

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**

MARCO DE OLIVEIRA VARGAS FRANCISCO

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM CONCRETOS PARA
APLICAÇÕES NÃO ESTRUTURAIIS**

**VOLTA REDONDA
2017**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM CONCRETOS PARA
APLICAÇÕES NÃO ESTRUTURAIS**

Dissertação apresentado ao Centro Universitário de Volta Redonda, como requisito parcial visando a obtenção do título de Mestre em Materiais, sob a orientação do prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral, na área de concentração de processamentos e caracterização de materiais, metálicos, cerâmicos e polímeros.

Aluno:

Marco de Oliveira Vargas Francisco

Orientador:

Prof. Dr Ricardo de Freitas Cabral

**VOLTA REDONDA
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tação Wagner - CRB 7/RJ 4316

F819e Francisco, Marco de Oliveira Vargas.
Estudo da utilização de resíduos em concretos para aplicações não estruturais. / Marco de Oliveira Vargas Francisco. - Volta Redonda: UniFOA, 2017.

63 p. : Il

Orientador(a): Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral

Dissertação (Mestrado) – UniFOA / Mestrado Profissional em Materiais, 2017

1. Materiais - dissertação. 2. Resíduo de concreto. 3. Concreto reciclado. I. Cabral, Ricardo de Freitas. II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

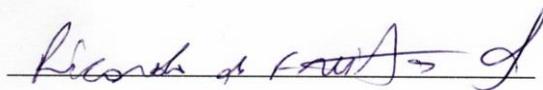
Aluno: Marco de Oliveira Vargas Francisco

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM CONCRETOS
PARA APLICAÇÕES NÃO ESTRUTURAIS**

Orientador:

Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral

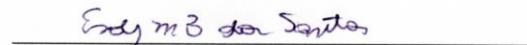
Banca Examinadora



Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral



Prof. Dr. Luiz de Araújo Bicalho



Profa. Dra. Évely Madeleine Bento dos Santos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, minha esposa Lucimar Barbosa Lopes Francisco e meus filhos Milena Lopes Francisco e Guilherme Lopes Francisco pelo apoio, paciência e compreensão nas minhas horas de pesquisa e estudo.

Ao meu Orientador, Professor Dr Ricardo de Freitas Cabral, pelos ensinamentos e dedicação dispensados no auxílio à concretização deste trabalho.

Aos técnicos Arthur Almeida Bitencourt e Dirceu Hantung de Camargo Coutinho pelo apoio e paciência nos ensaios de laboratório.

Obrigado!

RESUMO

Os resíduos sólidos oriundos da construção civil são problemas que se agravam com o passar do tempo, afetando o meio ambiente e, conseqüentemente toda sociedade, pois, quando depositados aleatoriamente, provocam o assoreamento dos rios, além de reduzir a vida útil dos aterros sanitários, esgotando rapidamente a capacidade de recolhimento desses resíduos. O reciclado envolve aspectos técnicos ambientais e econômicos, e incentivando o desenvolvimento sustentável da indústria de pré-fabricados de concreto. Portanto, visando minimizar o impacto ambiental desse resíduo, o estudo objetivou, analisar o comportamento da areia industrial na composição do concreto sem características estruturais. Em laboratório foram ensaiadas na composição de um compósito de concreto produzido com um subproduto de britagem de pedreira para a verificação dos parâmetros de resistência mecânica. Os resultados analisados foram satisfatórios, onde a utilização de 50% de agregado fino reciclado no traço adquiriu o resultado de resistência a compressão equivalente a 21,8 MPa quando comparado com o traço matriz que obteve 23,3 MPa. A dosagem da areia industrial no compósito de concreto teve viabilidade de uso não estrutural com a substituição de 50% do agregado.

Palavras-Chave: Agregados, Resíduo de concreto, Concreto reciclado

ABSTRACT

Solid waste from civil construction is a problem that worsens over time affecting the environment and, consequently, all society, because when randomly deposited they provoke the silting of the rivers, besides reducing the useful life of the sanitary landfills, quickly exhausting the Collection capacity. Recycling involves the technical environmental and economic aspects, and encourages the sustainable development of the precast concrete industry. Therefore, in order to minimize the environmental impact of this residue, the study aimed to analyze the behavior of industrial sand in concrete composition without structural characteristics. In the laboratory were tested in the composition of a concrete composite produced with a quarry crushing byproduct to verify the parameters of mechanical resistance. The results analyzed were satisfactory, where the use of 50% recycled aggregate in the trace acquired the result of compressive strength equivalent to 21.8 MPa when compared to the matrix trace that obtained 23.3 MPa. The dosage of the industrial sand in the concrete composite had viability of non-structural use with the substitution of 50% of the aggregate.

Key words: aggregates, concrete residue, concrete Recycled

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO.....	13
3. JUSTIFICATIVA	14
4. REVISÃO BIBILOGRÁFICA	15
4.1 A construção e a sustentabilidade.....	18
4.2 A criação de Resíduo da Construção Civil (RCC)	19
4.3 A legislação do RCC	21
4.4 O RCC e sua reciclagem.....	24
4.5 RCC e suas aplicações	25
4.6 Histórico do aglutinante hidráulico (cimento).....	26
4.6.1 CP I – Cimento Portland Comum	27
4.6.2 CP I S – Cimento Portland comum com adição	28
4.6.3 CP II E - Cimento Portland composto com escória	28
4.6.4 CP II – Z Cimento Portland com pozolana	28
4.6.5 CP II-F Cimento Portland composto com pozolana.....	28
4.6.6 CP III Cimento Portland de alto-forno.....	28
4.6.7 CP IV Cimento Portland Pozolânico	29
4.6.8 CP V – ARI Cimento Portland de alta resistência inicial.....	29
4.6.9 Cimento Portland resistente a Sulfatos (RS)	29
4.6.10 Agregados Naturais.....	30
4.6.11 Rejeito de Britagem	31
4.6.12 Água	33
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
5.5.1 Triagem dos Materiais	35
5.5.2 Traço	35
5.5.3 Moldagem e Cura	36
5.5.4 Ensaio de Compressão	37
5.5.5 Microscopia	39
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
6.1 Resistência à Compressão.....	40
7 CONCLUSÕES	51
8 TRABALHOS FUTUROS	53
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CE – Comunidade Europeia

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CP I – Cimento Portland Comum

CP I S – Cimento Portland com Adição

CP II E – Cimento Portland com utilização de Escória

CP II F – Cimento Portland na mistura com Pozolana

CP II Z – Cimento Portland contendo Pozolana

CP III – Cimento Portland Alto Forno

CP IV – Cimento Portland Pozolânico

CP RS – Cimento Portland com Resistencia aos Sulfatos

CP V ARI – Cimento Portland para Alta Resistencia Inicial

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EU – União Européia

Fc – Fator de resistência do Concreto obtido do Corpo de Prova

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MEV – Microscópico Eletrônico de Varredura

MPa – Mega Pascal

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Economico)

PET – Polítileno Tereftalato

PIB – Produto Interno Bruto

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCC – Resíduo de Construção Civil

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

t – Tonelada

WPPPC – Working Party Pollution Prevention and Control (Grupo de Trabalho de Prevenção e Controle da Poluição)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: RCC gerado por região no Brasil	21
Figura 2: Fluxograma de Atividades	34
Figura 3: Corpos de prova imersos em água saturada de cal	36
Figura 4: Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)	39
Figura 5: Relação de resistência a compressão com o percentual de material reciclado na mistura aos 28 dias	44
Figura 6: Ampliação de 500X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 50% de material reciclado.	46
Figura 7: Ampliação de 1000X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 50% de material reciclado.	46
Figura 8: Ampliação de 500X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 0% de material reciclado.	47
Figura 9: Ampliação de 1000X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 0% de material reciclado.	47
Figura 10: Ampliação de 100X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 25% de material reciclado	48
Figura 11: Ampliação de 200X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 25% de material reciclado	49
Figura 12: Ampliação de 100X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 75% de material reciclado	49
Figura 13: Ampliação de 200X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 75% de material reciclado	50
Figura 14: Ampliação de 1000X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 75% de material reciclado	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resíduo gerados da Construção Civil (RCC) em alguns países	16
Tabela 2 – Serie de Peneiras	31
Tabela 3 - Proporção de substituição da areia industrial em volume	36
Tabela 4 – Tolerância de tempo para ensaio de corpo de prova	37
Tabela 5: Resultados de corpos de prova no ensaio de resistência à compressão com idade de 7 dias	40
Tabela 6: Resultados de corpos de prova no ensaio de resistência à compressão com idade de 14 dias.	41
Tabela 7: Resultados de corpos de prova no ensaio de resistência à compressão com idade de 21 diasFonte: (Autor, 2016)	42
Tabela 8: Resultados de corpos de prova no ensaio de resistência a compressão com idade de 28 dias	43

1. INTRODUÇÃO

A construção Civil é um grande gerador de resíduo na sociedade, e sua responsabilidade chega a gerar 40% do consumo de recursos naturais extraídos do planeta (SANTOS, 2005). Entre os resíduos gerados, os resíduos de concreto são aqueles que possuem a maior possibilidade de reciclagem, tendo as suas características básicas e pela menor heterogeneidade e contaminação com outros materiais. A utilização do material reciclado proveniente de peças de concreto descartadas para a composição de novos compósitos de concretos reciclado contribuirá para preservar os recursos naturais.

Baseando-se no conceito de autossustentável, a indústria da construção apresenta as condições e métodos de pesquisa para a transformação dos resíduos em materiais de construção, no conceito técnico menos poluidor e, viavelmente econômico.

A variação dos agregados reciclados está relacionada com a sua origem, sendo os obtidos através de demolição e relacionados com obras civis, são bastante heterogêneas o que cria uma dificuldade a sua triagem e classificação inviabilizando em alguns casos a sua reciclagem.

Na Holanda e no Japão, são aplicadas regras no contexto da sustentabilidade para a produção de materiais reciclados, sobretudo dos resíduos deixados pela construção de obras pequeno, médio e grande porte nesses países. Além disso, a falta de matéria prima e a sobrecarga dos aterros sanitários e área de deposição desses resíduos estão cada vez mais lotados, tendo assim a iniciativa e prioridade de reciclar esses materiais.

No Brasil, a produção de entulho é da ordem de 0,55 t por habitante durante o período de um ano. A cidade que mais gera esse tipo de material é São Paulo, onde o índice fica em 0,5 t por habitante e recicla apenas 10% desse total.

Segundo Butler (2003) os resíduos de concreto apresentam um grande potencial de reciclagem por possuírem em sua maioria quantidades significantes de partículas de cimento sem água, em seus ensaios obteve um compósito com propriedades semelhantes a concretos dosados com agregados naturais.

2. OBJETIVO

O objetivo da presente pesquisa foi estudar a elaboração de um compósito com a utilização de um subproduto descartado sem valor econômico, utilizando resíduo de britagem em pedreira, onde suas propriedades de resistência sejam equilibradas para sua aplicação em concreto não estrutural.

Visa ainda sugerir como os resíduos gerados de materiais não inertes e contribuir de forma simplificada o impacto ambiental causado pela indústria da construção civil.

3. JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, a construção civil vem tentando aperfeiçoar técnicas no que se refere a redução de desperdício, controlando e implantando sistemas de auto-gestão ambiental para o gerenciamento dos resíduos gerados durante uma construção e diminuindo o impacto causado ao meio ambiente.

O aproveitamento desses resíduos configura uma das práticas da indústria da construção civil na construção de novas edificações, com o intuito de minimizar o uso indiscriminado de recursos naturais e, conseqüentemente a escassez deste produto. Uma vez adotando essa prática, a redução dos níveis do impacto ambiental causado, a redução esperada será do consumo de mão-de-obra para a produção de subprodutos da construção civil.

A reciclagem de RCC (Resíduo de Construção Civil) contribui também para a ampliação da vida útil dos aterros sanitários das grandes capitais, melhorando e aumentando a vida útil dos locais destinados para a sua deposição.

Em países da Europa é totalmente proibido o descarte de alguns RCC em aterros. As proibições são variadas de acordo com o país, contudo, o seu intuito principal, é reduzir a saturação no solo de materiais recicláveis e reutilizáveis.

Segundo dados estudados por Leite (2011) observou-se que, os materiais oriundos de RCC, podem alcançar uma economia de 67% em média, quando comparados aos preços do agregado natural extraído de jazidas, viabilizando e agregando valor econômico a esse material que seria descartado.

O presente estudo deve-se ao fato de justificar as mudanças e a criação de métodos e tecnologias para a construção civil no Brasil. A resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), veio para agregar e ajustar ambientalmente e socialmente, valores econômicos a produtos que não tinham destino adequado para seu descarte apropriado.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A contribuição da Construção Civil é um importante exercício para o desenvolvimento social e econômico, mas também se comporta como uma grade geradora de impactos ambientais, ocasionando um consumo de 20 a 50% dos recursos naturais.

Com o crescimento populacional acelerado, adensamento das cidades e o crescimento na construção, vem agravando a exploração de recursos naturais e o crescimento de material sem a utilização e sem aplicação direta, isso conseqüentemente diminui a vida útil dos aterros sanitários (HALMEMAN, 2009).

Esses resíduos representam de 20 a 30% da intensidade de resíduo sólidos gerados pelas grandes cidades de países de alto escalão, sendo que nos demais países pode alcançar índices bem maiores (MARCHI, 2011).

Para Cabral (2009), o RCC agrega uma importante parcela do resíduo sólido urbano, que corresponde a 50% enquanto para Silva (2012), uma parcela dos municípios, equivale a 60% do total. Um ponto que demonstra a relevância dos RCC e a sua crescente participação no total de resíduos sólidos urbanos, é o caso da cidade de Salvador (BA), que entre 1990 a 2000, o RCC teve um aumento na composição do resíduo sólidos urbanos de 4,4% para 49,8%. Fortaleza, com 2,5 milhões de habitantes, contribuiu em 2009, a proporção de 3.200 m³ desse material que equivale a 0,56 toneladas por habitantes durante o período de um ano.

A inexistência do gerenciamento dos RCC afeta principalmente a população, socialmente, economicamente e ambientalmente. Neste contexto, medidas no sentido de encarar este problema teve início na década de 1980 na Europa, enquanto no Brasil, somente no início do século XXI.

Em 05 de junho de 2002 entrou em vigor a Resolução nº 307 do (CONAMA), para estabelecer regras e diretrizes, no gerenciamento dos resíduos que se origina da construção civil, proporcionando ordem social, econômica e ambiental.

A resolução nº 348 do CONAMA entrou em vigor em 16 de agosto de 2004, sendo seu principal objetivo classificar os resíduos, caracterizar e normatizar o seu descarte em locais apropriados, sofreu uma alteração no art. 3º, item IV, da Resolução nº 307, aumentando a força da Resolução nº 307 do CONAMA, oito anos depois os governantes do Brasil aprovaram em 2010 a Política Nacional de

Resíduos Sólidos (PNRS), intermediada pela da Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, onde é definido a forma como o Brasil tem que disponibilizar os seus resíduos, e aumentando o incentivando a reciclagem e conseqüentemente a sustentabilidade.

A Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 tem em seu princípio a responsabilidade compartilhada (art.3º - inciso XVII), onde o seu gerador, transportador, receptor e consumidor são responsáveis pelos resíduos quanto a sua origem de extração. A Lei também estabeleceu o fim dos lixões (local no qual o lixo é disposto sem tratamento ou separação) isso até o final do ano de 2014. Isso mostrou que os resíduos de origem orgânica poderão ir para os aterros sanitários sem restrição.

A resistência à intempéries em concretos traçados com resíduos de alvenaria foi estudada por Levy (2001). Onde se realizaram estudos da durabilidade, foram as mesmas utilizadas para concretos com agregados convencionais. A pesquisa nos mostra que a substituição material reciclado em concretos com 30 MPa de resistência, chega a uma estabilidade aceitável, quando chega a 50% de substituição nos agregados miúdos de alvenaria. O consumo de cimento teve uma alteração de 3%, o fator a/c (água cimento) aumentou de 0,68 para 0,73 e o percentual de vazios teve um aumento de 11% isso em comparação ao traço analisado em sua pesquisa. Para ilustrar a quantidade de resíduo gerado, a Tabela 1 apresenta o quantitativo de resíduo produzido em determinados países do globo terrestre.

Tabela 1 Resíduo gerados da Construção Civil (RCC) em alguns países

Estimativa de Residuo da Construção Civil em alguns países			
Pais	Milhões t/ano	Kg/hab./ano	Fonte
Estados Unidos	136 - 171	463 - 584	EPA (1998), Peng, Grasskapf e Kibert (1994)
Alemanha	79 - 300	963 - 3.658	Lauritzen (1998) e EU (1999)
Japão	99	785	Kasai (1998)
Reino Unido	50 - 70	880 - 1.120	Detr (1998) e Lauritzen (1998)
Brasil	31	230 760	Abrelpe (2011), Pinto (1999), Carneiro et al. (2001) e Pinto e González (2005)
Holanda	12,8 - 20,2	820 - 1.300	Lauritzen (1998), Brassink, Brouwers e Van Kessel (1996) e EU (1999)
Portugal	3,2 - 4,4	325 - 447	EU (1999) e Ruivo e Veiga (apud Marques Neto, 2009)
Suécia	1,2 - 6	136 - 680	Tolstay, Barklund e Carlson (1998) e EU (1999)

A grande quantidade dos resíduos encontrados em canteiro de obras é constituída por restos de areia e cimento (argamassa), alvenaria (tijolo), resto de concreto, cerâmica (piso e azulejo), gesso, madeira, aço etc., e o seu descarte é feito nos aterros sanitários por não ter valor econômico e interesse para suas formas recicladas. O resíduo de construção serve de matéria-prima para mistura com agregados de ótima qualidade, podendo ser utilizado em uma gama de variedades nos processos construtivos.

Em sua maioria, os países aplicam os resíduos do tipo agregado miúdo e graúdo que substitui em grande quantidade para realização de revestimento asfáltico para as camadas de pista de rolamento rodoviários urbanos. Constata-se que no Brasil, mais de 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico, o agregado utilizado para fazer a mistura asfáltica é originado das jazidas e são britados das rochas como o basalto, granito, gnaisse, calcário, etc., são processados em material britado com vários tamanhos e graduação específica.

Quando se constrói e se realiza a manutenção dos pavimentos existe uma grande utilização de agregados, nos quais normalmente é constituída de 90%, em peso, das misturas para pavimentação asfálticas.

Um dado importante é a produção e venda de ligante asfáltico “CAP” (Cimento Asfáltico de Petróleo) comercializado pela Petrobrás para utilização em obras de pavimentação no Brasil, teve um registro histórico em 2010, foram fabricados 2763 milhões de toneladas de asfalto onde teve um registro de crescimento de 32% em relação ao ano de 2009, onde podemos estimar um consumo 35 milhões de tonelada de agregados sendo extraídos de reservas naturais. Por outro lado, em 2011, a coleta de resíduos de construção teve um aumento 7,2% em relação a 2010, onde chega a 33 milhões de toneladas no Brasil, sendo realizadas apenas por órgãos públicos, sem incluir o serviço privado onde se concentra a maioria do resíduo gerado na construção civil (ABRELPE, 2014).

O aumento do consumo de matéria prima natural e com a crescente produção de resíduo de construção, as determinações da resolução nº 307 do CONAMA e da Política Nacional de Resíduos Sólidos, obtiveram interesse de empresários fez aumentar e discutir técnicas para melhor aproveitar os materiais reciclados.

4.1 A construção e a sustentabilidade

A construção civil é uma indústria com o maior impacto no meio ambiente, calcula-se que 50% dos recursos naturais extraídos estão correlacionados a construção, e também se responsabiliza por 15% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, com investimento acima de R\$ 90 milhões no período de um ano, criação de 62 setores de trabalho diretos, para cada 100, diminuindo o déficit habitacional e da infraestrutura, indispensáveis ao progresso. Normalmente a indústria da construção civil tem uma participação representativa na economia, mas ainda assim é um grande desagregador ambiental, por ser um consumidor de matéria prima, energia para seus processos construtivos e gerador de poluição em fases construtivas. (LINTZ, 2012).

A atual realidade demonstra a necessidade de criação de técnicas e equipamentos para processar o material reciclado que toda indústria da construção civil gera, por se tratar de um enorme poluidor, e ao mesmo tempo, um grande negócio economicamente viável. A adaptação para alcançar o desenvolvimento, obriga a indústria da construção se moldar sustentável.

Para Kilbert (1994) minimizar os agravantes ambientais da construção foi proposto os seguintes tópicos:

- Minimizar o consumo: Planejar com mais tempo para diminuir o consumo de matéria prima e a geração de resíduos;
- Maximizar os recursos: Retificar os produtos descartados para serem utilizados;
- Usar recursos renováveis e recicláveis: optar por materiais recicláveis ou cuja fontes de matéria-prima sejam renováveis;
- Proteger o meio-ambiente: evitar o uso de materiais cuja a utilização de recursos naturais ocasione danos ao meio ambientais, aproveitar a iluminação natural e ventilação e reaproveitar águas servidas, etc.;
- Procurar técnicas novas onde o ambiente seja autossustentável diminuindo a utilização de recursos naturais e minimizando o impacto gerado ao meio ambiente.

4.2 A criação de Resíduo da Construção Civil (RCC)

Para Santos (2008), a geração de resíduos da construção civil se inicia antes de qualquer obra. Quando observamos que a produção de insumos para a indústria da construção civil, consome recursos e também polui.

Podemos observar que existe uma crescente participação em resíduos de construção e demolição na participação do RSU (Resíduo Sólidos Urbanos), na Malásia corresponde a 28% dos RSU, na Austrália corresponde a 37%. Em países como Hong Kong, Kuwait e Reino Unido esses resíduos correspondem respectivamente a 38%, 58% e 60% de todo o resíduo sólido produzido, os Estados Unidos, calcula-se que o RCC representa de 10% a 30% dos resíduos gerados (COELHO, 2011).

Na China aproximadamente, 200 milhões de toneladas de sobra de concreto são fabricados durante um ano (XIÃO, 2012). Em Taiwan, aproximadamente 14 milhões de RCC são gerados por ano (ARAUJO, 2011). A cidade de Hong Kong, produz 15 milhões de RCC por ano segundo fontes de órgãos ambientais (CABRAL, 2011).

O macro complexo da indústria da construção civil é responsável por 40% dos resíduos gerados na economia (BRASILEIRO, 2013). Na União Europeia (EU), aproximadamente 850 milhões de RCC são produzidos por ano. Demonstrando uma parcela 31% dos resíduos da EU (FISCHER, 2009) também temos uma produção significativa nos Estados Unidos com cerca de 60 milhões e o Japão já são representados com uma parcela de 12 milhões (BRASILEIRO, 2013). Os resíduos representam de 20% a 30% da quantidade RCC produzido nos países de primeiro mundo (COSTA, 2007). Essas quantidades nos mostra a importância de aumentar o incentivo de reaproveitamento desses materiais através de processos de reciclagem implantado em cada país.

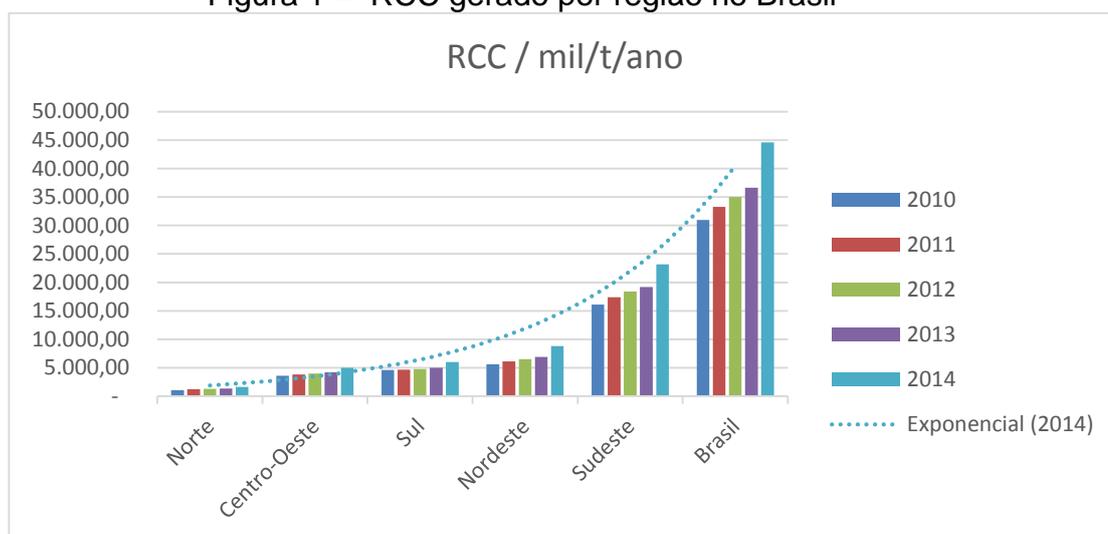
Em solo brasileiro a missão de quantificação é muito difícil, ao contrário dos outros países, por se tratar da informalidade que gera uma grande parcela de RCC. Dados estatísticos estão disponíveis e podem representar uma importância relevante dos RCC gerados em um município (MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, 2010). Contudo, em algumas das grandes capitais do Brasil, como Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador contêm deduções específicas. Essas capitais têm uma média de produção diária de RCC de 490 Kg por habitante, onde nos referimos a 31% de resíduos recolhidos nacionalmente segundo a Associação Brasileira de Empresas

de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Conforme informação da ABRELPE no ano de 2013, a geração de RCC nas cidades brasileiras correspondeu a 48% do total de RSU gerados em 2013.

Para Cabral (2009) o RCC constitui uma importante parcela do RSU, correspondendo em torno de 50%. Silva (2012), nos mostra que municípios representam 60% desse total. A Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) mostrou em seu Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2014, um comparativo estimando nos anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014 do RCC coletado no Brasil e nas suas cinco regiões. Os dados apontam apenas à coleta executada pelo serviço público, onde somente recolhem esses tipos de resíduos, sendo a responsabilidade da coleta e o seu destino final responsabilidade do gerador. Portanto em geral as projeções sobre tais resíduos não incluem os RCC originados das edificações demolidas e construções novas coletados por serviços privados, nos quais são constituídos pela maioria RCC gerado. Observa-se pela Figura 1 que, em 2011, a coleta de RCC aumentou 7,2% em comparação ao ano de 2010, em 2012, a coleta de RCC aumentou 5,0% em comparação ao ano de 2011, e no ano de 2013, a coleta de RCC aumentou 10,4% em relação ao ano de 2012 e em 2014, a coleta de RCC teve um aumento de 4,1% em comparação ao ano de 2013, chegando a aproximadamente 45 milhões de toneladas no Brasil, coletado pelos órgãos públicos.

A disposição dos RCC, motiva os impactos ambientais em locais ilegais nas grandes, médias e pequenas cidades, aumentando a sua disposição em aterros sanitários e prejudicando essas áreas, pois não possuem nenhuma aplicação. Isso tem sido motivo de debates e vem ampliando a visão de interesse por soluções sustentáveis. Além disso, a aplicação de leis ambientais passou a ser mais árdua com seus geradores de resíduos onde são responsáveis pelo destino, ocasionado assim a diminuição do desperdício e consolidando técnicas de reciclagem.

Figura 1 – RCC gerado por região no Brasil



Fonte: RCC coletado no Brasil (ABRELPE 2015)

4.3 A legislação do RCC

As ferramentas que são usadas nas políticas públicas de diminuição de resíduo são implantadas em vários estágios da construção, demolição e manejo de resíduos.

Murakami (2002), apontam exemplos de regras de uso público em vigor no globo terrestre, algumas pesquisas foram realizadas pelo WPPPC (*Working Party Pollution Prevention and Control*).

Incentivar a utilização de subprodutos originados de RCC reciclados.

- Oneração do tarifário na deposição de RCC em aterros sanitários;
- Maior seleção de RCC nas obras e deposição obrigatória nas unidades de reciclagem;
- Demolição controlada com a indicação do tipo de resíduo a ser gerado e sua destinação;
- Aumento significativo da taxa de matérias-primas proveniente de mineração;
- Verbas financeiras para unidades de tratamento dos resíduos;
- Padrões para uso de materiais reciclados

O Brasil em 05 de julho de 2002 começou a ter consciência e agregou a política pública para controle de resíduo. Passou a ser praticada a resolução do CONAMA, estabelecendo procedimentos na aplicação de um sistema de gestão

para controlar os resíduos da construção civil, agregando assim vários benefícios sociais, econômicos e ambientais.

A partir de 16 de agosto de 2004, a resolução nº 348 do CONAMA teve alteração no art. 3º, item IV, da Resolução nº 307, onde o texto fala que os resíduos de construção civil têm uma grande contribuição para a degradação ambiental das cidades quando depositados em locais impróprios. Ficando assim os municípios responsáveis pela sua correta destinação conforme a sua classificação.

Classe A – resíduos retornáveis como agregados, tais como:

- a) da construção, reformas, demolição, reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, incluindo material de solos oriundos de terraplanagem;
- b) da demolição, reformas e pequenos reparos de construção: partes cerâmicas, argamassa de cimento e areia e concreto;
- c) de peças pré-moldadas de concreto fabricadas nas obras;

Classe B – resíduos recicláveis para outra destinação, como papel/papelão, metais, vidro, madeira e outros;

Classe C – resíduo economicamente inviável a sua reciclagem sendo eles proveniente de gesso;

Classe D – resíduos que são perigosos, provenientes de tintas, óleos, solventes, materiais radioativos, materiais com amianto e outros que possam prejudicar a saúde.

Esta resolução atribui responsabilidade tanto para o poder público quanto para a iniciativa privada. A maioria das empresas de construção civil, são os grandes geradores do resíduo de classe “A”, essas empresas tiveram que aplicar em seus canteiros sistema de qualidade onde define a triagem para sua reciclagem e uso específico, temos como exemplo, separação e seleção de resíduos nos canteiros de obras, utilização de transporte devidamente cadastrado e área específica com a devida licença para o seu manuseio. O setor público especificamente as prefeituras, tem que disponibilizar de uma rede de coleta e destinação dos pequenos geradores desses materiais, onde são responsáveis por pequenas edificações, pois não consegue gerir o próprio resíduo, (ANGULO, 2011).

Um grande avanço que uniu forças com a Resolução nº 307 do CONAMA, em 2010, foi a publicação feita pelo presidente Luís Inácio Lula da Silva, da lei nº 12.305 de 02 de agosto 2010, após 21 anos de discussão no Congresso Nacional.

A Lei trata, e define de forma como o país terá que manter os seus resíduos, aumentando a reciclagem e a auto sustentabilidade. A Lei está fundamentada em princípios da responsabilidade de compartilhamento ao art.3º do inciso XVII, com a geração de resíduo, os responsáveis passaram a ser o gerador, transportador e receptor.

As diretrizes da PNRS são:

- Extinção total das áreas irregulares de disposição final de RCC em todo o território nacional;
- Implantação de locais de disposição e triagem, de reciclagem e de estoque adequada de RCC em todo o território nacional;
- Construir um inventário de resíduo de construção;
- Da reciclagem do RCC nos empreendimentos públicos e privados em todo o território nacional;
- Fomento a medida de redução da geração de rejeitos e resíduos da construção em empreendimentos de âmbito nacional.

Uma das metas mais relevantes e promissoras da PNRS é o fechamento dos lixões até 2014, sendo que, uma grande porcentagem dos municípios ainda não cumpriu ainda esta ordem. Os aterros sanitários nos municípios só poderão receber matéria orgânica.

O RCC deve ser destinado a aterros Classe A, onde se prever a sua utilização no futuro. Além disso, serão implantadas áreas de triagem, reutilização e reciclagem.

Os governantes tinham plena convicção que até 2014 todo os “bota-fora” (local para despejo de material de qualquer classificação e sem controle ambiental) fossem eliminados desta forma a indústria de reciclados poderia reverter o cenário e agregar valor ao seu produto reciclado.

4.4 O RCC e sua reciclagem

Na década de 80 com a falta de local para disposição de RCC na Europa, o processo de reciclar e diminuir o excesso de resíduos tornou-se uma prioridade na construção civil e várias políticas foram implantadas com o objetivo de sustentabilidade. (SILVA, 2013).

Pereira (2002) cita que, em Portugal, cerca de 76% do RCC são colocados em aterros, 11% é reutilizado, 9% são reciclados e 4% queimado, sendo assim, a quantidade de RCC reciclados/reutilizados (20%) é mínima em comparação a outros países da Europa que varia de 48% a 92%.

País, como Portugal, se destaca na questão de reciclagem e supera a Comunidade Europeia (CE), que estabeleceu até 2020, 70% do RCC deve ser reciclado (COELHO, 2013).

Outro país, a Irlanda, uma pequena parcela do RCC é utilizada para aterrar ou melhor, cobrir os aterros sanitários, e se esforça para diminuir a parcela que é despejada em locais inapropriados.

Sabai (2013), em sua pesquisa, afirma que na Tanzânia o RCC não é reciclado, e estudos sobre esse assunto ainda são limitados, e nos Estados Unidos, a reciclagem de RCC pode alcançar até 70%, já na Alemanha até 90% desses resíduos são reciclados.

O Brasil começou os estudos de reciclagem de RCC em 1983, e no final do ano de 1995 surgiram as primeiras usinas de reciclagem, que começaram efetivamente a operar, em escala industrial.

Conforme dados do IBGE (2010), dos 5.564 cidades brasileiras, 4.031 cidades (72,45%) possuem serviço de manejo dos resíduos de construção, onde 392 cidades que representa 7,05%, trabalham com algum tipo de triagem para esses materiais, 124 cidades, apenas 2,23%, têm a triagem simples desses resíduos reaproveitáveis classe A e B, em 14 cidades 0,25% possuem triagem e trituração mecânica dos resíduos classe A, em 20 cidades 0,36% constatou a triagem e moagem desses resíduos classe A, as cidades que possuem classificação granulométrica representam 1,42% ou melhor dizendo 79 cidades, onde o programa de reaproveitamento e aplicado na fabricação de outros matérias para aplicação na própria construção civil. Portanto uma parcela pequena de RCC dos municípios é levada para usinas onde e feita a reciclagem.

Com tudo isso a reciclagem desses materiais ainda não teve uma boa apreciação de órgãos públicos, espera-se que, quando a Política Nacional de Resíduos Sólidos entrar em vigor, esse raciocínio mude, pois, os municípios terão metas e prazos para o gerenciamento desses materiais estabelecidos pelo Governo Federal.

4.5 RCC e suas aplicações

A utilização de novas técnicas e pesquisas, vem trabalhando para desenvolver um compósito, como fonte de matéria prima o concreto reciclado, onde se destaca a redução de custo em todos os processos.

Vieira (2004) avaliou a viabilidade técnica e econômica da utilização de agregados reciclados provenientes de RCC, em concretos. Na pesquisa, um comparativo entre concreto fabricados com agregados de jazidas naturais e reciclados de usinas, onde a triagem tem uma grande homogeneidade, substituindo 50% e 100% de agregado, nas frações determinadas indicaram que os agregados oriundo de reciclagem com suas proporções devidamente pesadas e caracterizadas, melhoraram as propriedades do concreto.

Em algumas cidades brasileiras a reciclagem dos RCC já se tornou realidade, como na cidade de São Paulo, os RCC são reciclados e usados na substituição nos serviços de pavimentação de ruas e também para agregados adicionados a concretos. Em Belo Horizonte esses tipos de resíduos são bastante utilizados para fabricação de base e sub-base para pavimentação, e para fabricação de argamassas de uso universal.

De acordo com pesquisa feita por Noronha (2005), além das formas de reciclagem utilizadas nas cidades mencionadas, o entulho após triturar esses resíduos, agregam características para a sua reutilização em obras.

Em Salvador a sua utilização é para fabricação de argamassas, por apresentar um grande potencial de restos de concreto e argamassa diversas (LIMA, 2013).

Segundo Pinto (1999) observou em sua pesquisa feita em São Carlos-SP, a utilização de argamassa encontradas em depósitos espalhado pela cidade, verificou

que, o material apresenta bons resultados nos ensaios de resistência, mesmo com traços de cal na sua mistura, e foram observados alguns fatores:

- há reações pozolânica dos finos reativos dos resíduos, em presença da cal;
- e a maior velocidade de carbonatação

Zordan (1997) investigou a utilização do RCC na confecção de concretos, onde sua triagem foi feita através de concretos confeccionados em diversos tipos de traços e dosagem de água. A sua pesquisa revelou que essa miscelânea de materiais e variados estágios de cura, proporcionou a utilização desse concreto para peças não estruturais, como fabricação de peças pré-moldadas de uso decorativo e para uso urbano nos municípios.

Para Leite (2001) foi verificado o desempenho de concreto com diferentes frações de agregados, tanto graúdos como miúdos, no resíduo de construção. Foram considerados o comportamento em doses variadas para a substituição dos agregados de jazida por materiais reciclados em diversas proporções de água/cimento nas propriedades do estado fresco e endurecido. A pesquisa teve um resultado de viabilidade para a utilização do agregado na fabricação de concreto, conservando as suas propriedades mecânicas na tração, na flexão e deformação.

Na Europa, onde existem países com índices de reciclagem acima de 70%, grande parte dessa fração de RCC é destinada para nivelamento de terrenos ou sub-bases de estradas, raramente volta ao mercado para ser utilizado como concreto e argamassas (ÂNGULO, 2013)

A reciclagem dos RCC será bem-sucedida quando for determinado um método que exigirá bastante conhecimento relacionados a diferentes aspectos para fabricar um material de construção optativo e com valores acessíveis para sua comercialização.

4.6 Histórico do aglutinante hidráulico (cimento)

A pronuncia de cimento é originada do latim *CAEMENTU*, que significava na velha Roma uma pedra natural de material rochoso e deformada naturalmente. Sua origem foi datada à 4.500 anos nos grandiosos monumentos do Egito, onde a utilizavam como uma liga que tinha em sua mistura o gesso calcinado. Os romanos edificaram suas obras, como o Panteão e o Coliseu, utilizando o solo de origem

vulcânica trazidos das ilhas grega de Santorino e da cidade italiana de Pozzuoli, pois possuía propriedades de enrijecimento quando em contato com água.

O marco importante no desenvolvimento do cimento foi datado de 1756 por John Smeaton, que confeccionou material com uma resistência elevada através da calcinação de calcário moles e argilosos. No século seguinte em 1818 o francês Vicat obteve resultados parecidos aos de Smeaton, com a mistura de material argiloso e calcário. Na história ele foi considerado o inventor do cimento artificial.

No ano de 1824, o construtor Joseph Aspdin da Inglaterra queimou pedras calcárias com argila, onde as transformou num pó fino e foi observado que tinha uma mistura molhada, e após secar tornava-se tão dura quanto as rochas empregadas nas construções. A mistura não se dissolveu em água e esse fator deu origem ao nome de cimento Portland.

Em território brasileiro no ano de 1888 o comendador Antônio Proost Rodovalho instalou uma fábrica na fazenda Santo Antônio, localizada em Sorocaba-SP, que só teve seu funcionamento durante três meses e várias outras tiveram fracasso em sua produção. Em 1924 foi implantada uma fábrica na região de Perus – SP, pela Companhia Brasileira de Cimento Portland, e a primeira produção vendida para o consumidor em 1926. Após isso novas tecnologias surgiram e novas fábricas, que diminuiram os custos e viabilizaram o comércio do cimento no Brasil.

Atualmente o cimento Portland pode ser classificado em onze tipos distribuído no mercado sendo os principais destacados abaixo:

4.6.1 CP I – Cimento Portland Comum

É o tipo mais básico de cimento, indicado para uso em construções que não solicitem condições especiais e não apresentem ambientes desfavoráveis como exposição a águas subterrâneas, esgoto, água do mar ou qualquer outro local com a presença de materiais com sulfatos. A adição única presente no CP-I é o gesso. O gesso trabalha na composição como um diminuidor de pega, diminuindo a sua hidratação instantânea. A norma brasileira que atende é a NBR 5732.

4.6.2 CP I S – Cimento Portland comum com adição

O CPI-S, contém (clínquer+gesso), com adição menor de material pozolânico (de 1% a 5%). Isso fornece uma característica de diminuição da permeabilidade ocasionado à adição de pozolana. A norma brasileira que atende é a NBR 5732.

4.6.3 -CP II E - Cimento Portland composto com escória

Tem na composição básica (clínquer com gesso), adição de outro material a escória de alto-forno, onde a sua principal propriedade é de baixo calor de hidratação. A composição é definida a partir de 94% a 56% de clínquer com gesso e 6% a 34% de escória, e pode ter a adição de material carbonático no limite de 10%. A sua utilização é indicada na fabricação de estruturas que solicite uma liberação de calor mais lento. A norma que atende é a NBR 11578.

4.6.4 CP II – Z Cimento Portland com pozolana

É constituído com material pozolânico entre 6% até 14%, permitindo ao cimento uma diminuição permeabilidade, é bastante indicado o uso em obras subterrâneas, contém material carbonático de no máximo em 10% em massa. A norma brasileira que atende é a NBR 11578.

4.6.5 CP II-F Cimento Portland composto com pozolana

O CP II-F é composto de 90% a 94 % de clínquer com gesso, adicionado com 6% a 10% de material carbonático. Seu uso é indicado para estruturas de concreto em geral e argamassas de assentamento e revestimento, sendo sua utilização restrita a locais muito agressivos para a sua composição. A norma brasileira que atende é a NBR 11578.

4.6.6 CP III Cimento Portland de alto-forno

O CP III contém adição de escória na proporção de 35% a 70%, conferindo propriedades específicas entre elas: menor calor de hidratação, aumento de impermeabilidade e durabilidade, recomendado para obras de grande porte e

agressivas e para aplicação geral nas argamassas de assentamento e revestimento. A norma brasileira que atende é a NBR 5735.

4.6.7 CP IV Cimento Portland Pozolânico

O cimento CP IV contém pozolana na proporção de 15% a 50%. O alto índice de pozolana lhe permite uma alta impermeabilidade e durabilidade. O concreto fabricado com CP IV demonstra resistência mecânica superior ao concreto de cimento comum. A sua utilização é indicada principalmente em água corrente e ambientes agressivos a sua composição. A norma brasileira que atende é a NBR 5736.

4.6.8 CP V – ARI Cimento Portland de alta resistência inicial

O CP V – ARI é fabricado a partir de um clínquer de dosagem diferente de calcário e argila quando comparados aos demais. Essa particularidade em sua fabricação lhe dá uma característica muito importante de resistência durante os seus primeiros dias de consolidação atingindo até 26 MPa de resistência em 1 dia de idade. A sua aplicação é bastante solicitada em obras que precisam de uma solidificação mais rápida. A norma brasileira que atende é a NBR 5733.

4.6.9 Cimento Portland resistente a Sulfatos (RS)

Os tipos de cimento Portland mencionados anteriormente podem ser classificados como resistente a sulfatos, desde que, se enquadrem em umas das seguintes características a seguir:

1. Taxa de aluminato tri cálcico (C3A) do clínquer e teor de adições carbonáticas no máximo de 8% a 5% respectivamente;
2. Cimentos de tipo alto-forno que contém de 60% e 70% de escória;
3. Cimentos do tipo pozolânicos que contiverem entre 25% e 40% de material pozolânico;
4. Cimentos que contem resultados de longa duração e de obras que caracterizam a resistência aos sulfatos.

Esses cimentos são indicados para uso em meios agressivos a sulfatos, como rede de esgoto de águas servidas ou industriais, água do mar e em alguns tipos de solo. A norma brasileira que atende é a NBR 5737.

É definido como cimento um pó muito fino, propriedades de aglomerantes, aglutinantes ou ligantes e endurece quando em contato com a água tendo uma capacidade endurecimento e conservador de sua estrutura molecular, mesmo em contato novamente com a água.

4.6.10 Agregados Naturais

Os agregados são materiais que compõem a massa de cimento e água, para formar o concreto, tornando ele econômico. Atualmente representa cerca de 80% do peso do concreto.

Os agregados se classificam em graúdos e miúdos. Os graúdos são todos os agregados que seus grãos passam pela peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8 mm. Os agregados miúdos (areia de origem natural ou resultantes do britamento de rochas estáveis, ou mistas e seus grãos passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm. (ABNT NBR 7211).

A grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondem à abertura da malha quadrada em milímetros da peneira listada na Tabela 2 à qual correspondem uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% de sua massa. (ABNT NBR 7211).

Tabela 2 – Serie de Peneiras

Série Normal	Série Intermediária
ABNT 76 mm	-
-	ABNT 64 mm
-	ABNT 50 mm
ABNT 38 mm	-
-	ABNT 32 mm
-	ABNT 50 mm
ABNT 19 mm	-
-	ABNT 12,5 mm
ABNT 9,5 mm	-
-	ABNT 6,5 mm
ABNT 4,8 mm	-
ABNT 2,4 mm	-
ABNT 1,2 mm	-
ABNT 0,600 mm	-
ABNT 0,300 mm	-
ABNT 0,150 mm	-

Fonte: ABNT NBR 5734

Outro fator que define a classificação dos agregados é a sua massa específica aparente, onde podemos dividir nas seguintes classificações:

- Agregados leves (argila expandida, pedra-pomes, vermiculita)
- Agregados normais (pedras britadas, areia, seixos)
- Agregados pesados (Hematita, magnetita, barita)

A classificação dos agregados pode ser definida quanto a sua origem, onde podemos classificar como natural ou artificial. O natural, quando é encontrado na natureza pronto para ser utilizado como exemplo temos (seixos rolados, areia extraída de rios ou barrancos). Os artificiais quando temos um processo de industrialização para sua comercialização. (LATTERZA 2003)

4.6.11 Rejeito de Britagem

É considerada um subproduto do processo britagem de rocha atingindo a granulometria desejada, tendo como exemplo areia industrial ou areia artificial.

São constituídas principalmente de quartzo, a principais impurezas encontrada são os óxidos de ferro, minerais pesados e argilas. Podem variar bastante as suas propriedades físicas e composição química. Considera-se as melhores areias, as

encontradas de sedimentação dos solos como arenitos e quartzitos que com o passar dos anos contem ciclos de deposição e erosão.

Segundo Tiecher (2003) esse subproduto também chamado comercialmente de areia artificial é uma alternativa que causa menor degradação ao meio ambiente. Se utilizada para levantamento de alvenarias denota maior aderência que a areia natural por possuir uma característica própria de grãos angulares e ásperos.

Para Petrucci (1998), as areias de melhor qualidade são provenientes dos granitos e pedras com grandes parcelas de sílica. As areias originadas do basalto contêm muitos grãos na forma de placa ou agulha, que irão produzir argamassa áspera geralmente as menos trabalháveis, proporcionando maior aderência que a areia natural.

Dependendo da sua granulometria a areia artificial possui diversos usos conforme descrito abaixo:

- Areia fina (0,075 – 1,20) mm: Argamassa para levantamento de alvenaria, argamassa de revestimento e serviços em que são utilizadas as argamassas em geral;
- Areia média para grossa (0,075 – 4,80) mm: Concretos estruturais confeccionados em obras, pré-fabricados e serviços em que são utilizados os concretos; e
- Granilha de 4,8 mm com pequenas porcentagens de finos (<0,075): Chapisco para reboco de alvenaria, asfalto em geral, blocos pré-fabricados em geral e concretos compactados a rolo.

Cabe destacar, ainda, que a areia artificial é considerada um produto alternativo com melhor relação custo/benefício, em termos de redução de matéria-prima e custo total de uma obra, porque sua fabricação pode ser realizada nas pedreiras.

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2010), a produção de areia industrial beneficiada no Brasil, em 2015, foi de 4,6 Mt, com um valor em torno US\$ 13/t. O comércio internacional não é significativo. Os estados São Paulo e Santa Catarina são os maiores produtores (78%), seguido (16%); outros estados produtores com menos de 2%. O valor da produção de areia industrial em 2015 foi cerca de US\$ 60 milhões.

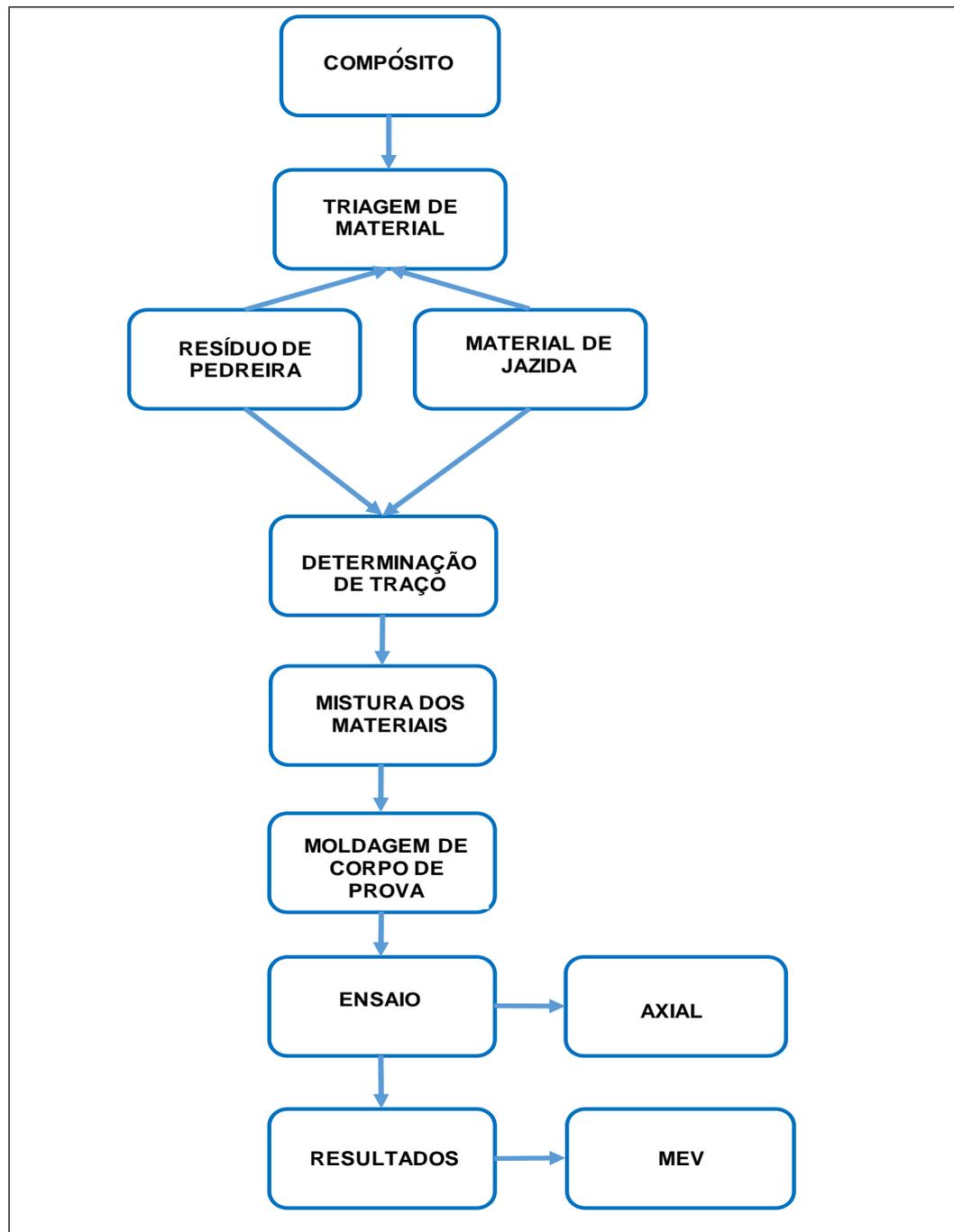
4.6.12 Água

A água é um insumo primordial na fabricação do concreto, responsável pelo endurecimento quando em contato com o cimento e usada em tanques para fazer cura. Este componente chega a representar 20% de seu volume.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de trabalho adotada está descrita conforme fluxograma das atividades na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma de Atividades



5.5.1 Triagem dos Materiais

Os materiais aplicados ao experimento foram: cimento, agregado graúdo (Brita), resíduo de britagem de pedreira, agregado miúdo (areia) e água.

As aquisições dos materiais foram feitas conforme descrito abaixo:

1. O cimento utilizado foi o CP-V (ARI) – Votorantim, comprado no comércio local.
2. A brita utilizada foi adquirida da pedreira Santa Luzia situada na Estrada Albertina Alves Gomes s/n – Fazenda Espigão – Itaguaí RJ.
3. A água utilizada foi da rede de abastecimento do SAAE de VR
4. A resíduo de britagem de pedreira foi comprado da pedreira PEDRA SUL – PETRA situada na Rodovia Presidente Dutra KM 189 – Queimados – RJ

5.5.2 Traço

Segundo Helene (1993), a separação em proporções dos materiais e seu comportamento dos conglomerados foram se alterando. Com a descoberta do cimento Portland, este fracionamento dos materiais de concreto denominado como traço, são definidos em peso ou volume. Em geral adota-se uma indicação mista onde o cimento em peso e os agregados em volume, tornando-se o cimento como unidade e relacionando as demais quantidades a sua quantidade.

Podemos determinar o traço conforme descrito abaixo:

- Traço em peso, comparado ao kg de cimento, obtendo-se o teor unitário;
- Traço em peso, comparado ao consumo de cimento para produção em m³ de concreto;
- Traço em peso, comparado ao saco de cimento;
- Traço dos agregados em volume, referido ao kg de cimento;
- Traço em volume, comparado ao litro de cimento;
- Traço em volume, comparado ao saco de cimento, utilizados comumente em obras;
- Traço em volume, comparado à quantidade de cimento por metro cúbico de concreto, utilizado para levantamento de custo.

O experimento teve a sua avaliação preliminar da mistura em betoneira do traço 1:2:3 em volume, referido ao litro de cimento.

A proporção do ensaio prevê a substituição do agregado miúdo areia de jazida por resíduo de britagem de pedra em nas proporções da tabela 3.

Tabela 3 - Proporção de substituição da areia industrial em volume

percentual de substituição do resíduo de britagem de pedra por areia de jazida	Traço
0%	1(cimento),2(brita),3 (areia)
25%	1(cimento),2(brita),3 (areia)
50%	1(cimento),2(brita),3 (areia)
75%	1(cimento),2(brita),3 (areia)
100%	1(cimento),2(brita),3 (areia)

Fonte: O Autor

5.5.3 Moldagem e Cura

De acordo com a NBR 5738 (ABNT,2015) foram adotadas para este experimento o molde cilíndrico com dimensões básicas de 100X200 mm com duas camadas e aplicação de 12 golpes por camada.

O concreto foi uniformemente distribuído dentro da forma antes do adensamento

A última camada deve sobre passar o topo do molde, para facilitar o acabamento e não sofrer interrupção na moldagem.

Os corpos-de-prova ficaram imersos em água saturada de cal ou em câmara úmida que tenha, no mínimo 95% de umidade ou ficar enterrados em areia saturada de água em todas ocasiões a temperatura deve ser de (23 ± 2) °C isso determinado pela NBR 9479.

No experimento foi adotado os corpos-de-prova imerso em água saturada de cal conforme figura 3:

Figura 3: Corpos de prova imersos em água saturada de cal



5.5.4 Ensaio de Compressão

Conforme a norma técnica NBR 5739 (ABNT, 2007) onde se refere à resistência à compressão de corpos-de-prova de concreto, foi moldado corpos-de-prova cilíndricos com dimensões de 100x200mm, na proporção de três para cada dosagem e idade.

Ao iniciar o ensaio conforme orientação da NBR 5739 é necessário fazer uma preparação dos equipamentos conforme descrita abaixo:

- Verificar o diâmetro utilizado para calcular área da seção transversal com exatidão de $\pm 0,1\text{mm}$, pela média de dois diâmetros, medidos ortogonalmente na metade da altura do corpo-de-prova;
- Determinar a altura do corpo-de-prova que deve ser medidas sobre seu eixo longitudinal, com precisão de 0,1 mm, incluindo capeamento;
- Verificar a limpeza da face dos pratos antes do início do ensaio;
- A escala de força escolhida para o ensaio deve ser tal que a força de ruptura do corpo-de-prova ocorra no intervalo em que a máquina foi calibrada;
- O carregamento de ensaio deve ser aplicado continuamente em sem choques físicos, com a velocidade de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s e constante durante o ensaio;

Os corpos de prova foi obedecendo as idades específicas, descritas na Tabela 4.

Tabela 4 – Tolerância de tempo para ensaio de corpo de prova

Idade do ensaio	Tolerância permitida (h)
1 d	0,5
3 d	2
7 d	6
28 d	24
63 d	36
91 d	48

Fonte: ABNT NBR 5739

Os resultados de resistência à compressão foram calculados através da seguinte equação (1) e expresso em Mega Pascal, com três algarismos significativos.

$$f_c = \frac{4F}{\pi \cdot D^2} \quad (1)$$

Onde:

- f_c é a resistência à compressão, em Mega Pascal;
- F é a força expressa em newtons;
- D é o diâmetro do corpo-de-prova, em milímetros.

Os relatórios de ensaios de corpos-de-prova moldados deve conter (ABNT NBR 5738)

- Número de identificação do corpo-de-prova
- Data da moldagem
- Idade do corpo-de-prova
- Data do ensaio
- Dimensões dos corpos-de-prova
- Tipo de capeamento empregado
- Classe da máquina de ensaio
- Resultado de resistência à compressão corpos-de-prova e do exemplar
- Tipo de ruptura do corpo-de-prova

Para esse ensaio foi utilizado o seguinte equipamento conforme figura 3:

Figura 3 - Prensa hidráulica de acionamento elétrico Mod. EMIC PCE 100C capacidade 100 tf (100.000 kgf)



5.5.5 Microscopia

A microscopia eletrônica de varredura determina as características dos corpos de prova quanto a sua microestrutura, as imagens ampliadas fazem parte dos fragmentos dos ensaios de compressão e foram obtidas em um Microscópio Eletrônico de Varredura HITACHI Figura 4, TM 3000, localizado nos laboratórios do UniFOA (Volta Redonda – RJ)

Figura 4: Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)



6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Resistência à Compressão

Conforme NBR 5739 (ABNT, 2007), os corpos de prova foram submetidos a ensaio de resistência à compressão simples e os seus resultados são apresentados nas tabelas 5, 6, 7 e 8.

Tabela 5: Resultados de corpos de prova no ensaio de resistência à compressão com idade de 7 dias

Corpo de Prova	Idade (dias)	% de Mat. Reciclado	Relação de Areia/Cimento	Resistência a Compressão (MPa)	Media da resistência (MPa)	Desvio padrão
1	7	0	1/3	12,40	12,867	0,6429
2		0		13,60		
3		0		12,60		
4		25		10,56	10,763	0,1795
5		25		10,90		
6		25		10,83		
7		50		12,56	12,553	0,2301
8		50		12,78		
9		50		12,32		
10		75		10,83	10,520	0,3005
11		75		10,50		
12		75		10,23		
13		100		7,92	8,393	0,5021
14		100		8,92		
15		100		8,34		

Fonte: (Autor, 2016)

Nos resultados apresentados na tabela 05, observa-se a redução da resistência à compressão do concreto nas proporções de 25 % com uma queda de 2,104 MPa de média em comparação com o concreto sem adição do agregado reciclado 0%.

Na adição de 50% de agregado reciclado a diferença diminuiu significativamente sendo o seu resultado mais satisfatório com uma diferença de 0,314 MPa em relação com o concreto sem adição de agregado reciclado.

O resultado da mistura com 75% de agregado reciclado tem uma grande proximidade com a mistura feita com a proporção de 25%, sendo a diferença de 2,347 MPa para a proporção do concreto se adição de agregado reciclado.

A mistura com 100% de agregado reciclado teve uma queda em média de 4,474 MPa em comparação a agregado sem adição de material reciclado, insatisfazendo a utilização quando comparado a mistura sem material reciclado.

Na análise feita do desvio padrão os resultados de melhor desempenho foram em concretos com adição de 25% de material agregado onde o desvio foi de 0,179 sendo que, o concreto que apresentou melhor resultado em comparação a amostra sem adição de agregado reciclado foi o concreto com adição de 50% onde o seu desvio padrão foi em 0,230.

Tabela 6: Resultados de corpos de prova no ensaio de resistência à compressão com idade de 14 dias.

Corpo de Prova	Idade (dias)	% de Mat. Reciclado	Relação de Areia/Cimento	Resistência a Compressão (MPa)	Media da resistência (MPa)	Desvio padrão
1	14	0	1/3	15,70	15,570	0,4784
2		0		15,97		
3		0		15,04		
4		25		12,60	12,030	0,5700
5		25		11,46		
6		25		12,03		
7		50		16,89	16,527	0,3166
8		50		16,38		
9		50		16,31		
10		75		9,27	11,123	1,6066
11		75		12,12		
12		75		11,98		
13		100		13,20	12,247	1,4484
14		100		10,58		
15		100		12,96		

Fonte: (Autor, 2016)

Nos resultados apresentados na tabela 06, observa-se a redução da resistência à compressão do concreto nas proporções de 25 % com uma queda de 3,54 MPa de média em comparação com o concreto sem adição do agregado reciclado 0%.

Na mistura de 50% de material reciclado foi obtido uma diferença, um ganho de resistência, sendo o seu resultado 0,957 MPa a mais em relação com o concreto sem adição de agregado reciclado.

O resultado da mistura com 75% de agregado reciclado tem uma grande proximidade com a mistura feita com a proporção de 25%, sendo a diferença de 0,907 MPa para a proporção do concreto sem adição de agregado reciclado.

A mistura com 100% de agregado reciclado teve uma queda em média de 3,323 MPa em comparação a mistura sem material reciclado, sendo insatisfatória a sua utilização em comparação ao agregado sem adição de material reciclado.

Na análise feita do desvio padrão os resultados de melhor desempenho foram em concretos com adição de 50% de material agregado onde o desvio foi de 0,316 e sua resistência de 16,527 MPa.

Tabela 7: Resultados de corpos de prova no ensaio de resistência à compressão com idade de 21 dias

Corpo de Prova	Idade (dias)	% de Mat. Reciclado	Relação de Areia/Cimento	Resistência a Compressão (MPa)	Media da resistência (MPa)	Desvio padrão
1	21	0	1/3	20,19	20,737	0,4744
2		0		20,98		
3		0		21,04		
4		25		16,93	17,160	0,3081
5		25		17,51		
6		25		17,04		
7		50		21,56	21,913	0,3086
8		50		22,13		
9		50		22,05		
10		75		16,97	16,840	0,2427
11		75		16,99		
12		75		16,56		
13		100		18,87	18,503	0,3182
14		100		18,30		
15		100		18,34		

Fonte: (Autor, 2016)

Nos resultados apresentados na tabela 7, observa-se a redução da resistência à compressão do concreto nas proporções de 25 % com uma queda de 3,577 MPa de média em comparação com o concreto sem adição do agregado reciclado 0%.

Na adição de 50% de agregado reciclado temos um aumento de resistência sendo o seu resultado mais satisfatório com uma diferença de 1,176 MPa em relação com o concreto sem adição de agregado reciclado.

O resultado da mistura com 75% de agregado reciclado tem uma perda de resistência com a mistura feita, sendo a diferença de 3,897 MPa para a proporção do concreto se adição de agregado reciclado.

A mistura com 100% de agregado reciclado teve uma queda em média de 2,234 MPa em comparação ao agregado sem adição de material reciclado, sendo insatisfatória a sua utilização quando comparado a mistura sem adição de material reciclado.

Na análise feita do desvio padrão os resultados de melhor desempenho foram em concretos com adição de 75% de material reciclado onde o desvio foi de 0,24 sendo que, o concreto que apresentou melhor resultado em comparação a amostra sem adição de material reciclado foi com adição de 50% onde o seu desvio padrão foi em 0,31.

Tabela 8: Resultados de corpos de prova no ensaio de resistência a compressão com idade de 28 dias

Corpo de Prova	Idade (dias)	% de Mat. Reciclado	Relação de Areia/Cimento	Resistência a Compressão (MPa)	Media da resistência (MPa)	Desvio padrão
1	28	0	1/3	23,40	23,290	0,5730
2		0		23,80		
3		0		22,67		
4		25		17,70	17,680	0,6002
5		25		18,27		
6		25		17,07		
7		50		20,89	21,830	0,8642
8		50		22,59		
9		50		22,01		
10		75		17,32	17,227	0,2250
11		75		17,39		
12		75		16,97		
13		100		19,00	18,790	0,3637
14		100		19,00		
15		100		18,37		

Fonte: (Autor, 2016)

Nos resultados apresentados na tabela 08, observa-se a redução da resistência à compressão do concreto nas proporções de 25 % com uma queda de 5,61 MPa de média em comparação com o concreto sem adição do agregado reciclado 0%.

Na adição de 50% de agregado reciclado a diferença diminuiu significativamente sendo o seu resultado mais satisfatório com uma diferença de 1,46 MPa em relação com o concreto sem adição de agregado reciclado.

O resultado da mistura com 75% de agregado reciclado tem uma perda de resistência com a mistura feita, sendo a diferença de 6.063 MPa para a proporção do concreto se adição de agregado reciclado.

A mistura com 100% de agregado reciclado teve uma queda em média de 4,50 MPa em comparação ao agregado sem adição de material reciclado, sendo insatisfatória a sua utilização em comparação ao agregado sem adição de material reciclado.

Na análise feita do desvio padrão os resultados de melhor desempenho foram em concretos com adição de 75% de material agregado onde o desvio foi de 0,23 sendo que, o concreto que apresentou melhor resultado em comparação a amostra sem adição de agregado reciclado foi o concreto com adição de 50% onde o seu desvio padrão foi em 0,86.

A análise feita na figura 5, onde a substituição do material reciclado foi de 75 % observou uma queda de 6,10 MPa que representa 26 % de perda em sua resistência à compressão.

A proporção que melhor se aproximou e possibilitou um melhor aproveitamento do material reciclado foi a de 50 % de substituição onde temos uma perda de 1,50 MPa que representa 6% de sua resistência à compressão.

Figura 5: Relação de resistência a compressão com o percentual de material reciclado na mistura aos 28 dias



Fonte: (Autor, 2016)

6.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A amostra dos corpos de prova fragmentada foi submetida ao ensaio do MEV e foi escolhida em função de seu melhor resultado apresentado nos ensaios de compressão, foi utilizado assim uma amostra com percentual de 50% de agregado reciclado e idade de 28 dias, conforme as figuras 6 e 7.

Verificou-se também para efeito de comparação a amostra sem a utilização do agregado reciclado com idade de 28 dias, de acordo com as figuras 8 e 9.

A estrutura do concreto é formada de cimento, agregado e também da sua zona de contato conhecida como interface aglutinante junto ao agregado, isso acontece quando existe a formação de uma película de água ao redor do agregado.

Segundo Monteiro (1993), com o aumento da relação a/c (relação de água e cimento) com os cristais formados apresentam tamanhos relativamente maior que os produtos existentes na matriz, o que torna a estrutura da interface mais porosa.

Conforme pode ser visto nas figuras 6 e 7, existe uma interface entre o aglutinante hidráulico e o agregado gráudo, que permite observar a falta de aderência entre os materiais. Foi encontrado também uma grande parte de porosidade devido a variação do material de granulometria heterogenia em substituição da areia de jazida por areia industrial (subproduto de britagem) na proporção de 50%, permitindo uma queda de resistência à compressão do compósito ensaiado, estando de acordo com o trabalho de (NEVILLE, 1997).

Figura 6: Ampliação de 500X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 50% de material reciclado.

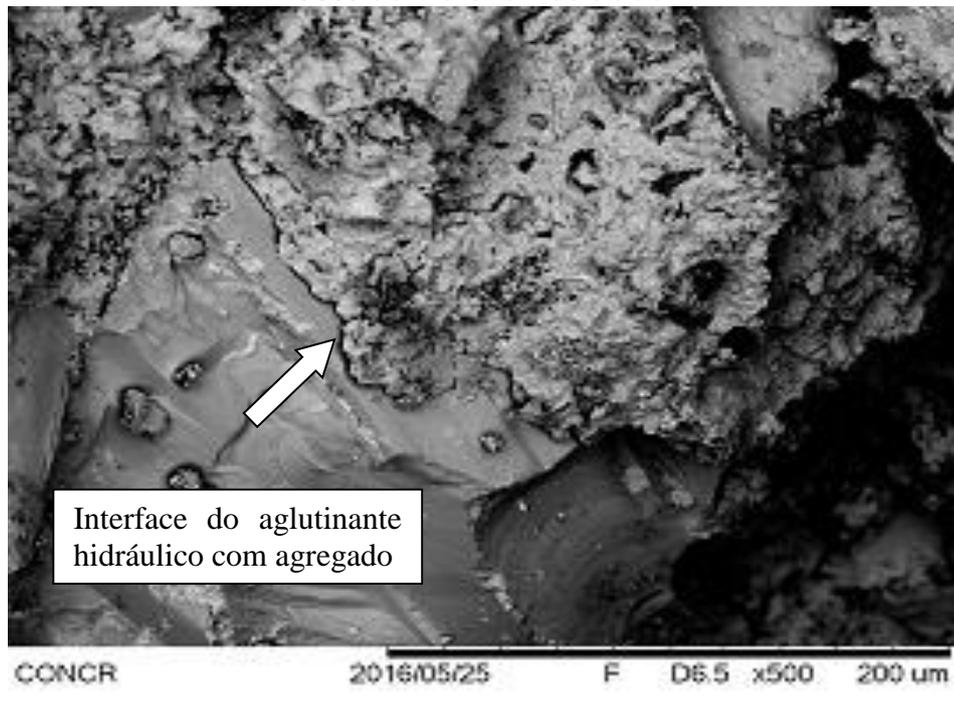
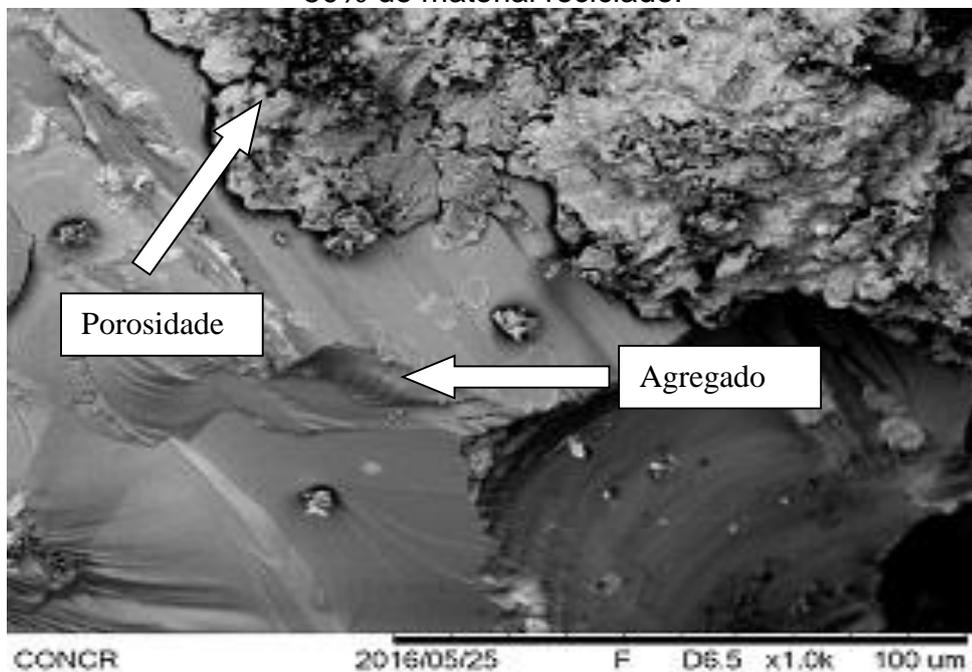


Figura 7: Ampliação de 1000X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 50% de material reciclado.



No fragmento dos corpos-de-prova extraído da amostra do traço com a dição de 0% de material reciclado, pode-se observar na figura 8 e 9 que existe uma homogeneidade entre a mistura do cimento com a areia, onde se chama de pasta, mas observou também uma grande quantidade de material solto conforme se identifica como material poroso. Isso pode ocorrer pela falta de hidratação do concreto ou uma falha na mistura dos componentes do concreto, diminuindo a sua capacidade de resistência ao ensaio de compressão.

Figura 8: Ampliação de 500X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 0% de material reciclado.

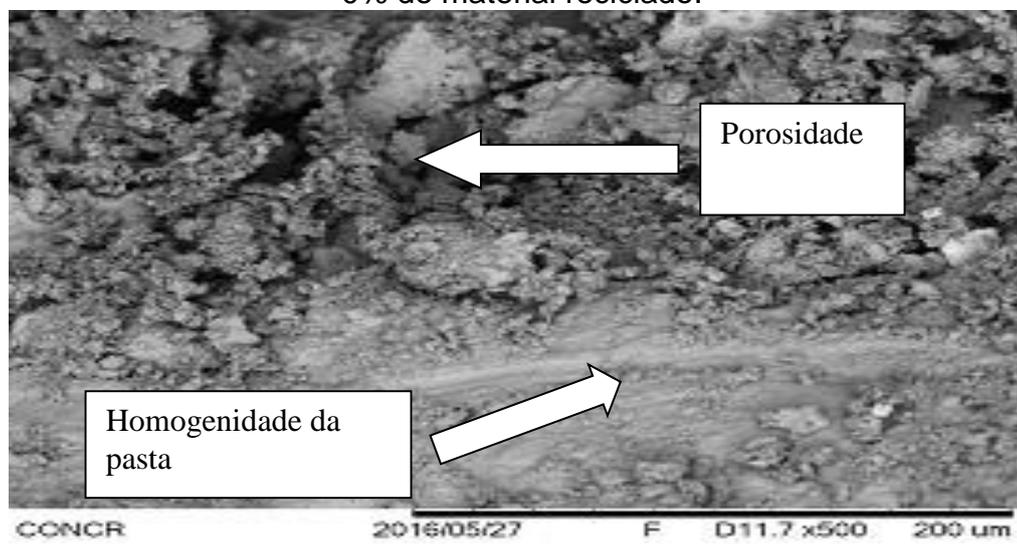
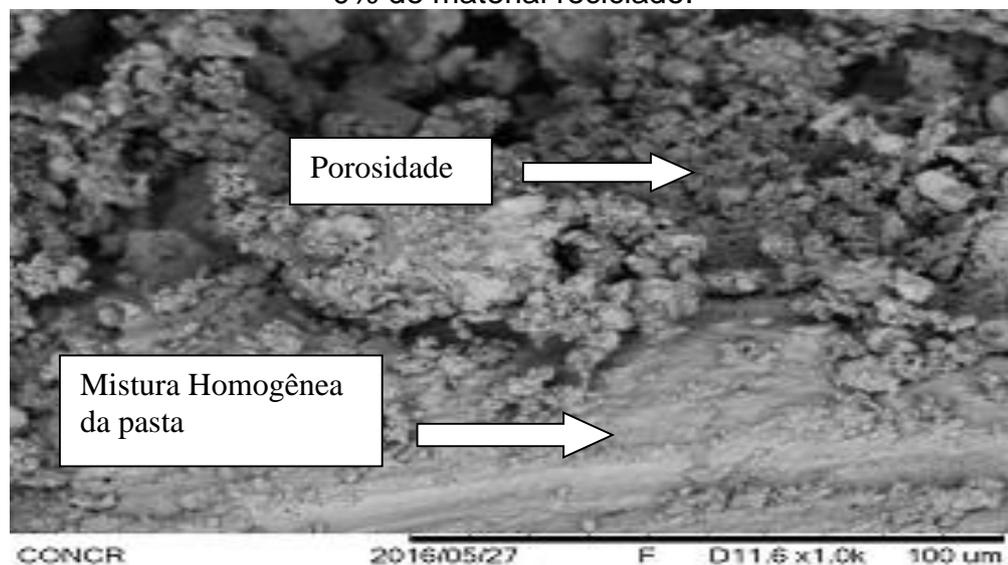


Figura 9: Ampliação de 1000X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 0% de material reciclado.



A figura 10 apresenta alguns pontos de mistura homogênea da pasta do aglutinante hidráulico com o agregado e apresenta uma grande quantidade de porosidade e material desagregado.

A figura 11 mostra que há um grande índice de material solto com formas variadas, onde apresenta uma baixa aderência ao aglutinante. A mistura de água e cimento aparece em pontos isolados e o agregado graúdo entre esses materiais. Essa observação conclui os resultados dos ensaios com uma baixa resistência à compressão.

Figura 10: Ampliação de 100X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 25% de material reciclado

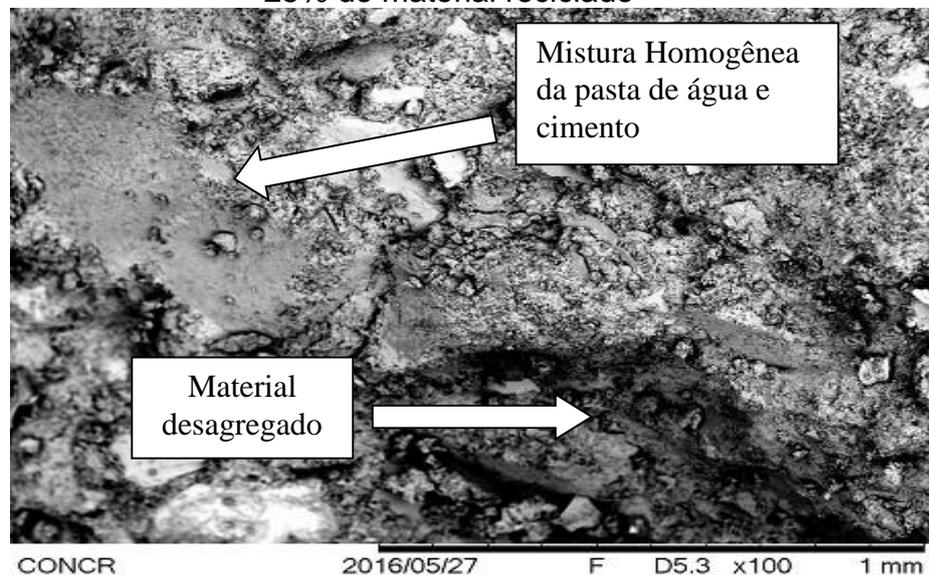
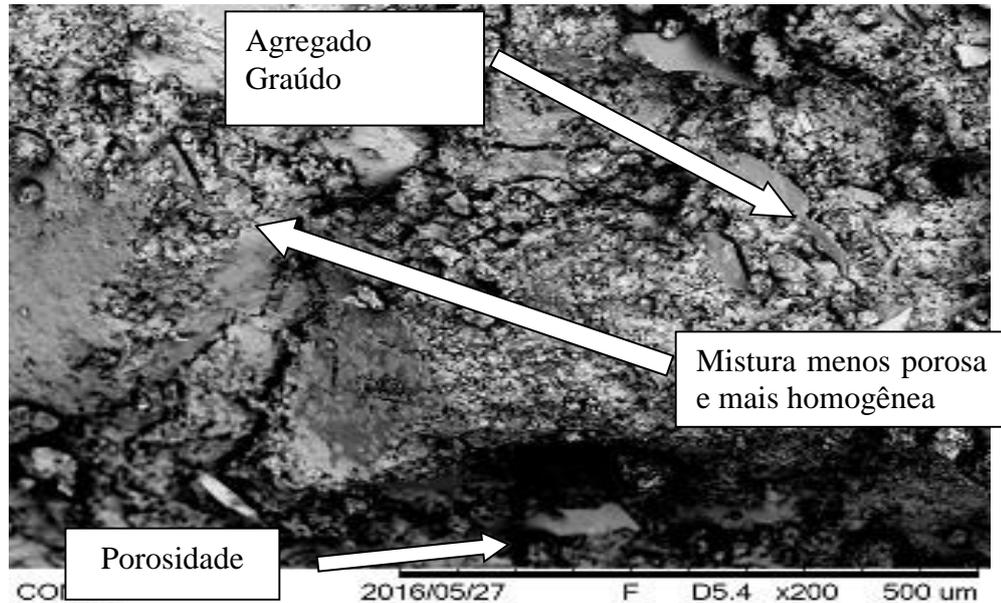


Figura 11: Ampliação de 200X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 25% de material reciclado



O fragmento da amostra de 75% de material reciclado indica um grande índice de material desagregado e uma baixa formação de pasta do aglutinante hidráulico (água e cimento). Nas figuras 12 e 13 pode-se observar a desagregação dos materiais e um grande aumento de vazios e poros. Isso diminui expressivamente a resistência à compressão do composto.

Figura 12: Ampliação de 100X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 75% de material reciclado

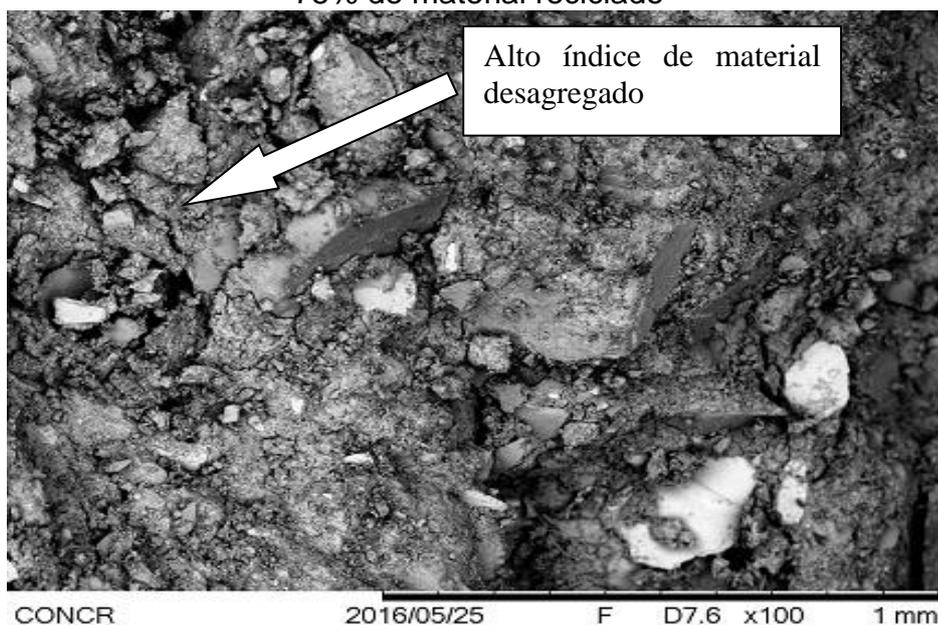
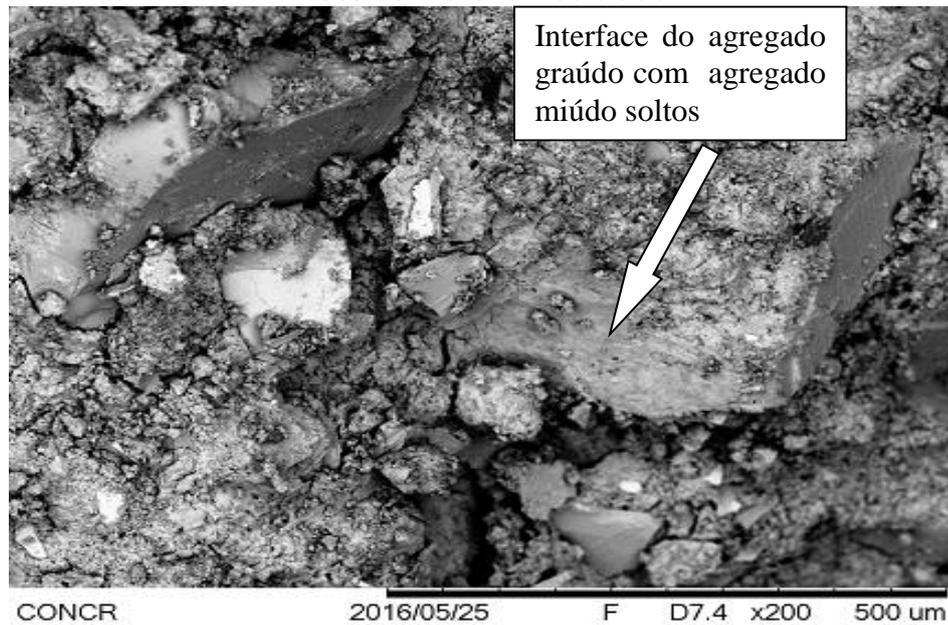
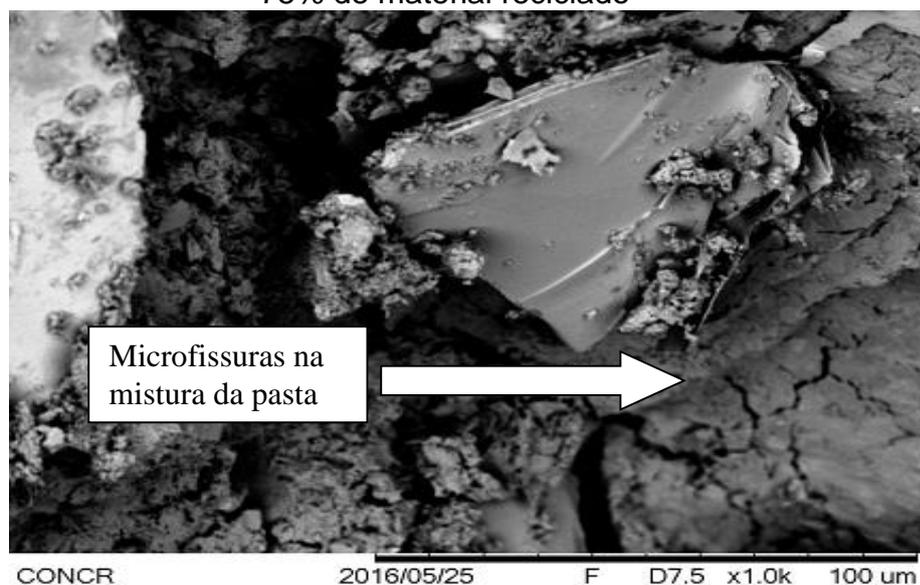


Figura 13: Ampliação de 200X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 75% de material reciclado



A figura 14 apresenta uma particularidade no compósito que é o aparecimento de microfissuras na composição da pasta do aglutinante hidráulico. Este fator pode ser associado a falta de hidratação e ao baixo índice de a/c (água e cimento) aumentando assim a sua baixa resistência à compressão.

Figura 14: Ampliação de 1000X do fragmento de corpo de prova com a utilização de 75% de material reciclado



7 CONCLUSÕES

A substituição do agregado de jazida natural por agregado artificial para a elaboração de um compósito mostrou-se satisfatório e viável em aplicações não estruturais.

A partir dos resultados obtidos considerou-se que a substituição do agregado miúdo de jazida na proporção de 50% por agregado reciclado, obteve uma perda de resistência mecânica em comparação a mistura matriz (0% de material reciclado), mas foi a menor perda de resistência à compressão, reduzindo para 9% a sua resistência.

O compósito ensaiado sem adição de material reciclado teve um resultado de 23,29 MPa onde caracteriza um compósito com limitações para sua utilização em peças estruturas.

O traço com adição de 50% de material reciclado, a diferença diminuiu significativamente onde obteve uma perda de 1,46 MPa em comparação ao traço do compósito matriz;

Os ensaios onde a substituição foi proporcional de 25% e 75% do material natural pelo o material reciclado apresentou diversos fatores que ocasionaram a sua inutilização. Um dos principais fatores foi o resultado de resistência à compressão que foi insatisfatório em relação a mistura matriz.

O traço realizado com a proporção de 25%, apresentou uma perda de resistência a compressão do compósito de 5,61 MPa na comparação com o traço matriz.

A adição de 75% de material reciclado ao traço fez aumentar a sua perda de resistência a compressão, com uma diferença de 6,06 MPa comparando com o traço matriz.

Com o aumento da substituição do agregado de jazida por agregado artificial houve uma perda de resistência mecânica da mistura, onde a substituição de 100% de material reciclado teve uma perda de 20% de sua resistência nos ensaios.

Pode-se concluir que a utilização de agregado reciclado (areia industrial) para a confecção de um concreto compósito tem viabilidade de aplicação na proporção de 50% de utilização de material reciclado, pois os seus resultados foram os mais

próximos do concreto compósito sem adição de material reciclado. Esses fatores irão contribuir e proporcionar o consumo de um subproduto e a diminuição dos resíduos gerados que contribuem para melhorar os índices de impacto ocasionados pela indústria da construção civil.

8 TRABALHOS FUTUROS

Em tempos atuais a escassez de recursos naturais vem diminuindo gradualmente a cada ano e a utilização de materiais considerados subprodutos vem cada ano ganhado o seu espaço nas áreas de pesquisas e na economia mundial.

A política ambiental vem contribuindo para que o desperdício tenha um impacto cada dia menor ao meio ambiente e uma parcela importante na sociedade.

Pesquisas de novos materiais surgem com a utilização de materiais já processados, mas descartados e altamente poluidores, gerando assim sempre uma grande preocupação para os pesquisadores.

O estudo apresentado objetivou a criação de um concreto compósito com a utilização de um subproduto originado de pedra para confecção de peças não estruturais.

O concreto de compósito com a utilização de areia artificial ou industrial nos ensaios mostrou um comportamento satisfatório com a utilização na proporção de 50% de material reciclado em comparação ao traço matriz e a sua utilização poderá ser aplicada a peças de âmbito não estrutural na área da construção civil.

Essas aplicações podem ser melhoradas em ensaios com outras proporções e materiais que possam estabilizar a sua característica de resistência à compressão e viabilizando algumas peças estruturais, que possam ser ensaiados quanto a sua resistência a abrasão.

Um dos grandes fatores que se pode destacar aqui é a capacidade de diminuir o impacto ambiental que o setor da construção civil vem ocasionando ao meio ambiente no decorrer dos anos. Portanto, a pesquisa de novos materiais e técnicas no setor da construção civil tem melhorando cada vez mais a sua capacidade de pesquisar e desenvolver novos materiais para suprir essa necessidade emergente.

O compósito aqui estudado almeja uma evolução na linha de pesquisa para novos estudos com os mais variados subprodutos encontrados sem utilização nos canteiros de obras, pedreiras, bota-foras entre outros, aumentando assim a viabilidade econômica de políticas ambientais públicas e despertando interesse em empresas que buscam a excelência ambiental em seus propósitos institucionais.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. Associação Brasileira De Cimento Portland. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 24p. Disponível em:http://www.abcp.org.br/conteudo/wp-content/uploads/2009/12/BT106_2003.pdf.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5.732 – **Cimento Portland comum – especificação**. Rio de Janeiro 1991.5p.

ABRELPE, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011**, disponível em <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2011.pdf>. Acesso em 20/01/2014.

ABRELPE, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**, disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>, acesso em 18/05/2016.

ANGULO, **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**, Tese Dr., Universidade de São Paulo (2005) 167p.

ANGULO, S.C., **Ambiente Construído** 13, 2 (2013) 61

ANGULO, S.C., TEIXEIRA, C.E., NOGUEIRA, T.P., **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 16, 3 (2011) 299.

ARAUJO T. R., **Aspectos e quantitativos dos resíduos de construção e demolição (RCD) na cidade de campina grande**, (Dissertação de. Mestrado), Universidade Estadual da Paraíba, PB (2011) 82p.

BAPTISTA, **Bituminous Mixtures Recycled by Heat in a Plant e Contribution to Its Study and Application** (in Portuguese), Tese Dr., Univ. Coimbra. Portugal (2006) 165p.

BERNADES, A. THOMÉ, P. D. M. PRIETTO, Á. G. ABREU, **Ambiente Construído** 8, 3 (2008) 65.

BERNUCCI, L. M. G. MOTTA, J. A. P. CERATTI, J. B. SOARES, **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros (1ª Ed.)**, PETROBRAS, ABEDA, Rio de Janeiro (2008) 496.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. S.I: 2002. 33-34p.

BRASILEIRO, **Utilização de Agregados Reciclados Provenientes de RCD em Substituição ao Agregado Natural no Concreto Asfáltico**, (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Piauí, PI (2013) 118p.

BUTTLE, A.M. **Concreto com agregado graúdos reciclados de concreto- Influência da Idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

CABRAL, A.E.B., SCHALCH V., DAL MOLIN, D.C.C. RIBEIRO, J.L.D., RAVINDRARAJAH, R.S., **Cerâmica** 55, 336 (2009) 448.

CABRAL, K. M. V. MOREIRA, **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**, Sinduscon-CE (2011) 44p.

CABRAL, **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade do RCD**, Tese Dr., Eng. Ambiental, Universidade de S. Paulo (2007) 254p.

Casa Civil. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**, mediante a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: Http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acessado 14/03/2015.

COELHO, A., BRITO, J., **Cleaner product**. **39** (2013) 338

COELHO, A., BRITO, J.D., **Waste Manager**, **Res. 29, 7** (2011) compressão. Rio de Janeiro, 1996. 8p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI, **Visão da Indústria Brasileira sobre a Gestão de Resíduos Sólidos, Brasília** (2014) 218p. **construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Classificação**. 2004.corpos-de-prova. Rio de Janeiro. 2008. 9p.

COSTA JUNIOR, N. LUNA, M., SELIG, P., ROCHA, J., **Engenharia Sanitária Ambiental 12, 4** (2007) 446.

COSTA, **Resíduos de Construção e Demolição: fatores determinantes para a sua gestão integrada e sustentável**, (Dissertação de Mestrado), Universidade Nova de Lisboa (2014) 58p.

CUNHA, J. C. S., **Traços de Concreto sem função estrutural com adição de entulho**, (Dissertação de Mestrado) – Volta Redonda: UniFOA 2015

DURAN, X., LENIHAN, H., O'REGAN, B., **Resources, Conservation and Recycling** **46,3** (2006) 302.

EVANGELISTA, P.P.A., COSTA D.B., **Ambiente Construído** **10**, 3 (2010) 23.

FERNANDES, A.V.B., AMORIM, J.R.R., **Caderno de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas Unit 2**, 1 (2014) 79.

FISCHER, M. WERGE, **EU as a Recycling Society: Present recycling levels of Municipal Waste and Construction and Demolition Waste in the EU**, ETC/SCP, Copenhagen (2009) 73p.

HALMEMAN, M.C.R., SOUZA, P.C., CASARIN, A.N., **Revista Tecnológica, Ed. Especial ENTECA** (2009) 203.

IBGE, (2010), Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, **Censo 2010**. Disponível em: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Janeiro, 2009, 12p.

JOHN, V.M. **“Aproveitamento de resíduos como materiais de construção”**, (2000)

CARNEIRO, A.P., BRUM, I.A.S., CASSA, J.C.S., (Org), **Reciclagem de resíduo para a produção de materiais de construção. Projeto resíduo bom**, Caixa Economica Federal, Salvador, BA (2001).

KARPINSK, A. PANDOLFO, R. REINEHR, Ju.KUREK, L. PANDOLFO, J. GUIMARÃES, **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil uma abordagem ambiental**, EDIPUCRS, Porto Alegre (2009) 163p.

KILBERT, **Principles of Sustainable Construction**, Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction, 6-9 November, Tampa, FL, EUA (1994) 1-9.

KOU, C. S. POON, D. CHAN, **Properties of steam cured recycled aggregate fly ash concrete**, in: Proc. RILEM Int. Conf. Use Recycled Mater. Build., Barcelona, Spain (2004) 590.

LACERDA, C. **Traços de argamassa utilizando escória de aciaria elétrica**, (Dissertação de Mestrado) – Volta redonda: UniFOA 2015

LEITE, **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**, (Tese Doutorado)., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS (2001) 270p.

LEVY, S.M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduo de concreto e alvenaria**. São Paulo, 2001. P199 tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo PCC.USP.

LIMA, A.S., CABRAL, A.E.B., **Engenharia Sanitária Ambiental** 18, 2 (2013) 169.

LIMA, **Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassa**, (Dissertação de Mestrado). UFPB, J. Pessoa, PB (2005).

LUZ, LINS F.A.F, **Areia Industrial**, Cap. 5 Revisado.

MARCHI, C.M.D.F., **Perspectiva Gestão Conhecimento 1, 2** (2011) 118.

MARQUES, **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na Bacia Hidrográfica do Turvo Grande**, (Tese de Doutorado), Escola de Engenharia de S. Carlos, SP (2009) 629p.

MARTINHO, M.G., **Manual Prático para a Gestão de Resíduos**, Verlag Dashöfer, Portugal (2009).

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, **Projeto internacional de cooperação técnica para a melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil - BRA/OEA/08/001** (2010) 320p.

MIRANDA, L. **Ambiente Construído 9, 1** (2009) 57.

MORAIS, **Diagnóstico da deposição clandestina de Resíduos de Construção e Demolição em bairros periféricos de Uberlândia: Subsídios para uma gestão sustentável**, (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia (2006) 201p.

MURAKAMI, S., **“Sustainable building and polyci design”**, Tokyo Inst. Int. **Building Housing** (2002) 16p

NBR 10.004 – **Resíduos Sólidos**: classificação. 2004.

NBR 12.655 – **Concreto**: preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 1996,7p.

NBR 15.116 – **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Classificação** 2004.

NBR 5.738 – **Concreto**: procedimento de moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro. 2008. 9p.

NBR 7.211 - **Agregados para Concreto**: especificação. Rio de Janeiro, 2009, 12p.

NBR 7.214 - **Normal para ensaio de cimento**. Rio de Janeiro. Janeiro.

NBR 7.215 - **Cimento Portland**: determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996. 8p.

NBR 7.219 – **Agregados**: determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro, 1987. 8p.

NBR 7.222 – **Argamassa e concreto**: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.3p.56

NBR 9.935 – **Agregados**: terminologia. Rio de Janeiro,1987 6p

NORONHA, L. GASPARINI, M. CRISTINA, **Reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos da construção civil**, FUMEC (2005).

OLIVEIRA, O. MENDES, **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: estudo de caso da Resolução 307 do CONAMA**, disponível em: <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/> , acesso em 10/01/2016.

PALMEIRA, **Soluções de Baixo Custo Envolvendo Geossintéticos e Materiais Alternativos em Obras Geotécnicas e de Proteção Ambiental**, in Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Gramado (2010) 16.

PEREIRA, **Construction and Demolition Waste recycling: The Case of the Portuguese Northern Region**, (Dissertação de Mestrado), Minho Univ., Portugal (2002) 87p.

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

REIS, **Incorporação de resíduos industriais em massa cerâmica usada na fabricação de tijolos**, (Dissertação de Mestrado), Univ. Est. Santa Catarina, SC (2006) 71p.

Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001. Dispõe sobre o estabelecimento do código de cores para diferentes tipos de resíduos, a ser adotados na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília: Diário Oficial da União, edição de 19 de junho de 2001.

Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.

SABAI, M.M., **Residuo Construction Recycling** 72 (2013) 9.

SANTOS, **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no Município de Petrolina (PE)**, (Dissertação de Mestrado) Universidade Católica de Pernambuco (2008) 58p.

SCHNEIDER, D.M., PHILIPPI Jr, A., **Ambiente Construído**4, 4 (2004) 21.

SILVA, R. MALHEIROS, A. C. CAMPOS, **A reciclagem e o destino final dos resíduos sólidos de construção e demolição produzidos no município de Goiânia**, in: IV Cong. Bras. Gestão Amb., Salvador, BA (2013).

SILVA, V. A., FERNANDES, A.L.T. **Sociedade e Natureza** 24, 2 (2012) 333.

TAKAHASHI, **Utilização da escória de alumínio na fabricação de argila expandida**, Diss. Mestrado, IPEN, SP (2006) 82p.

TIECHER, PANDOLFO A., PANDOLFO M. L., **Método Experimentais de Dosagem para Concreto Convencional Utilizando Areia Industrial e Demais Agregados da Região de Passo Fundo**, I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável- 2004 São Paulo - SP.

VIEIRA, G.L. **Ambiente Construído** 4, 4 (2004) 47.

WILLIAN, D. CALLISTER Jr – **Ciência e Engenharia de Materiais**, 5ªED. LTC, 1999. 623p.

XIÃO, W. LI, Y. FAN, X. HUANG, **Const. Build. Mater.** 31, 6 (2012) 364 1982.
7p.Acesso em: 14/03/2015.

ZHU, S. WU, J. Z. D. WANG, **Construc. Build. Mater.** 29 (2012) 466.

ZORDAN, **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto,**
(Dissertação de Mestrado), Fac. Eng. Civil, Universidade Estadual de Campinas,
Campinas (1997) 140p.