MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil

Henrique Teixeira Godoi de Barros

Resíduos de Construção e Demolição: Aspectos e Diretrizes

Ouro Preto
2017

Henrique Teixeira Godoi de Barros

Resíduos de Construção e Demolição: Aspectos e Diretrizes

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil

Área de concentração: Gestão de Materiais

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cezar de Oliveira

Co-Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves

Ouro Preto
2017

B277r Barros, Henrique Teixeira Godoi.
Resíduos de construção e demolição [manuscrito]: aspectos e diretrizes / Henrique Teixeira Godoi Barros. - 2017.

67f.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Oliveira.
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. Cidades e vilas - Resíduos sólidos. 2. Construção civil - Resíduo. 3. Desenvolvimento Sustentável. 4. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.). I. Oliveira, Julio Cezar. II. Alves, Luiz Fernando Rispoli. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Titulo.

CDU: 624

Catalogação: ficha@sisbin.ufop.br

Henrique Teixeira Godoi de Barros

Resíduos de Construção e Demolição: Aspectos e Diretrizes

Monografia de conclusão de curso para obtenção do Grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto, defendida e aprovada em 22 de março de 2017, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Júlio Cezar de Oliveira (D.Sc.) – Orientador – UFOP

Prof. Luiz Fernando Rispoli Alves (D.Sc.) – Co-orientador – UFOP

Prof. Geraldo Donizetti de Paula (D.Sc.) – UFOP

Prof. Jaime Florêncio Martins (D.Sc.) – UFOP

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar o meu caminho durante essa caminhada.

À minha mãe Vanilda, exemplo de luta, amor e perseverança.

Ao meu Avô Raul (*In memorian*) eterna gratidão.

À minha madrinha Tete, pelo apoio incondicional.

Ao professor Julio Cezar de Oliveira, pela amizade, ensinamentos, confiança e orientação.

Ao professor Luiz Fernando Rispoli Alves, pela disponibilidade, co-orientação e incentivo.

Ao PET CIVIL, pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional ao longo dos ultimos 3 anos.

À Fundação Gorceix, pelo apoio.

Aos tutores do PET CIVIL, Jaime Florêncio Martins e Geraldo Doninzetti de Paula, pelo aprendizado e convivência.

À Universidade Federal de Ouro Preto, pelo ensino de qualidade.

A todos os professores, pelo aprendizado.

Aos amigos Eduardo Mendes, Marcio Eli, Filipe Guerra, Marcus Vinicius, pela amizade e coordialidade.

RESUMO

O crescimento populacional das cidades brasileiras provocou um aumento significativo na geração dos resíduos sólidos urbanos. Serviços como coleta e destinação final se consolidaram como ferramentas indispensáveis para a garantia do bem estar social. A engenharia civil é uma atividade fundamental para o desenvolvimento social e econômico de uma região. Entretanto, o setor é um dos grandes responsáveis pelo consumo das reservas naturais e elevada geração de resíduos. Nesse contexto, a efetivação de normas capazes de regulamentar as atividades da construção civil se tornaram necessárias. A aprovação da resolução 307 de 2002 pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) se consolidou como um marco para a regulamentação da atividade no Brasil. Os resíduos de construção e demolição apresentam elevado potencial de reciclagem e reuso. Desenvolver soluções que privilegiem a redução de custo, aliado a minimização dos impactos ambientais, pode significar um grande avanço rumo ao desenvolvimento sustentável.

Palavras chave: Resíduo Sólido Urbano, Resíduo de construção e demolição, Destinação Final, Reciclagem, Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The population growth of Brazilian cities has caused a significant increase in the generation of urban solid waste. Services such as waste collection and final disposal are consolidated as indispensable tools for keeping social welfare. Civil engineering is a fundamental activity for the social and economic development of a region. However, the sector is one of the main responsible for the consumption of natural reserves and high waste generation. In this context, the implementation of regulations capable of regulating civil construction activities became necessary. The approval of resolution 307 of 2002 by the National Environment Council (CONAMA) was considered a milestone for the regulation of the activity in Brazil. Construction and demolition waste presents a high potential for recycling and reuse. Developing solutions that favor cost reduction, in addition to the minimization of environmental impacts, can be a major step towards sustainable development.

Key words: Urban Solid Waste, Construction and demolition waste, Final disposal, Recycling, Sustainable development.

SUMÁRIO

1 Introdução 8

2 Objetivos 10

3 Referencial Teórico 11

3.1 Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) 11

3.1.1 Definição e Classificação 11

3.1.2 Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) 13

3.1.3 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) 13

3.1.4 Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 14

3.1.5 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos na Região Sudeste 16

3.2 Construção Civil no Brasil 19

3.2.1 Cenário Atual (2015-2016) 19

3.2.2 Projeção para os próximos anos (2016-2025) 20

3.3 Resíduos de Construção e Demolição (RCD) 21

3.3.1 Definição e Classificação 21

3.3.2 Origem e Composição 23

3.3.3 Perdas na Construção Civil 26

3.3.4 Coleta e Transporte 27

3.3.5 Destinação Final e Impactos Ambientais 30

3.3.6 Normas Técnicas Brasileiras para os RCD (ABNT, 2004) 32

3.4 Reciclagem 32

3.4.1 Usinas de Transformação de RCD 33

3.4.2 Tipos de Usinas e Equipamentos Utilizados no Processo de Reciclagem 36

3.4.3 Situação das Usinas Brasileiras de Reciclagem dos RCD em 2015 37

3.5 Agregados Reciclados e Aplicações na Engenharia Civil 38

3.6 Principais Consumidores 40

3.7 Barreiras para Reciclagem dos RCD no Brasil 41

4 Concreto com Agregados Reciclados 43

4.1 Agregados de RCD: Propriedades mecânicas 43

4.2 Durabilidade 45

4.3 Viabilidade Ambiental 46

5 Aplicação de Concreto Reciclado em Uma Moradia de Interesse Social 47

5.1 Déficit habitacional no Brasil 47

5.2 Viabilidade Econômica dos Agregados Reciclados 47

5.3 Viabilidade econômica do concreto reciclado em casas populares 50

6 Considerações Finais 53

REFERÊNCIAS 54

ANEXO 1 - Resolução n° 307 CONAMA 60

1 Introdução

A crise ambiental global tem origem em nosso modelo de desenvolvimento, a aproximadamente 100 mil anos, tempo em que o homem conseguiu dominar o fogo. Se no começo as transformações eram insignificantes, elas foram ganhando força ao longo do tempo, a partir da chamada Revolução Agrícola (8 mil anos a.C.). A partir do século XIX se tornaram mais expressivas com o uso da eletricidade e dos combustíveis fósseis na Revolução Industrial. Desde então, vem crescendo de forma acentuada a preocupação com o ambiente, principalmente nas últimas décadas, após a sociedade se conscientizar dos impactos diretos e indiretos capazes de degradar a qualidade do meio ambiente (RIBEIRO, 2013).

Os resíduos de construção e demolição (RCD), popularmente conhecidos como entulho, são gerados pelo setor da construção civil em ampliações, reformas, novas construções, demolições, obras de infraestrutura e saneamento básico. São considerados como parte constituinte dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (MARQUES NETO, 2005).

Estima-se que a geração dos RCD varia de cidade para cidade, podendo representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos (RSU) (SINDUSCON-MG, 2005).

Segundo Maricato (2002) no inicio do século XX o Brasil era um pais com população predominantemente rural e com economia agrícola voltada para a exportação. O processo de industrialização que ocorreu por volta de 1950, intensificou o êxodo rural, gerando um cenário de aceleração do processo de urbanização.

O aumento da demanda por infraestrutura e habitação, impulsionou a geração de resíduos da construção civil, inexistindo inicialmente uma politica voltada para gestão e destinação final (MARQUES NETO, 2005).

No Brasil, a busca por métodos e politicas voltadas para redução dos problemas causados pela disposição inadequada dos resíduos de construção e demolição (RCD) começam a ter destaque a partir do ano de 2002 com a aprovação da resolução nº. 307 (em anexo) do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA - que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos

resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

Um dos principais problemas de saneamento básico é provocado pelo gerenciamento inadequado dos resíduos provenientes da construção civil. Muita das vezes, os entulhos são lançados de forma desordenada nas praças, córregos, ruas e terrenos baldios, provocando riscos ao ser humano e ao meio ambiente (JOHN, 2000).

O cenário de desenvolvimento demanda uma grande quantidade de matéria prima e gera um elevado volume de resíduos. Na área da construção civil, a redução e reaproveitamento dos RCD é um grande passo rumo a sustentabilidade. Das várias perdas identificadas no processo construtivo, a que mais chama atenção é a geração de entulho. Segundo Buttler *et al.(*2006) a quantidade de resíduos de construção e demolição produzidos mundialmente gira em torno de um bilhão de toneladas por ano.

2 Objetivos

- Demonstrar aspectos dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil, com ênfase para as etapas compreendidas entre a geração e disposição final dos resíduos de construção e demolição (RCD).
- Apresentar metodologias na área dos resíduos de construção e demolição relacionadas à reciclagem.
- Apresentar um comparativo de custo entre agregado natural e reciclado na elaboração de concreto para uma moradia de interesse social.

3 Referencial Teórico

3.1 Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

3.1.1 Definição e Classificação

Os resíduos sólidos são materiais heterogêneos, produzidos pelas inúmeras atividades humanas. São considerados indesejáveis e constituem problemas econômico, estético e sanitário. Entretanto, podem ser parcialmente utilizados como matéria prima para um novo produto ou processo (MONTEIRO, 2001).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da norma NBR 10.004 define os RSU como:

> Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004, p.01).

De acordo com a norma supracitada, os RSU podem ser classificados a partir do potencial de contaminação ao meio ambiente e à saúde pública em duas classes:

- Classe I – Perigosos: resíduos que ofereçam risco à saúde ou ao meio ambiente ou que tenham como uma de suas características inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade;
- Classe II – Não Perigosos:

  Classe II A - Não Inertes: resíduos que não se enquadram na Classe I e tão pouco na Classe II B, podendo apresentar características como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Exemplo: Resíduos domiciliares

  Classe II B - Inertes: resíduos que quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões

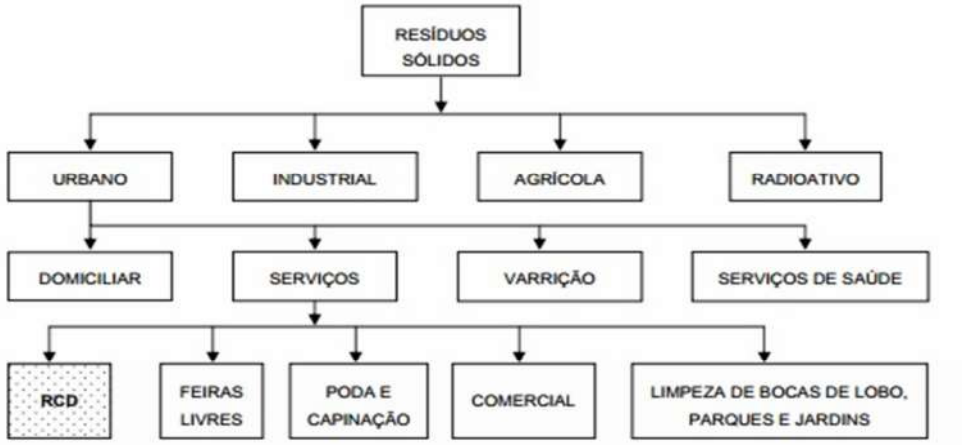
de potabilidade de água. Exemplo: Fração mineral dos resíduos de construção e demolição

Schalch (2002) classifica os resíduos sólidos em 4 grupos: Urbano, Industrial, Agrícola e Radioativo. Segundo o autor, o grupo Urbano divide-se em 4 subgrupos:

- Resíduos domiciliares (lixo domiciliar): oriundos das residências, podendo ser agrupados em orgânicos como restos de alimentos; e inorgânicos como os materiais recicláveis (embalagens plásticas de produtos, vidros, entre outros);
- Resíduos de serviços: nessa categoria, os resíduos foram divididos em cinco subgrupos: resíduos de construção e demolição (RCD), oriundos das atividades da cadeia da construção civil; resíduos de feiras livres; resíduos de poda e capinação; resíduos comerciais, oriundos das atividades do comércio e serviços propriamente ditos; e resíduos de limpeza de bocas de lobo, parques e jardins públicos.
- Resíduos de varrição: específicos dos serviços de varrição de logradouros e vias públicas executadas pelo poder público municipal.
- Resíduos de serviços de saúde: resíduos provenientes de hospitais, clínicas odontológicas, clínicas veterinárias, laboratórios de análise clínica, farmácias e todos os estabelecimentos ligados direta ou indiretamente à área da saúde.

Tal classificação pode ser representada através da figura 1 a seguir.

Figura 1: Classificação dos resíduos sólidos segundo sua origem



Fonte: Schalch (2002)

3.1.2 Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS)

A gestão dos resíduos sólidos no Brasil teve inicio em 1989 com a lei 354, que tinha como pauta os resíduos da saúde. Em 2003, o grupo de trabalho interministerial de saneamento criou o programa de resíduos sólidos urbanos. Só em 2005 que um anteprojeto sobre a PNRS foi enviado à câmara e apenas em 2010 a Lei 12.305 foi sancionada (MONTAGNA, 2012).

Após mais de 20 anos tramitando como projeto de lei no Congresso Nacional, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) entrou em vigor por meio da Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Ela estabelece definições, princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo as metas e delegando responsabilidades aos geradores, ao poder público e aos demais instrumentos econômicos passíveis de geração de resíduos (BRASIL, 2010).

A PNRS apresenta metas de redução, reutilização e reciclagem, visando minimizar a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final (RODRIGUEZ, 2013).

A discussão em torno desta política simbolizou o início de uma forte articulação institucional envolvendo a União, Estados, Municípios, setor produtivo e a sociedade, na busca por soluções para os problemas originados pela gestão inadequada dos RSU, que comprometem a qualidade de vida da população (MARQUES NETO, 2005).

3.1.3 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)

A elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) é condição necessária para os municípios terem acesso aos recursos da União, destinados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2007).

As peculiaridades de cada localidade deverão definir o formato do plano regional ou municipal, tendo como referência o conteúdo mínimo estipulado. As vocações econômicas, o perfil socioambiental do município e da região, ajudam a compreender os tipos de resíduos sólidos gerados, como são tratados e a maneira de dar destino adequado a eles (BRASIL, 2012).

Alguns programas e ações são primordiais, para o caráter estruturante do PMGIRS e imprescindíveis para o sucesso de todo o conjunto de ações. Destacam se: a constituição de equipes técnicas capacitadas; o disciplinamento das atividades de geradores, transportadores e receptores de resíduos; a formalização da presença dos catadores no processo de gestão; a implementação de mecanismos de controle e fiscalização; a implementação de iniciativas de gestão de resíduos e compras sustentáveis nos órgãos da administração pública; a estruturação de ações de educação ambiental; o incentivo à implantação de atividades processadoras de resíduos (BRASIL, 2012).

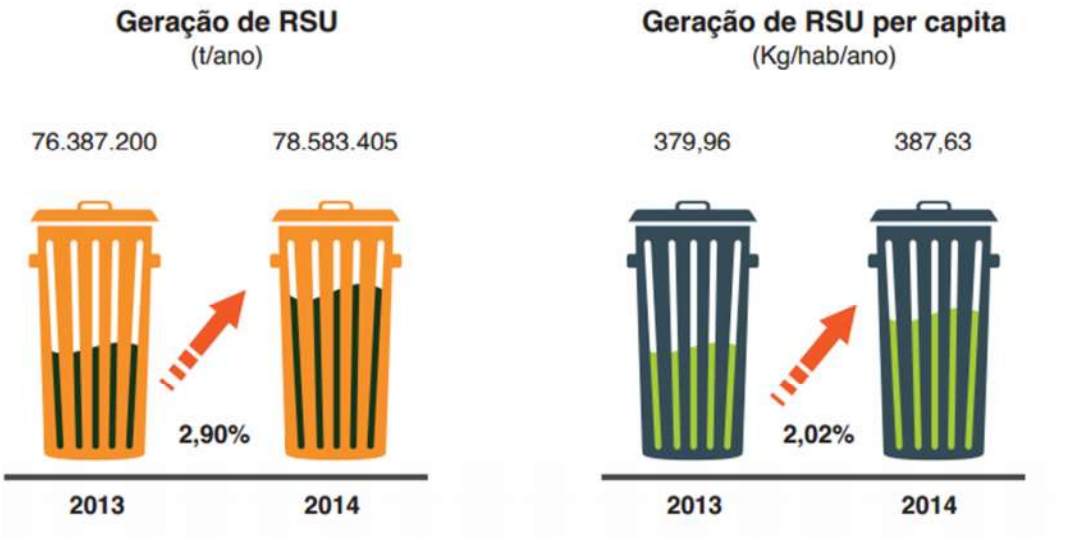
3.1.4 Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil

A responsabilidade pela proteção do meio ambiente, pelo combate à poluição e pela oferta de saneamento básico a todos os cidadãos brasileiros, está prevista na Constituição Federal de 1988, que deixa a cargo do município legislar sobre assuntos de interesse local.

Os municípios são responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, desde a sua coleta até sua disposição final, que deve ser ambientalmente segura (JACOBI; BESEN, 2011).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2015) a geração total de RSU no Brasil em 2014 foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,9% em relação ao ano anterior, conforme ilustrado na figura 2. Tal progresso é superior ao crescimento populacional no período, estimado em 0,9% pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015).

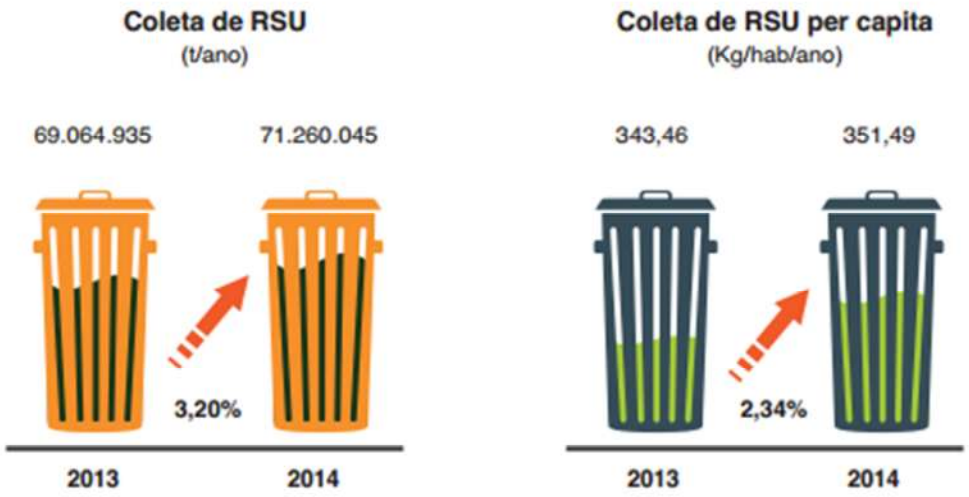
Figura 2 – Geração de RSU no Brasil em 2013 e 2014



Fonte: ABRELPE (2015)

Em 2014, a coleta dos RSU foi superior ao ano anterior em 3,20%, conforme figura 3. A relação entre coleta e geração obteve uma evolução de 0,27 % no período analisado

Figura 3 – Coleta de RSU no Brasil em 2013 e 2014



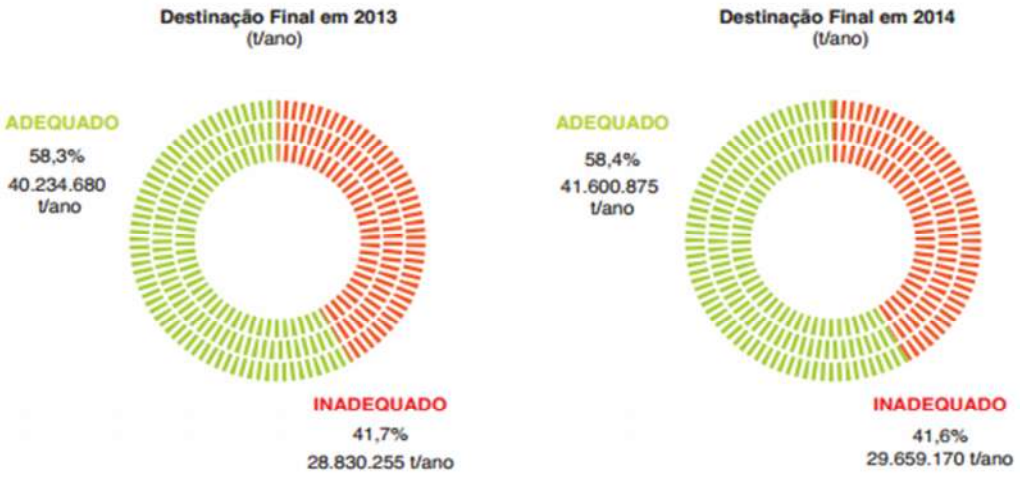
Fonte: ABRELPE (2015)

A comparação entre a quantidade de RSU gerada e a coletada em 2014, mostra que o país contou com um índice de cobertura de coleta de 91%, levando à constatação de que pouco mais de 7 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas no país neste ano e, consequentemente, tiveram destino impróprio.

A ABRELPE (2015) considera que a destinação adequada ocorre quando os RSU são encaminhados para aterros sanitários. Entre 2013 e 2014, o índice de destinação adequada permaneceu significativo, atingindo a marca de 58,4%. O restante, 41,6%, foi destinado a lixões ou aterros controlados. A figura 4 ilustra esse cenário.

.

Figura 4 – Destinação Final dos RSU coletados no Brasil

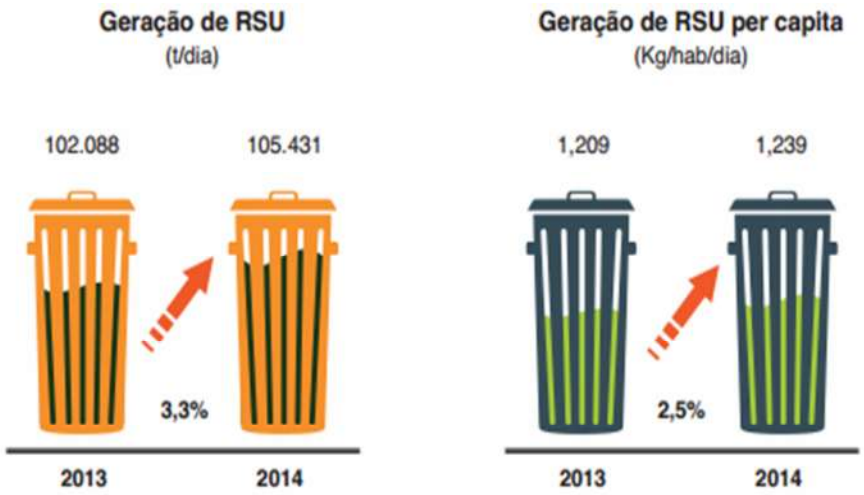


Fonte: ABRELPE (2015)

3.1.5 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos na Região Sudeste

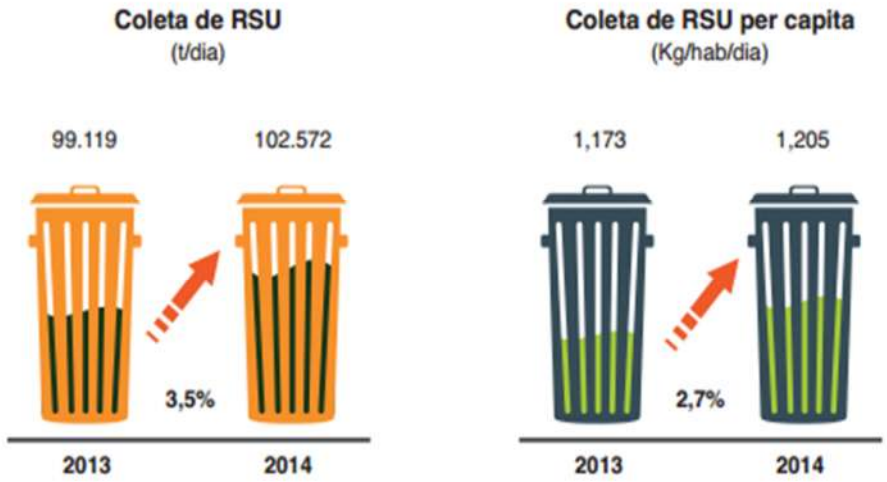
A figura 5 mostra que os 1.668 municípios dos quatro Estados da região Sudeste geraram em 2014 a quantidade de 105.431 toneladas/dia de RSU, o que corresponde a um aumento de 3,3% em relação ao ano anterior. Já na figura 6, os dados indicam que 102.572 toneladas/dia de RSU foram coletadas, o que representa 97,3% do total gerado. Em relação ao ano anterior, houve um aumento de 3,5% na coleta dos RSU.

Figura 5 – Geração de RSU na Região Sudeste



Fonte: ABRELPE (2015)

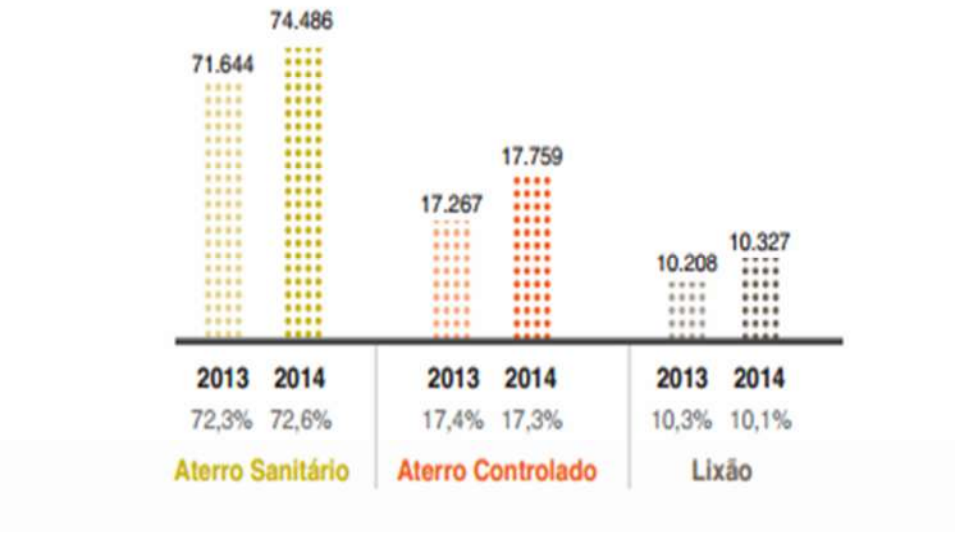
Figura 6 – Coleta de RSU na Região Sudeste



Fonte: ABRELPE (2015)

A figura 7 indica uma evolução de 4,0% na destinação adequada dos RSU em 2014, quando comparado ao ano anterior. Dos resíduos coletados na região, 27,4% ainda são destinados para lixões ou aterros controlados.

Figura 7 – Destinação final dos RSU na Região Sudeste



Fonte: ABRELPE (2015)

A tabela 1 abaixo indica que os municípios da região Sudeste aplicaram em 2014, em média, R$ 4,81 por habitante/mês nos serviços de coleta dos RSU e R$ 7,93 por habitante/mês na prestação dos demais serviços de limpeza, totalizando um gasto mensal de R$ 12,74 por habitante.

Tabela 1 – Custo da limpeza urbana na Região Sudeste.

Tipos de Serviços	2013	2014		
	Recursos Aplicados Equival. por Habitante (R$ milhões/ano) / (R$/mês)	População Total	Recursos Aplicados (R$ milhões/ano)	Valor Equivalente por Habitante (R$/mês)
Coleta RSU	4.541 / 4,48	85.115.623	4.917	4,81
Demais Serviços de Limpeza Urbana	7.733 / 7,63		8.104	7,93

Fonte: ABRELPE (2015)

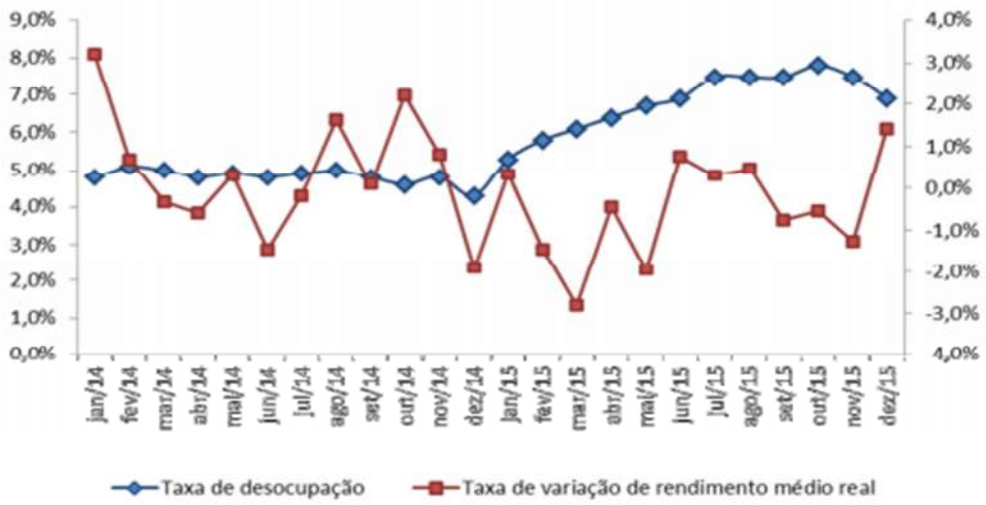
3.2 Construção Civil no Brasil

3.2.1 Cenário Atual (2015-2016)

A economia brasileira passa por um período complicado. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016) no ano de 2015, o PIB teve uma queda de 3,8%, com destaque negativo para a indústria e serviços. A indústria já vinha em um contexto de desaceleração, enquanto o setor de serviços apresentou bom rendimento nos anos anteriores. Um dos fatores que justificam esse cenário é a retração da demanda interna, causada em parte pelo aumento do desemprego e redução do rendimento real médio, conforme figura 8.

.

Figura 8 - Evolução de dados relacionados ao mercado de trabalho



Fonte: EPE (2016)

A perspectiva, segundo o Boletim Focus[1], é de que a economia brasileira apresente queda do PIB no ano de 2016. A expectativa por mais um ano de recessão é justificada tanto por fatores externos como internos, tais como: o aumento do risco de desaceleração da China, impactos da mudança de política monetária norte-americana, inflação acima da meta, maior dificuldade de implemen-

[1]O Boletim Focus é uma publicação online do Banco Central do Brasil, divulgada semanalmente, contendo um resumo das expectativas acerca dos principais indicadores da economia brasileira.

tação de um ajuste fiscal, demanda interna fraca e baixo nível de confiança dos agentes.

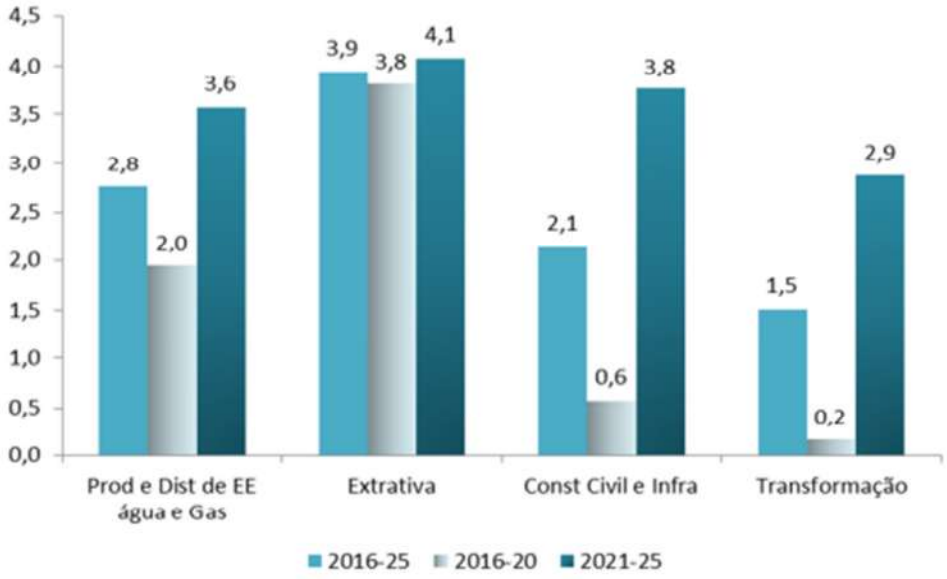
De acordo com dados da EPE (2016) entre 2007 e 2011 a construção civil passou por um período de crescimento médio anual de 8,5%. Entretanto, o setor iniciou processo de desaceleração no ano de 2012, atingindo crescimento negativo médio de 7,6%. Dentre os fatores responsáveis podem-se destacar: queda na confiança dos agentes, o aumento das restrições de crédito, ajuste fiscal em curso e a fraca demanda do setor imobiliário.

3.2.2 Projeção para os próximos anos (2016-2025)

Segundo a EPE (2016) os desafios estruturais e conjunturais que se apresentam sobre a economia brasileira hoje serão gradualmente superados ao longo dos próximos 10 anos. Durante os primeiros cinco anos, a recuperação dos indicadores de confiança levará a um aumento gradual das taxas de investimento, assim como uma retomada do mercado imobiliário. O câmbio mais desvalorizado será um fator positivo para os setores industriais, além de contribuir para aliviar a pressão dos bens importados sobre a indústria de transformação.

A EPE (2016) projeta que o setor da construção civil e infraestrutura apresente crescimento médio de 2,1% ao ano, entre 2016-2025. Nos cinco primeiros anos desse intervalo, espera-se um crescimento médio anual de apenas 0,6%. Com a retomada do crescimento, o setor tende a apresentar forte recuperação, atingindo nos últimos cinco anos do intervalo, uma taxa de crescimento anual média de 3,8%. A figura 9 ilustra essa projeção.

Figura 9 - Projeção do crescimento médio (% a.a.) dos setores industriais 2016-2025.



Fonte: EPE (2016)

3.3 Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

3.3.1 Definição e Classificação

A Resolução CONAMA nº 307/2002, define os resíduos de construção e demolição como:

> 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. (CONAMA, 2002, p.01).

Para Marques Neto (2005) os RCD podem ser definidos como rejeitos de materiais utilizados na execução de etapas de obras de construção civil, podendo ser provenientes de novas construções, reformas, reparos, restaurações, demolições e obras de infraestrutura.

A ABNT, através da NBR 10.004, considera que os RCD apresentam características similares aos resíduos inertes, pois atendem as seguintes especificações:

> Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. (ABNT, 2004, p.05).

Embora classificados como inertes, essa característica pode vir a colaborar com o aumento dos danos ambientais, visto que a grande quantidade de entulho necessita de grandes áreas para destinação final (MARQUES NETO, 2005).

A Resolução CONAMA n° 307/2002, classifica os RCD em quatro classes:

- Classe A – são resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

  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.

- Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.
- Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminantes oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas,

instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

A classificação dos RCD em quatro classes distintas facilita o processo de segregação dos resíduos, de modo que o gerador possa identificar a melhor solução econômica e ambiental para a destinação final.

3.3.2 Origem e Composição

Para Levy (1997) a origem dos RCD se dá em:

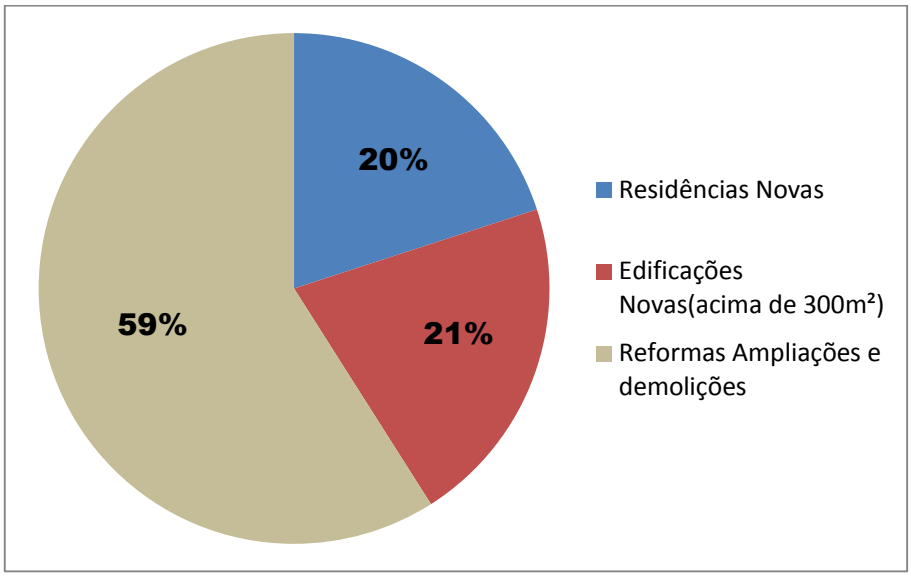
- Catástrofes naturais ou artificiais: bombardeios, desabamentos, incêndios, entre outros.
- Demolições: pavimentos rodoviários de concreto ou de obras que chegaram ao final de sua vida útil.
- Deficiência inerente ao processo construtivo empregado e à baixa qualificação da mão de obra.

Segundo estudos realizados por Pinto (1999) e Careli (2008), a geração de RCD em edificações verticais no Brasil, depende do controle de produção implementado no canteiro de obras e varia entre 0,05 a 0,15 t/m². John (2000) considera que a geração de RCD está entre 0,40 a 0,50 t/hab.ano.

Uma importante fonte na geração dos RCD são os geradores informais, para os quais dados estatísticos não estão disponíveis e podem representar uma parcela importante dos RCD gerados em um município (PINTO, 1999).

Miranda, Ângulo, Careli (2009) destacam que a maior parte dos RCD gerados nos municípios brasileiros tem origem em reformas, ampliações e demolições, conforme ilustrado na figura 10.

Figura 10 - Origem do RCD em municípios brasileiro



Fonte: Miranda, Ângulo, Careli, 2009.

Segundo Carneiro (2001) os RCD são extremamente heterogêneos e basicamente compostos por:

- Concretos, argamassas e rochas, que a princípio, possuem alto potencial para reciclagem.
- Materiais cerâmicos, como blocos, tijolos e lajotas, que apresentam também alto potencial reciclável sem necessitar técnicas sofisticadas de beneficiamento.
- Solos, areia e argila, materiais que facilmente podem ser separados dos outros por meio de peneiramento;
- Asfalto, material com alto potencial de reciclagem em obras viárias.
- Metais ferrosos: utilizados pela indústria metalúrgica.
- Madeiras: material parcialmente reciclável com a agravante que se impermeabilizadas ou pintadas devem ser consideradas como material poluente e tratadas como resíduos industriais perigosos, devido ao risco de contaminação;
- Outros materiais: como papel, papelão, plásticos e borracha etc, passíveis de reciclagem.

O SINDUSCON/CE (2011) reuniu dados obtidos por diversos autores sobre a composição dos RCD em algumas cidades brasileiras. Em todas as cidades analisadas, a soma dos percentuais de concreto, argamassa e material cerâmico correspondem a mais de 60% do total de resíduo gerado, conforme tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Composição do RCD de algumas cidades brasileiras.

Município	Argamassa (%)	Concreto (%)	Mat. Cer. (%)	Cerâmica polida (%)	Rochas e solos (%)	Outros (%)
São Paulo/ SP[a]	25,2	8,2	29,6	n.d.	32	5
Porto Alegre/ RS[b]	44,2	18,3	35,6	0,1	1,8	n.d.
Ribeirão Preto/ SP[c]	37,4	21,1	20,8	2,5	17,7	0,5
Salvador /BA[d]	53		9	5	27	6
Campina Grande/ PB[e]	28	10	34	1	9	18
Maceió/ AL[f]	27,82	18,65	48,15	3,06	n.d.	2,32

a)BRITO FILHO (1999)
b) LOVATO (2007)
c)ZORDAN (1997)
d)QUADROS; OLIVEIRA (2001)
e)NÓBREGA (2002)
f) VIEIRA (2003)

n.d. – não disponível

Fonte: SINDUSCON/CE (2011)

3.3.3 Perdas na Construção Civil

De acordo com Formoso *et al.* :

> Perda é qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias a produção da edificação. Sendo assim, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor. (FORMOSO *et al.*,1996, p.01).

Muitas podem ser as causas do desperdício nas obras de construção civil que vão desde as etapas de instalação do canteiro, planejamento, transporte, armazenamento inadequado de materiais, imperfeições no próprio material de construção, erros de execução por desqualificação da mão de obra, entre outros (ALVES; QUELHAS, 2004).

Os materiais que normalmente são desperdiçados em maior quantidade nos canteiros de obra são o cimento, a areia e a argamassa. A ocorrência de perdas acontece com mais intensidade no estoque e no transporte dos materiais do que durante o processamento em si (FORMOSO *et al.*, 1996).

Alves e Quelhas (2004) analisaram 100 canteiros de obras em 12 estados do Brasil e constataram que o gasto médio, em função das perdas, é de 3 a 8% a mais em material do que o necessário.

Melhorias podem ser obtidas através de cuidados no recebimento, na estocagem, no manuseio, na utilização e na proteção dos materiais (FORMOSO *et al.*, 1996).

Segundo Shingo (1981 *apud* FORMOSO *et al.*, 1996) as perdas geradas na construção civil podem ser classificadas em sete grupos:

- Perdas por superprodução: produção de material em quantidade superior à necessária.
- Perdas por espera: as atividades correlacionadas apresentam falta de sincronização. Exemplo: Pausa nos serviços devido à indisponibilidade de material ou equipamento.

- Perdas por transportes: associada a um layout ineficiente, gerando um consumo excessivo de tempo em transporte.
- Perdas no processamento em si: relacionadas a ineficiência nos métodos de trabalho e mão de obra desqualificada. Exemplo: Quebra de parede rebocada para execução de instalações.
- Perdas nos estoques: associado ao armazenamento inadequado dos materiais, assim como o excesso de estoque.
- Perdas no movimento: relacionadas ao deslocamento excessivo durante a execução das atividades.
- Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: associado a fabricação de materiais que não atendem as especificações de projeto, resultando em retrabalho. Exemplo: Descolamento de azulejos devido a patologia na argamassa.

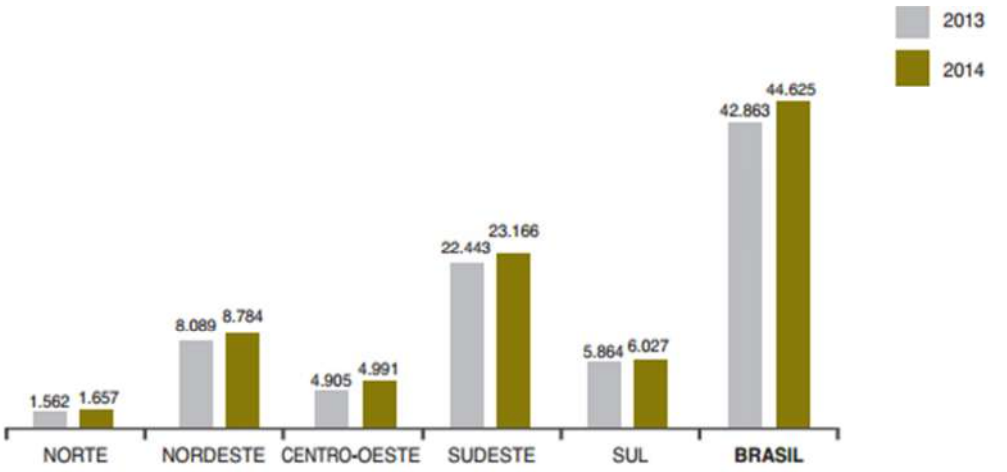
As perdas por superprodução, estoques, transportes, produtos defeituosos e no processamento, são responsáveis pela geração de resíduos. Os outros tipos de perda (movimento e espera) não geram resíduos, mas evita-las é de fundamental importância para a redução do tempo de conclusão da obra e consequentemente a diminuição do custo final.

3.3.4 Coleta e Transporte

Segundo a Resolução CONAMA 307/2002, os geradores dos RCD são responsáveis pela coleta, transporte e destinação final.

De acordo com ABRELPE (2015) os municípios brasileiros coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2014, o que significa um aumento de 4,1% em relação a 2013. Os dados estão dispostos na figura 11 a seguir.

Figura 11 – Total de RCD coletado no Brasil e nas 5 regiões(t x 1000/ano)



Fonte: ABRELPE (2015)

A tabela 3 a seguir, mostra que a região Sudeste aumentou cerca 2,5% no índice (Kg/hab.dia) em relação ao ano anterior. Os dados são da ABRELPE (2015).

Tabela 3 – Coleta de RCD na Região Sudeste.

Região Sudeste	2013	2014		
	RCD Coletado (t/dia)/ Índice (Kg/hab/dia)	População Total (hab.)	RCD Coletado (t/dia)	Índice (Kg/hab/dia)
Total	61.487 / 0,728	85.115.623	63.469	0,746

Fonte: ABRELPE (2015)

Antes da realização da coleta externa, é necessário que os resíduos sejam realocados até um local que facilite sua retirada. Essa logística exige que os resíduos sejam transportados dentro do canteiro de obras. Tradicionalmente, são utilizados no transporte horizontal: carrinhos de mão, gericas e transporte manual. Já para o transporte vertical são utilizados grua, elevador de carga e duto coletor.

Segundo Valença (2007) as características das empresas responsáveis pela coleta e transporte de RCD vêm se modificando gradativamente, buscando acompanhar a demanda por serviços de tratamento e disposição final. É grande a variedade dos equipamentos de coleta, que vai desde carroças de tração animal até caminhões do tipo poliguindaste (figura 12)

Figura 12: Caminhão tipo PoliGuindaste

Fonte: *Site* Itacari Veiculos[1]

A coleta dos RCD por meio de caçambas metálicas é uma prática comum nas cidades brasileiras. O equipamento confina os resíduos, evitando a exposição aos moradores e transeuntes, além de facilitar as etapas de coleta e transporte. Entretanto, Araújo (2000) considera que essa forma de armazenamento apresenta alguns riscos a saúde e ao meio ambiente, devido a alguns fatores como:

- Utilização da caçamba para descarte de outros tipos de resíduos, como resíduos orgânicos e perigosos.
- A falta de proteção e cobertura nas caçambas
- Presença de recipientes que permitem o acúmulo de agua, facilitando a proliferação de vetores.
- Mau estado de conservação das caçambas

[1] Disponível em: <http://itacari.com.br/veiculos/>.Acesso em: 02 nov.2016.

- Falta de sinalização refletora de segurança e visibilidade do equipamento nas vias públicas.

3.3.5 Destinação Final e Impactos Ambientais

Segundo a Resolução CONAMA Nº. 307/2002, os RCD não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, áreas de “bota-fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

A resolução supracitada define a destinação final dos resíduos de acordo com as classes:

> Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
> Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
> Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas especificas.
> Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas especificas. (CONAMA, 2002, p.06).

Para Marques Neto (2005) devido aos custos de coleta e transporte, parte dos pequenos geradores optam pelo depósito de forma inadequada dos resíduos provenientes das construções, demolições e reformas de pequeno porte.

Apesar de poderem conter materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas, os RCD são considerados como resíduos de baixa periculosidade, sendo o principal impacto associado ao grande volume gerado e a disposição final inadequada (KARPINSK *et al.*, 2009).

Segundo Pinto (1999), as disposições irregulares dos RCD causam alguns impactos ao meio ambiente, dos quais destacam-se:

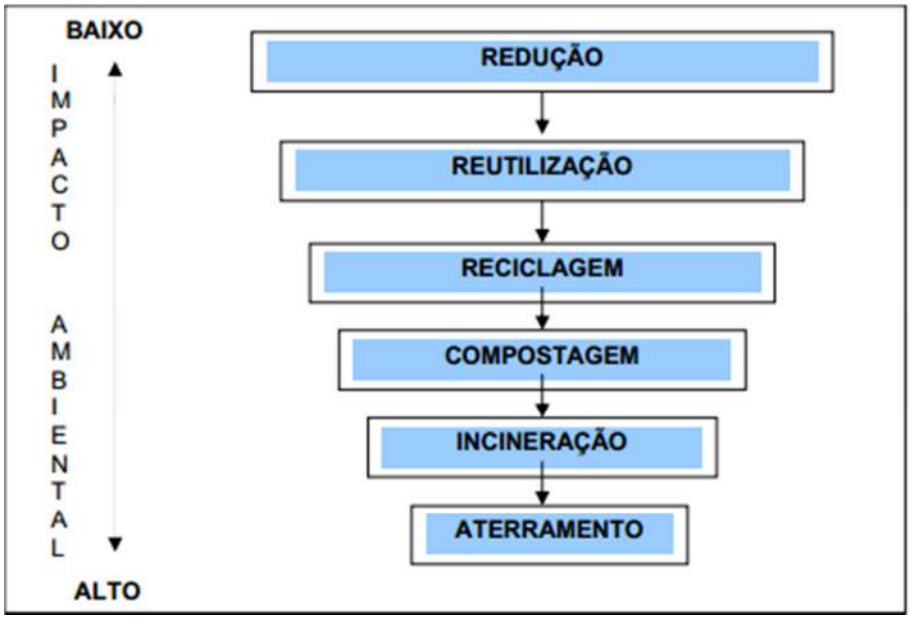
- Comprometimento da qualidade do ambiente e da paisagem local;
- Comprometimento da drenagem superficial com a obstrução de córregos e consequentemente o surgimento de enchentes;
- Aumento da disposição de outros tipos de resíduos sólidos
- Criação de um ambiente propício para a proliferação de vetores prejudiciais às condições de saneamento e à saúde humana.

Algumas cidades optam pela contratação da iniciativa privada para a realização da coleta e disposição final dos RCD. Entretanto, algumas dessas empresas acabam por realizar o descarte em áreas não licenciadas pela prefeitura. Segundo Marques Neto (2005) o fato ocorre devido:

- À falta de controle e fiscalização das administrações municipais sobre os serviços privados de coleta e transporte de entulho.
- Locais autorizados para destinação final estarem distantes dos centros urbanos
- À falta de incentivos para separação e beneficiamento dos RCD
- À falta de mercados para captação dos RCD

Peng *et al.* (*apud* LEITE, 2001) analisou as opções para a destinação final dos RCD e elaborou uma hierarquia de acordo com o impacto ambiental causado por cada uma delas, conforme figura 13

Figura 13 – Hierarquia da disposição de resíduos de construção e demolição



Fonte: Peng *et al. apud* Leite (2001, p. 16)

Redução: apresenta-se como alternativa de menor impacto ambiental, além de economicamente favorável.

Reutilização: movimentação de materiais de uma aplicação para outra, com baixa necessidade de processamento e energia.

Reciclagem: reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria-prima para um novo produto.

Compostagem: transformação da parte orgânica em húmus.

Incineração: pode extrair energia dos materiais sem gerar substâncias tóxicas, quando é cuidadosamente operacionalizada.

Aterramento: quando não há mais o que se aproveitar dos resíduos.

3.3.6 Normas Técnicas Brasileiras para os RCD (ABNT, 2004)

- NBR 15.112/04: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- NBR 15.113/04: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- NBR 15.114/04: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- NBR 15.115/04 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos.
- NBR 15.116/04 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.

3.4 Reciclagem

A construção civil passa por um processo de reformulação. Os recursos financeiros estão cada vez menores, o mercado consumidor mais exigente e os trabalhadores buscando melhorias nas condições de trabalho. Todos esses aspectos tem exigido uma nova conduta das empresas. Estas estão sendo pressionadas a adotar estratégias empresariais mais modernas, focada na

qualidade, produtividade e racionalização, favorecendo a obtenção de um produto final de boa qualidade e mais barato (FORMOSO *et al.*, 1996).

O aproveitamento dos RCD é uma das ações que devem ser popularizadas na construção civil. Esses resíduos apresentam elevado potencial de reaproveitamento e reciclagem. A exigência da incorporação desses materiais em alguns produtos pode ser uma alternativa para economia de matéria prima e energia (SPOSTO, 2006).

Segundo Pinto (1999), se todo RCD gerado nas cidades de médio e grande porte passasse por processo de reciclagem, seria suficiente para atender a demanda de matéria prima para construção de novas casas e vias.

Além das vantagens descritas anteriormente, Carneiro (2001) destaca:

- Redução no consumo de recursos naturais
- Geração de emprego nas empresas de reciclagem
- Redução das áreas necessárias para o aterramento dos resíduos
- Redução do consumo de energia durante o processo de produção. Destaca-se a indústria do cimento, que usa resíduos de bom poder calorífico para a obtenção de sua matéria-prima.

3.4.1 Usinas de Transformação de RCD

O processo de reciclagem dos RCD se intensificou por volta de 1946, após o fim da segunda guerra mundial, devido a grande demanda por matéria prima (LEVY, 1997).

Segundo Jhon (2000) 28% do volume de RCD da Comunidade Europeia são destinados ao processo de reciclagem, sendo a Holanda o país com melhor índice, atingindo a marca de 90%.

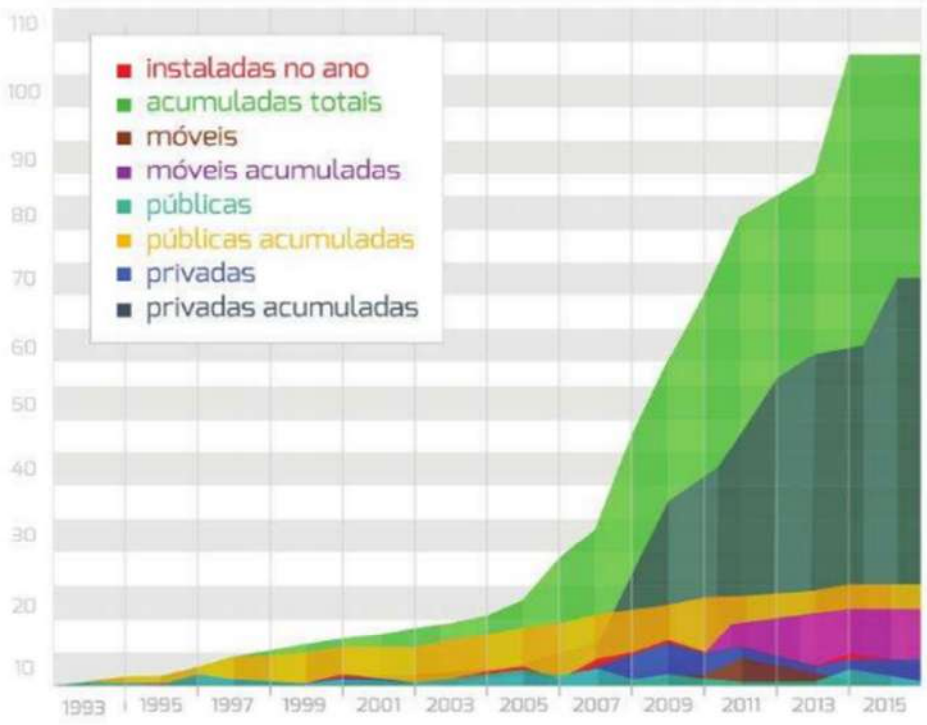
A porcentagem de reciclagem dos RCD é uma variável que depende da densidade populacional, disponibilidade de recursos naturais, situação econômica e tecnológica do país, distância de transporte entre reciclados e materiais naturais. (KARPINSK *et al.*, 2009).

As primeiras usinas de reciclagem instaladas no Brasil foram pelas prefeituras de São Paulo, SP (1991), de Londrina, PR (1993), e de Belo Horizonte, MG (1994). (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI, 2009).

Miranda, Ângulo e Careli (2009) realizaram um levantamento sobre as usinas de reciclagem em funcionamento no Brasil. Até o ano de 2002, o país possuía 16 usinas de reciclagem em funcionamento, com projeção de crescimento anual estimado em 3 novas unidades. A aprovação da resolução 307/2002 do CONAMA, provocou uma evolução nesse cenário. Até o ano de 2009, o Brasil contava com 48 usinas em funcionamento e taxa de reciclagem dos RCD estimada em 4,8%.

Segundo pesquisa setorial da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015) o número de usinas continuou crescendo de 2009 até 2013, com média de 10,6 novas usinas por ano. De 2013 a 2015, os dados se mostram estáveis, conforme representado na figura 14.

Figura 14 - Levantamento de usinas de reciclagem de RCD no país ao longo dos anos

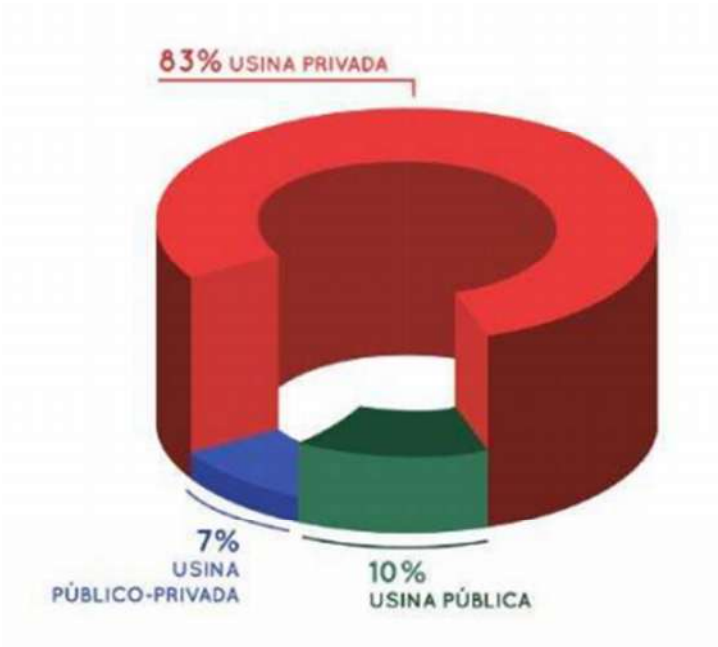


Fonte: ABRECON (2015)

Segundo Miranda; Ângulo; Careli (2009) as primeiras usinas brasileiras eram geridas pelo poder público. Após a aprovação da resolução CONAMA 307/ 2002, a iniciativa privada se tornou responsável pela maior porcentagem de gestão no ramo da reciclagem.

De acordo com a ABRECON (2015) 83% das usinas pertencem à iniciativa privada, 10% à gestão pública, 7% são usinas público-privada, conforme ilustrado na figura 15 a seguir.

Figura 15- Percentual de usinas públicas e privadas



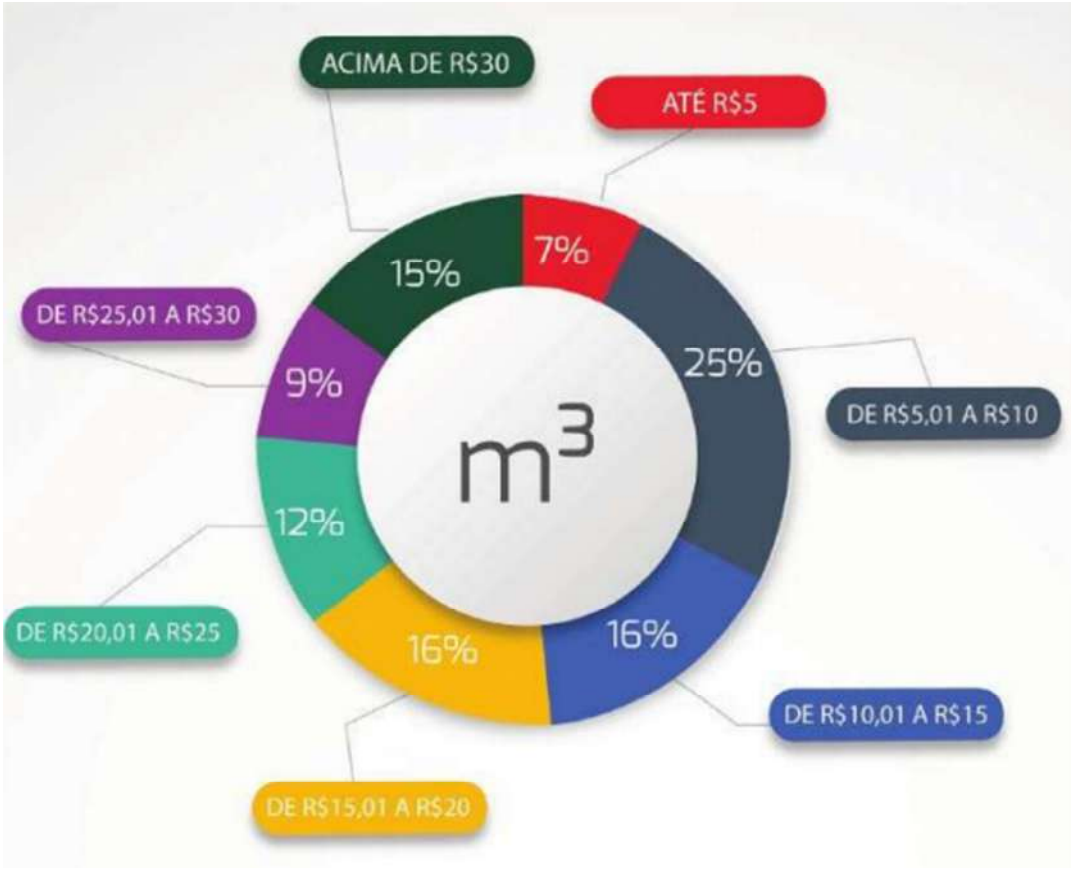
Fonte: ABRECON(2015)

Apesar de proporcionarem uma economia dos gastos em limpeza urbana, as usinas públicas enfrentam alguns obstáculos para seu correto funcionamento. Fatores como a falta de mão de obra especializada, excesso de burocracia, demora na reposição de peças defeituosas e mudança na gestão, justificam a baixa porcentagem de usinas publicas no país. (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI, 2009).

Por outro lado, a iniciativa privada transformou esse cenário em uma grande oportunidade para expandir mercado e aumentar as arrecadações. A figura 16

apresenta o preço médio (por m³) cobrado pelas usinas privadas para o recebimento dos RCD.

Figura 16 – Preço Médio (em R$) para recebimento de 1 m³ de resíduo



Fonte: ABRECON (2015)

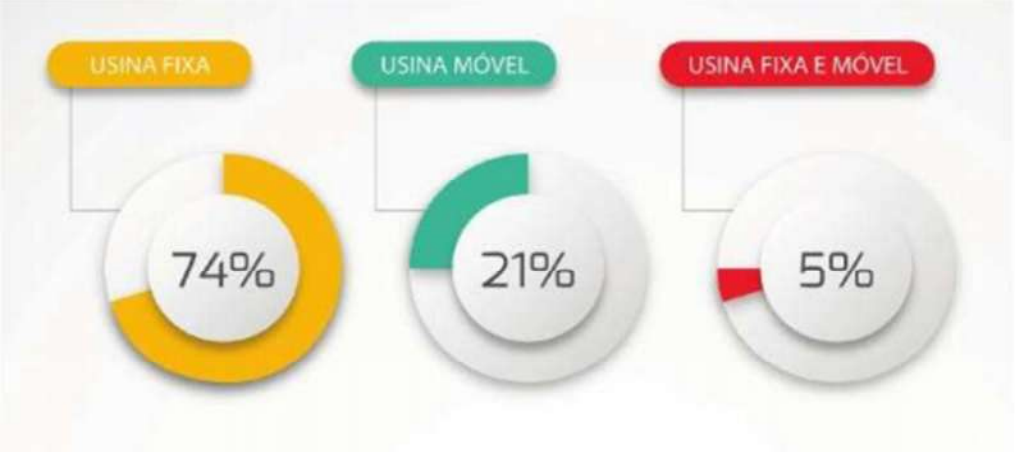
3.4.2 Tipos de Usinas e Equipamentos Utilizados no Processo de Reciclagem

Os equipamentos de reciclagem de entulho assemelham–se bastante aos equipamentos de britagem de rocha. A diferença básica esta no tipo de britador que, preferencialmente, deve ser do tipo de impacto, por melhor se adequar a fragmentação dos entulhos (BRITO FILHO, 1999).

Via de regra os equipamentos de reciclagem compõem-se de silos de recepção tipo calha vibratória, triturador, transportadores de correia, extrator de metais ferrosos e conjunto peneirador (BRITO FILHO, 1999).

As usinas para beneficiamento dos RCD podem ser fixas, móveis ou fixas e móveis. Segundo dados da ABRECON (2015), até o ano de 2013, 79% das usinas brasileiras eram fixas e não existia naquele ano usina do tipo fixa e móvel. O relatório setorial de 2015 apontou uma tendência de crescimento da utilização de usinas móveis, conforme ilustrado na figura 17 a seguir.

Figura 17 – Tipos de Usinas em funcionamento no Brasil no ano de 2015



Fonte: ABRECON(2015)

De acordo com a ABRECON:

> As usinas móveis possuem a flexibilidade de serem transportadas para onde a obra estiver, ampliando o mercado para esfera nacional e, no caso de operarem em campo, necessitarem de baixa quantidade de mão de obra. Estes dois parâmetros aumentam a viabilidade econômica delas. Além disso, elas apresentam a vantagem de fornecerem o serviço de reciclagem de RCD, não tendo que cumprir com duas obrigações básicas das usinas fixas que são de receber RCD e de conseguir mercado consumidor para os agregados reciclados produzidos. (ABRECON, 2015, p.24).

3.4.3 Situação das Usinas Brasileiras de Reciclagem dos RCD em 2015

Segundo a ABRECON (2015) 74% das usinas brasileiras estão em pleno funcionamento e apenas 7% apresentam paralização temporária, conforme figura 18.

Figura 18 – Situação das Usinas Brasileiras de Reciclagem dos RCD

Fonte: ABRECON (2015)

3.5 Agregados Reciclados e Aplicações na Engenharia Civil

A NBR 15.116/2004 define:

> Agregado reciclado é um material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infraestrutura. (ABNT, 2004, p.02).

Basicamente, o processo de reciclagem se resume a britagem do RCD da classe A, reduzindo sua granulometria e produzindo assim o agregado reciclado. Entretanto, antes desse processo é necessária a retirada de materiais indesejáveis como: vidro, metais, borracha e madeira (ÂNGULO, 2005).

Diversos estudos indicam que a reciclagem de entulho pode gerar agregados com custo inferior ao custo médio dos agregados convencionais. Em Belo Horizonte, por exemplo, verificou-se uma economia de 22% na execução da pavimentação

asfáltica, e é estimada uma economia de 50% na produção de blocos de vedação (CARNEIRO, 2001).

A substituição dos agregados naturais pelos reciclados é uma alternativa que pode ser adotada na fabricação de argamassa, camadas drenantes, base e sub-base de pavimentos, concreto, entre outros materiais. As 3 primeiras aplicações serão abordadas a seguir e o concreto na seção 4.

- Argamassa

O resíduo é moído em equipamentos denominados “argamasseiras”, instaladas no próprio canteiro de obras, em granulometrias semelhantes as da areia e a partir daí são utilizados como agregado para argamassas de assentamento e revestimento (LEVY, 1997).

Segundo Lima (2005) a instalação de argamasseiras nos canteiros de obras foi o método de maior ênfase comercial para reciclagem dos RCD no Brasil.

De acordo com os experimentos realizados por Pinto (1999), para o mesmo traço, a substituição do agregado miúdo natural pelo agregado reciclado não altera os parâmetros de resistência à compressão da argamassa.

Lima (2005) considera que a resistência à compressão da argamassa preparada com agregado miúdo natural ou reciclado se equivale, devido a dois fatores: Reação pozolânica dos finos reativos dos resíduos e a maior velocidade de carbonatação.

Levy (1997) concluiu que a utilização de 50% de agregado reciclado proporciona uma melhoria nas propriedades da argamassa.

Entretanto, devido à presença de grande quantidade de finos, as argamassas de revestimento preparadas com agregados reciclados podem apresentar problemas de fissuração (ZORDAN, 1997).

- Base ou sub-base de pavimentos

Segundo SINDUSCON-CE (2011) a utilização dos agregados reciclados na pavimentação é a alternativa melhor aceita no meio técnico.

A forma mais simples de reciclagem consiste na aplicação do entulho na forma de brita corrida, em bases, sub-bases e revestimentos primários de pavimentação. (ZORDAN, 1997).

Segundo Motta (2005) a utilização dos RCD nas camadas de base, sub-base e revestimento primário, apresentam como vantagens:

- Baixa demanda por tecnologia
- Aproveitamento de grande quantidade dos resíduos
- Economia no processo de moagem, já que para pavimentação é permitido o uso de granulometria corrida.

As camadas de base e sub-base produzidas com agregado reciclado apresentam custo de construção significativamente menor que as produzidas com brita graduada ou adicionada ao solo. (FAGURY; GRANDE, 2007)

Em Belo Horizonte, a utilização de agregados reciclados nas camadas de reforço do subleito, subleito, sub-base e base da pavimentação vem ocorrendo desde 1996, em algumas avenidas como a Raja Gabaglia e a Mário Werneck (MOTTA, 2005).

- Camadas Drenantes

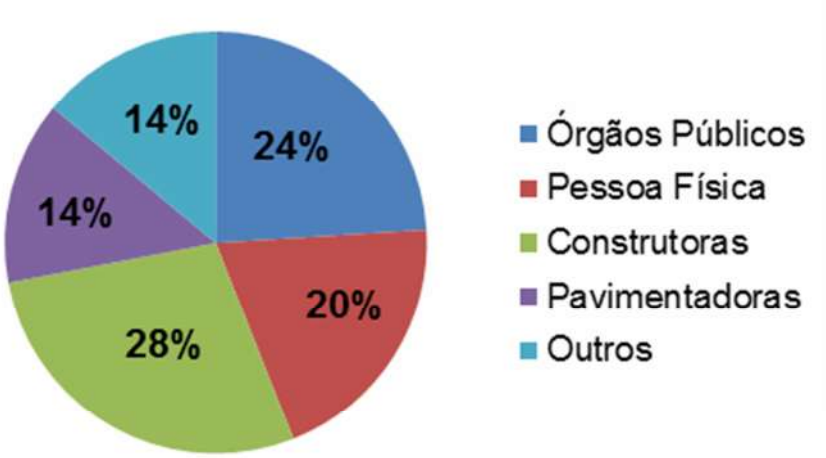
Segundo Affonso (2005), os agregados provenientes da reciclagem dos RCD podem ser utilizados em:

- Elementos de filtro de fossas sépticas individuais ou coletivas.
- Elementos de dreno em trincheiras e valas, para melhoria do fluxo de águas pluviais.
- Camadas drenantes em aterros sanitários de resíduos sólidos, com melhorias nos sistemas de drenagem.

3.6 Principais Consumidores

Segundo a ABRECON (2015) as construtoras são os maiores consumidores dos agregados reciclados, cerca de 28% do total produzido. Os órgãos públicos aparecem como segundo maior consumidor, atingindo a marca de 24%, conforme ilustrado na figura 19.

Figura 19 – Principais consumidores de resíduos reciclados no Brasil.



Fonte: ABRECON (2015)

3.7 Barreiras para Reciclagem dos RCD no Brasil

Apesar da evolução das pesquisas na área de reciclagem e da comprovação de alguns benefícios decorrentes do uso dos RCD, a comercialização desses agregados ainda apresenta algumas barreiras. Segundo Jhon (2001), destacam-se:

- Concepção de que os agregados reciclados apresentam desempenho inferior aos naturais
- Sensação de risco de baixo desempenho com relação ao uso de novas tecnologias;
- Custo baixo dos agregados naturais
- Falta de cultura para realizar a segregação de resíduos

Segundo a ABRECON (2015) as principais causas que dificultam a comercialização dos agregados reciclados são: inexistência de legislação que incentive o consumo (31%), elevada carga tributária (26%) e a falta de conhecimento do mercado (26%), conforme ilustrado na figura 20.

Figura 20 – Principais causas da dificuldade da venda de agregados reciclados

Fonte: ABRECON (2015)

Segundo Affonso (2005), algumas medidas podem incentivar o consumo dos produtos provenientes do processo de reciclagem, tais como:

- Sobretaxar o valor do agregado natural.
- Taxar a geração do RCD.
- Incluir na licença para demolição, diretrizes para facilitar a reciclagem do resíduo produzido.
- Sensibilizar os construtores para a utilização de produtos reciclados.
- Buscar novas aplicações para os materiais reciclados e criar facilitadores para que a iniciativa privada tenha vantagens econômicas no seu uso.
- Criar um selo verde para produtos reciclados de boa qualidade.
- Promover a pesquisa na área de reciclagem e reuso, criando facilidades de acesso a essas informações.

4 Concreto com Agregados Reciclados

O concreto é um dos materiais mais utilizados em toda construção civil. Tradicionalmente é composto por aglomerante (Cimento Portland), agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra britada), água e opcionalmente adições e aditivos.

Alguns estudos são desenvolvidos a fim de apresentar materiais alternativos capazes de exercerem funções similares aos agregados naturais utilizados. Os RCD são fonte de interesse para pesquisas do setor.

4.1 Agregados de RCD: Propriedades mecânicas

- Resistência à abrasão

A resistência à abrasão pode ser definida como a capacidade do agregado em se fragmentar quando em contato com outro material (CARRIJO, 2005).

Através do ensaio de abrasão Los Angeles, Leite (2001) verificou que os agregados reciclados, quando comparado aos naturais, apresentam menor resistência ao contato e ao impacto, gerando um maior desgaste por abrasão.

- Massa Especifica

Segundo estudos desenvolvidos por Ângulo (2000), os agregados reciclados possuem menor massa especifica, tendendo a apresentar uma maior porosidade e consequente elevada capacidade de absorção.

O valor baixo da massa especifica pode ser um fator benéfico para o uso no concreto, uma vez que as peças terão o peso próprio reduzido além da possibilidade de diminuir os gastos em seções esbeltas (CABRAL, 2007).

- Trabalhabilidade

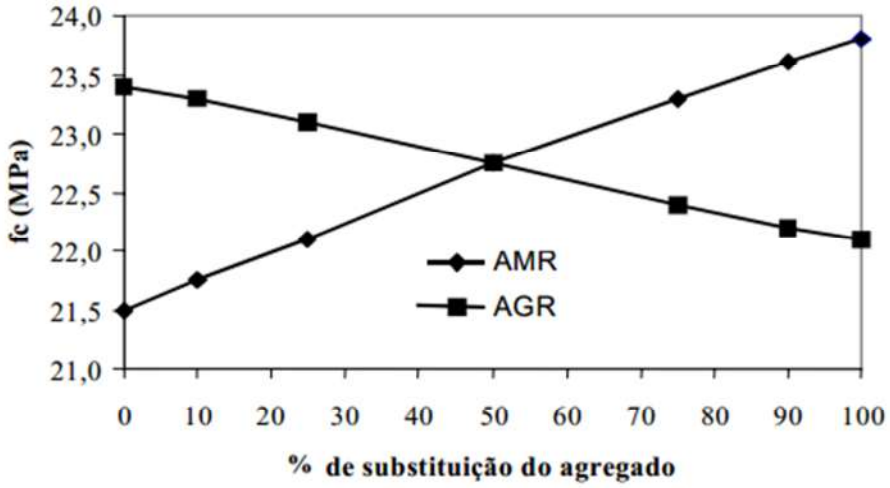
Segundo Cabral (2007), os agregados reciclados são mais porosos e secos do que os de origem natural. Por esse fato, apresentam maior capacidade de absorção de agua, diminuindo a trabalhabilidade da mistura e afetando a relação agua/cimento (a/c) no concreto.

Para melhorar a trabalhabilidade pode-se realizar uma pré-molhagem dos agregados.

- Resistência à compressão

Leite (2001) realizou um experimento em que manteve a relação agua/cimento constante e variou as porcentagens de substituição dos agregados naturais. Inicialmente manteve-se constante o agregado graúdo natural e o agregado miúdo natural foi sendo substituído pelo reciclado em diferentes porcentagens. Os corpos de prova foram submetidos ao teste de resistência à compressão. Em seguida, repetiu-se o procedimento anterior, mantendo constante o agregado miúdo natural e variando as porcentagens de agregado graúdo reciclado (AGR) na mistura. Os resultados podem ser observados na figura 21 a seguir

Figura 21 – Resistência à compressão em função do efeito do teor de substituição do agregado reciclado

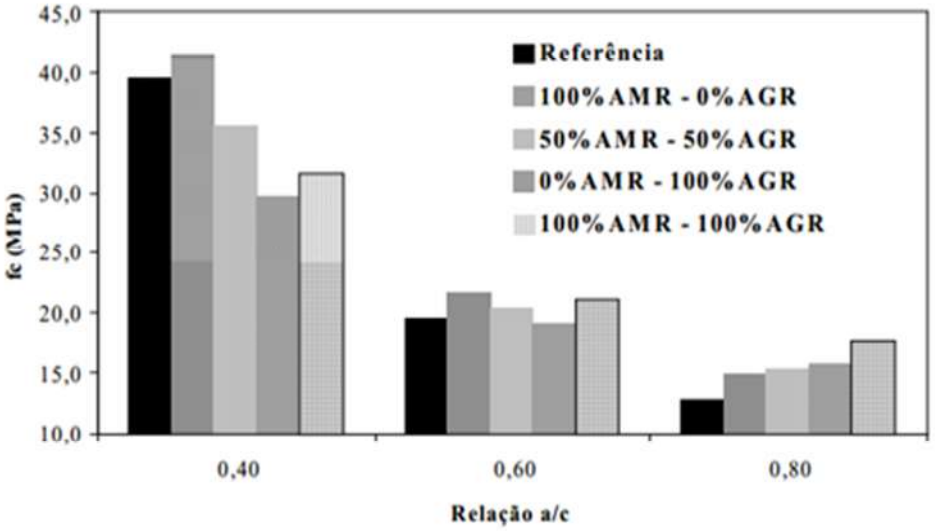


Fonte: Leite (2001)

Observa-se que, para a mesma relação de a/c, o aumento do teor de agregado miúdo reciclado (AMR) tende a aumentar a resistência à compressão e a substituição por agregado graúdo reciclado (AGR) tem efeito contrário.

Em outro experimento, Leite (2001) fez uma variação dos agregados reciclados e do fator agua cimento para obter os valores de resistência à compressão dos corpos de prova. O resultado pode ser visualizado na figura 22 a seguir.

Figura 22 – Resistência à compressão em função da relação a/c para os diferentes percentuais de substituição do AMR e do AGR aos 28 dias



Fonte: Leite (2001)

A utilização de 100% de AMR e 0% de AGR apresenta valores de resistência à compressão superior ao agregado natural, independente da relação a/c. Para o uso combinado de AMR e AGR obtém-se boas resistências para relações a/c superiores a 0,60.

4.2 Durabilidade

A durabilidade é um fator de suma importância para a viabilidade técnica do concreto como elemento estrutural. É possível estimar a vida útil com base em alguns modelos teóricos existentes na literatura. Vieira e Molin (2004) utilizaram o método de Afonso para comparar a expectativa de vida útil de um concreto com 20MPa de resistência, fator a/c de 0.6 , diâmetro médio da armadura de 5 mm. Na estimativa, considerou se a utilização do mesmo cimento em ambas as amostras, além de condições de execução, adensamento e cura iguais. O resultado está disponível na tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Estimativa de vida útil de concretos convencionais e reciclados.

Condição	Estimativa de vida útil (anos)	
	Concreto convencional	Concreto reciclado
Concreto com 20 MPa relação a/c de 0,60	35,1	45,8 (1)
		34,8 (2)

Fonte: Vieira e Molin (2004)

(1) concreto com 100% de agregado miúdo reciclado e brita natural;
(2) concreto com 50% de agregado miúdo natural e 50% de agregado graúdo reciclado

O concreto reciclado com 100% de agregado miúdo e brita natural apresentou vida útil superior ao concreto convencional em aproximadamente 10 anos. A utilização de 50% de agregados naturais e 50% de agregados reciclados obteve vida útil semelhante ao concreto convencional.

4.3 Viabilidade Ambiental

Os primeiros impactos envolvidos em uma edificação são gerados no momento da extração dos materiais na natureza. Tal atividade compromete as condições do solo, da vegetação, das aguas e de outros aspectos do meio ambiente (ARAUJO, 2000).

A substituição dos agregados naturais pelos reciclados é uma alternativa que reduz o impacto gerado pela destinação final incorreta, evita extração de novas matérias primas, além de ser economicamente atrativa (XAVIER; ROCHA, 2001).

O fato dos agregados naturais apresentarem escassez nos grandes centros urbanos, proporciona um maior gasto com transporte e consequente aumento da poluição causado pelos combustíveis fósseis (XAVIER; ROCHA, 2001).

,

5 Aplicação de Concreto Reciclado em Uma Moradia de Interesse Social

5.1 Déficit habitacional no Brasil

O déficit habitacional no Brasil no ano de 2014 foi de 6.068.061 pessoas, das quais 39,97 % estão concentrados na região sudeste e 31,32% na região Nordeste. (FUNDAÇÂO JOAO PINHEIRO, 2016).

Segundo dados da FIESP (2016) o déficit habitacional no Brasil teve queda de 2,8 % no ano de 2014, em relação a 2010.

A redução do déficit habitacional pode ser relacionada com a facilidade de acesso ao financiamento da casa própria, além de iniciativas do poder público na elaboração de projetos facilitadores ao crédito, como o “Minha Casa, Minha Vida”. Nesse cenário, será realizada uma comparação de custos na execução da parte estrutural em concreto, utilizando agregado natural e reciclado, em uma moradia de interesse social.

5.2 Viabilidade Econômica dos Agregados Reciclados

Para verificar a viabilidade econômica dos agregados reciclados frente aos naturais foi elaborada a tabela 5 abaixo. Os valores foram obtidos por Paschoalin Filho *et al.*(2016) em 3 usinas de reciclagem na cidade de São Paulo – SP, no primeiro semestre de 2016. Os fornecedores serão identificados por “A”, ”B” e “C”.

Tabela 5 – Preço (por m³) dos agregados reciclados na cidade de São Paulo-SP, no primeiro semestre de 2016.

Tipo de Agregado	Fornecedores			Preço Médio
	A	B	C	
	R$/m³	R$/m³	R$/m³	R$/m³
Brita#0	R$ 22,00	R$ 27,00	R$ 39,00	R$ 29,33
Brita#1	R$ 22,00	R$ 27,00	R$ 38,00	R$ 29,00
Brita #2	R$ 22,00	R$ 27,00	R$ 38,00	R$ 29,00
Areia reciclada média	R$ 22,00	R$ 27,00	R$ 39,00	R$ 29,33

Fonte: Paschoalin Filho *et al.*(2016)

Observa-se que o preço médio dos agregados reciclados apresentam valores bem próximos. O maior desvio padrão foi encontrado na brita 0 e na areia reciclada média, atingindo a marca de R$,8,74/m³.

A tabela 6 a seguir, apresenta os valores (por m³) de agregados naturais na cidade de São Paulo. O levantamento foi feito no segundo semestre de 2016, em 3 fornecedores locais, identificados por “D”,”E”,”F”.

Tabela 6 - Preço (por m³) dos agregados naturais na cidade de São Paulo-SP, no segundo semestre de 2016.

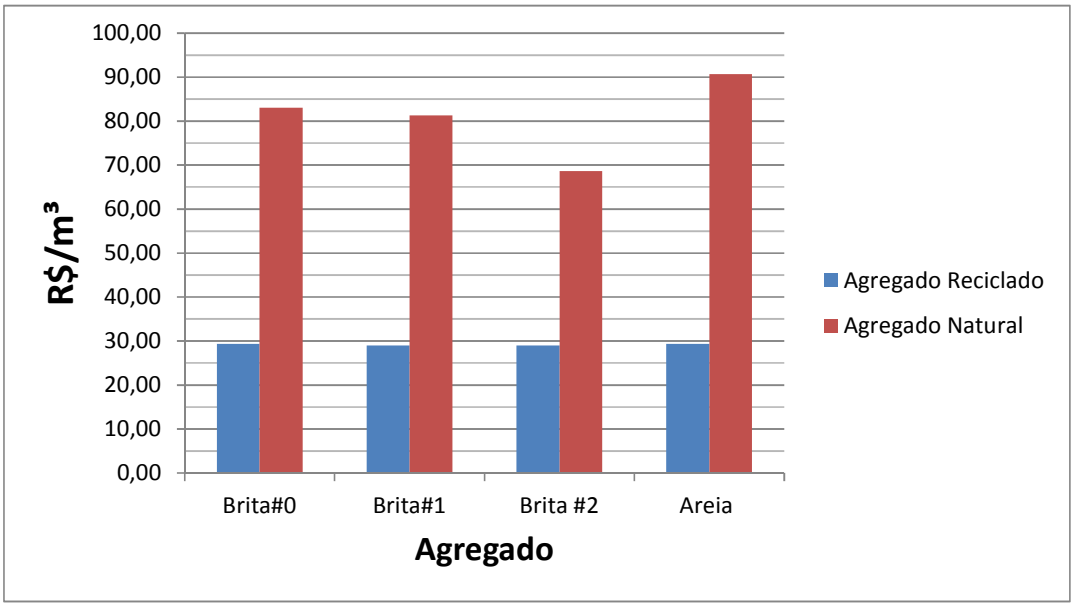
Tipo de Agregado	Fornecedores			Preço Médio
	D	E	F	
	R$/m³	R$/m³	R$/m³	R$/m³
Brita#0	R$ 86,00	R$ 83,00	R$ 80,00	R$ 83,00
Brita#1	R$ 84,00	R$ 82,00	R$ 78,00	R$ 81,33
Brita #2	R$ 71,00	R$ 68,00	R$ 67,00	R$ 68,67
Areia média natural de rio	R$ 90,00	R$ 89,00	R$ 93,00	R$ 90,67

Fonte: O autor

Dos agregados naturais, a brita 1 apresentou maior desvio padrão, atingindo R$ 2,49/m³.

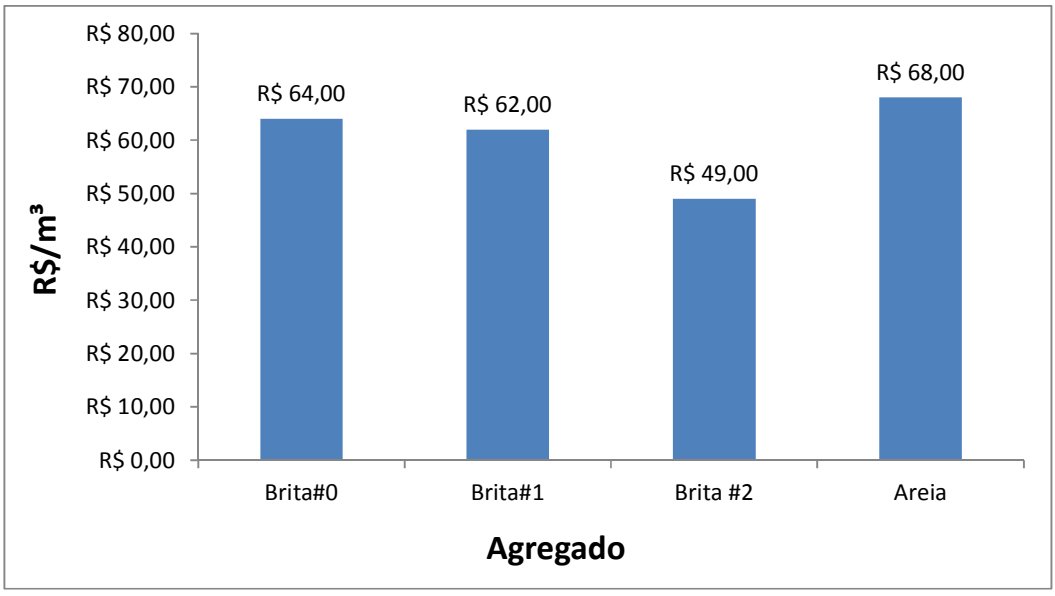
Considerando os valores médios das tabelas 5 e 6 é possível comparar os valores por m³ de agregados naturais e reciclados, conforme as figura 23, 24 a seguir.

Figura 23 – Comparação em R$/m³ entre os agregados naturais e reciclados



Fonte: O autor

Figura 24 – Diferença entre os valores dos agregados naturais e reciclados em R$/m³



Fonte: O autor

Os agregados reciclados podem ser considerados como alternativa economicamente viável. A maior economia foi obtida na areia, atingindo a marca de R$ 68,00/m³.

De acordo com Evangelista *et al.*(2010) ,apesar de economicamente viável, a variabilidade mineral e a composição heterogênea, são uma das principais causas da não utilização dos agregados reciclados na construção civil.

5.3 Viabilidade econômica do concreto reciclado em casas populares

Segundo Porto e Silva (2010) em uma casa popular de um conjunto habitacional foram utilizados concreto em 3 elementos estruturais : viga, contrapiso e sapata corrida (vigas baldrames). A área disponível para construção é de 42,21m².

Segundo as autoras supracitadas, foram construídos 46,80 m de sapata corrida com seção transversal retangular de 40 cm x 25 cm , 46,80 m de viga e seção transversal 8 x 20 cm e um contrapiso de 5 cm de espessura. O volume de concreto necessário é apresentado na tabela 7 a seguir.

Tabela 7 – Volume de concreto necessário para construção de uma casa popular de 42,21 m².

Elemento estrutural	Seção transversal(m)	Área(m²)	Comprimento ou Espessura(m)	Volume(m³)
Sapata corrida	0,40 x 0,25	0,10	46,80	4,68
Viga	0,08 x 0,20	0,016	46,80	0,75
Contrapiso	-	42,21	0,05	2,11
			TOTAL	**7,54**

Fonte: O autor

Portanto, serão necessários 7,54m³ de concreto para a execução da parte estrutural da casa popular em análise.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2013), são necessários aproximadamente 383 kg de cimento, 0,66 m³ de areia, 1m³ de brita 1 e 0,6 m³ de água para a confecção de 1m³ de concreto em obra, com traço 1:2:3:0,6 (Cimento: Areia: Brita: Agua).

Logo para 7,54 m³ serão necessários:

Areia – 7,54 x 0,66 m³ = 4,98 m³

Brita – 7,54 x 1,00 m³ = 7,54 m³

Utilizando como referência os valores médios das tabelas 5 e 6, pode- se estimar a economia gerada pela substituição do agregado natural pelo reciclado em 5 cenários:

- 100% agregado miúdo reciclado e 100% agregado graúdo natural
- 100% agregado miúdo natural e 100% agregado graúdo reciclado
- 50% agregado miúdo reciclado e 50% agregado graúdo reciclado
- 100% agregado miúdo reciclado e 100% agregado graúdo reciclado
- 100% agregado miúdo natural e 100% agregado graúdo natural

O resultado é apresentado na tabela 9 abaixo:

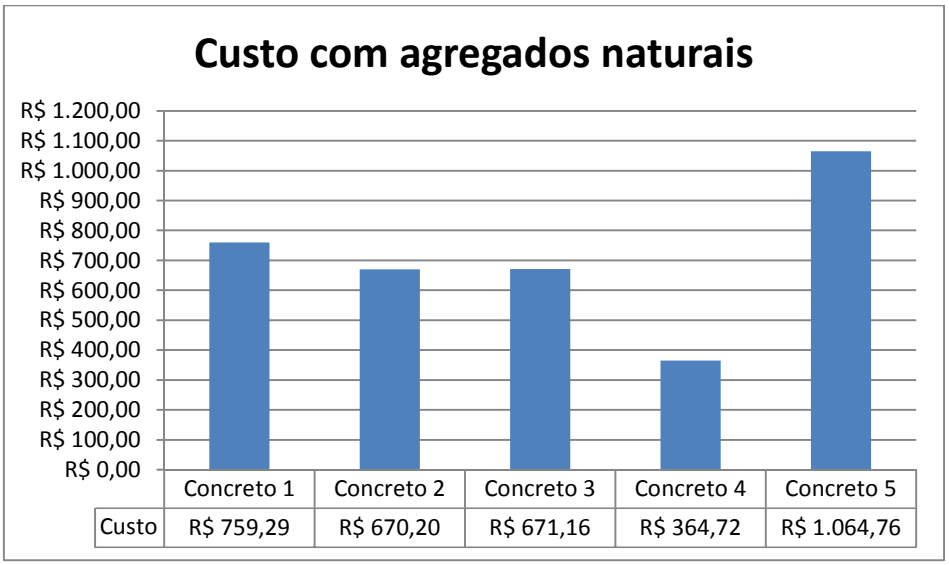
Tabela 9: Variação de composição e custo do concreto.

	Areia		Brita		Custo Final
	Natural	Reciclada	Natural	Reciclada	
Concreto 1	-	100%	100%	-	R$ 759,29
Concreto 2	100%	-	-	100%	R$ 670,20
Concreto 3	50%	50%	50%	50%	R$ 671,16
Concreto 4	-	100%		100%	R$ 364,72
Concreto 5	100%	-	100%	-	R$ 1.064,76

Fonte: O autor

A partir dos dados anteriores, foi gerada a figura 25 a seguir.

Figura 25 – Variação do custo em relação a utilização de agregados naturais e reciclados

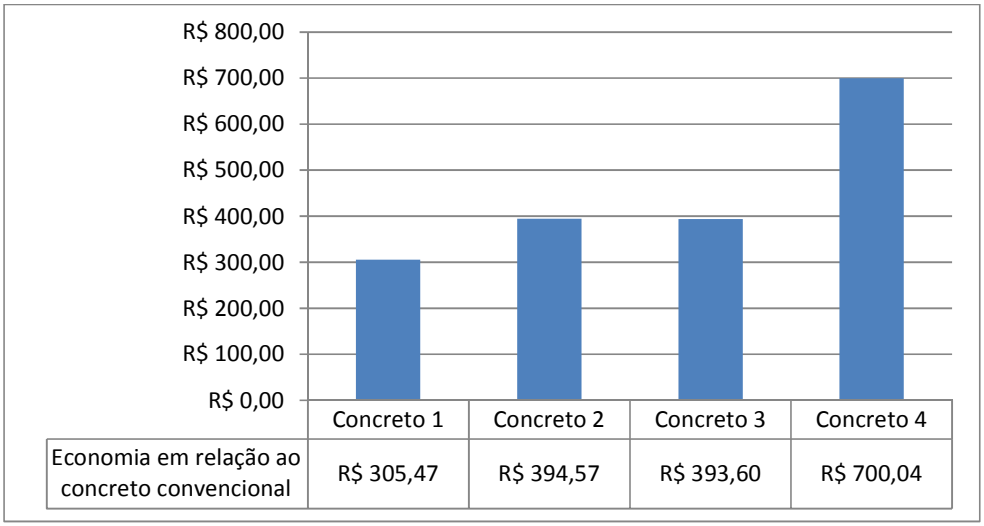


Fonte: O autor

Se utilizado o método convencional para a execução do concreto, seriam gastos aproximadamente R$ 1065,00 em agregados naturais (Concreto 5). As 4 primeiras alternativas, apresentam uma substituição parcial dos agregados naturais, possibilitando uma redução de custo de até R$ 700,00 (concreto 4).

A figura 26 apresenta a economia gerada pela escolha das 4 primeiras alternativas:

Figura 26 – Economia gerada pela substituição do agregado natural em 5 amostras de concreto.



Fonte: O autor

6 Considerações Finais

O uso dos agregados reciclados no concreto gerou uma economia significativa, o que pode ser considerado um atrativo para moradias de interesse social. Apesar disso, a escolha dos agregados não é uma opção exclusivamente econômica.

O fato do material reciclado apresentar grande variabilidade, exige que as etapas de caracterização e beneficiamento sejam criteriosamente realizadas. Sendo conhecidas as propriedades do material é possível expandir o seu uso em elementos de maior solicitação.

No atual cenário de preservação do meio ambiente e dos recursos naturais, o reuso e a reciclagem se consolidaram como ferramentas para a redução dos impactos ambientais. Desde que elaboradas medidas para normatização, especificação e utilização, o uso de agregados reciclados pode se consolidar no mercado como uma alternativa economicamente viável e ambientalmente sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-. **NBR 10.004:** Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15112:** Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004

____. **NBR 15113:** Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15114:** Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15115:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

____. **NBR 15116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2004.

ABRECON - Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Programa Setorial 2014/2015**. Disponível em: <http://www.abrecon.org.br/relatorio-pesquisa-setorial-20142015/ >. Acesso em: 14 dez. 2016.

ABRELPE - Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>. Acesso em:23 nov. 2016.

AFFONSO, F. J. A. **Caracterização de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para uso em camadas drenantes de aterros de resíduos sólidos.** 2005. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, Rio de Janeiro – RJ, 2005. Disponível em: <http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/inter/2005/Teses/AFFONSO_FJA_05_t_M_int.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

ALVES, C. E. T.; QUELHAS, O. L. G. **A ecoeficiência e o ecodesign na indústria da construção civil**: uma abordagem à prática do desenvolvimento sustentável na gestão de resíduos com uma visão de negócios. Rio de Janeiro: Associação Educacional Dom Bosco, 2004. 10p. Disponível em: <www.aedb.br/seget/arquivos/artigos04/106_seget%20artigo.doc >. Acesso em: 10 nov. 2016.

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18112005-155825/pt-br.php>. Acesso em: 05 dez. 2016.

ARAUJO, J. M. **Caçambas coletoras de resíduos sólidos e riscos à saúde pública:** um enfoque segundo os princípios da atenção primária ambiental. 2000. 138f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. 2000.

Associação Brasileira de Cimento Portland. **Mãos à obra pro.** 1ed. São Paulo: Alaúde, 2013.

Banco Central do Brasil. **Relatório Focus**. Disponível em <http://www.bcb.gov.br>. Acesso em: 20 nov. 2016.

BRASIL. Congresso. Senado. Decreto nº 6.017, de 2007. Regulamenta a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, 17 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6017.htm>. Acesso em: 15 de out. 2016.

_____. Congresso. Senado. Lei n° 12.305, de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, 02 de agosto de 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 15 de out. 2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 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.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: versão preliminar para consulta pública.** Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/versao_preliminar_pnrs_wm_253.pdf>. Acesso em: 15 de out. 2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília, 2012. 157p.

_____. Constituição Federal de 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituição.htm>. Acesso em: 15 de out. 2016.

BRITO FILHO, J.A. Cidades versus entulho. In: IBRACON, **ANAIS** II SEMINÁRIO Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, Comitê Técnico CT 206 - Meio Ambiente. São Paulo, 1999, p 56- 67.

BUTTLER, A. M.; PRADO, D. M.; CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. Blocos Estruturais de Concreto Com Agregados Reciclados de Concreto - Caracterização das Propriedades Físicas. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Florianópolis, 2006, **Anais**, Florianópolis, 2006 p. 3540-49

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do rcd**. 2007. 253f. Tese(doutorado em ciência da engenharia ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-21102007164548/publico/ ANTONIOEDUARDOModelagemPropConcretocomRCD.pdf >. Acesso em: 23 dez. 2016.

CARELI, E. D. **A resolução CONAMA n. 307/2002 e as novas condições para a gestão dos resíduos de construção e demolição**. 2008. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo-SP, 2008.Disponivel em: <http://www.cps.sp.gov.br/pos-graduacao/trabalhos-academicos/dissertacoes/tecnologias-ambientais/2008/elcio-duduchi-careli.pdf>. Acesso em: 15 nov.2016.

CARNEIRO, A. P. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção**. 1. ed. Salvador: EDUFBA, 2001.

CARRIJO, P. M. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto.** 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo,2005.Disponivel em:<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-11052006-143829/publico/ Dissertacao.pdf >. Acesso em: 20 dez. 2016.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE; Ministério de Minas e Energia – MME. **Caracterização do Cenário Macroeconômico para os próximos 10 anos.** Rio de Janeiro-RJ, 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/ S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2008-16%20 %20Cen% C3% A1rio%20macroecon%C3%B4mico%202016-2025.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2016.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, M. V. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção Classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Revista Ambiente Construído***,* Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 23-40, jun./set. 2010. Disponivel em: < http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n3/a02.pdf >. Acesso em: 10 jan. 2017.

FAGURY, S. C., GRANDE, F. M. Gestão de resíduos de construção e demolição (RCD) – aspectos gerais da gestão pública de São Carlos/SP, **Exacta**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 35 - 45, jan./jun. 2007. Disponível em:<http://www.redalyc.org/pdf/ 810/81050104. pdf>. Acesso em: 10 dez. 2016.

FIESP, Levantamento inédito mostra déficit de 6,2 milhões de moradias no Brasil,2016. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/noticias/levantamento-inedito-mostra-deficit-de-62-milhoes-de-moradias-no-brasil/>. Acesso em: 10 jan.2016.

FORMOSO, C.T, CESARE C.M ,LANTELME E.M, SOIBELMAN, L. Perdas na construção civil: conceitos, classificações e indicadores de controle. **Revista Téchne** , São Paulo, , v. 23, p.30-33, jul./ago., 1996**.** Disponível em: <http://www.pedrasul.com.br/artigos/perdas.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

FUNDAÇÃO JOAO PINHEIRO, Déficit Habitacional no Brasil.2016. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficithabitacional-no-brasil>. Acesso em: 10 jan. 2016.

IBGE, Estimativas da população dos municípios brasileiros. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm>. Acesso em: 11 dez. 2016.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo,v.25, n.71, p.135-155, Jan/Abr 2011. Disponível em:<http://www.scielo.br/pdf/ea/v25n71/ 10.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2016.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000.113f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,São Paulo – SP,2000. Disponível em: <http://www.ietsp.com.br/static/media/mediafiles/2015/01/23/LV_Vanderley_John_Reciclagem_Residuos_Construcao_Civil.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2016.

KARPINSK, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; ROJAS, J. W. J. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil**: uma abordagem ambiental. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

LEITE. B. M. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 290f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande dos Sul , Porto Alegre, 2001.Disponivel em : <http://hdl.handle.net/10183/21839>. Acesso em: 14 dez. 2016.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho da construção civil para utilização como agregados para argamassas e concretos**. 1997. 145f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

LIMA, F.S.N.S. **Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassas**. 2005. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp091808.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2016.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis-RJ: Vozes, 2002.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos -SP: RiMa, 2005.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, E. D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986 – 2008. **Ambiente construído,** Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57 – 71, jan./mar. 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/7183/4909>. Acesso em: 05 dez. 2016.

MONTAGNA, André. **Curso de Capacitação/Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: planejamento e gestão.** Florianópolis: AEQUO, 2012.

MONTEIRO, Jose Henrique Penido. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOTTA, R. S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentos de baixo volume de tráfego**. 2005.134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.Disponivel em: < http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19072006-114729/publico/Dissert.mestrado_RosangelaMotta.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2016.

PASCHOALIN FILHO, J.A; FARIA, A.C; PIRES, G.W.M; DUARTE,E.B.L. Investimentos em ativos imobilizados para instalação de usina de reciclagem de resíduos de construção civil de médio porte da Zona Leste de São Paulo, **Desenvolvimento em Questão,** São Paulo, n.36, p.320-351, out./dez. 2016. Disponível em: < www.redalyc.org/pdf/752/75247943012.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017.

PINTO. T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: < http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/gestresiduossolidos.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.

PORTO, M.E.H.C, SILVA S.V, Gestão do projeto de reaproveitamento dos entulhos de concreto gerados pela construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos. **Anais...** São Paulo: ENEGEPE, 2010. Disponível em:< http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_stp_120_783_15856.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2017.

RIBEIRO, G. C. **Avaliação do Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Município de Torres, Rio Grande do Sul.** 2013. 100f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. 100f. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/125094 >. Acesso em: 25 out. 2016.

RODRIGUEZ, L. C; SOBRINHO, V. G. Mercados de poluição – Uma abordagem com a utilização de metas de geração de resíduos sólidos urbanos. **Conexão Academia – A Revista Científica sobre Resíduos Sólidos**, São Paulo, v. 4, p. 21-28, Jul. 2013. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/arquivos/revista_conexa_academia4.pdf >.Acesso em: 07 dez.2016.

SCHALCH, V. **Estratégias para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos.** 2002. 149f. Tese (Livre-Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SINDUSCON -MG. **Cartilha de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <http://www.projetoreciclar.ufv.br/docs/cartilha/residuos_solidos.pdf>. Acesso em 16 out. 2016.

SINDUSCON-CE. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Fortaleza, 2011. Disponível em: < http://www.sindusconce.org/ce/downloads/pqvc/Manual-de-Gestao-deResiduos-Solidos.pdf >. Acesso em: 28 out. 2016.

SPOSTO, R.M. Os resíduos da construção: problema ou solução?. **Espaço Acadêmico**, v.4, n.61, jun. 2006. Disponível em:<https:www.espacoacademico.com.br/ 061/61sposto.htm>. Acesso em: 17 dez. 2016.

VALENÇA, M. Z. **O Papel das Empresas de Coleta e Transporte na Gestão Integrada e Sustentável dos Resíduos da Construção Civil na Cidade do Recife: o que mudou com a resolução CONAMA 307/2002**. 2008.121f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Politicas ambientais) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife- PE, 2008. Disponivel em: <http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/3188/arquivo2136_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 dez. 2016.

VIEIRA,G.L.; MOLIN D.C.C. Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição, **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 47-63, out./dez. 2004. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3575/1979>. Acesso em: 10 jan. 2017.

XAVIER, L. L.; ROCHA, J. C. Diagnóstico do resíduo da construção civil – Início do caminho para o uso potencial do entulho. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL - MATERIAIS RECICLADOS E SUAS APLICAÇÕES. 4, 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRACON. 2001.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto**. 1997. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Campinas, Campinas-SP, 1997. Disponível em: <http://www.ietsp.com.br/static/media/mediafiles/2015/01/23/Dissert_Sergio_Zordan__Entulho_Agregado_para_Concreto.pdf>. Acesso em: 12 dez.2016.

ANEXO 1 - Resolução n° 307 CONAMA

Publicada no DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96

Correlações:

- Alterada pela Resolução nº 469/2015 (altera o inciso II do art. 3º e inclui os § 1º e 2º do art. 3º).
- Alterada pela Resolução nº 448/12 (altera os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 e revoga os artigos 7º, 12 e 13)
- Alterada pela Resolução nº 431/11 (alterados os incisos II e III do art. 3º);
- Alterada pela Resolução nº 348/04 (alterado o inciso IV do art. 3º);

Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, anexo à Portaria nº 326, de 15 de dezembro de 1994, e

Considerando a política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana, conforme disposto na Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001;

Considerando a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil;

Considerando que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental;

Considerando que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas;

Considerando que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos

Considerando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental, resolve:

Art. 1º Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais
Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

II - Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução;

III - Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;

IV - Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;

V - Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

VI - Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;

VII - Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;

VIII - Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;

~~IX - Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente~~;

IX - Aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros: é a área tecnicamente adequada onde serão empregadas técnicas de destinação de resíduos da construção civil classe A no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem

causar danos à saúde pública e ao meio ambiente e devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente; (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~X - Áreas de destinação de resíduos: são áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos~~.

X - Área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT): área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos a saúde pública e a segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos; (nova redação dada pela Resolução 448/12)

XI - Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010; (nova redação dada pela Resolução 448/12)

XII - Gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

Art. 3º Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

~~II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;~~

~~II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; (redação dada pela Resolução n° 431/11).~~

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).

~~III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;~~

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução n° 431/11).

~~IV - Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros. (Redação dada pela Resolução n° 431/11).~~

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução n° 348/04).

§ 1º No âmbito dessa resolução consideram-se embalagens vazias de tintas imobiliárias, aquelas cujo recipiente apresenta apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno, sem acúmulo de resíduo de tinta líquida. (Redação dada pela Resolução nº 469/2015)

§ 2º As embalagens de tintas usadas na construção civil serão submetidas a sistema de logística reversa, conforme requisitos da Lei nº 12.305/2010, que contemple a destinação ambientalmente adequados dos resíduos de tintas presentes nas embalagens. (Redação dada pela Resolução nº 469/2015)

~~Art. 4º Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.~~

Art. 4º Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~§ 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, obedecidos os prazos definidos no art. 13 desta Resolução.~~

§ 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água,

lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

§ 2º Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

~~Art. 5º É instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, o qual deverá incorporar:~~

~~I - Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil; e II - Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.~~

Art. 5º É instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~Art. 6º Deverão constar do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil:~~

Art. 6º Deverão constar do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil: (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~I - as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores~~.

I - as diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local e para os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores; (nova redação dada pela Resolução 448/12)

II - o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;

~~III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos;~~

III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos;

IV - a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;

V - o incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;

VI - a definição de critérios para o cadastramento de transportadores;

VII - as ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;

VIII - as ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

~~Art. 7º O Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil será elaborado, implementado e coordenado pelos municípios e pelo Distrito Federal, e deverá estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local. (Revogado pela Resolução 448/12)~~

~~Art. 8º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos geradores não enquadrados no artigo anterior e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.~~

Art. 8º Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos grandes geradores e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~§ 1º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deverá ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.~~

§ 1º Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deverão ser apresentados juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~§ 2º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, deverá ser analisado dentro do processo de licenciamento, junto ao órgão ambiental competente.~~

§ 2º Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de empreendimentos e atividades sujeitos ao licenciamento ambiental deverão ser analisados dentro do processo de licenciamento, junto aos órgãos ambientais competentes. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~Art. 9º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas:~~

Art. 9º Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas: (nova redação dada pela Resolução 448/12)

I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;

II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;

III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;

IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

V - destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.

~~Art. 10. Os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:~~

Art. 10. Os resíduos da construção civil, após triagem, deverão ser destinados das seguintes formas: (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;~~

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros; (nova redação dada pela Resolução 448/12)

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III- Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

~~IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.~~

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~Art. 11. Fica estabelecido o prazo máximo de doze meses para que os municípios e o Distrito Federal elaborem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos~~

~~de Construção Civil, contemplando os Programas Municipais de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil oriundos de geradores de pequenos volumes, e o prazo máximo de dezoito meses para sua implementação.~~

Art. 11. Fica estabelecido o prazo máximo de doze meses, a partir da publicação desta Resolução, para que os municípios e o Distrito Federal elaborem seus Planos Municipais de Gestão de Resíduos de Construção Civil, que deverão ser implementados em até seis meses após a sua publicação. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

Parágrafo único. Os Planos Municipais de Gestão de Resíduos de Construção Civil poderão ser elaborados de forma conjunta com outros municípios, em consonância com o art. 14 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. (nova redação dada pela Resolução 448/12)

~~Art. 12. Fica estabelecido o prazo máximo de vinte e quatro meses para que os geradores, não enquadrados no art. 7º, incluam os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil nos projetos de obras a serem submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes, conforme §§ 1º e 2º do art. 8º. (Revogado pela Resolução 448/12~~)

~~Art. 13. No prazo máximo de dezoito meses os Municípios e o Distrito Federal deverão cessar a disposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de " bota fora". (Revogado pela Resolução 448/12)~~

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor em 2 de janeiro de 2003.

JOSÉ CARLOS CARVALHO

Presidente do Conselho

Este texto não substitui o publicado no DOU, de 17 de julho de 2002.