Artigo 2º, inciso I, define resíduos da construção civil (RCC), como:

Resíduos da construção civil: são os 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., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (BRASIL, 2002, p. 571).

Sendo assim, a utilização do agregado graúdo e miúdo reciclados de RCC para produção de concreto seria uma alternativa para contribuir com a diminuição da deposição em locais inadequados e o consumo desordenado de matéria prima. É possível reaproveitar de 15 a 20% dos resíduos de materiais, diminuindo custos e descartes de material para o meio ambiente (MARTINS, 2012).

Um exemplo do que pode se tornar a reciclagem desses entulhos, é a brita reciclada, material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto que pode ser usada para a fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens (ABRECOM, 2015).

O melhor desempenho para resistência à compressão do concreto com agregado graúdo reciclado, foi observado no concreto com o reciclado de concreto, apesar de apresentar redução de 14% em 50% de substituição e ainda de 28% em 100% de substituição. Os agregados miúdos reciclados de argamassa apresentaram redução no desempenho do concreto cerca de 8% em 50% de substituição e 15% em 100% de substituição dos agregados naturais pelos reciclados, os quais exercem pouca influência sobre seu desempenho (CABRAL, 2007).

O diferencial entre concretos produzidos com agregados reciclados de RCC e concreto convencionais dependem de fatores como, o teor do agregado natural substituído, as características dos agregados utilizados, quantidade dos contaminantes presentes entre outros (BANTHIA e CHAN, 2000).

Dessa forma, faz se necessário analisar as características dos concretos produzidos com diferentes dosagens de resíduos da construção civil.

1.1 JUSTIFICATIVA

O consumo de materiais naturais cresce na mesma medida do crescimento da população, causando uma alteração descontrolada do meio ambiente. Fator preocupante visto que, os recursos naturais são esgotáveis e limitados, e ainda a atividade extrativa prejudica a flora e a fauna causando danos a vida humana, propiciando uma grande preocupação para as futuras gerações.

A opção de não gerar resíduos ainda não é uma realidade, sendo a reuso de materiais a melhor alternativa. Visando reduzir o significativo impacto ambiental, a substituição de recursos naturais por resíduos irá consequentemente prolongar a vida útil das reservas naturais, reduzir a destruição da paisagem e minimizar os efeitos sobre o ecossistema (JOHN, 2000).

Diante deste contexto, sendo o setor da construção civil a maior consumidora de materiais naturais, a reciclagem de resíduos é de fundamental importância para a obtenção de um novo material ou produto, como por exemplo, o concreto, sendo uma alternativa de mercado ambientalmente responsável.

Segundo estudos realizado por Manzi et al. (2015), concretos autodensáveis ou concreto fluido, aqueles que não necessitam de adensamento ou vibração para mover-se no interior das formas, obtidos a partir de agregados miúdos e graúdos reciclados, apresentaram um aumento na resistência à compressão e no módulo de elasticidade em teores de 25 e 40% em volume, em substituição aos agregados naturais.

Em relação a resistência à tração, estudos mostram queda de 11,1 a 25,2% dessa propriedade em concretos autoadensáveis quando feita a substituição de 25 a 100% da brita natural por agregado reciclado (SILVA et al., 2016).

Comparado ao traço de referência aos 28 dias, por meio de estudos realizados por Silva et al. (2014), foi verificado que a resistência à compressão obteve aumento de 15% em 19% de substituição do agregado natural pelo reciclado. Aumentando o teor de substituição para 100% a resistência ainda é superior ao do traço de referência, resultados estes que mostram ser possível a substituição total do agregado natural pelo reciclado para obter um concreto estrutural com resistência próxima do concreto de referência.

Sendo assim, se faz importante o estudo, para o melhor entendimento do efeito da introdução dos agregados reciclados nas propriedades mecânicas do concreto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo, verificar a propriedade mecânica de resistência à compressão do concreto com adição, em diferentes dosagens, de resíduos da construção civil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Confeccionar concretos com agregados miúdos reciclados, em diferentes proporções, e concreto convencional;
- Verificar a influência do teor de substituição dos agregados naturais por reciclados, na propriedade mecânica de resistência à compressão do concreto;
- Fazer uma análise comparativa da resistência à compressão do concreto convencional em relação ao concreto com material reciclado;
- Verificar, a partir dos resultados, a viabilidade de substituir o agregado natural pelo agregado reciclado, para a confecção do concreto para fins estruturais.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho está organizada e dividida da seguinte maneira:

Capítulo 1: É apresentado uma breve introdução sobre o tema, justificativa para a elaboração deste trabalho, bem como seus objetivos geral e específicos.

Capítulo 2: Aborda o referencial bibliográfico sobre o concreto de cimento Portland, seus materiais constituintes e métodos de dosagem. Além de, assuntos sobre resíduos da construção civil (RCC).

Capítulo 3: Está descrito a metodologia de pesquisa utilizada, método de dosagem e os procedimentos experimentais com todos os detalhes exigidos para a realização do trabalho.

Capítulo 4: Encontra-se os resultados obtidos através dos ensaios de resistência à compressão e a discussão dos mesmos.

Capítulo 5: Conclusão sobre a pesquisa desenvolvida evidenciando os resultados obtidos, bem como sugestões para futuras pesquisas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DO CONCRETO

O concreto sendo um material de construção estrutural deu início a sua utilização cerca de 300 a.C. a 476 a.C., em Roma, principalmente em moradias, fundações e muros. Sua evolução encontra-se aberta, o que leva a explorar seu elevado desempenho, sempre buscando usá-lo corretamente sob o ponto de vista da sustentabilidade (SALOMÃO et al., 2019).

É uma mistura, em proporções pré-fixadas, de cimento, água e agregados, podendo conter aditivos, o qual assume uma consistência plástica que endurece com o tempo. As proporções destes constituintes são requeridas a fim de buscar atender as propriedades mecânicas, físicas e de durabilidade do concreto (HELENE e ANDRADE, 2010).

2.2 MATERIAIS

A durabilidade, a solidez, o custo e o acabamento da obra dependem da qualidade dos materiais utilizados, tais qualidades podem ser observadas por ensaios laboratoriais. Os materiais escolhidos devem atender as exigências requeridas pelos cálculos dos esforços externos e internos. Sendo assim, o conhecimento se faz necessário pois pode apresentar entre outras vantagens uma grande economia na construção (BAUER, 2012).

2.2.1 Cimento

A origem do cimento se deu há cerca de 4.500 anos, sendo utilizado nos monumentos do Egito antigo, constituindo uma liga formada pela mistura de gesso calcinado. O material ganhou o nome atual no século XIX pela semelhança com as rochas da ilha britânica de Portland. Tem por característica trabalhabilidade e moldabilidade, que atribui a argamassas e concretos alta durabilidade e resistência a cargas e ao fogo (ABCP, 2015).

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), o cimento Portland é obtido pela moagem de clínquer, durante esse processo é adicionado nos teores indicados pelas normas, materiais pozolânicos, escórias granulares de alto forno e materiais carbonáticos. Formando assim, um aglomerante hidráulico que se adiciona uma quantidade específica de uma ou mais formas de sulfato de cálcio.

Existem diferentes tipos de cimento Portland no Brasil o qual se diferem pela quantidade de clínquer e sulfatos de cálcio e de adições (escórias, pozolanas e material carbonático) acrescentadas na moagem. Essas características apresentam uma maior versatilidade para atender diferentes tipos de obras (ABCP, 2015). Na Tabela 1 a seguir é apresentado os tipos de cimento Portland:

Tabela 1– Tipos de cimentos fabricados no Brasil.

| CIMENTO PORTLAND | ADIÇÕES | SIGLA | NORMA |
|--|--|--------------------------|--------------|
| Cimento Portland Comum | Escória, Pozolona Ou Fíler (Até 5%) | CP I-S 32 | 5732 |
| | | CP I-S 40 | |
| Cimento Portland Composto | Escória (6- 34%) | CP II-E 32 | 11578 |
| | | CP II-E 40 | |
| | Pozolana (6- 14%) | CP II-Z 32 | |
| | Fíler (6- 10%) | CP II-F 32 CP II-F 40 | |
| Cimento Portland de Alto-Forno | Escória (35-70%) | CP III 32 | 5735 |
| | | CP III 40 | |
| Cimento Portland Pozolânico | Pozolana (15-50%) | CP IV 32 | 5736 |
| Cimento Portland de Alta Resistência Inicial | Materiais Carbonáticos (Até 5%) | CP V-ARI | 5733 |
| Cimento Portland Resistentes aos Sulfatos | Estes Cimentos São Designados Pela Sigla RS. Ex. CP III-40 RS, | CP V-ARI RS | 5737 |

Fonte: Adaptado de ABCP (2015).

2.2.2 Agregados

Os agregados são materiais granulares, sem forma e volume definidos, que para o uso em obras da engenharia civil, estabelece dimensões e propriedades específicas (SERNA; REZENDE, 2008). Compreendem cerca de 70 % da composição do concreto e se apresentam como os materiais de menor custo dos concretos (BASTOS, 2011).

Quanto a sua origem, podem ser naturais, encontrados particularmente na natureza, ou artificiais, que são produzidos por processo industrial. Em relação as dimensões, os agregados podem ser definidos como miúdo (areias) ou graúdo (cascalhos e brita) e ainda pelo peso específico aparente, definidos em leves, médios e pesados (BAUER, 2012).

2.2.3 Agregado Miúdo – Areia Natural

A areia é um produto natural extraída do fundo dos rios, que se origina por ação do vento e da água, e pela fragmentação de rochas por erosão. Nas obras de engenharia civil é utilizada conforme sua granulação na fabricação de concretos e argamassas, em aterros e também na fabricação de vidros (BAUER, 2012).

Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), o agregado miúdo é definido por:

Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1 (NBR 7211, 2009, p. 04).

Quanto a dimensão de seus grãos, a areia é classificada em fina, média e grossa, para utilização como agregado miúdo em concreto, conforme NBR 7211 (ABNT, 2009):

- Areia Fina: apresenta o módulo de finura entre 1,55 a 2,20;
- Areia Média: apresenta o módulo de finura entre 2,20 a 2,90;
- Areia Grossa: apresenta o módulo de finura entre 2,90 a 3,50.

2.2.4 Agregado Graúdo – Pedra Brita

O agregado graúdo é o pedregulho natural, ou a pedra britada proveniente do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, de acordo com a NBR 7211(ABNT, 2009).

A brita é o material obtido de rochas que ocorrem em depósitos geológicos (jazidas), pelo processo industrial de fragmentação da rocha maciça. As britas são geralmente obtidas pela trituração de rochas como basalto, gnaisse e granito (BASTOS, 2011).

Segundo Bastos (2011), os agregados graúdos (britas) tem a seguinte classificação, de acordo com suas dimensões máximas:

- brita 0 – 4,8 a 9,5 mm;
- brita 1 – 9,5 a 19 mm;
- brita 2 – 19 a 38 mm;
- brita 3 – 38 a 76 mm;
- pedra-de-mão – > 76 mm.

2.2.5 Agregado miúdo reciclado – Areia Artificial

A NBR 9935 define que o agregado reciclado é o material granular obtido de processos de reciclagem de rejeitos ou subprodutos da produção industrial, mineração ou construção ou demolição da construção civil, incluindo agregados recuperados de concreto fresco por lavagem (ABNT, 2011).

Algumas características devem ser levadas em consideração quando se tratando dos agregados reciclados, os quais apresentam massa específica menor que os agregados naturais, que podem ser usados na confecção de artefatos de concreto de maneira satisfatória, já que terão seu peso próprio bastante inferior comparado aos naturais. Além de a esbeltez das peças apresentarem seções bastante reduzidas, resultando numa economia da obra (CABRAL, 2007).

De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), areia reciclada é o material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isentos de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto (ABRECON, 2014).

2.2.6 Água

As reações químicas do cimento chamadas reações de hidratação, dependem da água, tais reações tem a função de garantir a resistência e durabilidade do concreto. Além da função de lubrificar as demais partículas, facilitando o manuseio do mesmo (BASTOS, 2011).

Pode ser definida através de ensaios, se está ou não apropriada para a sua utilização na produção de concreto, e ainda deve seguir parâmetros estabelecidos por normas (LEITE, 2016). As quais são citadas a seguir.

De acordo com a NBR 6118, a água a ser empregada no preparo do concreto deverá ser isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas, presumindo-se satisfatórias as águas potáveis e as que possuam pH entre 5,8 e 8,0 e respeitam os limites máximos que incluem as substâncias trazidas ao concreto pelos agregados, que são matéria orgânica (3 mg/L), resíduo sólido (500 mg/L), sulfatos (300 mg/L), cloretos (500 mg/L) e açúcar (5 mg/L)(ABNT, 2014).

A quantidade de água necessária à mistura nos traços de concretos e argamassas depende da umidade natural contida na areia e por isso se faz necessário sua determinação ou

proceder ao ajuste experimental até a obtenção da quantidade de água ideal para o traço, conforme NBR 6118 (ABNT, 2014).

2.3 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

Segundo a NBR 10004, resíduos sólidos são resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (ABNT, 2014).

O resíduo da construção civil é aquele gerado no processo construtivo, seja de reforma, escavação ou demolição. Os resíduos provenientes do desperdício na construção são chamados de entulho sendo eles: os restos de tijolo, concreto, argamassa, madeira dentre outros fragmentos (ABRECON, 2013).

A instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos Brasileira é dada pela Lei 12.305 (2010), que regulamenta o manejo ambientalmente correto para os resíduos. Afim de reduzir a quantidade do mesmo, a lei implementa metas de redução, reutilização e reciclagem.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307 (2002), classifica e denomina os resíduos em quatro categorias, classe A, classe B, classe C e classe D. Na classe A estão os reutilizáveis ou recicláveis como agregados, como: blocos, telhas, placas de revestimento, tubos, argamassa e concreto. Já a classe B é o grupo dos recicláveis para outras destinações, como: plásticos, papel, metais e outros. Os de classe C são os resíduos não recicláveis devido à falta de tecnologia ou pouca viabilidade econômica que acabam sendo descartados, como os produtos oriundos do gesso. E os de classe D são os perigosos, como: tintas, solventes, óleos ou os contaminados.

Tem-se ainda a classificação de acordo com a NBR 10004 (2004) que os divide em classe I – perigosos aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais, como exemplo os restos de tinta (são inflamáveis, podem ser tóxicas); e classe II – não perigosos, este ainda se subdivide em classe II A – não inertes, apresentam se como inflamáveis, corrosivos, tóxicos, patogênicos, e nem possuem tendência a sofrer uma reação química. E classe II B – inertes, que são os entulhos de demolição, pedras areia e sucata de ferro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa descreveu os métodos e procedimentos utilizados para sua realização, classificando então em uma pesquisa descritiva. Para os procedimentos aplicados foram feitas pesquisas bibliográficas, por ser baseada em metodologias já existentes que demonstram a viabilidade da mesma.

Sobre o assunto foi realizado uma ampla pesquisa bibliográfica, após a escolha do tema que se trata da substituição do agregado natural pelo agregado reciclado para a confecção e análise da propriedade mecânica à compressão do concreto de cimento Portland.

3.1 MATERIAL

Na confecção dos corpos de prova de concreto foram utilizados: Cimento Portland Tocantins CP II F-32 com adição de filer calcário, em teor entre 6 e 10%.

Os agregados naturais, tanto gráudo como miúdo natural, foram obtidos na cidade de Goianésia-GO em loja de materiais de construção. O agregado reciclado foi obtido por meio de Resíduos da Construção Civil, enquadrados na classe A da Resolução N° 307 do CONAMA (2002), fornecidos por uma usina responsável por este tipo de material reciclado, da cidade de Aparecida de Goiânia-GO, conforme Figura 1.

Figura 1 - Usina de reciclagem de resíduos da construção civil (Aparecida de Goiânia-GO).



Fonte: Próprio autor, 2019.

3.2 CÁLCULO DE DOSAGEM DO CONCRETO PELO MÉTODO ABCP

Baseou-se numa ferramenta de dosagem de concretos convencionais, considerando tabelas e gráficos elaborados a partir de valores médios de resultados experimentais (BOGGIO, 2007).

O método utilizado consistiu no conhecimento das seguintes informações: resistência de dosagem do concreto, consistência que se desejou obter, a dimensão máxima do agregado graúdo, ensaios de granulometria e massa específica dos agregados e por fim o tipo de cimento trabalhado, a classe dele e a resistência que ele pode fornecer aos 28 dias. Os quais foram utilizados e detalhados na pesquisa.

Para o cálculo da resistência de dosagem (f_{cj}), a variabilidade é medida pelo desvio padrão (S_d), a qual deve atender as condições de resistência de dosagem, conforme Equação 1 (NBR 12655, 2015).

$$F_{cj} = F_{ck} + 1,65 \cdot S_d \quad (1)$$

Em que:

F_{cj} : é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);

F_{ck} : é a resistência característica do concreto à compressão, aos j dias, expressa em megapascals (MPa);

S_d : é o desvio-padrão da dosagem, expresso em megapascals (MPa).

O valor do desvio-padrão é dado em função do rigor da produção do concreto, da classe do concreto utilizado e das condições de preparo, para este experimento foi encontrado o valor de 4,0 MPa, definidos no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Desvio padrão Sd.

| Condição | Classe Do Concreto | Regra | Sd (MPa) |
|----------|--------------------|--|----------|
| A | C10 até C80 | O cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados. | 4,0 |
| B | C10 até C25 | o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume. | 5,5 |
| C | C10 até C15 | o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume. | 7,0 |

Fonte: Adaptado da NBR 12655 (ABNT, 2015).

O valor encontrado para resistência média a compressão do concreto foi de 31,6 Mpa.

Depois de calculada a resistência do concreto, foi necessário definir as proporções adequadas dos materiais que compõe o concreto, cimento, areia, brita e água para a obtenção de um concreto resistente, durável, trabalhável e econômico (RIBEIRO, PINTO e STARLING, 2011).

O fator água/cimento (a/c) foi determinado através da curva de Abrams, obtendo-se o valor de 0,429, que por sua vez é baseado no tipo de cimento e na relação entre o F_{cj} e a resistência do cimento aos 28 dias (GUERRA, 2015).

Por meio do ensaio de granulometria realizado segundo a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003), a dimensão característica máxima do agregado graúdo foi de 12,5 mm. E de acordo com o Quadro 2, para o diâmetro máximo do agregado encontrado e o abatimento requerido de 80 a 100 mm, o consumo de água para o concreto é de 205 L m⁻³.

Quadro 2 – Determinação do consumo de água aproximado.

| CONSUMO DE ÁGUA APROXIMADO (L m⁻³) | | | | | |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ABATIMENTO (mm) | D_{máx} agregado graúdo (mm) | | | | |
| | 9,5 | 19,0 | 25,0 | 32,0 | 38,0 |
| 40 a 60 | 220 | 195 | 190 | 185 | 180 |
| 60 a 80 | 225 | 200 | 195 | 190 | 185 |
| 80 a 100 | 230 | 205 | 200 | 195 | 190 |

Fonte: ABCP (2015).

No preparo do concreto, a água utilizada foi a fornecida pela empresa responsável pela rede de abastecimento de água da cidade, Saneamento de Goiás S/A. (SANEAGO).

O consumo de cimento foi calculado em função do consumo de água e da relação água/cimento e foi encontrado 477,85 kg m⁻³, conforme Equação 2.

$$CC = \frac{Ca}{a/c} \quad (2)$$

Em que:

CC = Consumo de cimento (Kg m⁻³);

Ca = Consumo de água (L m⁻³);

a/c = Fator água/cimento (kg⁻¹).

A partir dos ensaios granulométricos obteve-se o valor do módulo de finura da areia de 3,4 mm, e como visto anteriormente, a dimensão máxima característica do agregado graúdo foi 12,5 mm, os quais foram utilizados para determinar o volume de agregado graúdo utilizado no concreto por meio do Quadro 3, e foi encontrado através de interpolação o valor de 0,524 m³.

Quadro 3 – Volume compactado seco (V_b) de agregado graúdo para um metro cúbico de concreto.

| Módulo de finura da areia | Dimensão máxima característica do agregado graúdo | | | | |
|----------------------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 9,5 mm | 19,0 mm | 25,0 mm | 32,0 mm | 38,0 mm |
| 1,8 | 0,645 | 0,770 | 0,795 | 0,820 | 0,845 |
| 2,0 | 0,625 | 0,750 | 0,775 | 0,800 | 0,825 |
| 2,2 | 0,605 | 0,730 | 0,755 | 0,780 | 0,805 |
| 2,4 | 0,585 | 0,710 | 0,735 | 0,760 | 0,785 |
| 2,6 | 0,565 | 0,690 | 0,715 | 0,740 | 0,765 |
| 2,8 | 0,545 | 0,670 | 0,695 | 0,720 | 0,745 |
| 3,0 | 0,525 | 0,650 | 0,675 | 0,700 | 0,725 |
| 3,2 | 0,505 | 0,630 | 0,655 | 0,680 | 0,705 |
| 3,4 | 0,485 | 0,610 | 0,635 | 0,660 | 0,685 |
| 3,6 | 0,465 | 0,590 | 0,615 | 0,640 | 0,665 |

Fonte: ABCP, 2015.

Com o ensaio de massa unitária compactada, conforme NBR NM 45 (ABNT, 2006), foi possível encontrar a massa unitária do agregado graúdo, $1485,5 \text{ Kg m}^{-3}$, e com o valor obtido do volume compactado seco de agregado determinou-se o consumo de agregado graúdo através da Equação 3, encontrando o valor de $778,40 \text{ kg m}^{-3}$.

$$C_b = V_b \times MU \quad (3)$$

Em que:

C_b = Consumo de brita (agregado graúdo) (kg m^{-3}).

MU = Massa unitária compactada do agregado graúdo (kg m^{-3});

V_b = Volume compactado do agregado graúdo, determinado pela relação entre módulo de finura e dimensão máxima da brita (m^3).

Após calculados o consumo de cimento, agregado graúdo e consumo de água, o próximo passo foi encontrar o volume de areia a ser utilizado para o traço do concreto por meio da Equação 4:

$$VA = 1 - \left(\frac{CC}{\gamma_c} + \frac{Cb}{\gamma_{cb}} + \frac{Ca}{\gamma_{ca}} \right) \quad (4)$$

Em que:

VA = Volume de areia por (m^3);

γ_c = Massa específica do cimento ($kg\ m^{-3}$);

γ_{cb} = Massa específica da brita ($kg\ m^{-3}$);

γ_{ca} = Massa específica da água ($kg\ m^{-3}$);

Cb = Consumo de brita (agregado graúdo) ($kg\ m^{-3}$);

CC = Consumo de cimento ($kg\ m^{-3}$);

Ca = Consumo de água (lm^{-3}).

Pela Equação 5 foi determinado o consumo de areia, obtendo-se $1074,28\ kg\ m^{-3}$ de concreto.

$$CA = VA \times \gamma_c\ areia \quad (5)$$

Em que:

CA = Consumo de areia ($kg\ m^{-3}$);

VA = Volume de areia por (m^3);

γ_{careia} = Massa específica da areia ($kg\ m^{-3}$).

Em relação aos corpos de provas, estes tiveram formato cilíndrico, com 0,1 m de diâmetro e 0,2 m de altura, conforme NBR 5738 (ABNT, 2015), feitos de tubos de PVC (Figura 2).

Figura2– Confeção dos corpos de provas.



Fonte: Próprio autor, 2020.

Ainda foi calculado o volume do molde para obter a quantidade de concreto a ser colocado em cada molde, que pôde ser obtido pela Equação 6 a seguir:

$$VC = \frac{\pi d^2}{4} \times h \quad (6)$$

Em que:

VC: é o volume total do corpo de prova;

d: diâmetro do molde;

h: altura do corpo de prova.

O volume do molde obtido através da equação foi de $VC = 0,0016m^3$.

Para os ensaios de resistência à compressão foram confeccionadas 60 amostras. Os tratamentos foram constituídos em cinco dosagens de agregado miúdo reciclado adicionado no concreto em substituição a areia natural (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), no intervalo de dias de rompimento dos corpos de prova, 7, 14, 21 e 28 dias, respectivamente, com 3 repetições. Para efeito de comparação, a dosagem de 0% representa a testemunha, ou seja, o concreto confeccionado não tinha adição de agregado miúdo reciclado.

Para cada grupo de corpos de prova foi calculado e pesado o consumo de areia, sendo substituídas as porcentagens pré-definidas da mesma por areia reciclada, conforme Tabela 2.

Tabela 2–Porcentagens de areia natural e areia reciclada na fabricação do concreto.

| Nomenclatura do tratamento | Areia Natural | Areia Reciclada |
|----------------------------|---------------|-----------------|
| A1 | 100% | 0% |
| A2 | 75% | 25% |
| A3 | 50% | 50% |
| A4 | 25% | 75% |
| A5 | 0% | 100% |

Fonte: Próprio autor, 2020.

A quantidade de cada material utilizado na fabricação do traço, para cada porcentagem de areia usada na confecção do concreto, foi definida multiplicando os valores de consumo dos mesmos pelo total de corpos de prova, obtendo então para 5 tratamentos e 12 amostras (dias x repetições) o valor de 0,020m³. Portanto, esse traço foi produzido 5 vezes para a substituição das diferentes proporções de areia.

Sendo assim, tem-se:

- Cimento: 9,56Kg
- Agregado graúdo: 15,57Kg
- Agregado miúdo: 21,48g
- Água: 4,1L

Contendo todos os valores calculados foi possível obter o traço unitário do concreto por meio da Equação 7, a seguir, em função das relações dos diversos componentes em relação à massa de cimento.

$$\frac{CC}{CC} : \frac{Cb}{CC} : \frac{CA}{CC} : \frac{Ca}{CC} \quad (7)$$

Em que:

Cb = Consumo de brita (agregado graúdo) (kg m⁻³);

CC = Consumo de cimento (kg m⁻³);

Ca = Consumo de água (lm⁻³).

CA = Consumo de areia (kg m⁻³).

Por fim, foi determinado o traço de concreto em massa, 1 : 1,63 : 2,23 : 0,43.

3.3 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA

É de grande importância saber a consistência do concreto, relacionada com o estado de fluidez da mistura, para avaliar se o mesmo está apto para ser utilizado. Para garantir a trabalhabilidade do concreto é fundamental que a consistência seja adequada (ANDOLFATO, 2002).

Para isso, a NBR NM 67, especifica um método chamado abatimento do tronco de cone ou *SlumpTest*, para determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento, em laboratório e obra (ABNT, 1998).

O ensaio de abatimento do tronco de cone, foi realizado por meio da medição direta do deslocamento vertical do topo do cone de concreto após a retirada do molde, conforme NBRNM 67 (ABNT, 1998). O concreto apresentou um abatimento de 3 cm. A Figura 3 apresenta a execução do *SlumpTest*.

Figura 3– Ensaio de abatimento do tronco de cone.



Fonte: Próprio autor, 2020.

Após a realização do ensaio de abatimento do tronco de cone, iniciou-se o processo de preenchimento dos corpos de prova, dentro deste processo, ocorre uma série de etapas. Primeiramente, iniciou-se o preenchimento dos moldes com um terço de amostra de concreto e lhe é aplicado cerca de 25 golpes da haste de socamento para o seu adensamento, conforme NBR NM 67(ABNT, 1998).

Depois de decorrido 24 horas, os mesmos foram submersos em câmara úmida, armazenados em uma caixa d'água (Figura 4) para iniciar o processo de cura.

Figura 4– Processo de submersão dos corpos de prova.



Fonte: Próprio autor, 2020.

Para cada grupo de concreto, de acordo com as dosagens do agregado, e conforme o dia de ensaio de resistência, três corpos de prova (repetições) eram rompidos, como pode ser visualizado no cronograma da Tabela 3.

Tabela 3– Cronograma de ensaio dos corpos de provas.

| Nomenclatura dos corpos de prova | Dias retirados após submersão em água | Quantidade de corpos de prova para cada tratamento | Data do ensaio de resistência à compressão |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| A1, A2, A3, A4 e A5 | 7 | 3 | 23/03/2020 |
| A1, A2, A3, A4 e A5 | 14 | 3 | 30/03/2020 |
| A1, A2, A3, A4 e A5 | 21 | 3 | 06/04/2020 |
| A1, A2, A3, A4 e A5 | 28 | 3 | 13/04/2020 |

Fonte: Próprio autor, 2020.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Para avaliar a resistência à compressão, os corpos de prova foram ensaiados conforme NBR 5739 (ABNT, 2018), no Laboratório de Materiais de Construção Civil da FACEG, em prensa hidráulica, nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias e calculada de acordo com a Equação 8.

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2} \quad (8)$$

Em que:

f_c = Resistência a compressão (MPa);

F = Força máxima (N);

D = Diâmetro do corpo de prova (mm).

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das realizações dos ensaios de rompimento dos corpos de provas foi possível analisar as resistências à compressão simples adquiridas. Por meio da Figura 5 é possível verificar os corpos de provas pós rompimento.

Figura 5 - Corpo de prova após rompimento.



Fonte: Próprio autor, 2020.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos através dos ensaios de compressão para as diferentes dosagens de agregado miúdo, advindo de material reciclado e o agregado miúdo natural.

Tabela 4– Resistência à compressão do concreto, em MPa.

| Tratamentos | Dosagens de areia reciclada (%) | Resistência à compressão (MPa) | | | |
|-------------|---------------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|
| | | 7 dias | 14 dias | 21 dias | 28 dias |
| A1 | 0 | 16,10 | 17,4 | 19,05 | 21,16 |
| A2 | 25 | 15,41 | 16,03 | 16,94 | 17,13 |
| A3 | 50 | 9,98 | 12,3 | 12,85 | 13,67 |
| A4 | 75 | 10,0 | 10,74 | 10,82 | 11,53 |
| A5 | 100 | 7,96 | 8,23 | 9,36 | 9,45 |

Fonte: Próprio autor, 2020.

Como visto na Tabela 4, o tratamento A1, composto por 100% de agregado miúdo natural, foi o tratamento em que se obteve o maior valor de resistência à compressão, com o valor de 21,16 Mpa, no vigésimo oitavo dia.

E ainda é possível perceber que na medida em que foi adicionado as proporções de agregado miúdo reciclado ao concreto, foi notado uma diminuição na resistência. Essa tendência pode ser visualizada para todos os dias analisados.

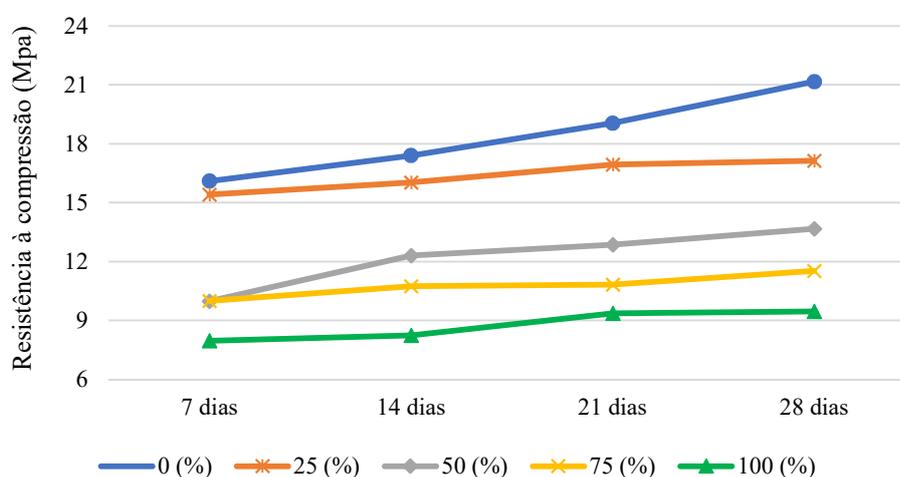
Nota-se que o resultado obtido não foi o esperado, pois para um bom desempenho do concreto seria que o mesmo aos 28 dias atingisse aos 25 MPa de resistência a compressão, para todos os teores de agregados adicionados.

Em outras pesquisas foi analisado que para uma substituição maior de agregado reciclado 50 e 70% com o consumo maior de água na mistura do concreto, houve uma diminuição significativa da resistência do concreto (PEDROZO, 2014).

Essa redução também foi observada por Campos et al. (2018), aos 28 dias o concreto produzido com agregado miúdo reciclado apresentou uma redução média de resistência a compressão de 9,79% em relação ao concreto de referência. Tem-se que a resistência foi reduzida conforme o teor de agregado reciclado atribuído a mistura.

Através do Gráfico 1, nota-se a variação da resistência em relação aos dias para cada tratamento. O valor aumenta ao decorrer do tempo em cura, ao mesmo tempo que diminui à medida que as dosagens de areia reciclada aumentam. Para o concreto com a maior porcentagem de areia reciclada, 100%, houve as menores resistências para todos os dias de ensaio, variando de 7,96 a 9,45 MPa. Para o tratamento testemunha, com 0% de areia reciclada, houve os maiores valores de resistência para todos os dias ensaiados, variando de 16,10 a 21,16 MPa.

Gráfico 1 – Resistência a Compressão.



Fonte: Próprio autor, 2020.

Antes da confecção do concreto, foi realizado uma caracterização física dos agregados utilizados para a fabricação dos corpos de prova, tais como ensaio de massa unitária, massa específica, massa específica aparente e composição granulométrica. Esta caracterização tem valor fundamental na análise dos resultados, já que as características dos agregados reciclados e naturais apresentaram diferentes resultados (Quadro 4).

Quadro 4– Caracterização dos agregados reciclados e convencionais.

| Ensaio | Reciclado | Convencional |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Massa específica do agregado miúdo | 3027 Kg m ⁻³ | 2940 Kg m ⁻³ |
| Massa específica do cimento | 3110 Kg m ⁻³ | 3110 Kg m ⁻³ |
| Composição granulométrica do agregado graúdo | 12,5 mm | 12,5 mm |
| Módulo de finura do agregado miúdo | 2,86 mm | 3,4 mm |
| Resistência de projeto adotada | 25 Mpa | 25 MPa |

Fonte: Próprio autor, 2020.

Segundo Pedrozo (2014), o material utilizado interfere na resistência do concreto, pois o resíduo que chega na recicladora, advém de vários setores da construção civil, sendo que hora tem mais materiais cerâmicos, outra mais materiais de concreto.

Por isso, a importância da separação dos materiais reciclados recebido pela indústria recicladora, pois a composição dos mesmos pode interferir nos resultados a serem obtidos. Se apresentando como uma possível causa para os valores encontrados neste trabalho.

Outro ponto a levar em consideração seria a alteração da relação a/c que causa uma diminuição da resistência em função da alta taxa de absorção de água dos agregados, devido ao agregado ser mais poroso o qual precisará de mais água para atingir trabalhabilidade adequada dos concretos convencionais (ZAHARIEVA et al., 2002). da alta taxa de absorção de água dos agregados”

Segundo Cabral (2007), os agregados reciclados influenciam negativamente sobre a resistência à compressão, pois os concretos produzidos com agregados reciclados, de maneira geral, apresentaram desempenho inferior aos concretos produzidos com agregados naturais.

5. CONCLUSÃO

A partir do trabalho realizado foi possível verificar que os resultados de resistência à compressão foram inferiores para os concretos com a presença de agregado reciclado. Podendo-se concluir que os mesmos não são viáveis para utilização estrutural.

Apenas os concretos fabricados com teor de 0% de agregados reciclados obtiveram resultados maiores chegando a uma resistência a compressão de 21,16 MPa, enquanto que o concreto com teor de 100% de agregado reciclado obteve apenas 9,45 MPa.

Os concretos com agregados reciclados necessitam de maior quantidade de água que os concretos convencionais, visto que a relação a/c é um dos principais fatores que influenciam na resistência final do concreto, pois a mesma está ligada pela porosidade dos materiais, o que conseqüentemente afeta a trabalhabilidade do mesmo.

É fundamental que se faça uma boa separação dos resíduos sólidos, eliminando qualquer tipo de contaminante, para que as condições de uso sejam mais favoráveis.

Contudo, é necessário que se façam pesquisas mais abrangentes sobre o comportamento destes materiais para que seu uso não fique limitado e que haja a aplicabilidade em larga escala, dado a importância de se utilizar os materiais que ainda tem potencial para reuso ou reutilização após passar pelo tratamento adequado e não dispô-lo de forma direta no meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRECON. São Paulo. **Conteúdo – aplicação.** Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br>>. Acesso em: 12 Agosto. 2013.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas (Ed.). **Controle tecnológico básico do concreto.** Ilha Solteira: Nepae, 2002. 33 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655:2015 - **Concreto De Cimento Portland:** Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015. (Mimeo).

_____.NBR 9935/2011. **Agregados** – Terminologia. Rio de Janeiro, Brasil.

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

_____.NBR 7211/2009. **Agregados para concreto** - Especificação. Rio de Janeiro, Brasil.

_____.NBR NM 248/2003. **Agregados** – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, Brasil.

_____.NBR 5739/2018. **Concreto** - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Brasil.

_____.NBR 5738/2015. **Concreto** - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, Brasil.

_____.NBR NM 67/1998. **Concreto** - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, Brasil.

_____.NBR 6118/2014. **Projeto de estruturas de concreto**– Procedimento. Rio de Janeiro, Brasil.

_____.NBR 10004/2014. **Resíduos sólidos** – Classificação. Rio de Janeiro, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland.** São Paulo, ABCP, Boletim Técnico BT-106, 2015.

BALLISTA, L. P. Z. **Avaliação de algumas propriedades de concretos estruturais com agregados graúdos reciclados modificados com látex estireno-butadieno**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 2003.

BANTHIA, N.; CHAN, C. **Use of recycled aggregate in plain and fiber-reinforced shotcrete**. Concrete International, v. 22, n. 06, p. 41-45, 2000.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**, 1; Revisão técnica João Fernando Dias.V 5. Ed. Revisada. – [Reimp.]. – Rio de Janeiro: LTC, 2012.488p.

BOGGIO, Aldo J. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland**. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

BRASIL. Constituição (2010). Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. **Legislação: Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 02 agosto. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama no 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2002.

BASTOS, Paulo S. dos S. **Fundamentos do Concreto Armado**. 88p. Universidade Estadual Paulista – UNESP. Bauru, São Pulo, 2011

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de Propriedades Mecânicas e de Durabilidade de Concretos Produzidos Com Agregados Reciclados, Considerando-se a Variabilidade da Composição do RCD**. 2007. 280p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2007.

CAMPOS, R.; BARBOSA M.; PIMENTEL L.; et al.; **Influência Dos Agregados Reciclados Nas Propriedades Reológicas E Mecânicas Do Concreto Autoadensável**. Revista Matéria. Ano V23 nº 1, ISSN. pp 20. 2018.

PEDROZO, Gilnei Delavy. **Avaliação Do Uso De Agregado Miúdo Obtido Através Da Reciclagem De Entulhos Em Concreto De Cimento Portland**. 2014. 71p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul. Ijuí DCEENG/UNIJUÍ, 2014.

GUERRA, Ruy Serafim de Teixeira. **Método de dosagem da ABCP**. <http://www.clubedoconcreto.com.br/2015/10/metodo-de-dosagem-da-abcp.html>. 15/09/2017.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Concreto de cimento Portland**. Cap. 29. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto: IBRACON. 2010.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LEITE, Ruana da Silva. **Concreto Reciclado: Da História Do Concreto A Inovação Da Reciclagem**. 2016. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ccts, Universidade Estadual da Paraíba, Aruana, 2016.

MANZI, S., MAZZOTTI, C., BIGNOZZI, M.C., et al., **Preliminary Studies on the Effect of C&DW on the Long-Term Properties of Sustainable Self-Compacting Concrete**, In: CONCREEP 10, pp. 1554-1560, 2015.

MARTINS, Juliana. Planejamento econômico. **Revista Equipe de Obras**. ano VII nº53, PINI. pp. 42 e 43, novembro. 2012.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de construção civil**. 3. ed. Belo horizonte: Editora UFMG; Escola de Engenharia da UFMG, 2011. 112p.

SALOMÃO, P. E. A; KELLER, L. F. L; RHIS, R. A., et al., **Research, Society And Development: Variation Of Resistance To Axial Compression Of The Portland Cement Concrete With Addition Of Detergent As Additive Air Incorporator**. Brasil: EducationSciences, v. 8, n. 4, 2019. Mensal. Disponível em: <<https://rsd.unifei.edu.br/index.php/rsd/article/view/913>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

SERNA, Humberto A. de La; REZENDE, Márcio M. **Agregados para a Construção Civil**. [S.I.], 2008.

SILVA, Y. F., ROBAYO, R.A., MATTEY, P.E., et al., **Properties of self-compacting concrete on fresh and hardened with residue of ma-sonry and recycled concrete**, **Construction and Building Materials**, v. 124, pp. 639-644, 2016.

SILVA, L.; FELIX, L. P.; SANTOS, T. M. **Influência Dos Agregados Reciclados De Resíduos De Construção Nas Propriedades Mecânicas Do Concreto**. 2014. 40p. Tese Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

ZAHARIEVA, R.; BUYLE-BODIN, F.; SKOCZYLAS, F. WIRQUIN, E. **Assessment of the surface permeation properties of recycled aggregate concrete.** *Cement & Concrete Composites*, 10 p. 2002.