

UNIEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JONATAS SANTIAGO SOUSA SILVA
RAFAEL DE MOURA COELHO

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE-A DA
CONSTRUÇÃO CIVIL PARA REGIÃO DE ANÁPOLIS

ANÁPOLIS / GO

2018

JONATAS SANTIAGO SOUSA SILVA
RAFAEL DE MOURA COELHO

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE-A DA
CONSTRUÇÃO CIVIL PARA REGIÃO DE ANÁPOLIS**

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

ORIENTADOR: AURÉLIO CAETANO FELICIANO

ANÁPOLIS / GO

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, JONATAS SANTIAGO SOUSA / COELHO, RAFAEL DE MOURA

Reaproveitamento de Resíduos Classe-A da Construção Civil para região de Anápolis
27P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018)

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. Reaproveitamento de Resíduos | 2. Utilização dos resíduos da construção civil |
| 3. Aplicação dos resíduos | 4. Resistência do concreto composto por resíduos |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Jonatas Santiago Sousa; COELHO, Rafael de Moura. Reaproveitamento de resíduos Classe-A da Construção Civil – Para região de Anápolis. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 27p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Jonatas Santiago Sousa Silva

Rafael de Moura Coelho

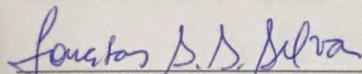
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Reaproveitamento de resíduos Classe-A da Construção Civil – Para região de Anápolis

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

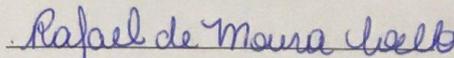
ANO: 2018

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.



Jonatas Santiago Sousa Silva

E-mail: jonatas_engcivil@outlook.com



Rafael de Moura Coelho

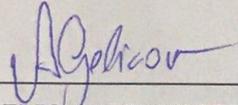
E-mail: rafaelmoura.engcivil@gmail.com

**JONATAS SANTIAGO SOUSA SILVA
RAFAEL DE MOURA COELHO**

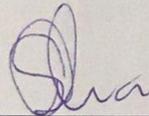
**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE-A DA
CONSTRUÇÃO CIVIL PARA REGIÃO DE ANÁPOLIS**

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

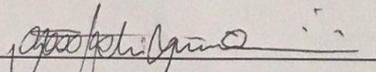
APROVADO POR:



AURELIO CAETANO FELICIANO, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



AGNALDO ANTONIO MOREIRA TEODORO DA SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 28 de Novembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar dou graças a Deus por haver me dado o tempo necessário para realizar este trabalho, por haver permitido conhecer a muitas pessoas que colaboraram comigo para fazer com que um dos meus sonhos tornasse uma realidade e porque em todo momento ainda que não percebesse, Ele estava comigo.

A minha família, em particular a meu pai e a minha mãe, minhas irmãs e minha esposa, por seu amor, confiança e compreensão.

Aos professores que ministraram as disciplinas pela dedicação, objetividade dos temas abordados e que em nenhum momento esqueceram que um dia também foram alunos.

Aos meus companheiros de turma, por sua cordialidade e apoio durante o desenvolvimento desse curso, por ter contestado pacientemente minhas enumeradas perguntas.

Jonatas Santiago Sousa Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela oportunidade proporcionada a mim e pela saúde e força dada para poder lidar e passar por todas adversidades e problemas que acarretam muitas vezes em desistências.

A faculdade, agradeço pelo acolhimento de braços abertos e por propiciar todas as condições necessárias para a conclusão da graduação.

A minha família pelo apoio dado desde o começo e ao longo de todo o curso, pela confiança depositada em mim para a conclusão desta graduação.

Aos professores, reconheço um esforço gigante com muita paciência e sabedoria.

Aos amigos, por toda força dada ao longo desse caminho, pelo companheirismo, pela amizade e pela companhia.

A todas as pessoas que de uma alguma forma me ajudaram a acreditar em mim eu quero deixar um agradecimento eterno, porque sem elas não teria sido possível.

Rafael de Moura Coelho

RESUMO

Devido à necessidade de conservação do meio ambiente no Brasil, as legislações, aos três níveis de governo, foram criadas e a cada dia são atualizadas, a nível nacional, a partir da Resolução nº 307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que define as diretrizes, normas, critérios e procedimentos para que os resíduos da construção civil (RCC), tanto de reformas quanto de demolições, possam ser reciclados e/ou reutilizados de maneira adequada. Os materiais como: tijolos, blocos cerâmicos, concretos, metais, madeiras, argamassas, telhas, resinas, tintas, colas, todos estes materiais estão no grupo de materiais com denominação genérica de entulhos de obras. O objetivo deste trabalho é buscar o conhecimento sobre os tipos de entulhos gerados, tecnologias e inovações que busquem reduzir a geração dos mesmos e a melhor forma de dar um destino eco econômico correto a estes resíduos, através do reuso ou da reciclagem, bem como conhecer a formação dos profissionais de todos os níveis ligados à esse setor da construção civil.

PALAVRAS-CHAVE:

Palavras-chave: meio ambiente, reciclagem, concreto, reuso, entulho, tecnologia e inovações.

ABSTRACT

Due to the need of conservation of the environment in Brazil, the legislations, at three levels of government, were created and are updated every day, at national level, based on Resolution N° 307 of CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), who define de guidelines, norms, criteria and methods to that civil construction residues (RCC – Resíduos da Construção Civil), both of reforms and demolitions, can be recycled and/or reused in an appropriate manner. The materials like: bricks, ceramic blocks, metals, woods , mortars, tiles, resins, paints, glues, all these materials are in the group of materials with general designation of building debris. The objective of this work is to find out knowledge about types of generated debris, technologies and innovations that look for reducing their generation and the best way to give a correct eco-economic destination to this waste, through reuse or recycling, as well as knowing the training of professionals of all levels related to this sector of civil construction.

KEYWORDS:

Keywords: Environment, recycling, concrete, reuse, waste, technology and innovation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Coleta/Reciclagem/Reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil	14
Figura 2. Poluição gerada por resíduos derivados do setor da construção civil	17
Figura 3. Resíduos sólidos da construção civil e demolição	18
Figura 4. Desperdícios de materiais em reformas de construções existentes	19
Figura 5. Demolição de construções existentes	20
Figura 6. Usina de reciclagem de entulho e demolição fixa	21
Figura 7. Usina de reciclagem de entulho e demolição móvel	22
Figura 8. Coleta de resíduos sólidos de concreto em geral e argamassas	23
Figura 9. Trituração de resíduos sólidos	24
Figura 10. Pavimentação com concreto reciclado composto de resíduos sólidos de concreto em geral	26
Figura 11. Agregado miúdo natural	31
Figura 12. Agregado miúdo reciclado	32
Figura 13. Agregado graúdo natural	34
Figura 14. Agregado graúdo natural	34
Figura 15. Agregado graúdo reciclado	36
Figura 16. Ensaio de resistência à compressão	38
Figura 17. Ensaio de resistência à compressão	40
Figura 18. Ensaio de resistência à compressão	42
Figura 18. Ensaio de resistência à compressão	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resistência à compressão aos 28 dias.....	39
Gráfico 2. Resistência à compressão aos 28 dias	41
Gráfico 3. Resistência à compressão aos 28 dias.....	43
Gráfico 4. Resistência à compressão aos 28 dias.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Análise granulométrica do agregado miúdo natural – NBR 7218/87	31
Quadro 2. Análise granulométrica do agregado miúdo reciclado – NBR 7218/87	33
Quadro 3. Análise granulométrica do agregado graúdo natural (brita 0) – NBR 7218/87	35
Quadro 4. Análise granulométrica do agregado graúdo natural (brita 1) – NBR 7218/87	35
Quadro 5. Análise granulométrica do agregado graúdo reciclado (brita 1) – NBR 7218/87 ..	37
Quadro 6. Principais características das dosagens dos concretos	38
Quadro 7. Resistência à compressão aos 28 dias	39
Quadro 8. Resistência à compressão aos 28 dias	40
Quadro 9. Resistência à compressão aos 28 dias	42
Quadro 10. Resistência à compressão aos 28 dias.....	44
Quadro 11. Principais características das dosagens dos concretos.....	48
Quadro 12. Valores da resistência à compressão aos 28 dias para as dosagens	49
Quadro 13. Valores para a relação entre a resistência à compressão dos concretos reciclados pelos naturais	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa.....	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 Metodologia	15
2. PRINCIPAIS PROBLEMAS CAUSADOS PELA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM NÍVEL MUNDIAL	16
2.1 Extrações intensiva e irracional de matérias-primas renováveis e não renováveis	16
2.2 Geração de resíduos da indústria da construção civil	17
2.2.1 Causas da geração de resíduos da indústria da construção civil.....	18
2.3 Consumo pós-construção.....	20
3. COLETA, RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONCRETOS EM GERAL E ARGAMASSAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	20
3.1 Tipos de Usinas de Reciclagem	20
3.2 Reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos de concretos em geral e argamassas	22
3.3 Concreto produzido com agregados reciclados de resíduos sólidos de concretos em geral e argamassas.....	24
3.4 Influência dos agregados reciclados de resíduos sólidos de concretos em geral e argamassas nas propriedades de um novo concreto	26
3.4.1 Estrutura do concreto:.....	26
3.4.2 Propriedades Mecânicas do concreto:.....	27
3.4.3 Propriedades do concreto com agregados reciclados de concretos em geral e argamassas a partir de pesquisas:.....	28
3.4.4 Durabilidade de concretos com agregados reciclados de concretos em geral e argamassas	29
4. PESQUISA EXPERIMENTAL	30
4.1 Agregados	30
4.1.1 Agregado Miúdo Natural	30

4.1.4 Agregado Graúdo Reciclado	35
4.2 Concreto	36
4.2.1 Concreto Natural (Dosagem 1 – Referência)	37
4.2.2 Concreto Reciclado (Dosagem 2)	38
4.2.3 Concreto Reciclado (Dosagem 3)	39
4.2.4 Concreto Reciclado (Dosagem 4)	41
5. ANÁLISE DE RESULTADOS	43
5.1 Agregados	43
5.2 Concreto	43
5.2.1 Concreto Fresco.....	44
5.2.2 Concreto Endurecido	44
• Massa Específica	45
• Absorção de água	45
• Resistência à compressão.....	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é responsável por ser um dos setores mais importantes por assegurar o desenvolvimento econômico e social, tendo grande destaque no Brasil por ocasionar o crescimento e geração de emprego para a população (MORAES e HENKES, 2013). Em contrapartida, o alto consumo de recursos naturais e o alto índice de geração de resíduos, que por sua vez não possui uma destinação adequada, marcam de forma negativa este setor.

Segundo Carneiro (2005), atualmente todas as ações executadas pela sociedade, em especial no meio urbano, são geradoras de impactos ambientais negativos, partindo do consumo desenfreado de recursos naturais até situações preocupantes de poluição.

Com a disposição clandestina dos Resíduos da Construção Civil (RCC) em locais impróprios como aterros, córregos, terrenos baldios, provenientes de construções, reformas ou demolições de pequenas construções, não incorporadas a construtoras ou ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), além de não haver programas de gerenciamento e fiscalização efetivos, a disposição destes entulhos é facilmente realizada e percebida, principalmente em bairros situados na periferia das cidades (ARAÚJO, 2011).

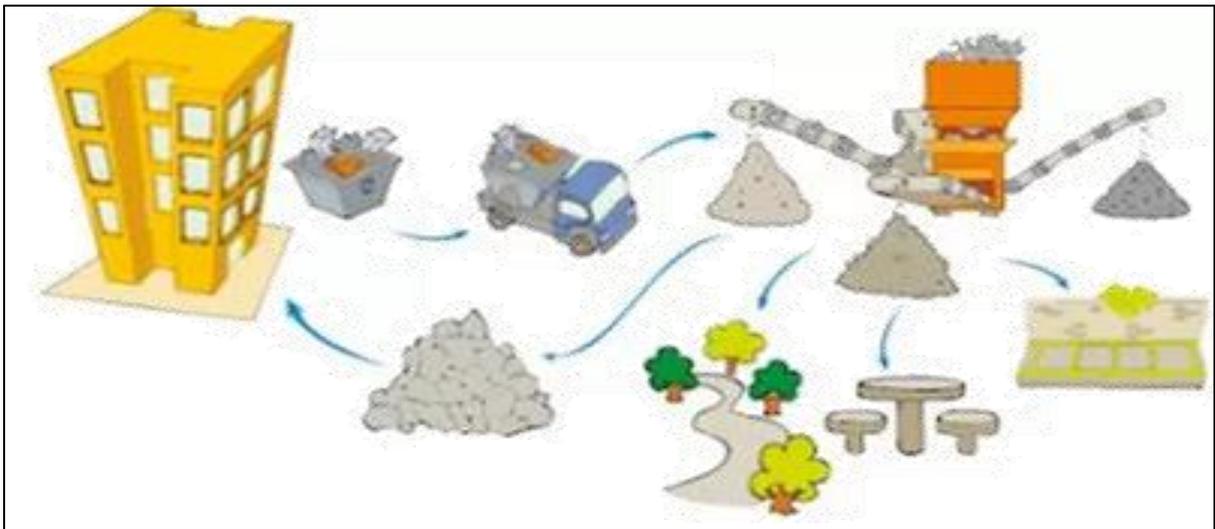
Segundo Moraes e Henkes (2013), no município de Caçapava (SP), por exemplo, são gerados cerca de 100 t/dia de RCC descartados em locais inadequados, sem nenhum programa de descarte ou reutilização dos mesmos. Ação esta que é presente não apenas nesta cidade, mas em muitos outros locais do país e do mundo.

Devido ao quadro estar cada vez mais alarmante, a publicação da Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), foi uma das principais ações para a mudança do mesmo, resolução esta que classifica os resíduos em classe A, B, C e D, e estabelece o objetivo do uso dos 3Rs (redução, reutilização e reciclagem), assim como a responsabilidade pela destinação adequada destes resíduos é do próprio gerador.

Com os problemas ocasionados pelas grandes gerações de Resíduos da Construção Civil (RCC), possui-se várias soluções para minimizar o impacto ambiental causado. Atualmente, existem tecnologias para reciclagem total ou parcial dos RCCs com viabilidade econômica, possibilitando também redução nos custos de extração de matéria prima e na compra do mesmo (ZORDAN, 1997; PINTO, 1999; CARNEIRO, 2005). Portanto, o RCC passa de um problema a uma saída sustentável para a escassez de materiais extraídos dos recursos naturais (BARBOSA, 2012).

Portanto, a partir da reciclagem dos RCC o ciclo (coleta/ reciclagem/ reaproveitamento) de vida se fecha no setor, sendo de suma importância, uma vez que este traz equilíbrio entre a oferta e demanda do subproduto (BIGOLIN, 2013).

Figura 1 - Ciclo Coleta/Reciclagem/Reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil.



Fonte: <https://docplayer.com.br/17989255-Plano-municipal-de-saneamento-basico-de-moema-programas-projetos-e-acoas.html>. Acesso em 12 maio 2018

1.1 Justificativa

Wilson (2010), diz que “a reutilização de materiais na construção civil é caracterizada como o aproveitamento de materiais de demolições ou resíduos gerados em execuções de obras em edificações novas, podendo gerar um bom aspecto sustentável à construção”.

Com um volume muito grande de resíduos sólidos Classe A (cimento, concreto, britas, areia, tijolos, telhas, piso cerâmico, argilas) da construção civil, que podem ser reciclados como agregados graúdos ou miúdos, gerados diariamente, seguido de um descarte, reciclagem e reaproveitamento mal utilizados dos mesmos, e sabendo que a norma restringe a utilização desses resíduos na confecção de concreto com funções estruturais, surgiu então a ideia de, por meio dos estudos e a confecção de um novo concreto a partir de traços com a utilização dos resíduos sólidos de restos de concreto e argamassa, estudar a viabilidade da utilização dos mesmos na execução de concreto com funções estruturais.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar uma análise comportamental quanto a utilização de resíduos de concretos e argamassas (RCC Classe-A), como agregado reciclado na execução de um novo concreto.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica direcionada aos pontos relacionados ao tema;
- Analisar os aspectos dos resíduos para reutilização na indústria da construção civil;
- Estudo de inovações tecnológicas que podem sugerir a redução de resíduos gerados e acumulados a partir da construção civil;
- Verificar a resistência do novo concreto composto de resíduos de concreto em geral como agregado graúdo e miúdo;

1.3 Metodologia

Recorremos a livros, artigos e pesquisas voltados para a reciclagem, reaproveitamento, reutilização e aplicação de resíduos sólidos Classe-A da construção Civil.

Estudamos as normas referentes ao assunto, a NBR 15112 até a NBR 15116, que deve ser levada à risca para o estudo e aplicação de forma correta dos agregados.

Utilizamos resíduos de concreto estrutural, mais precisamente de vigas e pilares, provenientes de uma construção de um Centro Hospital para a APAE de Anápolis, GO.

Realizamos ensaios laboratoriais no Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA.

2. PRINCIPAIS PROBLEMAS CAUSADOS PELA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM NÍVEL MUNDIAL

2.1 Extrações intensiva e irracional de matérias-primas renováveis e não renováveis

A construção civil, tida como um dos setores mais importantes da economia, geradora de cerca de mais de 2,327 milhões de empregos diretos e indiretos, tem como contrapartida de forma negativa, a caracterização de um setor que mais consome recursos naturais, desde a matéria-prima para produção de insumos, até a execução de uma obra e sua própria manutenção ao decorrer dos anos.

Os materiais mais utilizados na indústria da construção historicamente foram: a terra, a madeira, o concreto, o aço e o vidro. Com exceção da terra e da madeira, o resto são materiais fabricados com matérias-primas que não são renováveis. Eles também são os materiais predominantes nos últimos cem anos em cidades, vilas e até nos campos.

Vahan Agopyan (2011), “de toda matéria-prima gerada no planeta, a construção civil é responsável pelo consumo de cerca de 40% a 75%, o consumo do cimento é superior ao consumo de alimentos e a utilização do concreto perde somente para a utilização da água”. Estimativas apontam que anualmente, para cada ser humano, são produzidos 500 quilos de entulho, gerando um total de 3,5 milhões de toneladas anuais”. Sendo assim, estes dados fazem da indústria da construção civil, a mais poluente e uma das mais exploradora de recursos naturais do planeta (figura 2).

Figura 2 - Poluição gerada por resíduos derivados do setor da construção civil.



Fonte: <http://senaisustentavel.blogspot.com/2011/09/>. Acesso em 12 de maio 2018.

2.2 Geração de resíduos da indústria da construção civil

Além de ser uma das indústrias que mais consomem recursos naturais no planeta, a construção civil, entre todas as atividades produtivas, é também a maior geradora de resíduos.

“De tudo o que extrai da natureza, apenas entre 20% e 50% das matérias-primas naturais são realmente consumidas pela construção civil. Segundo dados, o volume de resíduos gerados pela construção civil - entulho de construção e demolição -, chega a ser duas vezes maior que o volume de lixo sólido urbano.” (AECWeb, 2018).

Segundo Elcio Carelli (2016), este afirma que 60% do total de resíduos produzidos nas cidades brasileiras têm origem na construção civil. “Em São Paulo, estima-se a geração de 17 mil toneladas/dia de resíduos, sendo que 30% vêm da construção formal e o restante da informal”, diz ele.

Existem várias nomenclaturas para os resíduos da construção civil, mais conhecido como entulho:

- Resíduo da Construção e Demolição (RCD);
- Resíduo da Construção Civil (RCC);
- Resíduos Sólidos da Construção Civil (RSCC).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 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.”.

Figura 3 - Resíduos sólidos da construção civil e demolição.



Fonte: http://www.meioambiente.ufrn.br/index/?page_id=23&paged=46. Acesso em 18 mai. 2018.

A composição dos resíduos sólidos da construção civil é classificada conforme resolução do CONAMA 307 Art. 3º. Sendo:

- Classe A: Materiais que podem ser reciclados ou reutilizados como agregado em obras de infraestrutura, edificações e canteiro de obras. Ex: Tijolos, telhas e revestimentos cerâmicos; blocos e tubos de concreto e argamassa; concretos e argamassas em geral.
- Classe B: Materiais que podem ser reciclados e ganhar outras destinações. Ex: Vidro, gesso, madeira, plástico, papelão e outros.
- Classe C: Itens para o qual não existe ou não é viável aplicação econômica para recuperação ou reciclagem. Ex: Estopas, lixas, panos e pincéis desde que não tenham contato com substância que o classifique como D.
- Classe D: Aqueles compostos ou em contato de materiais/substâncias nocivos à saúde. Ex: Solvente e tintas; telhas e materiais de amianto; entulho de reformas em clínicas e instalações industriais que possam estar contaminados.

Além da produção de entulho de construção, manutenção e demolição, a produção de materiais de construção é responsável por uma significativa poluição que ultrapassa limites tolerados em poeira e CO₂. Toda a construção civil é responsável por cerca de 25% a 30% dos gases lançados na atmosfera.

2.2.1 Causas da geração de resíduos da indústria da construção civil

O crescimento das cidades, acarretando o aumento do número das obras civis, vem apresentando uma montanha diária de resíduos constituídas, em sua maior parte, por argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeiras, metais, papéis, pedras, plásticos, tijolos, tintas, etc, vem tornando-se um entrave ao cumprimento da resolução 307/2004 do CONAMA. Dentre diversas causas da geração de resíduos da indústria da construção civil, destacam-se:

- Reformas de Construções Existentes. Assim como nas construções, nas reformas também há um número alarmante de desperdícios de materiais de construção civil;

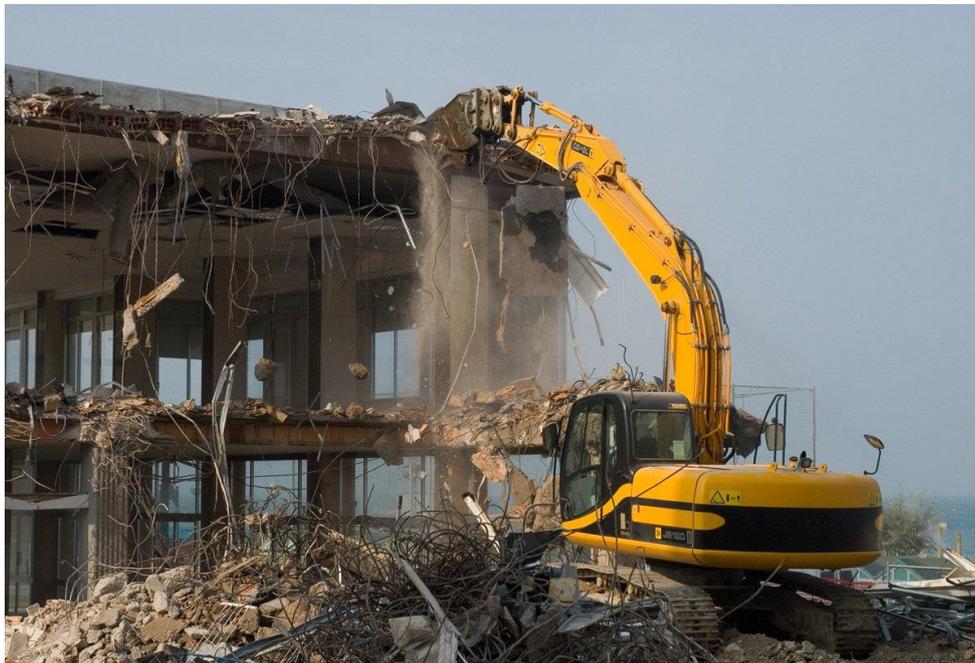
Figura 4 – Desperdícios de materiais em reformas de construções existentes.



Fonte: <http://www.gussenengenharia.com.br/laudos-avcb/reformas-prediais/reforma-de-fachada-predial/empresas-de-reforma-predial-jabaquara>. Acesso em 16 mai. 2018.

- Demolição de construções existentes;

Figura 5 – Demolição de construções existentes.



Fonte: <http://www.gussenengenharia.com.br/laudos-avcb/reformas-prediais/reforma-de-fachada-predial/empresas-de-reforma-predial-jabaquara>. Acesso em 16 mai. 2018.

- Superprodução, por exemplo, o preparo de mais argamassa do que será necessário no dia;
- Perdas de processamento, quando tijolos e cerâmicas, por exemplo, são quebrados;

- Construções defeituosas que demandam a demolição e reconstrução;
- Uso de materiais com vida útil reduzida, como estruturas de concreto pré-moldadas;
- Falta de qualidade dos serviços ou bens da construção que podem gerar perdas materiais;

2.3 Consumo pós-construção

A construção civil não gera impacto ao meio ambiente apenas no momento da construção ou da demolição de casas e edifícios, mas também na utilização dos mesmos. A energia gasta por quem habita ou frequenta estes tipos de construção também influencia diretamente nos impactos gerados ao meio ambiente.

“O consumo de energia no Brasil é menor em relação a outros países por causa do clima. Países do norte da Europa enfrentam problemas sérios relativos à climatização. Eles gastam muita energia para aquecer as casas e prédios”. (Globo Ciência, 2014).

3. COLETA, RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONCRETOS EM GERAL E ARGAMASSAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

3.1 Tipos de Usinas de Reciclagem

De acordo com a sua mobilidade e a necessidade das obras, as usinas de reciclagem de RCC podem ser classificadas em:

- Usinas de reciclagem fixas – Construídas em terrenos com área que varia de acordo com a capacidade de processamento que a mesma deseja obter, ou seja, quanto maior a capacidade, maior a área.

Neste caso, há a necessidade de toda uma logística para que seja feita a coleta dos resíduos que serão preparados na mesma.

Neste, na coleta já deve ser realizada uma primeira triagem, já com o intuito do não acúmulo de materiais não recicláveis nestas usinas.

Figura 6 - Usina de reciclagem de entulho e demolição fixa.



Fonte: https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/energia_e_meio_ambiente/j-a-zardo-me-/produtos/reciclagem/sina-de-reciclagem-de-entulho-e-demolicao-fixa. Acesso em 19 mai. 2018.

- Usinas de reciclagem móveis – composto basicamente por 3 componentes, um caminhão do tipo Roll On Rool off, uma Britadeira Móvel e uma Peneira Rotatória Móvel, normalmente atracada como reboque no caminhão. Este tipo de modelo de negócio é muito bem pensado, uma vez que pode atender as obras no próprio local. As britadeiras móveis são construídas em um único bloco normalmente com o tamanho variando entre 1 container de 20” e 40” de acordo com sua capacidade de processamento. Este modelo apresenta vantagens como: Sua mobilidade torna o empreendimento extremamente competitivo; pode atuar em um ponto fixo ou atender grandes obras diretamente no local; diminui custos de logística e construção de fundamento de base; alta capacidade de adaptação geográfica do mercado; versões a diesel ou energia elétrica; pode ser locada completamente por empresas do setor; alta capacidade de processamento;

Figura 7 - Usina de reciclagem de entulho e demolição móvel.



Fonte: <https://www.douradosagora.com.br/noticias/dourados/entidades-cobram-usina-de-reciclagem-em-dourados>. Acesso em 19 mai. 2018.

3.2 Reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos de concretos em geral e argamassas

CORBIOLI (1996), demonstra uma definição feita pelo arquiteto Tarcísio de Paula Pinto, que estuda desde 1983 a reciclagem de entulho. Segundo o mesmo, todos e qualquer processo construtivo gera resíduos. “ 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”.

Visto com “bons olhos”, a reciclagem de resíduos sólidos da construção civil é tida como uma alternativa sustentável para destinação correta de entulhos. Por meio deste processo, é possível reduzir as chances de deposição em locais clandestinos, além de contribuir para aliviar a pressão sobre aterros de inertes, representa custos menores, e permite o reaproveitamento de materiais antes descartados de forma incorreta.

Atualmente, a opção pela reciclagem é facilitada pela existência de um mercado, em fase de crescimento, com empresas atuando na captação, manejo e valorização dos resíduos gerados na construção.

As soluções tecnológicas para a reciclagem de Resíduos Sólidos da Construção Civil – RSCC são determinadas a partir do resíduo a ser tratado, resíduos estes que são definidos pela Lista Europeia de Resíduos que englobam:

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

Figura 8 – Coleta de resíduos sólidos de concreto em geral e argamassas.



Fonte: <https://www.masterambiental.com.br/noticias/residuos-da-construcao-civil/a-diferenca-entre-o-quebra-quebra-e-a-gestao-de-residuos/>. Acesso em 20 mai. 2018.

Após realizar a coleta dos resíduos de concreto em geral e argamassa gerados, há primeiro um processo de triagem onde todos os resíduos coletados são separados de acordo com a sua classificação.

Após separados, os resíduos de concreto em geral e argamassa, passam por um processo de trituração, feito por um britador desenvolvido especificamente para essa finalidade, uma vez que, nesta fase, estes se encontram em diversas formas e tamanhos e não apresentam grandes valores agregados.

Figura 9 – Trituração de resíduos sólidos.



Fonte: <https://portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em 20 mai. 2018.

Feito a trituração dos resíduos, ocorre então a granulagem, responsável por separar e designar uma destinação adequada aos novos materiais. Os novos agregados são classificados de acordo com seu tamanho, podendo ser classificados como areia, brita, pedrisco, bica corrida, entre outros, além de poderem ser comercializados como matéria prima secundária.

O agregado que é produzido na britagem das sobras de concreto e argamassa é conhecido como agregado reciclado e está normatizado pela ABNT NBR 15116:2004, para uso não estrutural. A norma passa por revisão para ampliação do aproveitamento do material em concretos estruturais, como já realizado no exterior.

Com os resíduos já transformados em novos agregados, os agregados reciclados, os mesmos podem servir de matéria prima para fabricação de produtos para a construção civil e são frequentemente utilizados na produção de:

- Areia: produção de argamassa de assentamentos, blocos e tijolos de vedação.
- Pedrisco: fabricação de artefatos de concreto, como mesas e bancos de praça, pisos intertravados, manilhas de esgoto.
- Brita: obras de drenagem e produção de concretos não-estruturais.
- Bica corrida: base e sub-base de pavimentação, reforço e subleito de pavimentos e regularização de vias não-pavimentadas.
- Rachão: obras de pavimentação, drenagem e terraplanagem.

3.3 Concreto produzido com agregados reciclados de resíduos sólidos de concretos em geral e argamassas

Como cerca de 50% dos resíduos gerados em obras são do tipo Classe A, mais precisamente o cimento, concreto, britas, areia, tijolos, telhas, piso cerâmico, argilas, torna-se viável a transformação do mesmo em agregados reciclados para a produção de um novo concreto. Além de uma solução sustentável, esta apresenta uma viabilidade financeira para o comércio, uma vez que estes materiais têm seu valor reduzido entre cerca de 15% e 30% quando comparados com os preços dos mesmos em lojas de materiais de construção.

O emprego de agregados reciclados, gerados a partir de resíduos de concreto em geral e argamassa, na produção de componentes construtivos, concretos, entre outros, vem se intensificando somente nos últimos anos no Brasil. Com pesquisas já realizadas, apontando

resultados satisfatórios quanto à utilização de agregados reciclados em concretos das mais variadas classes de resistências, a utilização dos agregados reciclados ainda é relativamente pequeno.

Rafael de Mendonça Arteiro (2005), “A grande dificuldade é que ainda não há cultura de utilização do material. Enfrentamos resistência de engenheiros a assinar ARTs (Anotações de Responsabilidade Técnica) com o material reciclado, apesar de existirem normas para definir seu uso”.

Um dos maiores problemas quanto à aplicação dos agregados reciclados é sua grande variabilidade, uma vez que a tecnologia de controle de qualidade sistemática no Brasil é pouco conhecida, ocasionando o emprego destes agregados principalmente em obras de pavimentação.

Figura 10 - Pavimentação com concreto reciclado composto de resíduos sólidos de concreto em geral.



Fonte: <https://alemdainercia.wordpress.com/2017/10/13/superestrutura-rodoviaria-caracteristicas-basicas-dos-agregados/>. Acesso em 21 mai. 2018.

Levy (1997), cita que, no caso de argamassas, deve haver um tratamento adequado dos agregados uma vez que pode se constar no produto final características indesejáveis que aparentemente são apresentadas devido às más propriedades do agregado reciclado.

Em trabalho realizado por Ângulo (2000), o mesmo afirma que em uma pesquisa de campo, na qual as argamassas com produtos reciclados foram testadas nas obras em meio a

opiniões dos pedreiros, que avaliaram de forma positiva o material no qual as argamassas recicladas apresentando uma agradável aceitação

3.4 Influência dos agregados reciclados de resíduos sólidos de concretos em geral e argamassas nas propriedades de um novo concreto

O concreto possui uma estrutura bastante heterogênea e complexa, há uma interação entre suas fases e suas propriedades influenciam umas nas outras. Para se ter um controle e até mesmo conhecer suas propriedades, é necessário o conhecimento sobre seus principais componentes, suas características e a relação entre elas.

Metha (1994), cita que, as relações estrutura-propriedade dão a base para as informações das características de cada material. Estas características podem ser estudadas à vários níveis, tanto macroscopicamente, de uma forma grosseira visível à vista humana, como microscopicamente, uma vez que esta é a única capaz de responder a certos questionamentos.

3.4.1 Estrutura do concreto:

Constituída por fases, diferenciadas pelo tipo, quantidade, tamanho e forma, assim é a estrutura do concreto, um sólido heterogêneo.

Com uma análise preliminar, realizada macroscopicamente, é demonstrado o concreto como material bifásico, constituído de duas fases, sendo elas as partículas de agregados possuindo tamanho e formas diferentes presentes em um meio ligantes, constituído de massa contínua de argamassa endurecida.

A partir de uma análise macroscópica, feito em um material complexo do nível do concreto, muitas vezes o grau de precisão de muitas propriedades e características próprias não conseguem ser totalmente analisadas, necessitando então de uma análise mais aprofundada, realizada somente quando feita à nível microscópico.

Um estudo do concreto, à nível microscópico, é capaz de fornecer muitos parâmetros, que quando analisados, confirmam o quão a estrutura deste material é complexa. Mais profundamente, encontra-se outra fase, denominada zona de transição, onde a região interfacial entre partículas de agregado graúdo e argamassa são representadas. Sendo assim, tem-se que o concreto é um material trifásico, composto das seguintes fases, agregado graúdo, argamassa

endurecida e zona de transição, no qual as duas últimas fases possuam uma distribuição heterogênea.

3.4.2 Propriedades Mecânicas do concreto:

Em pesquisas sobre propriedades mecânicas de concretos reciclados relatam, geralmente, quanto à propriedade de resistência à compressão e, na maioria das vezes, o resultado apresentado é semelhante: há uma viabilidade técnica dos concretos com agregados reciclados pelo seu bom desempenho perante essa propriedade, quando há, em contrapartida, para que o resultado seja concretizado, o agregado reciclado deve receber um tratamento antes da concretagem.

Pesquisas apontam que concretos reciclados feitos com agregados reciclados lavados apresentam valores em torno de 90% da resistência à compressão e flexão dos concretos de referência. Para concretos feitos com agregados reciclados não lavados, os valores não ultrapassam 75%.

Segundo Hansen (1992), em testes realizados com a substituição de agregado natural por reciclado, alcançou grandes resultados em que pode-se considerar que o concreto quando submetido a forças de compressão apresentam uma melhoria da resistência em até 33%.

Porém dados demonstrados por Cabral (2007), a resistência de concretos naturais chega a superar os produzidos com matéria prima reciclável em até 45%, então pode-se dizer que em relação a esta diferença de dados está relacionado ao processo de britagem, assim como a origem do material, além da qualidade do material principalmente o cimento, pois originar o surgimento de vazios que conseqüentemente comprometem a sua resistência.

É comum encontrar resultados cujo valores estejam muito abaixo dos de referência. Isso se dá pela relação entre água e cimento e pela alta taxa de absorção de água dos agregados, uma vez que os agregados reciclados são materiais mais porosos, conseqüentemente precisarão de mais água para ter a mesma trabalhabilidade que concretos convencionais.

A maior porosidade e a menor resistência dos agregados reciclados comparados com os agregados convencionais, são fatores que podem influencia diretamente na redução da resistência à compressão.

A viabilidade da sua utilização em substituição total, porém, é aplicada apenas aos agregados miúdos reciclados, principalmente para os que possuem relações água-cimento mais baixas. Para o uso de agregados graúdos e miúdos, misturados, só é possível para relações água-

cimento altas, pois estes apresentam maiores resistências, atentando-se apenas com a trabalhabilidade deles.

3.4.3 Propriedades do concreto com agregados reciclados de concretos em geral e argamassas a partir de pesquisas:

No Brasil, encontram-se estudos relacionados muitas das vezes quanto ao tratamento de sobras de concretos em centros dosadores, e também quanto ao reaproveitamento de resíduos de entulho de construção. Para uma melhor comprovação quanto ao potencial técnico referente a utilização de resíduos de concreto como agregado reciclado, tanto graúdo quanto miúdo, são melhores referenciados quanto comparados à estudos realizados em outros países.

Em sua grande maioria, estudos apontam informações apenas sobre a fração graúda do agregado reciclado, onde uma grande quantidade de argamassa aderida ao agregado natural foi observada. Por conclusões apontadas, nota-se o quão grande são as influências que esta possui sobre as propriedades do agregado reciclado e do concreto composto por ele.

Frondistou-Yannas (1997), estudo realizado com substituição total do agregado graúdo natural, no qual a fração graúda do agregado reciclado foi estudado. Os agregados foram obtidos a partir de lajes de concreto com dois anos de idade, que após o processo de britagem e peneiramento, apresentou agregados com diâmetro máximo de 25,4mm. A autora cita, em suas conclusões, que o concreto composto pelos agregados reciclados apresentou uma resistência 14% mais baixa que a apresentada no concreto natural usado como referência.

Hansen & Narud (1983) estudo com foco na influência do tipo de agregado graúdo reciclado na resistência do concreto. Tendo como variável a relação água-cimento, optando por três dosagens com diferentes níveis de resistência (baixa, média e alta).

Agregados graúdos reciclados possuem menor densidade e maior absorção de água que os agregados naturais, devido à quantidade de argamassa do concreto original estar aderida na superfície dos agregados naturais. Outro ponto que interferência na resistência do concreto reciclado é a origem do concreto que gerou os agregados reciclados, pela relação água-cimento deste. Os autores citam a importância também da qualidade do resíduo para a produção dos agregados reciclados, impreterivelmente quando estes serão dosados para aplicação em concretos que apresentaram dosagens estruturais.

Ravindrarajah & Tam (1987) com um estudo no mesmo foco que o feito por Hansen & Narud (1983), porém, obtiveram conclusões que foram semelhantes e também outras

diferentes. Quanto à relação água-cimento da dosagem, esta possui a maior influência no concreto a ser executado, enquanto que a qualidade que o agregado reciclado chega para ser utilizado, chega a ser insignificante para o resultado final.

3.4.4 Durabilidade de concretos com agregados reciclados de concretos em geral e argamassas

Perante condições de agressividade do meio, o concreto apresenta certa vulnerabilidade e este é um fator que gera preocupação na vida útil de estruturas, visto que a durabilidade inadequada pode acarretar em sérias complicações, comprometendo-as.

A durabilidade de concretos influencia diretamente na facilidade ou dificuldade de fluidos dentro do concreto, sendo um concreto pouco ou muito permeável. Tendo a água como seu principal agente de transporte de fluidos dentro do concreto, que pode estar pura ou conter agentes agressivos, determinado o deslocamento correto ou não dos componentes do concreto.

Olorunsogo e Padayachee (2002) estudaram propriedades relacionadas com a durabilidade do concreto como a condutividade de íons cloreto, permeabilidade ao oxigênio e sortividade à água, apresentando percentuais de 0%, 50% e 100% de substituição de agregados naturais por reciclados. Resultados mostram que a durabilidade diminui à proporção que aumento o percentual de substituição, para todas as propriedades avaliadas.

4. PESQUISA EXPERIMENTAL

4.1 Agregados

4.1.1 Agregado Miúdo Natural

Como agregado miúdo natural utilizado na dosagem do concreto, foi utilizado areia fornecida pela instituição de ensino superior UniEvangélica – Anápolis – GO. Figura 11.

Figura 11 – Agregado miúdo natural.



Fonte: Próprios autores.

Para os resultados dos ensaios de caracterização do agregado, foram sempre tomados como média de duas determinações: massa específica, segundo NBR NM 53:2003, foi de 1460 kg/m³ e a massa unitária, segundo NBR NM 45:2006, foi de 1330 kg/m³.

Segundo a NBR 45:2006, foi realizado a análise granulométrica do agregado, tomando como resultado a média do valor de duas amostras, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Análise granulométrica do agregado miúdo natural – NBR 7217/87.

Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulada
9,5	0,0	0,0	0,0
6,3	0,0	0,0	0,0
4,8	0,0	0,0	0,0
2,36	40,0	8,0	8,0

1,18	55,0	11,0	19,0
600	115,0	23,0	42,0
300	215	43,0	85,0
150	60,0	12,0	97,0
Resíduo	15,0	3,0	100,0
Total	500,0	100,0	

Dimensão máxima característica: $D_{m\acute{a}x} = 2,36$ mm

Módulo de Finura: MF = 2,51

Classificação: areia média

Fonte: Próprios autores.

4.1.2 Agregado Miúdo Reciclado

Como agregado miúdo reciclado, foi utilizado material proveniente de resíduos de concreto e argamassa em geral, submetidos a uma trituração realizada manualmente e a um processo de granulometria no laboratório do Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, para separação dos agregados por seu diâmetro. Figura 12.

Para os resultados dos ensaios de caracterização do agregado, foram sempre tomados como média de duas determinações: massa específica, segundo NBR NM 53:2003, foi de 2480 kg/m³ e a massa unitária, segundo NBR NM 45:2006, foi de 1330 kg/m³.

Figura 12 – Agregado miúdo reciclado.



Fonte: Próprios autores.

Segundo a NBR 45:2006, foi realizado a análise granulométrica do agregado, tomando como resultado a média do valor de duas amostras, como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Análise granulométrica do agregado miúdo reciclado – NBR 7217/87.

Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulada
9,5	0,0	0,0	0,0
6,3	0,0	0,0	0,0
4,8	2,8	0,6	0,6
2,36	117,0	23,4	24,0
1,18	107,2	21,4	45,4
600	80,1	16,0	61,4
300	86,1	17,2	78,6
150	54,4	10,9	89,5
Resíduo	52,4	10,5	100,0
Total	500,0	100,0	

Dimensão máxima característica: $D_{m\acute{a}x} = 4,8$ mm
Módulo de Finura: MF = 2,995
Classificação: areia grossa

Fonte: Próprios autores.

4.1.3 Agregado Graúdo Natural

Como agregado graúdo natural utilizado na dosagem do concreto, foi utilizado brita 0 e brita 1 fornecida pela instituição de ensino superior UniEvangélica – Anápolis – GO. Figura 13 e figura 14.

Para os resultados dos ensaios de caracterização do agregado, foram sempre tomados como média de duas determinações: massa específica brita 0, segundo NBR NM 53:2003, foi de 2847 kg/m³ e a massa unitária, segundo NBR NM 45:2006, foi de 1302 kg/m³; massa específica brita 1, segundo NBR NM 53:2003, foi de 2803 kg/m³ e a massa unitária, segundo NBR NM 45:2006, foi de 1307 kg/m³.

Figura 13 – Agregado graúdo natural.



Fonte: Próprios autores.

Figura 14 – Agregado graúdo natural.



Fonte: Próprios autores.

Segundo a NBR 45:2006, foi realizado a análise granulométrica dos agregados, tomando como resultado a média do valor de duas amostras, como apresentado nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3 – Análise granulométrica do agregado graúdo natural (brita 0) – NBR 7217/87.

Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulada
25,0	0,0	0,0	0,0
19,0	0,0	0,0	0,0
12,5	50,0	1,67	1,67
9,5	550,0	18,33	20,0
4,75	2350,0	78,33	98,33
2,36	50,0	1,67	100,0
Resíduo	0,0	0,0	100,0
Total	3000,0	100,0	

Dimensão máxima característica: $D_{m\acute{a}x} = 12,5$ mm
Módulo de Finura: MF = 2,2
Classificação: brita 0

Fonte: Próprios autores.

Quadro 4 – Análise granulométrica do agregado graúdo natural (brita 1) – NBR 7217/87.

Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulada
25,0	0,0	0,0	0,0
19,0	50,0	1,0	1,0
12,5	3950,0	79,0	80,0
9,5	850,0	17,0	97,0
4,75	150,0	3,0	100,0
2,36	0,0	0,0	100,0
Resíduo	0,0	0,0	100,0
Total	5000,0	100,0	

Dimensão máxima característica: $D_{m\acute{a}x} = 19,0$ mm
Módulo de Finura: MF = 3,78
Classificação: brita 1

Fonte: Próprios autores.

4.1.4 Agregado Graúdo Reciclado

Como agregado graúdo reciclado, foi utilizado material proveniente de resíduos de concreto e argamassa em geral, submetidos a uma trituração realizada manualmente e a um processo de granulometria no laboratório do Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, para separação dos agregados por seu diâmetro. Figura 15.

Para os resultados dos ensaios de caracterização do agregado, foram sempre tomados como média de duas determinações: massa específica, segundo NBR NM 53:2003, foi de 2610 kg/m³ e a massa unitária, segundo NBR NM 45:2006, foi de 1290 kg/m³.

Figura 15 – Agregado graúdo reciclado.



Fonte: Próprios autores.

Segundo a NBR 45:2006, foi realizado a análise granulométrica do agregado, tomando como resultado a média do valor de duas amostras, como apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Análise granulométrica do agregado graúdo reciclado (brita 1) – NBR 7217/87.

Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulada
25,0	0,0	0,0	0,0
19,0	0,0	0,0	0,0
12,5	100,0	2,0	2,0
9,5	1115,0	22,3	24,3
4,75	2265,0	45,4	69,7
2,36	1255,0	25,2	94,9
Resíduo	255,0	5,1	100,0
Total	4990,0	100,0	

Dimensão máxima característica: $D_{m\acute{a}x} = 12,5$ mm

Módulo de Finura: MF = 6,19

Fonte: Próprios autores.

4.2 Concreto

Com todos os agregados coletados e separados, deixados prontos para uso, foram realizadas quatro dosagens, sendo uma composta unicamente por agregados naturais, sendo o traço referência, e outras três dosagens, composta tanto por agregados naturais quanto agregados reciclados, com características definidos no Quadro 6.

Quadro 6 – Principais características das dosagens dos concretos.

Dosagem	Composição de agregados
Traço (1 : a : p) 1 : 1,4 : 2,4 : x = 0,44	
1 concreto natural (referência)	agregado miúdo = 100% areia natural. agregado graúdo = 100% agregado natural.
2	agregado miúdo = 100% areia natural. agregado graúdo = 50% agregado natural + 50% agregado graúdo reciclado.
3 Obs: 1% de superplastificante	agregado miúdo = 50% areia natural + 50% agregado miúdo reciclado. agregado graúdo = 100% agregado reciclado.
4 Obs: 1% de superplastificante	agregado miúdo = 50% areia natural + 50% agregado miúdo reciclado. agregado graúdo = 100% agregado natural.

Fonte: Próprios autores.

4.2.1 Concreto Natural (Dosagem 1 – Referência)

Com a utilização integral de agregados naturais, o concreto apresentou trabalhabilidade e consistência satisfatórias. Para a caracterização do concreto fresco, foram utilizadas as normas NBR 7223/92 e NBR 9833/87.

Para a realização do ensaio de resistência à compressão (figura 16), foram utilizados cinco corpos de prova (10x20) da dosagem para cada um dos ensaios, com 7, 21 e 28 dias, com resultados expostos no Quadro 7 e Gráfico 1 do rompimento com 28 dias.

Figura 16 – Ensaio de resistência à compressão.



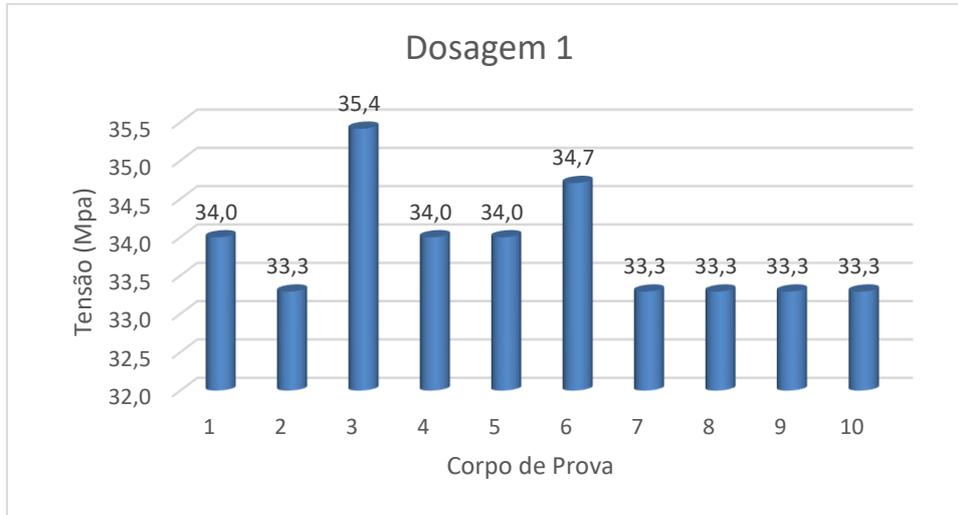
Fonte: Próprios autores.

Quadro 7 – Resistência à compressão aos 28 dias.

C.P	Leitura	Tensão (MPa)
1	26684,48	34,0
2	26128,56	33,3
3	27796,34	35,4
4	26684,48	34,0
5	26684,48	34,0
6	27240,41	34,7
7	26128,56	33,3
8	26128,56	33,3
9	26128,56	33,3
10	26128,56	33,3
Média	26573,3	33,9
Desvio Padrão	574,16	0,73

Fonte: Próprios autores.

Gráfico 1 – Resistência à compressão aos 28 dias.



Fonte: Próprios autores.

4.2.2 Concreto Reciclado (Dosagem 2)

Mantido o traço referência para todas as dosagens, para a dosagem 2, foi notado perda de trabalhabilidade e consistência quando comparado à dosagem 1 (referência), notou-se um composto seco, certamente relacionado à uma absorção grande de água por parte dos agregados reciclados. Para a caracterização do concreto fresco, foram utilizadas as normas NBR 7223/92 e NBR 9833/87.

Para a realização do ensaio de resistência à compressão (figura17), foram utilizados cinco corpos de prova (10x20) da dosagem para cada um dos ensaios, com 7, 21 e 28 dias, com resultados expostos do no Quadro 8 e Gráfico 2 do rompimento com 28 dias.

Figura 17 – Ensaio de resistência à compressão.

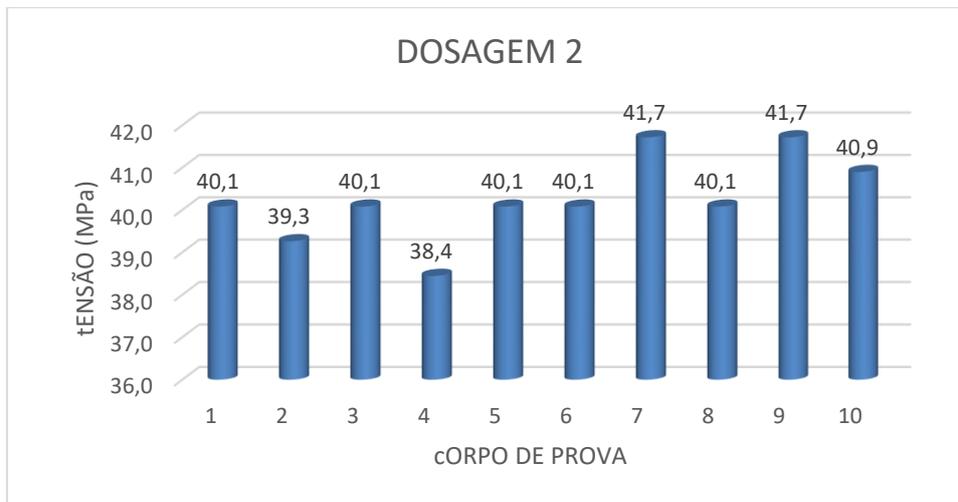


Fonte: Próprios autores.

Quadro 8 – Resistência à compressão aos 28 dias.

C.P	Leitura	Tensão (MPa)
1	31456,30	40,1
2	30814,33	39,3
3	31456,30	40,1
4	30172,37	38,4
5	31456,30	40,1
6	31456,30	40,1
7	32740,23	41,7
8	31456,30	40,1
9	32740,23	41,7
10	32098,26	40,9
Média	31584,7	40,2
Desvio Padrão	789,15	1,005

Fonte: Próprios autores.

Gráfico 2 – Resistência à compressão aos 28 dias.

Fonte: Próprios autores.

4.2.3 Concreto Reciclado (Dosagem 3)

Inicialmente, a ideia era a substituição total do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclado, porém, durante a execução do mesmo, notou-se ser inviável a realização do concreto mantendo as características e o traço básico, utilizado nas dosagens anteriores, mesmo com a adição de aditivo.

Visto o problema anteriormente citado, foi alterado a ideia da substituição total do agregado miúdo natural por reciclado para apenas 50% do mesmo, deixando a dosagem com

metade de agregado miúdo natural e metade de agregado miúdo reciclado. Foi necessário ainda a utilização de um aditivo superplastificante, com quantidade de 1% em relação a quantidade de cimento, realizando também correção na quantidade de água para manter a relação água/cimento do traço referência. Mesmo com o uso de aditivo, notou-se também a perda de trabalhabilidade e consistência em relação a dosagem referência, certamente à grande absorção de água por parte dos agregados miúdos e graúdos reciclados.

Para a caracterização do concreto fresco, foram utilizadas as normas NBR 7223/92 e NBR 9833/87.

Para a realização do ensaio de resistência à compressão (figura18), foram utilizados cinco corpos de prova (10x20) da dosagem para cada um dos ensaios, com 7, 21 e 28 dias, com resultados expostos do no Quadro 9 e Gráfico 3 do rompimento com 28 dias.

Figura 18 – Ensaio de resistência à compressão.



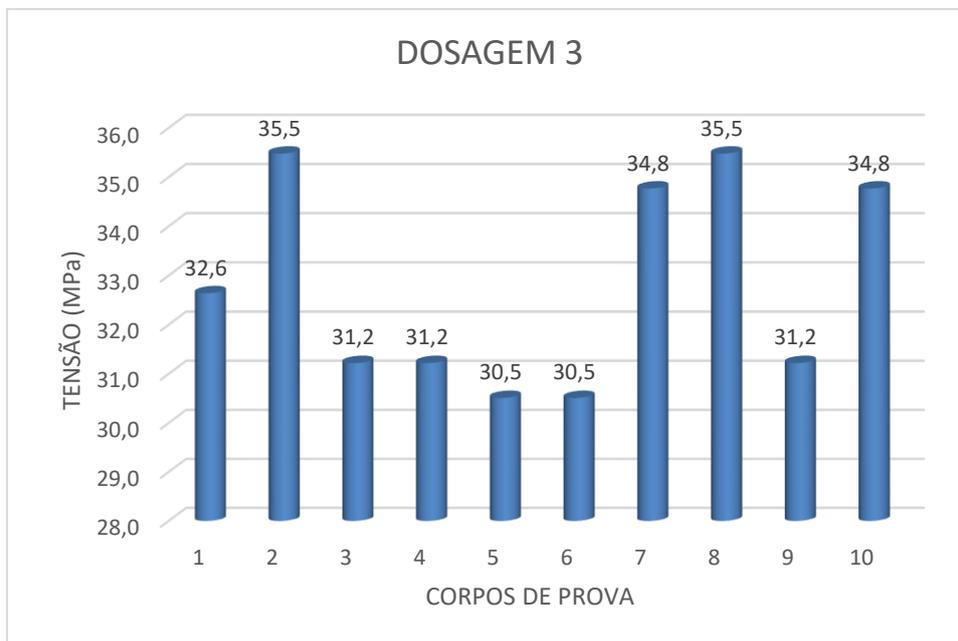
Fonte: Próprios autores.

Quadro 9 – Resistência à compressão aos 28 dias.

C.P	Carga de Ruptura (kN)	Tensão (MPa)
1	25617,10	32,6
2	2784,68	535,5
3	24503,32	31,2
4	24503,32	31,2
5	23946,42	30,5
6	23946,42	30,5
7	27287,79	34,8
8	27844,68	35,5
9	24503,32	31,2
10	27287,79	34,8
Média	25728,5	32,8
Desvio Padrão	1656,18	2,11

Fonte: Próprios autores.

Gráfico 3 – Resistência à compressão aos 28 dias.



Fonte: Próprios autores.

4.2.4 Concreto Reciclado (Dosagem 4)

Mesmo com a utilização total de agregado graúdo natural nesta dosagem, comentários semelhantes aos feitos para a dosagem 3 podem ser adotados para esta dosagem.

Em outro teste, verificou-se a inviabilidade da substituição total do agregado miúdo natural pelo reciclado, reduzindo a quantidade do mesmo de 100% para 50%, assim como na dosagem anterior.

A mesma porcentagem de aditivo foi utilizada nesta mistura, porém após o ensaio de abatimento, verificou-se que a quantidade deste aditivo poderia ter sido menor, porém foram mantidas as quantidades visando melhor poder comparar os resultados.

Para a caracterização do concreto fresco, foram utilizadas as normas NBR 7223/92 e NBR 9833/87.

Para a realização do ensaio de resistência à compressão (figura19), foram utilizados cinco corpos de prova (10x20) da dosagem para cada um dos ensaios, com 7, 21 e 28 dias, com resultados expostos do no Quadro 10 e Gráfico 10 do rompimento com 28 dias.

Figura 19 – Ensaio de resistência à compressão.



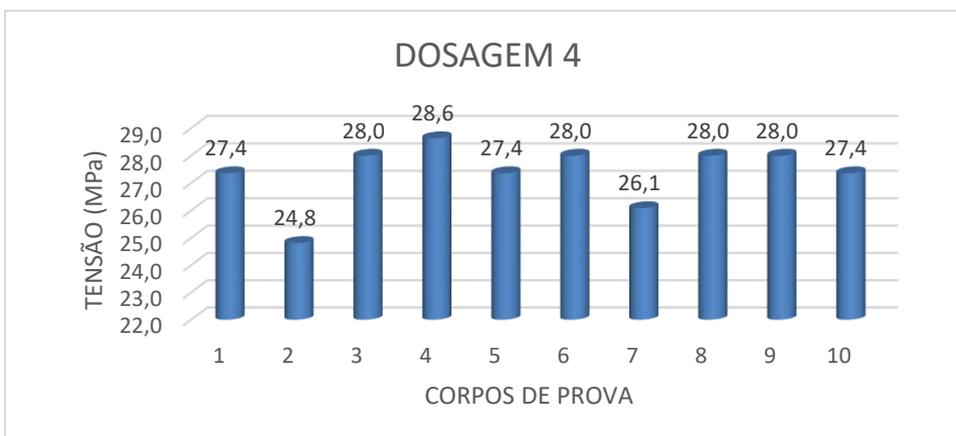
Fonte: Próprios autores.

Quadro 10 – Resistência à compressão aos 28 dias.

C.P	Carga de Ruptura (kN)	Tensão (MPa)
1	21473,16	27,4
2	19475,66	24,8
3	21972,54	28,0
4	22471,91	28,6
5	21473,16	27,4
6	21972,54	28,0
7	20474,409	26,1
8	21972,54	28,0
9	21972,54	28,0
10	21473,16	27,4
Média	21473,2	27,4
Desvio Padrão	880,82	1,12

Fonte: Próprios autores.

Gráfico 4 – Resistência à compressão aos 28 dias.



Fonte: Próprios autores.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 Agregados

Na fase experimental foi observado uma diferença significativa entre os agregados naturais e os agregados reciclados, com maior destaque dado em relação à heterogeneidade do material utilizado. Os agregados reciclados, por sua vez, possuem grande influência pela argamassa, presente em pedaços ou aderidos a superfície dos agregados naturais. Devido a este fato, a densidade diminui e conseqüentemente o valor de absorção de água dos agregados reciclados aumentam. Visto isto, a melhor forma de se lidar com estes materiais seriam considerando-os materiais novos, pois as propriedades destes materiais influenciam nas características do concreto, tanto em seu estado fresco, quanto endurecido.

5.2 Concreto

Os agregados reciclados possuem uma absorção de água bem maior quanto comparado com os agregados naturais, além de ter sua granulometria variada. Outra diferença que as dosagens com agregados reciclados apresentaram foi uma perda em relação a trabalhabilidade em relação ao concreto natural realizado com as mesmas características, ressaltando quando foram usados ambos agregados reciclados, miúdo e graúdo.

Sobre o agregado graúdo reciclado, este apresenta aderido à superfície do agregado natural uma quantidade de argamassa, determinada pelo tamanho do agregado natural em que se trata, além de pedaços soltos de argamassa, gerando alteração no valor da densidade e do módulo de elasticidade do concreto.

Conforme os valores do agregado reciclado eram maiores na composição do concreto, os valores destas propriedades sofriam um decréscimo de até 19%.

Para os valores do ensaio de resistência à compressão, após sua análise para todas as dosagens, nota-se que os agregados influenciam na resistência do concreto, tendo que a influência de agregados graúdos reciclados foi de menor quando comparada a diminuição deste valor quando usado o agregado miúdo.

Como já apresentado, esta pesquisa possui quatro dosagens para estudo, com características apresentadas na Quadro 11.

Quadro 11 – Principais características das dosagens dos concretos.

Dosagem	Composição de agregados
Traço (1 : a : p) 1 : 1,4 : 2,4 : x = 0,44	
1 concreto natural (referência)	agregado miúdo = 100% areia natural. agregado graúdo = 100% agregado natural.
2	agregado miúdo = 100% areia natural. agregado graúdo = 100% agregado graúdo reciclado.
3 Obs: 1% de superplastificante	agregado miúdo = 50% areia natural + 50% agregado miúdo reciclado. agregado graúdo = 100% agregado reciclado.
4 Obs: 1% de superplastificante	agregado miúdo = 50% areia natural + 50% agregado miúdo reciclado. agregado graúdo = 100% agregado natural.

Fonte: Próprios autores.

5.2.1 Concreto Fresco

A relação água/cimento, que teve o mesmo valor para todas as dosagens, foi um dos parâmetros mais importantes para esta comparação. Quando foi adicionado um superplastificante, nas dosagens 3 e 4, foi realizado a correção da quantidade de água para que a relação água/cimento fosse mantida padrão.

Na realização da dosagem 4, a mesma quantidade de aditivo da dosagem 3 foi adotada, para comparação. Com o resultado do ensaio de consistência, notou-se um excesso de aditivo nesta mistura, gerando maior abatimento de todas as dosagens, acarretando menor resistência a compressão.

5.2.2 Concreto Endurecido

A grande diferença entre o concreto reciclado e o natural, com as mesmas características e traço, se dá pela composição dos agregados neles utilizados, gerando alterações nos valores da densidade e do módulo de elasticidade que variam em até 38%.

A maior diferença quanto a resistência à compressão se dá pela maior utilização de agregados miúdos reciclados, este valor não é muito influenciado quando se utiliza somente a fração graúda do agregado, como apresentado na comparação entre a dosagem 3 e 4, onde há perda de resistência de 16% entre elas.

Quanto a esta referência sobre a resistência a compressão, foram obtidos resultados que comprovam que a utilização de agregado graúdo reciclado, em comparação com a utilização do agregado graúdo natural, como apresentado na comparação entre as dosagens 1 e 2 foram satisfatórios, aumentando a resistência do concreto com este agregado reciclado. Comparação entre a dosagem 2 com a 1, e a dosagem 3 com a dosagem 4.

Para a cura dos corpos de prova de todas as dosagens, foi usado o mesmo processo, em uma câmara úmida, todos com 28 dias.

- **Massa Específica**

Sendo o valor mais influenciado no concreto, devido as alterações da massa específica dos agregados utilizados na composição do concreto, e por ser a fase mais densa, uma variação de seu valor gera grande influência para esta propriedade do concreto.

A quantidade de argamassa aderida ao agregado natural, influenciada diretamente pelo tamanho do agregado, condiciona o valor da massa específica do mesmo. Devido a massa específica do concreto ser diretamente relacionada pelo valor do agregado, estando relacionado também ao processo de britagem, é possível encontrar diversos valores em várias pesquisas, porém, a ordem de grandeza destes resultados é bastante semelhante.

- **Absorção de água**

A influência do agregado reciclado, mais precisamente o agregado graúdo, por ter uma porosidade maior que a do agregado natural, tendo argamassa mais densa distribuída por sua superfície, sua influência é mais significativa quando comparada ao agregado miúdo.

O valor da absorção de água por parte das dosagens realizadas com agregados reciclados apresentou-se maior do que a dosagens com agregados naturais.

Observando a dosagem 4, composta somente por uma fração de agregado miúdo reciclado, encontrou-se valores semelhantes ao da dosagem 2, onde toda a parte do agregado graúdo foi utilizado agregado graúdo reciclado, notando-se que a influência do agregado miúdo reciclado é maior. A dosagem 3 possui valores mais alterados, visto que ambas as partes dos agregados reciclados foram utilizados.

Esta diferença entre a influência dos agregados miúdos e graúdos reciclados, certamente se dá pelas características dos mesmos, onde nota-se que o agregado miúdo

reciclado é praticamente todo composto por argamassa em pequenas partículas, uma vez que a argamassa possui maior absorção de água quando comparado com a areia. Diferentemente no agregado graúdo, estas partículas de argamassa estão presentes, mas não como um todo, havendo ainda a presença de agregados naturais, tornando sua influência menor que a do agregado miúdo.

Como citado anteriormente, a quantidade de argamassa presente nos agregados reciclados está diretamente relacionada com o valor de sua absorção de água, quanto menor a partícula do agregado, mais quantidade de argamassa está presente na superfície.

Como a alteração do valor da absorção de água sendo maior por parte dos concretos que são compostos por agregados reciclados, estes devem possuir novos estudos para sua aplicação quanto a este requisito. As normas apresentam recomendações para cobertura mínimo das armaduras, de acordo com o grau de agressividade do meio ambiente, e visto que estes concretos reciclados possuem uma maior absorção de água, uma revisão deveria ser feita para o caso da utilização de concreto composto por agregado reciclado.

- **Resistência à compressão**

Com a análise da pesquisa que se refere ao estudo da estrutura do concreto, nota-se que a maior influência sobre o mesmo se dá pela porosidade da matriz e as características da zona de transição, que são as fases mais significativas, ao contrário da influência do agregado graúdo, que é o fator menos importante.

Outro fato que, de acordo com pesquisas consultadas, influência diretamente na resistência do concreto, é a característica dos resíduos de concreto que são utilizados como agregados. Concretos de baixa resistência, ou compostos por diversos tipos de sobras de concretos com resistências variadas, podem ocasionar diminuição no valor da resistência esperado.

Neste trabalho, foram utilizados como agregados graúdos, resíduos de concretos derivados de elementos estruturais de boa qualidade, já para agregados miúdos, a presença de pequenas partículas de elementos estruturais, junto com resíduos de argamassas estão presentes na composição deste.

De acordo a pesquisa de HANSEN (1985), “Concretos reciclados onde somente foi usada a fração graúda do agregado reciclado, tiveram uma diminuição de cinco por cento no valor da resistência à compressão em relação ao concreto natural. Para uma substituição global,

ou seja, a utilização de ambas frações do agregado reciclado, miúdo e graúdo, esta diminuição ficou bastante acentuada chegando-se a valores entre vinte e quarenta por cento do encontrado para o concreto natural. Já para uma substituição parcial, onde existe na fração miúda uma composição de cinquenta por cento de material natural (areia) e cinquenta por cento de agregado reciclado, este valor ficou entre dez e vinte por cento”.

Os concretos executados para estudos, com ensaio de resistência à compressão com idade de 28 dias, apresentaram os resultados presentes na Tabela 12.

Tabela 12 – Valores da resistência à compressão aos 28 dias para as dosagens.

Dosagem	Resistência à compressão média (MPa)	Relação concreto reciclado/concreto natural
1	33,9	1
2	40,2	1,19
3	32,8	0,97
4	27,4	0,81

Fonte: Próprios autores.

Quando se compara a dosagem 2 com a 1, nota-se que não há influência determinante do agregado reciclado graúdo perante a resistência à compressão do concreto. Conforme já citado, a maior influência é dada pela utilização de agregados miúdos reciclados, conforme apresentada pelos resultados das dosagens 3 e 4, quando comparadas com as dosagens 1 e 2.

Com a execução dos ensaios, e também a partir da pesquisa e estudo sobre o concreto, o valor encontrado para a resistência à compressão do concreto para a dosagem 2, que não apresentou perda de rendimento, já era esperada, enquanto para as dosagens 3 e 4, o esperado já era que houvesse esta perda por conta dos agregados miúdos utilizados na composição do concreto.

Em comparação com a dosagem 2 para a 1, a causa de apresentar uma maior referência certamente pode estar ligada ao fato da maior absorção de água pelos agregados graúdos reciclados, visto que isto gera internamente uma diminuição da relação água/cimento, mais precisamente em torno da superfície do agregado, gerando posteriormente uma “cura interna” na zona de transição do concreto, melhorando suas propriedades. Nota-se o mesmo acontecimento quando se compara as dosagens 3 e 4 entre si, a dosagem 3 utilizou agregado graúdo reciclado apresentando maior resistência que a dosagem 4 que utilizou agregado graúdo natural.

Nas consultas realizadas às bibliografias, certos autores citam a presença de partículas de cimento não hidratadas no agregado reciclado, influenciando na resistência do concreto executado com eles. Este estudo não verificou se são verdadeiras estas informações. Todos os valores encontrados para a resistência à compressão do concreto reciclado foram menores do que o valor encontrado para o concreto natural, com ressalva para a dosagem 2, que obteve resultados superiores e o motivo já foi explicado anteriormente. Esta conclusão foi comprovada por HANSEN (1985), onde cita que estas partículas não hidratadas são presentes em pequena quantidade, não influenciando diretamente nas propriedades do agregado e do concreto.

Hansen & Narud (1983), comprovam que a qualidade do agregado gera grande influência na resistência à compressão do concreto reciclado. Afirma também que, para agregados de boa qualidade, quando se há a utilização apenas de agregado graúdo, a queda de resistência é praticamente nula, quando não maior que a de um concreto natural com as mesmas características.

Ravindrasahaj (1987), cita em suas conclusões, diferentemente dos resultados anteriormente encontrados, que o grande influenciador na perda de resistência do concreto reciclado, é a utilização de agregados graúdos reciclados, e que a substituição total destes componentes reciclados, gera uma perda de resistência por volta de dez por cento.

Van Acker (1996), cita que com a substituição de dez por cento de agregado reciclado, a parte miúda tende a condicionar à um valor menor da resistência à compressão do que a parte graúda. Em sua pesquisa, ele faz referência que a literatura técnica afirma que o uso de agregado miúdo reciclado gera uma perda na resistência à compressão superior do que o agregado graúdo reciclado gera. Para explicação do mesmo, ele cita que a possível causa é que quando é utilizado a mesma quantidade de água na mistura, a grande quantidade de finos e impurezas no agregado miúdo que gera essa perda.

Na tabela 13, são informados alguns resultados encontrados.

Tabela 13 – Valores para a relação entre a resistência à compressão dos concretos reciclados pelos naturais.

Pesquisa	Grau de Substituição			
	100 % graúdo (dosagem 2)	100% graúdo 100% miúdo	50% miúdo (dosagem 4)	50% miúdo 100% graúdo (dosagem 3)
ANÁLISE EXPERIMENTAL	1,02	-	0,90	0,96

FRONDISTOU - YANNAS (1977)	0,86	-	-	-
HANSEN & NARUD (1983)	1,00	-	-	-
HANSEN (1985)	0,95	0,6 – 0,80	-	0,80 – 0,90
RAVINDRARAJAH & TAM (1985)	0,94	-	-	-
RAVINDRARAJAH et al (1987)	0,87	0,83	-	-
RILEM (1994)	1,00	-	-	-
GUNÇAN & TOPÇU (1995)	0,90	-	-	-
SOROUSHIAN & TAVAKOLI (1996)	1,00			
TOPÇU (1997)	0,80 – 0,95			

Fonte: Próprios autores.

Com os resultados da Tabela 13, conclui-se:

- Conforme comprovado via pesquisa bibliográfica, mostrando que a influência do agregado graúdo reciclado se dá a partir da qualidade do resíduo, conclui-se que este praticamente não gera perda de resistência ao concreto, podendo até, quando o resíduo é da boa qualidade, aumentar a resistência do concreto executado com o mesmo.
- Com a utilização do agregado miúdo reciclado, notou-se uma diminuição na resistência do concreto, comprovando sua maior influência quando comparada a influência gerada pelo agregado graúdo reciclado, tese também comprovada por HANSEN (1985) e RAVINDRARAJAH (1987).
- Com o excesso de aditivo aplicado na dosagem 4, este apresentou um valor menor quando submetido ao ensaio de resistência à compressão.

Os resultados adquiridos neste trabalho, foram consistentes e estão dentro da média dos valores encontrados em pesquisas estrangeiras, e os conceitos apresentados estão coerentes quando se trata da estrutura do concreto apresentada na pesquisa bibliográfica. Ficando a

ressalva de que mais ensaios precisam ser realizados com o intuito de analisar demais influências dos agregados reciclados, como, consumo de cimento, qualidade do resíduo, módulo de elasticidade, idade e tempo de armazenamento do agregado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho para as dosagens dos concretos reciclados apresentaram êxito quando comparados com o concreto natural e com resultados coletados de três tipos de pesquisas, bibliográfica, teórica, e experimental, comprovando que os conceitos utilizados por estrangeiros podem ser utilizados em estudos nacionais.

Devido aos agregados coletados serem diferentes em cada região onde são realizadas as pesquisas, ou de acordo com o equipamento usado para a realização do mesmo, existem pequenas diferenças em certos resultados, porém todos chegam a um consenso referente à algumas propriedades.

Analisando a pesquisa e os resultados como um todo, conclui-se que:

1. Os agregados gerados a partir de resíduos de concreto e argamassa possuem grande valor para serem utilizados, agregados a mais estudos e pesquisas sobre suas propriedades, estes poderão ser mais conhecidos e se tornarem um produto economicamente viável, como visto em certos casos práticos.
2. A influência gerada pela utilização de agregados reciclados na produção de um novo concreto e em suas propriedades é grande. Estes agregados devem ser considerados como um “material novo”, onde estudos de suas propriedades e melhor forma de aplicação devem ser mais estudadas e melhores conhecidas.
3. Outra grande influência dos agregados reciclados nas propriedades e resistência do concreto se dá pelo fato dos agregados graúdos reciclados possuírem em sua superfície, resíduos de argamassa, além de pedaços soltos de argamassa, enquanto os agregados miúdos influenciam por serem compostos, em sua maioria, por partículas de argamassas.
4. Os agregados reciclados, tanto os graúdos quanto os miúdos, possuem valores para massa específica menor que dos materiais naturais, enquanto a absorção de água é maior. Por não terem um padrão de geração destes resíduos, estes agregados apresentam sua granulometria variada e muito influenciada pelo processo de britagem.
5. Os níveis de substituição de materiais reciclados por materiais naturais influenciam nas propriedades do concreto executado. A absorção de água é maior e sua massa específica menor, que do concreto natural.
6. Geralmente a utilização dos agregados reciclados pouco influencia na resistência a compressão. Com a substituição do agregado graúdo reciclado pelo natural, a resistência

obtida foi até relativamente maior que do concreto natural. A maior diferença no valor da resistência foi observada quando, além da utilização do agregado graúdo reciclado, foi também utilizado uma fração de agregado miúdo reciclado, notando a diminuição do valor da resistência.

7. A utilização de agregados miúdos reciclados apresentou a influência maior do que a esperada nas propriedades do concreto, principalmente na resistência a compressão.
8. As características dos resíduos de concreto, mais precisamente a qualidade deste material, é o que mais influência nas propriedades dos agregados reciclados, estes que são gerados em vários locais, não havendo uma prévia separação podendo inviabilizar sua utilização. O processo de demolição, britagem, peneiramento e armazenamento, também influenciam diretamente nestas propriedades.
9. A utilização de agregados reciclados com sua fonte e características conhecidas, permite a viabilidade técnica e uma correta utilização destes agregados na prática.

Este trabalho foi realizado com o intuito de viabilizar a utilização de agregados reciclados na produção de um novo concreto, verificando a possibilidade de sua utilização estrutural. Demais estudos devem ser realizados para tornar melhor a utilização destes agregados, como melhor utiliza-los, o planejamento e gerenciamento destes resíduos, verificando a possibilidade destes resíduos serem economicamente viáveis.

Estes resíduos não podem ser considerados como lixo ou produtos que não apresentam uma boa qualidade, mas sim como materiais com propriedades diferentes das encontrados em agregados naturais, e quando bem utilizados, estes podem se tornar interessantes, tanto para benefícios financeiros como ambientais.

7. REFERÊNCIAS

AECweb. **Os verdadeiros impactos da construção civil**. Disponível em: < https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/os-verdadeiros-impactos-da-construcao-civil_2256_0_1 >. Acesso em: 12 maio 2018.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção**. São Paulo: Blucher, 2011.

Araújo, T. R. **Aspectos Qualitativos e Quantitativos dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) na cidade de Campina Grande**. 2011. 8f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Campina Grande-PB, 2011.

Arteiro, Rafael de Mendonça (2009). **A responsabilidade técnica, civil e criminal dos profissionais do sistema Confea/Crea**. Disponível em: < <http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalhe&id=234#.W8EOQWhKgdU> >. Acesso em: 21 maio 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1978). **NBR. 6118- Projeto e execução de obras de concreto armado**. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1982). **NBR 7251- Agregados em estado solto – Determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1983). **NBR 7211- Agregado para concreto**. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1983). **NBR. 7810- Agregado em estado compactado seco – Determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). **NBR 8522- Concreto – Determinação do módulo de deformação estática e diagrama tensão-deformação.** Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). **NBR 9937- Agregados – Determinação da absorção de água e da massa específica do agregado graúdo.** Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). **NBR 9776- Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman.** Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). **NBR. 7212- Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). **NBR. 9778- Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). **NBR 9833- Concreto Fresco – Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico.** Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1992). **NBR.7223- Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). **NBR. 5739- Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). **NBR. 5738- Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto.** Rio de Janeiro, ABNT.

BARBOSA, J. **Destinação dos resíduos sólidos de construção e demolição do Município de Passo Fundo- RS: Desafios e Perspectivas.** Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. 63p.,2012.

BIGOLIN, M. **Indicadores de desempenho para blocos de concreto: uma análise de requisitos mais sustentáveis para a produção a partir de RCD Porto Alegre, Rio Grande do Sul, RS.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 163p., 2013.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção 1, p. 95-96.

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.** Tese apresentada á escola de engenharia de são carlos, como parte dos requisitos para obtenção do titulo de doutor em ciência da engenharia ambiental (2007);

CARAMALAC, Carina. <https://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/atualidades/a-reciclagem-residuos-na-contrucao-civil.htm>. Acesso em: 23 maio. 2018.

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. C T. Engenharia Urbana. João Pessoa, 2005.

CONSTRUÇÃO CIVIL CONSOME ATÉ 75% DA MATÉRIA-PRIMA DO PLANETA. Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-da-materia-prima-do-planeta.html>. Acesso em: 05 maio. 2018.

CORBIOLI, N. (1996). **Do caos à solução. Construção**, São Paulo n.2505, p.4-7, fevereiro.

FRONDISTOU-YANNAS, S. (1997). **Waste Concrete as Aggregate for New Concrete. Journal of the American Concrete Institute Proceedings**, p. 373-376, August.

Globo Ciência. **Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta.** Disponível em: < <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-da-materia-prima-do-planeta.html> >. Acesso em: 20 maio 2018.

HANSEN, T. C. (1985). **Recycled aggregates and recycled aggregate concrete, second state of the art report developments 1945-1985.** RILEN Technical Committee-37-DRC.

Hansen, T. **Recycling of demolished concrete and masonry.** London: E & FN SPON, Rilem report 6, 1992.

HANSEN, T.; NARUD, H. (1983). **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**, São Paulo, Pini.

JOHN, V. M. (1996). Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. In: **WORKSHOP DE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.** São Paulo.

Levy, S. M. (1997). **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concreto.** São Paulo. 146p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MEHTA, P. K. ; MONTEIRA, P. J. M. (1994). **Concreto – Estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo. PINI.

MORAES, N. C. de; HENKES, J. A. **Avaliação do programa de gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição, no município de Caçapava-SP.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.2, n.1, p.113-134, 2013.

OLORUNSOGO, F. T.; PADAYACHEE, N. **Performance of recycled aggregate concrete monitored by durability indexes.** *Cement and Concrete Research*, v. 32, p. 179-185, 2002

OS VERDADEIROS IMPACTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2014. Redação AECweb. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/n/os-verdadeiros-impactos-da-construcao-civil_2206. Acesso em: 05 maio. 2018.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 218p. 1999.

RAVINDRARAJAH, R.S.; TAM, T.C. (1987). **Recycled Concrete as Fine and Coarse Aggregates in Concrete.** *Magazine of Concrete Research*, v.39, n.141, p.214-220, December.

RAVINDRARAJAH, R. S. ; TAM, T. C. (1985). **Properties of concrete made with crushed concrete as coarse aggregate.** *Magazine of Concrete Reserch*. v.37, n.130, p.29-38, March.

RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2014. Portal Resíduos Sólidos. <https://portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 13 maio. 2018.

RECICLAGEM DE RESÍDUOS É A ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA DESTINAÇÃO DE ENTULHOS. 2014. Redação AECweb. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/reciclagem-de-residuos-e-alternativa-sustentavel-para-destinacao-de-entulhos_7628_0_1. Acesso em: 20 maio. 2018.

TUDO SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2017. Sienge. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 12 maio. 2018.

VAN ACKER, A . (1996). **Recycling of concrete at precast concrete plant.** BIBM. Paris. p.55-67, juliet.

ZORDAN. S. E., **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campinas, São Paulo. 140p. 1997.