



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - PB
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE - CCTS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JHONES REMOS MACÊDO DA ROCHA CALIXTO

**ANÁLISE DA ATUAL SITUAÇÃO DO BRASIL QUANTO A GERAÇÃO E
GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COM ÊNFASE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

ARARUNA
2017

JHONES REMOS MACÊDO DA ROCHA CALIXTO

**ANÁLISE DA ATUAL SITUAÇÃO DO BRASIL QUANTO A GERAÇÃO E
GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COM ÊNFASE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII, como requisito à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Área de concentração: Gestão de Resíduos.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos.

ARARUNA

2017

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

C153a Calixto, Jhones Remos Macêdo da Rocha
Análise da atual situação do Brasil quanto a geração e gestão dos resíduos sólidos com ênfase na construção civil [manuscrito] / Jhones Remos Macedo da Rocha Calixto. - 2017.
50 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação: Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos, Departamento de Engenharia Civil".

1. Resíduos sólidos. 2. Impactos Ambientais. 3. Sustentabilidade. I. Título.

21. ed. CDD 363.728 5

JHONES REMOS MACÊDO DA ROCHA CALIXTO

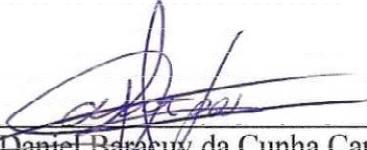
ANÁLISE DA ATUAL SITUAÇÃO DO BRASIL QUANTO A GERAÇÃO E
GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COM ÊNFASE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Estadual da Paraíba – Campus VIII, como
requisito à obtenção do título de Bacharelado
em Engenharia Civil.

Área de concentração: Gestão de Resíduos.

Aprovada em: 11/04/2017.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos.
(Orientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Me. Daysan F. K. Leal Medeiros

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Laercio Leal dos Santos

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, irmãos e ao meu amor Fiama, pelo apoio e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos responsáveis pela implantação do Campus VIII na minha cidade Araruna e me proporcionar essa conquista, de se tornar engenheiro civil em casa.

Aos meus pais, Luiz Calixto da Silva e Maria Rejane Macêdo da Rocha Calixto, agradeço por todo amor, ensinamentos, experiências e dedicação durante toda minha vida, essa conquista é de vocês.

Agradeço aos meus irmãos Deividy Lem Macêdo da Rocha Calixto por ter me ajudado bastante durante minha jornada na universidade e tá sempre do meu lado desde criança e Ícaro Macêdo da Rocha Calixto, pelo companheirismo e nosso bom entendimento.

A minha namorada e companheira Fiama Barbosa Lira, pela apoio e paciência nas horas difíceis, por todo o amor e por ter me proporcionar os melhores anos da minha vida fazendo parte da minha trajetória na graduação.

Agradeço a todos os colegas de turma, em especial aos integrantes do grupo de estudos Carcará por todas os desafios superados durante a graduação e pelos bons momentos de descontração e pela amizade sincera, muito obrigado a todos.

Agradeço ao meu orientador Daniel Baracuy da Cunha Campos que acreditou em mim e me apoiou na realização desse sonho, sempre me auxiliando e me ensinando.

Agradeço também a todos os meus professores pelos ensinamentos prestados durante a graduação.

*“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais volta ao seu tamanho original”.*

Albert Einstein.

RESUMO

A geração de resíduos sólidos na construção civil sempre chamou a atenção dos construtores devido à grande quantidade gerada que acaba causando impactos ambientais, contaminando o solo e a água e alterando as características da paisagem natural. Além de ser grande geradora de resíduos sólidos, a indústria da construção civil devido à má gestão desses resíduos, colabora diretamente para a futura escassez dos recursos naturais com o desperdício de matéria prima. O objetivo deste trabalho é mostrar a situação atual do Brasil quanto à geração e a gestão dos resíduos sólidos na construção civil, através de uma compilação da literatura nacional, mostrando a importância do gerenciamento desses resíduos no canteiro de obras, os principais processos utilizados, a viabilidade das aplicações dos materiais reciclados, os impactos ambientais devido à má gestão, além da legislação estudada relacionada ao tema. Devido à falta de um comprometimento da sociedade e das empresas na questão da gestão de resíduos, é importante ter uma cultura bem consolidada de gerenciamento de RCD, pois ainda poucas medidas são tomadas para reduzir a geração desses materiais e, com o aumento da densidade demográfica, esse volume acaba crescendo, mesmo existindo normas e leis abrangendo essa temática. Pelo fato da situação atual da construção civil ainda apresentar um grande desperdício e uma elevada geração de resíduos, a redução da geração de resíduos tem se mostrado a alternativa mais eficaz tanto para a diminuição do impacto ambiental, quanto do ponto de vista econômico. A existência de materiais de construção reciclados possibilita que as construções se tornem ambientalmente corretas, mas, ainda há barreiras a serem vencidas na utilização desses materiais. Contudo, as construtoras devem buscar medidas alternativas de projeto, melhorando a compatibilização dos mesmos, implementando a redução, reciclagem, reaproveitamento e procedimentos de gestão de resíduos à altura das expectativas criadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e se adequarem ao sistema de gerenciamento dos RCC, como indicado pela Resolução CONAMA 307/2002.

Palavras-chave: Geração de RCD; Impactos Ambientais; Sustentabilidade; Gerenciamento.

ABSTRACT

The generation of solid waste in construction always drew the attention of the builders due to the large amount generated that ends up causing environmental impacts, contaminating the soil and water and altering the characteristics of the natural landscape. In addition to being great generator of solid waste, the construction industry due to bad management of this waste, contributing directly to the future scarcity of natural resources with the waste of raw material. The objective of this study is to show the current situation of Brazil as the generation and management of solid waste in construction, through a compilation of national literature, showing the importance of managing these wastes at the jobsite, the main processes used, the viability of the applications of recycled materials, the environmental impacts due to bad management, in addition to the legislation under study related to the topic. Concluding that due to the lack of a commitment of society and enterprises in the issue of waste management, it is important to have a culture well consolidated management of RCD, because only a few measures are taken to reduce the generation of these materials, and with the increase of population density, this volume just growing, even with rules and laws covering this theme. And by the fact that the current situation of civil construction still show a large waste and a high waste generation, reducing the generation of waste has been shown to be the most efficient alternative for both the reduction of environmental impact, in terms of the economical point of view. The existence of building materials recycled allows the buildings to become environmentally correct, but there are still barriers to be overcome in the use of these materials. However, the contractors should seek alternative measures of project, improving the compatibility of the same, implement the reduction, recycling, reuse and procedures for waste management to expectations created by the National Solid Waste Policy (NSWP) and fit the system of management of RCC, as indicated by the CONAMA Resolution 307/2002.

Keywords: Generation of RCD; Environmental Impacts; Sustainability; Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Composição da fonte geradora do RCD no Brasil	19
Figura 2 – (a) Disposição irregular de RCD no Leito de rio e (b) Disposição irregular de RCD comprometendo o tráfego.....	20
Figura 3 - Gráfico da economia e compra de materiais no ano de 2013	24
Figura 4 - Processo de waste to energy.....	25
Figura 5 - Composição média aproximada do RCD.....	31
Figura 6 - Fluxograma simplificado - recepção, triagem e destinação de RCD	32
Figura 7 - (a) embalagens (plásticos, papéis); (b) madeiras (formas, pontaletes); (c) placas de revestimento cerâmico, azulejos ou louças sanitárias (fonte potencial de reatividade alcali-silica); (d) gesso; (e) metais (sucata de aço, armação) e (f) solo escavado.....	33
Figura 8 - Usina móvel de reciclagem.....	35
Figura 9 - Usina Semimóvel de reciclagem	35
Figura 10 - Usina Fixa de reciclagem.....	36
Figura 11 - Gráfico dos valores de resistência a compressão aos sete dias.	39
Figura 12 - Gráfico dos valores de resistência a compressão aos quatorze dias.	39
Figura 13 - Gráfico dos valores de resistência a compressão aos vinte e oito dias.	40
Figura 14 - Gráfico da evolução das resistências a compressão em função do tempo.	40
Figura 15 - Gráfico da Resistência (Mpa) x Idade (dias).....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Geração estimada de resíduos sólidos urbanos por município.	17
Tabela 2: Estimativa da Geração de Resíduos de Construção Civil.....	18
Tabela 3: Composição média dos materiais de RCD de obras no Brasil em %.....	19
Tabela 4: Casos de usos de RCD em pavimentação.....	37
Tabela 5: Características da estrutura do pavimento com RCD deste estudo.....	38
Tabela 6: Custos das estruturas do pavimento com material convencional.....	38
Tabela 7: Custos das estruturas do pavimento com RCD.....	38
Tabela 8: Comparativo entre convencional e RCD.....	39
Tabela 9: Resultado da Resistência à Compressão (MPa) e Evolução das Resistências (%). 41	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVO GERAL.....	13
2.1. Objetivos Específicos.....	13
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1. Resíduos Sólidos	13
3.2. Resíduos de Construção e Demolição	14
3.3. Geração de RCD e o Impacto Ambiental.....	15
<i>3.3.1. Geração de RCD.....</i>	<i>15</i>
<i>3.3.2. Impactos Ambientais</i>	<i>19</i>
3.4. Gerenciamento e Soluções para os Resíduos Sólidos	21
3.5. Gestão de RCD em canteiros de obras	25
<i>3.5.1. Redução dos RCD.....</i>	<i>26</i>
<i>3.5.2. Reutilização dos RCD.....</i>	<i>28</i>
<i>3.5.3. Reciclagem dos RCD.....</i>	<i>30</i>
<i>3.5.3.1. Triagem.....</i>	<i>31</i>
<i>3.5.3.2. Usinas de Reciclagem.....</i>	<i>34</i>
3.6. Viabilidade do Uso dos Materiais de RCD Reciclados	37
<i>3.6.1. Uso dos agregados reciclados de RCD na pavimentação.....</i>	<i>37</i>
<i>3.6.2. Produção de concretos com resíduos de vidro em substituição do agregado miúdo..</i>	<i>39</i>
<i>3.6.3. Uso do agregado reciclado na confecção de concreto</i>	<i>40</i>
3.7. Normas Brasileiras para a Gestão de Resíduos	42
4. METODOLOGIA.....	44
5. CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades humanas mais antigas do mundo, e sempre gerou grandes quantidades de resíduos, chamando a atenção dos construtores desde a época do Império Romano, quando já são encontrados registros de reutilização dos resíduos da construção na produção de novas obras. Todavia o primeiro registro expressivo de reutilização só foi registrado após a Segunda Guerra Mundial, devido a necessidade da reconstrução das cidades Europeias, que tiveram seus edifícios totalmente arruinados e seus escombros foram usados na produção de agregados visando atender a demanda da época (MORAND, 2016).

De acordo com Pinto (1999), no Brasil, a questão dos resíduos gerados em ambientes urbanos é preocupante, devido à falta de soluções adequadas tanto para os efluentes quanto para os resíduos sólidos. Azevedo e Amorim (2013) afirmam que, com as regiões metropolitanas se expandindo e a crescente busca por construções residenciais, industriais, rodoviárias e obras de infraestrutura, viu-se a importância da atividade civil no avanço do país e a influência do mesmo no meio ambiente urbano. Contudo, é de conhecimento de todos que essa interferência no meio ambiente é considerada, em grande parte, nociva.

Os processos industriais veem tornando-se cada vez mais caros, devido a busca por recursos naturais em locais cada vez mais distantes dos centros produtivos, podendo-se dizer que somente com a adoção de políticas que incentivem o reaproveitamento dos minerais descartáveis poderá evitar-se a escassez destes recursos e através da reutilização e reciclagem dos resíduos gerados, será reduzido o impacto ambiental. Vale salientar que o reaproveitamento destes resíduos possibilita a disponibilização no mercado consumidor de materiais de construção, de baixo custo, facilitando, o acesso às classes menos favorecidas, cooperando também para o aumento dos postos de trabalho na área de construção civil, observando uma tendência à adoção de medidas que buscam uma construção sustentável, que visam, acima de tudo, a preservação do meio ambiente através da utilização maciça de materiais reaproveitados e reciclados. Entretanto, ainda não é comum encontrar, com facilidade, materiais resultantes de um processo de reaproveitamento de resíduos da construção no mercado (SOBRAL, 2012).

Devido a urbanização acelerada, que resultou na rápida saturação das cidades, e conseqüentemente, o crescimento das atividades do setor construtivo, além da larga

exploração dos recursos naturais, a geração de resíduos da construção e demolição (RCD) alcançou índices alarmantes, resultado do desperdício nas obras de construções, reformas e demolições. A falta de gerenciamento adequado desses resíduos afeta as cidades nos aspectos sociais, econômicos e ambientais, sendo assim foi criada e entrou em vigor em 5 julho de 2002, a Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, e unindo força à essa Resolução, no ano de 2010 foi aprovada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por intermédio da Lei nº 12.305 de 2 de Agosto de 2010, a qual define a forma como o país deve dispor os seus resíduos, incentivando a reciclagem e a sustentabilidade (BRASILEIRO E MATOS, 2015).

Na construção civil, o mercado de reaproveitamento de concreto, cerâmica, areia e madeira nas obras tem potencial para gerar 150 mil empregos diretos por ano e erguer prédios, casas e estradas com impacto ambiental reduzido. Atentas ao potencial do segmento, há construtoras que adotam programas de redução de resíduos e, com isso, economizam recursos e seguem padrões de sustentabilidade.

Embora as técnicas de reciclagem dos RCC (Resíduos da Construção Civil) venham evoluído, não se pode afirmar com absoluta convicção que a reciclagem tenha se tornado uma ideia bem difundida, principalmente no Brasil.

Estudar o gerenciamento sustentável na construção civil, é tema de grande importância, já que a indústria da construção causa impactos ambientais em todas as fases produtivas, gerando grandes quantidades de resíduos. O potencial de reaproveitamento e reciclagem desses resíduos é significativo, e a exigência da sua incorporação em determinados produtos tende a ser benéfica, já que proporciona economia de matéria-prima e energia.

A importância teórica desta pesquisa está relacionada com a atualidade e seriedade do tema para a indústria da construção civil brasileira em relação a geração e gestão dos resíduos sólidos, que passa por profundas mudanças, tentando se adequar a um processo de produção ambientalmente correto, socialmente justo e viável economicamente. Além da importância, a escolha do tema se justifica e pelo fato desse assunto não ter sido bem aprofundada durante a graduação.

2. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo mostrar a atual situação do Brasil quanto a geração e gestão dos resíduos sólidos com ênfase na construção civil no contexto da atual Política Nacional de Resíduos Sólidos, através de um levantamento bibliográfico da atual literatura Brasileira.

2.1. Objetivos Específicos

- Compilação do assunto para ser convertido em conhecimentos básicos que possibilite o esclarecimento quanto à importância do tema;
- Identificar as ações de adequação à resolução CONAMA N° 307;
- Mostrar a viabilidade do uso dos materiais de RCD reciclado;
- A gestão adequada de RCD em canteiros de obras;
- Apresentar os impactos ambientais causados devido a geração e deposição irregular de entulho;
- Conhecer as Normas Brasileiras para a Gestão de Resíduos;
- Fornecer suporte teórico para um gerenciamento eficiente dos RCD.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Resíduos Sólidos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT por meio da NBR 10004 segunda edição (2004), define de forma detalhada os resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividade 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 inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p. 01).

De acordo com a NBR 10004 a classificação dos resíduos envolve a identificação das atividades que lhes deram origem bem como de seus constituintes e características e por meio da comparação destes constituintes com uma listagem de resíduos e substâncias, as quais o impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido, sendo assim classificados de acordo com a referida Norma em:

- Resíduos classe I – Perigosos: São Resíduos inflamáveis; Corrosivos; Reativos; Tóxicos e ou patogênicos.
- Resíduos classe II – Não perigosos, que se subdivide em resíduos classe II A e classe II B.
 - Resíduos classe II A – Não inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos nem de resíduos classe II B – inertes. Apresentam propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
 - Resíduos classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrado 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.

3.2. Resíduos de Construção e Demolição

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), considera como resíduos da construção, aqueles que são gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras, incluídos os que resultam da preparação e escavação de terrenos (BRASIL, 2012).

Na Resolução 307 do CONAMA apresenta uma descrição delineada dos resíduos sólidos de construção e demolição (RSCD), cujo é definido 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).

De acordo com o Art. 3º da Resolução 307 CONAMA, os resíduos da construção civil, são classificados, da seguinte forma:

- 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, 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 e outros;
- 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;
- 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. (Nova redação dada pela Resolução n°348/04).

3.3. Geração de RCD e o Impacto Ambiental

Os impactos ambientais causados pelas atividades da construção civil têm despertando uma maior atenção em decorrência da grande quantidade de resíduos gerados devido ao crescimento acelerado das cidades brasileiras nas últimas décadas. Segundo Pinto e Gonzáles 2005, o RCD é equivalente duas vezes, em massa, a quantidade dos resíduos domiciliares, situação que agrava a degradação ambiental, devido a intensa geração desses resíduos, devido à ausência ou negligência de políticas públicas permanentes de gerenciamento dos mesmos.

3.3.1. Geração de RCD

Geralmente, os RCD são gerados durante três etapas distintas: a primeira é a construção, a segunda à manutenção que englobam a produção dos diversos materiais de construção e utilização desses materiais nas obras e a terceira etapa é a demolição. Entretanto

desastres naturais, como enchentes, furacões, tsunamis, terremotos, entre outros, também são fontes gerados de resíduos de construção.

O principal aspecto para a geração de RCD segundo Fraga (2006), é o desperdício de materiais, que ocorre desde a seleção de fornecedores; passando pela etapa de projeto, aonde se tem soluções inadequadas e não otimizadas, na fase de aquisição dos materiais durante o transporte, recebimento e armazenamento no canteiro de obras; na fase de execução da obra com aumento do consumo de materiais para correção das imperfeições; até à fase de pós-ocupação onde ocorre desperdício de materiais em função de reparos.

Para Blumenschein (2007), a geração dos resíduos é potencializada pelos atrasos, altos custos e os desperdícios na construção, que ocorrem, principalmente, devido a comunicação falha entre os participantes do processo construtivo, como:

- Informação ineficiente e incompleta dos documentos técnicos;
- Falta de planejamento, coordenação e monitoramento de decisões entre os projetos técnicos;
- Falta de compatibilização dos projetos e;
- Linguagem técnica independente, entre os diferentes projetos.

Com as fases dos projetos trabalhando separadamente umas das outras, não se permite a troca de informação para compatibilizar as informações técnicas e as correções necessárias antes de se iniciar a construção, provocando a falta de qualidade nos processos construtivos acentuando a geração de resíduos.

Segundo Abramovay, Speranza e Petitgand (2013), a quantidade de RCD no Brasil de acordo com os relatórios anuais da Abrelpe - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, vêm crescendo mais que a população e a renda. Em 2012, os municípios coletaram 35 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição e foram encontrados em oito subprefeituras de São Paulo, em 2013, nada menos que 1.183 pontos de descarte irregular de resíduos de construção e demolição. É necessário, entretanto, lembrar da situação precária das informações sobre resíduos sólidos no Brasil, como em casos que a Abrelpe estima a geração per capita de lixo em 1,1 quilos em 2012, e para o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Sinis) essa estimativa não vai além de 0,93 quilos. A

discrepância maior está na Região Sudeste, que, para a Abrelpe (2013), gerou 1,25 quilos por habitante de lixo, montante que cai para 0,88 pelo cálculo do Sinis.

Mais do que interpretar as razões dessas diferenças, é notável a urgência de construir sistemas de informação mais precisos para que a gestão dos resíduos sólidos esteja à altura das expectativas criadas pela PNRS.

Muitos pesquisadores têm-se dedicado ao estudo da quantificação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), gerados nas grandes cidades brasileiras, buscando também quantificar a participação dos resíduos da construção civil no total de resíduos produzidos. Nesta linha de pesquisa, Leite (2001) conseguiu reunir informações reunidas de diversos pesquisadores, no intuito de estimar a quantidade de resíduos da construção civil gerados por habitante durante um ano, estimando, também a faixa de variação deste índice nas principais cidades brasileiras. Aproveitando este estudo, a Tabela 1 apresenta uma atualização dos dados compilados para o ano de 2010, inserindo-se informações complementares quanto à participação dos resíduos da construção civil no montante de resíduos sólidos urbanos gerados em cada município estudado, tendo sido considerados duzentos e quarentas dias úteis por ano, para efeito dos cálculos apresentados.

Tabela 1: Geração estimada de resíduos sólidos urbanos por município.

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO APROXIMADA (Habitantes)	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL		
		QUANTIDADE GERADA (Ton/dia)	QUANTIDADE PER CAPITA (Kg/hab/ano)	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (%)
São Paulo	11.316.149	13.202	280	55
Salvador	2.676.606	3.234	290	41
Belo Horizonte	2.375.444	445	450	51
Porto Alegre	1.409.939	1.639	281	----
Santo André	673.914	1.013	361	54
São José dos Campos	629.921	733	281	67
Ribeirão Preto	612.339	1.812	710	70
Florianópolis	421.203	1.325	755	----
São José do Rio Preto	412.075	1.133	660	58
Jundiaí	370.251	760	760	62
Vitória da Conquista	310.129	517	400	61

Fonte: Adaptado de SOBRAL, 2012

Na quantificação de RCD, segundo Pinto (1999), três formas podem ser utilizadas para a mensuração deste contingente: por área construída, pela movimentação de cargas em

coletores e pelo monitoramento de descargas. Devido à falta de fiscalização eficiente, esse último é de difícil realização pois é facilmente camuflado no ambiente urbano. A quantidade de RCD gerada é elevada em grande parte dos países, variando de 136 a 3658 kg/habitante/ano e estima-se que representem de 13 a 80%, em massa, dos resíduos sólidos urbanos gerados.

A Tabela 2 apresenta um comparativo entre a geração de resíduos de construção produzida pelo Brasil e por alguns países cujos estudos são feitos em maior escala.

Tabela 2: Estimativa da Geração de Resíduos de Construção Civil

País	Quantidade Anual	
	Mton/ano	Kg/hab
Suécia	1,2 – 6	136 – 680
Holanda	12,8 – 20,2	820 – 1300
EUA	136 – 171	463 – 584
UK	50 – 70	880 – 1120
Bélgica	7,5 – 34,7	735 – 3359
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 – 2010
Itália	35 – 40	600 – 690
Alemanha	79 – 300	963 – 3658
Japão	99	785
Brasil	NA	230 - 660

Fonte: Adaptado de BRITO FILHO, 1999.

De acordo com Pinto (1999), o Brasil apresenta uma produção média anual de RCD de 500 kg/hab. Considerando que, pelo IBGE (2014), o país possuía 202.033.670 de habitantes e que a massa unitária do RCD é de 1200 kg/m³, estima-se que a geração anual de RCD seja de 84.180.696 m³. De acordo com coordenação da Abrecon, se essa produção anual de RCD no Brasil, fosse totalmente reciclado, seria o suficiente para construir sete mil prédios de dez andares, 168 mil quilômetros de estradas ou 3,7 milhões de casas populares. A partir desses dados estima-se que para cada três a seis mil metros cúbicos de entulho reciclado, temos aproximadamente sete empregos diretos e baseando-se no volume de resíduo anual, cerca de 150 mil postos de trabalho seriam gerados pelo mercado de beneficiamento de resíduos de construção civil (ESTADÃO, 2016).

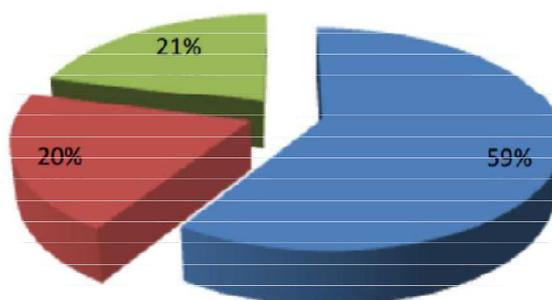
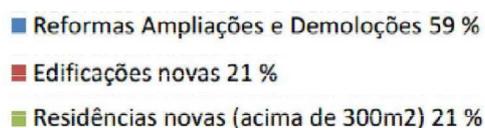
Além dos dados quantitativos, para o diagnóstico da situação atual dos RCD, também é necessário conhecer a composição destes. A tabela 3 apresenta uma caracterização dos materiais presentes nos RCD no Brasil.

Tabela 3: Composição média dos materiais de RCD de obras no Brasil em %

Componentes	Porcentagem
Argamassa	63
Concreto e blocos	29
Outros	7
Orgânicos	1
Total	100

Fonte: Adaptado de Silva Filho 2005.

É também necessário ressaltar, a importância de classificar ou conhecer a fonte geradora desse entulho (construção, reforma, demolição ou desastres naturais) e ainda, o porte da obra sem deixar de mencionar a tipologia da construção (industrial, residencial, comercial etc) de acordo com Silva (2014), em suas análises do mercado brasileiro, o SINDUSCON SP chegou à seguinte conclusão, conforme apresenta a Figura 1:

Figura 1 - Composição da fonte geradora do RCD no Brasil

Fonte: www.sinduscon.com.br

3.3.2. Impactos Ambientais

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 1 de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança, o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, p. 01).

Para Pinto e González (2005), a geração elevada dos resíduos, junto à atuação desregulada de parte dos agentes, faz com que a população degrade um número significativo de áreas, na forma de bota-foras clandestinos (lugar irregular estabelecido para depósito de materiais inservíveis), que surgem principalmente da ação de empresas que se dedicam ao transporte dos resíduos das obras de maior porte e que descarregam os materiais de forma descontrolada, em locais inadequados sem licenciamento ambiental. Já as deposições irregulares, resultam principalmente de pequenas obras ou reformas realizadas pelas camadas da população urbana carentes de recursos, por processos de autoconstrução, por não dispor de recursos financeiros para contratar os agentes coletores formais que atuam no setor. Cabe ressaltar que as deposições descontroladas de RCD provocam uma atração praticamente irresistível para o lançamento clandestino de outros tipos de resíduos não inertes, de origem doméstica e industrial, acelerando sua degradação ambiental e tornando ainda mais complexa e cara a possibilidade de sua recuperação futura.

A geração exagerada de resíduos, derivados das perdas ocorridas durante o processo de construção ou demolição e seu descarte irregular, são responsáveis por aumentar ainda mais o impacto ambiental provocado por este setor, causam a poluição do ambiente urbano, como a obstrução e contaminação dos leitos de rios e canais, o comprometimento do tráfego em vias públicas (Figura 2) e a degradação da paisagem das cidades, além da poluição do ar com gás carbônico liberado pelos veículos necessários para realizar o transporte dos resíduos. Vale salientar que a fase de uso dos edifícios também gera impacto ambiental significativo, por isso a importância de uma fase de projeto bem definida, para promover o aproveitamento da ventilação e iluminação natural, assim evitando um maior consumo de energia para iluminação e condicionamento do ar, principalmente nos edifícios comerciais (FIEB, 2013).

Figura 2 – (a) Disposição irregular de RCD no Leito de rio e (b) Disposição irregular de RCD comprometendo o tráfego



Fonte: Google imagens

De acordo com Morand (2016), o desperdício excessivo de materiais na construção civil tem como consequência o esgotamento dos recursos naturais e a maior geração de resíduos. Além disso, outros impactos ambientais podem ser identificados no setor da construção, como gasto de energia, emissão de gases poluentes, contaminação da água por lavagem de matéria prima extraída, tornando necessária a incorporação da sustentabilidade em suas atividades.

A formação de áreas degradadas, segundo Santos (2015) tem início já na fase de extração dos recursos naturais, devido a retirada de matéria prima podendo ocasionar a extinção e escassez de fontes e jazidas, alterações na flora e fauna do entorno dos locais de exploração, reconfiguração das superfícies topográficas, aceleração do processo erosivo, modificações de cursos d'água, interceptação do lençol freático, aumento da emissão de gases e partículas em suspensão no ar, aumento de ruídos e propagação de vibrações no solo.

A extração de materiais, como areia, blocos de pedra e argila, ou seja, materiais de uso imediato na construção, aliada a outras formas de uso e ocupação do solo, vem gerando uma diminuição das jazidas disponíveis para o atendimento das demandas das principais regiões do país, em especial no Sul e Sudeste (JOHN, 2000).

O consumo de agregado para a construção civil já ultrapassou, em 2010, a marca de 350 milhões de metros cúbicos. E a extração de minérios e o respectivo processamento do material natural, na produção desses agregados para a construção civil, são elementos de destaque na deterioração do meio ambiente, resultando também em desmatamento, erosão do solo, bem como poluição do ar e da água (SNIC, 2011).

A minimização dos impactos causados pelos RSCD requer um sistema de gestão que integre diversos fatores, entre eles, sua forma de geração, acondicionamento, sistemas de coleta e de disposição, utilização e destinação final e a quantificação destes resíduos (CHERMONT, 1996). A integração desses fatores implica ainda a integração de agentes do setor produtivo, setor público, pesquisa e terceirizados e instrumentos legais, econômicos e técnicos e ações como planejamento, operação e normatização técnica.

3.4. Gerenciamento e Soluções para os Resíduos Sólidos

Poucos são os países que possuem padrões elevados de gestão de resíduos sólidos, estando estes padrões relacionados com os níveis de normas regulamentadoras, cujas são dependentes do grau de consciência ambiental, padrões de vida, sistemas de tarifação e desafios ambientais. Porém na prática, os requisitos legais não acompanham sua aplicação,

devido muitos obstáculos, como a ausência de um bom governo e a falta de capacidade de aplicação. No entanto, países com baixa renda, podem atingir taxas de reciclagem relativamente altas por meio do setor informal, através dos “catadores” de resíduos. Toda via a inclusão do setor formal no sistema de gestão de resíduos é de grande importância para o meio ambiente, bem como por razões sociais e políticas (FRICKE et al., 2015).

Os problemas associados à gestão dos Resíduos de Construção Civil, na maioria dos casos, estão ligados aos “bota-foras” clandestinos e deposições irregulares, cujas muitas vezes estes locais tornam-se pontos para deposições de resíduos domiciliares, industriais e outros. (FRICKE et al., 2015).

De acordo com Pinto e González (2005), tendo em vista os problemas e as várias características dos agentes envolvidos na geração, no manejo e destino final dos RCD, a Resolução 307 do CONAMA estabelece regulamentos para que os municípios e o Distrito Federal desenvolvam e ponham em prática políticas estruturadas a partir da realidade de cada região. Essas políticas devem assumir a forma de um Plano de Gerenciamento de resíduos, disciplinador e incorporar essencialmente de acordo com:

- Programa Municipal de Gerenciamento de RCD, com as diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores e transportadores;
- Projetos de Gerenciamento de RCD que orientem e expressem o compromisso de ação correta por parte dos grandes geradores de resíduos, públicos e privados.

Na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, com a aprovação da LEI Nº 11.176, DE 10 DE OUTUBRO DE 2007, foi estabelecido o sistema de Gestão Sustentável e o Plano integrado de Gerenciamento do RCD como previsto na Resolução CONAMA 307.

Por sua vez a Lei Municipal Nº. 11.176/07, tem, entre outros, os seguintes objetivos:

- Indicar o Sistema de Gestão Sustentável de RCD e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil;
- Designar a necessidade da existência de um Projeto de Gerenciamento de RCD para grandes produtores, condição indispensável para a liberação do alvará de construção (Art. 9º);
- Estabelecer critérios de transporte dos resíduos da construção civil até os pontos de coleta e até a Usina de Reciclagem;

- Estabelecer a destinação de cada tipo de resíduo da construção civil em função da classificação contida na Resolução CONAMA N°. 307/02;
- Instituir valores de multa para as possíveis infrações cometidas pelos geradores e transportadores de resíduos da construção civil;
- Criar condições legais para implantação da Usina de Reciclagem de RCD da cidade de João Pessoa - PB.

Com a implantação dessa lei, buscou-se por ordem à disposição irregular dos resíduos em João Pessoa - PB, determinando que os grandes geradores devem destinar os RCD para a Usina de Triagem e Beneficiamento (Usiben), enquanto que os pequenos geradores aos pontos de coleta denominados EcoPontos, os quais seriam criados pela prefeitura, onde os EcoPontos são locais de armazenamento temporário de resíduo, no entanto, os oito EcoPontos definidos não foram implantados, o que vem dificultando a correta destinação dos resíduos. (SIBRAGEC – ELAGEC, 2015).

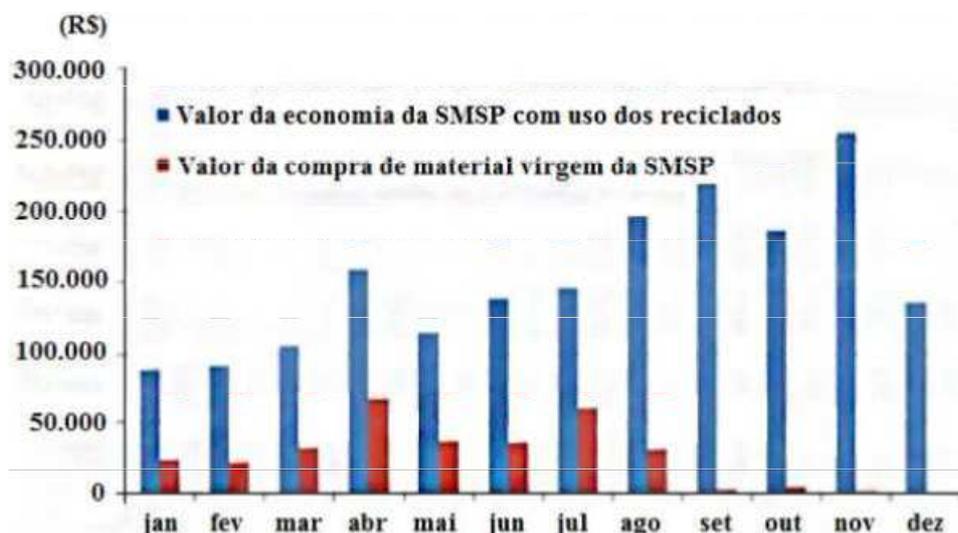
Apesar da implantação das leis, em muitos casos ainda não há responsabilidade e o compromisso do setor produtivo em atender às legislações referentes ao tema.

Segundo Paiva (2016) a cidade de Jundiaí-SP é uma referência para o gerenciamento dos resíduos no Brasil, a cidade conta com o (GERESOL), um Centro de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, cujo o material é processado e reutilizado em obras públicas. No início de 2013, existiam 1.270 pontos irregulares de descarte no município, e o GERESOL só recebia aproximadamente vinte caçambas de material por dia. A partir de dezembro do mesmo ano foi implantado um sistema de Controle de Transporte de Resíduos (CTR), que tem como função monitorar o processo de descarte e beneficiamento de RCD, desde então a unidade trabalhou com aproximadamente 115 caçambas ao dia e os pontos de descarte irregular diminuíram de maneira expressiva. A fiscalização das caçambas é georreferenciada, por meio de mapeamento fotográfico, e com isso é possível vigiar o descarte ilegal.

A Figura 3 apresenta os dados sintetizados da eficiência econômica do GERESOL, o qual recebeu em 2013, 147.018,5 toneladas de resíduos da construção civil com um reaproveitamento de 37%, resultando em uma economia de aproximadamente R\$2.000.000,00 (dois milhões de reais) para a SMSP (Secretaria Municipal de Serviços Públicos). Do total de 37% do material reciclado (RCC reciclado), 90% deste material beneficiado no GERESOL, foi utilizado pelo município na manutenção de estradas como sub-base de pavimentos, construção de calçadas, guias, sarjetas e materiais pré-moldados em geral, os 10% restantes

em obras de drenagem urbana (base e sub-base de elementos de drenagem urbana). (PAIVA, 2016).

Figura 3 - Gráfico da economia e compra de materiais no ano de 2013

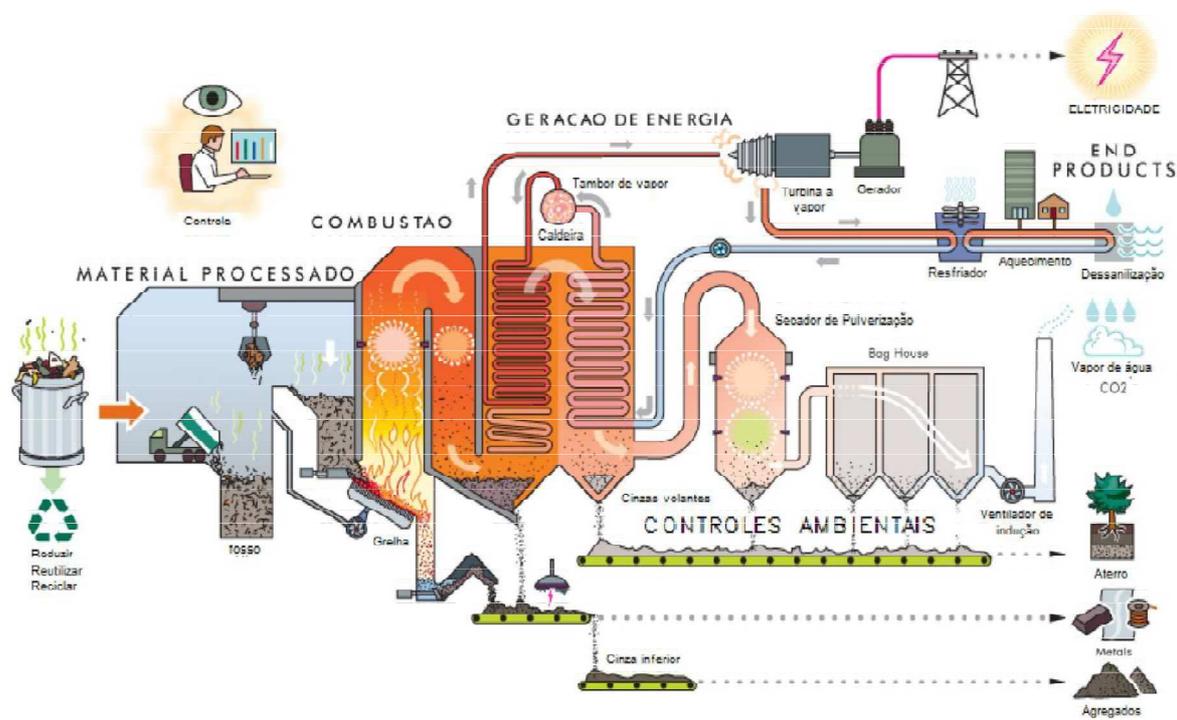


Fonte: Adaptado de GERESOL (2014).

Atualmente o cenário global modificou-se bastante, intensificando o número de países que passaram a compartilhar a mesma linguagem de gestão mais eficiente, promovendo assim para o Brasil, oportunidade de compartilhamento de experiências, minimizando os riscos tecnológicos e de gestão e ainda aumentando a velocidade das mudanças. Dentro desse cenário, destaca-se a Suécia, onde foi desenvolvido um método de reciclagem extremamente eficaz.

De acordo com Green Savers (2016), a Suécia consegue reciclar 99% dos resíduos e que apenas 1% é destinado ao aterro. Essa elevada taxa de reciclagem é alcançada através da transformação dos resíduos em energia, das 4,4 milhões de toneladas de resíduos produzidas por ano, cerca de 2,2 milhões são convertidas em energia via um processo "waste to energy" (WTE), ou seja, do desperdício à energia. Esse processo envolve a queima dos resíduos nas centrais de energia onde o vapor produzido é usado nas turbinas para a produção de eletricidade conforme esquematizado na Figura 4. A eficiência do processo permitiu à Suécia começar a importar resíduos de outros países vizinhos, trazendo 800 mil toneladas de resíduos para a produção de eletricidade nas suas 32 instalações espalhadas pelo país.

Figura 4 - Processo de waste to energy



Fonte: Adaptado de <http://www.deltawayenergy.com/wte-tools/wte-anatomy> (2016)

3.5. A gestão de RCD em canteiros de obras

Blumenschein (2007), afirma que é necessário entender toda a complexidade do processo de construção de um edifício e as dificuldades em combinar as formas de disposição dos resíduos, assim tendo uma gestão consciente dos resíduos gerados nos canteiros de obras. A autora lista algumas das complexidades e desafios para o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em canteiros de obras:

- O volume produzido de resíduo (que justifica todo o empenho para a redução de sua geração);
- O número de participantes nos processos de construção (que torna o fluxo de informação falho);
- O número de agentes do setor produtivo, setor público e terceirizados que compartilham a responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos (quando o setor público não cumpre com a sua responsabilidade enfraquece as ações e os esforços dos outros setores envolvidos);

- A falta de recursos para financiamento de projetos de pesquisa de novos materiais produzidos pela reciclagem de resíduos;
- Falta de recursos dos municípios para combaterem os problemas de gestão ambiental;
- O potencial de reciclagem (desperdiçado) dos resíduos sólidos originados do processo construtivo (em média 80% dos resíduos de uma caçamba são recicláveis);
- A necessidade e responsabilidade do setor público de instituir instrumentos que controlem e estimulem a gestão dos resíduos gerados em canteiros de obras;
- A responsabilidade e o compromisso do setor produtivo em atender às legislações referentes ao tema.

A complexidade do processo de construção requer cinco disposições para uma gestão consciente:

- Em primeiro lugar a redução da geração do resíduo na fonte;
- Segundo, se o resíduo foi gerado deve-se considerar sua reutilização;
- A terceira forma de disposição possível é a reciclagem;
- A quarta é a recuperação de energia, ou seja, a incineração;
- E a quinta e última forma de disposição é o aterro sanitário.

No entanto o encaminhamento dos resíduos sólidos da construção a aterros sanitários deve ser evitado sempre que possível, considerando o potencial de reciclagem do resíduo da construção, o foco da gestão dos RCD deve ser na redução, na reutilização e na reciclagem (BLUMENSCHNEIN, 2007).

3.5.1. Redução dos RCD

A atual situação da construção civil apresenta grandes desperdícios de material, assim gerando altas quantidades de resíduos, sendo assim a redução na geração desses resíduos mostra-se como uma das alternativas mais eficazes para diminuição do impacto ambiental e melhorias do ponto de vista econômico (LEITE, 2001). De acordo com Silva (2015), a redução dos desperdícios e perdas tornou-se de grande importância para que as construtoras permaneçam ativas e para se adequarem ao mercado de trabalho, ressaltando que essa importância vem tanto do lado econômico como da ação de preservação do meio ambiente.

Blumenschein (2007), afirmou que a redução da geração do RCD está diretamente ligada aos processos de construção em todas suas fases, e se essas fases forem integradas adequadamente, haverá a redução do nível das perdas, diminuindo a geração dos resíduos. Entre os fatores que influenciam a geração das perdas, destacam-se:

- A escolha da tecnologia (que influenciará na maior ou menor geração de perdas);
- Falhas de projeto;
- A não compatibilização de projetos;
- A falta de procedimentos padronizados de serviços;
- O armazenamento e transporte inadequados de materiais no canteiro.

De acordo com Pinto e Gonzales (2005), a redução das perdas causadas pela incorporação excessiva de matérias, geração de entulho ou pelos extravios de material, requer ações essenciais voltadas para redução do consumo desnecessário, como elaborar projetos contendo todos os detalhes possíveis da construção, adequando as dimensões dos materiais disponíveis e pensando na forma que a obra vai ser executada, e cabe lembrar que um bom orçamento ajuda a estimar a quantidade de material realmente necessária e os custos decorrentes, assim evitando sobras de materiais e paralizações da construção por problemas de desembolso; os fornecedores de materiais e mão-de-obra devem ser escolhidos com base na avaliação de qualidade e competência e não apenas com base no menor custo.

Menezes et al., (2011) afirmam que é possível combater as perdas de materiais, sem necessário grandes modificações tecnológicas, adotando medidas básicas, tais como:

- Elaborar modulados para assentamento de alvenarias e colocação de elementos cerâmicos evitando corte das peças;
- Inspeccionar as modificações de projetos;
- Utilizar materiais cujos resíduos sejam recicláveis;
- Treinar a mão de obra;
- Utilizar ferramentas e equipamentos adequados, etc.

A redução de resíduos nas fases de manutenção e demolição será tanto maior quanto menor for o desperdício de material resultante do excesso de sua incorporação à obra na fase de execução. Nas reformas, a redução da geração de resíduos depende da facilidade de desmontagem dos componentes da construção, sendo assim função da concepção de projeto.

Enquanto as demolições, devem utilizar técnicas de beneficiamento para obter resíduos mais homogêneos, como o processo de demolição seletiva, que consiste na desmontagem de elementos que serão reutilizados diretamente (esquadrias, telhas, madeiramento do telhado, etc.) sucedendo-se a demolição da obra por etapas: fundação, estrutura, alvenaria, etc (MENEZES et al., 2011).

No Brasil, as políticas públicas de gerenciamento dos RCD buscam estimular as empresas geradoras de resíduos a tomarem uma nova atitude gerencial e implementar medidas que tenham em vista a redução da quantidade de resíduos produzidos. Estas medidas, ainda são pouco usuais ou mesmo desconhecidas no setor e poucas empresas de construção civil fazem a gestão de resíduos em canteiros de obras e desenvolvem ações planejadas para a redução de sua geração. A segregação, acondicionamento e disposição final dos resíduos ainda não são realizados de forma apropriada e nem integradas às atividades dos canteiros na maioria das obras, vindo a intervir em questões relacionadas à competitividade sustentável (FIEB, 2013).

3.5.2. Reutilização dos RCD

A PNRS, define a reutilização como:

“Processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) ” (BRASIL, 2012, p. 12).

O ITEC (1995) acrescenta que a reutilização é a opção de valorização que implica na recuperação de elementos construtivos completos, mais facilmente reutilizáveis, com as mínimas transformações.

Historicamente, a construção civil sempre se caracterizou como grande geradora de resíduos, por outro lado, apresenta grande potencial para consumir os resíduos gerados por ela ou por outras atividades. Assim, é inevitável o desenvolvimento de políticas que busquem o tratamento e reutilização dos RCD, já que os recursos naturais são finitos e tornam-se cada vez mais escassos (FIEB, 2013).

Erpen (2009), afirma que nas diversas etapas das obras de reformas, as principais causas do alto volume gerado entulho estão relacionadas a não reutilização do material,

devido à falta de uma cultura de reutilização e reciclagem e o desconhecimento do potencial do entulho reciclado como material de construção, pelo meio técnico do setor.

Escolhendo sistemas e tecnologias adequados de construção durante a fase de projeto, torna-se possível a reutilização de materiais, elementos e componentes e os resíduos produzidos numa obra podem ser reutilizados desde que sejam utilizados procedimentos apropriados. Na busca de mais racionalização, procura-se especificar materiais e equipamentos com maior durabilidade e maior número possível de utilizações (MORAND, 2016).

A reutilização de materiais e componentes de um edifício, além de depender dos princípios norteados da concepção do projeto, da qualidade do processo construtivo e de seus produtos, também depende da qualidade do processo de demolição, que tem influência de alguns fatores, como: edifícios projetados para se adaptarem facilmente a funções diferenciadas sem modificações extremas, ou seja, plantas flexíveis, utilização de componentes pré-fabricados, utilização de dimensões padronizadas e moduladas e edifícios construídos com qualidade técnica para terem uma maior vida útil (ERPEN, 2009).

Blumenschein (2007), ressalta que, quando o processo de demolição for inevitável, como no fim da vida útil total do edifício, ou por outros motivos como, na ocorrência de incêndio, ou qualquer outro fenômeno destrutivo, deve-se tentar executar o desmonte mantendo as partes intactas para futuras reutilizações, em novas edificações, ou reciclagem.

Estudos apontam que os resíduos produzidos num canteiro de obra podem ser reutilizados na mesma obra, desde que utilizados procedimentos adequados e disponibilidades de recursos que dependerão das características socioeconômicas e culturais de cada município. Aterramento, base e sub-base de pavimentação, são alguns dos procedimentos mais usuais de reutilização dos RCD (SANTOS, 2008).

Entre os vários tipos de resíduos da construção civil, quando comparado com outros, os resíduos de concreto possuem um dos maiores potenciais de reutilização, devido ao conhecimento de suas características fundamentais (fck, idade, etc.) e seu menor grau de contaminação ou por não se misturar com outros materiais como vidro, borracha, etc (GONÇALVES, 2001).

Na construção civil, o mercado de reaproveitamento de concreto, cerâmica, areia e madeira nas obras tem potencial para gerar 150 mil empregos por ano e erguer prédios, casas e estradas com redução do impacto ambiental. Atentas ao potencial do segmento, há

construtoras que adotam programas de redução de resíduos e, com isso, economizam recursos e seguem padrões de sustentabilidade (ESTADÃO, 2016).

3.5.3. Reciclagem dos RCD

Na PNRS encontramos a seguinte definição para reciclagem:

Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do SUASA (BRASIL, 2012, p. 11).

O conceito de reciclagem está relacionado ao ciclo de utilização de um material que uma vez se tornado velho, possa se tornar novo, aumentando a sua vida útil e completando, assim, o ciclo: ‘novo velho-novo’. A nova utilização de um material ou componente implica em uma sequência de operações, geralmente de coleta, desmonte e tratamento, e se possível, voltará ao processo de produção. De acordo com Blumenschein (2007), este conceito se baseia na gerência de cadeia integrada, ou seja, na gestão ambiental, social econômica de recursos naturais, visando à gerência do ciclo de vida de materiais de construção, nas fases de produção, construção, demolição, reuso ou reciclagem e disposição.

Há algum tempo em vários países a reciclagem aparece como a solução mais adotada para combater os problemas causados pela geração de resíduos, e no Brasil, essa prática só começou a ser implementada mais recentemente, mesmo assim de forma isolada por alguns municípios (SILVA, 2004).

Segundo o FIEB (2013), no início da década de 80 no Brasil, foi difundido o uso de “masseiras-moinho”, equipamento de pequeno porte que possibilita a moagem intensa de resíduos menos resistentes para serem reciclados, o resultado da sua utilização é bastante positivo, pelo fato de induzir à segregação dos resíduos na obra, colaborar para a diminuição do impacto ambiental dos RCD nas áreas urbanas, reduzir o consumo de agregados naturais, além de contribuir para a redução da emissão de poluentes.

A reciclagem envolve todo um processo de beneficiamento do resíduo. Porém, até se chegar ao beneficiamento, algumas outras etapas como a forma de coleta, o transporte e a estocagem desses resíduos devem ser avaliadas para se tomar uma decisão em relação à viabilidade do projeto, devendo ser analisado os possíveis pontos de coleta na região onde for implantado o sistema, a forma de transporte até o local de estocagem e, por fim, definir uma região apropriada para a implantação da usina de reciclagem (SILVA, 2004).

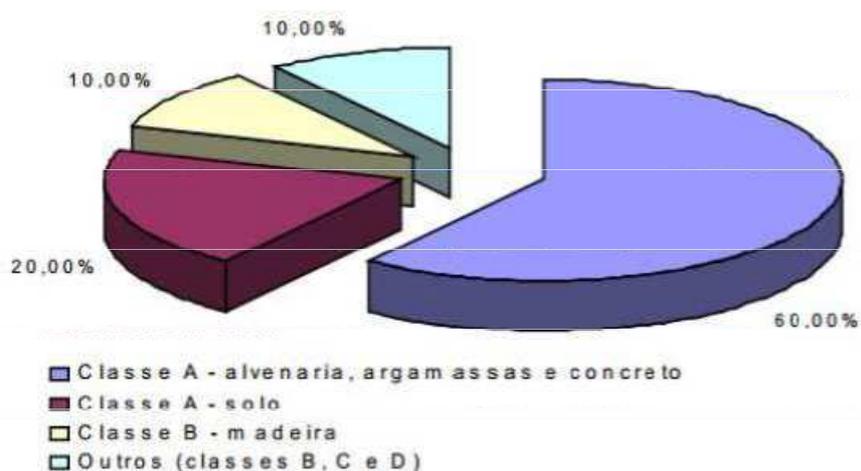
A Resolução CONAMA 307 estabelece que, quando economicamente viável, os resíduos considerados recursos naturais não renováveis, sejam reciclados e reinseridos na cadeia produtiva, sendo necessário que o poder público tome medidas que incentive à reciclagem do RCD, tornando viável a compra de agregados reciclados, quando o seu preço não for superior ao dos agregados naturais. Dessa forma, haverá ganhos ambientais: diminuição do descarte de materiais e a redução da atividade mineradora a um volume mínimo para preencher o ciclo econômico com novos recursos naturais (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).

3.5.3.1. Triagem

Um dos instrumentos mais utilizados para facilitar a reciclagem e o reaproveitamento dos entulhos ou RCD, são as triagens obrigatórias do material no local de sua geração com a finalidade de prevenir o solo quanto à deposição de materiais recicláveis e reutilizáveis (MURAKAMI et al., 2002).

Dada as diversas formas de geração de RCD, sua composição é bastante heterogênea, entretanto, Pinto e González (2005), a partir de experiências em diversos municípios, obtiveram uma composição média, como a indicada na Figura 5, segundo as quatro classes definidas pela Resolução 307 do CONAMA:

Figura 5 - Composição média aproximada do RCD



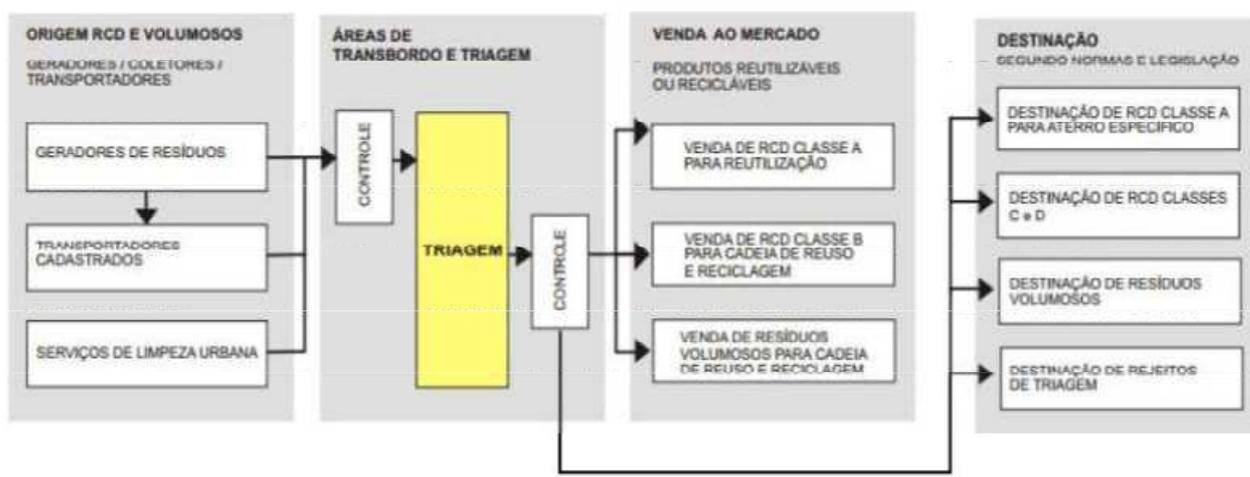
Fonte: Pinto e González (2005)

A maioria dos materiais resultantes do processo de triagem podem ser destinados ao mercado, sendo, portanto, potencialmente comercializáveis. As áreas de triagem, segundo a norma brasileira específica, podem receber também os resíduos volumosos, constituídos por

podas vegetais, móveis e utensílios inservíveis e grandes embalagens, e os materiais classificados como de Classe A que não forem reutilizados ou reciclados, em último caso devem ser destinados aos aterros licenciados (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).

O fluxograma apresentado na Figura 6 permite visualizar o processo de recepção, triagem e destinação de RCD dentro de uma instalação destinada a essa operação, de acordo com a Resolução 307 do CONAMA e a NBR 15112 de 2004.

Figura 6 - Fluxograma simplificado - recepção, triagem e destinação de RCD



Fonte: Pinto e Gonzales (2005)

A triagem dos resíduos em classes é um passo fundamental para a sua gestão adequada, razão pela qual devem ser incentivadas as práticas de desmontagem seletiva, ou seja, a desconstrução planejada das edificações em substituição à demolição sem critérios, principalmente em edificações que contenham resíduos das classes C e D. Por outro lado, a transição do modelo vigente para esse novo sistema deve ocorrer de forma gradativa, considerando que o desejável é a reciclagem da totalidade dos resíduos de construção gerados (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).

Lima e Lima (2012), afirmam que logo após a geração os resíduos deveriam ser segregados nos locais de origem. Para isto devem ser feitas pilhas próximas a esses locais e que serão transportadas posteriormente para seu acondicionamento. Essa prática contribuirá para a manutenção da limpeza da obra, evitando materiais e ferramentas espalhadas pelo canteiro o que gera contaminação entre os resíduos, desorganização, aumento de possibilidades de acidentes do trabalho além de acréscimo de desperdício de materiais e ferramentas. Uma vez segregados, os resíduos deverão ser adequadamente acondicionados, em depósitos distintos, para que possam ser aproveitados numa futura utilização no canteiro

de obras ou fora dele, evitando assim qualquer contaminação do resíduo por qualquer tipo de impureza que inviabilize sua reutilização.

Os resíduos derivados do cimento e dos materiais cerâmicos devem ser separados imediatamente, após a sua geração, preferencialmente no próprio local, evitando, ao máximo, sua mistura com os materiais conforme apresentados na Figura 7:

Figura 7 - (a) embalagens (plásticos, papéis); (b) madeiras (formas, pontaletes); (c) placas de revestimento cerâmico, azulejos ou louças sanitárias (fonte potencial de reatividade álcali-silica); (d) gesso; (e) metais (sucata de aço, armação) e (f) solo escavado.



(a)



(d)



(b)



(e)



(c)



(f)

Fonte: obtidas através do Google Images

De acordo com Campos e Neto (2015), essa separação é essencial porque:

Esses materiais, quando presentes nos agregados reciclados, implicam em perda de resistência ou integridade (fissuração) das argamassas e concretos. Fragmentos de embalagens e madeiras (materiais orgânicos, em geral) são materiais leves, pouco resistentes e podem ser atacados pelo cimento. O gesso contém sulfato e, devido a sua solubilidade, pode reagir com constituintes do cimento, formando compostos expansivos que resultam tanto em fissuração quanto perda de resistência das argamassas e concretos. Metais podem sofrer processo de corrosão, ocasionando manchas na superfície dos materiais cimentícios. Azulejos ou louças sanitárias contêm uma camada vitrificada, que, em contato com o ambiente alcalino do cimento, forma compostos expansivos, gerando fissuração e perda de resistência das argamassas e concretos. Assim, o controle da presença desses materiais é fundamental para se obter um agregado reciclado de qualidade e obter argamassas e concretos resistentes e duráveis. Solos são materiais muito finos, que demandam água em excesso para se obter a trabalhabilidade desejada para argamassas e concretos, implicando em aumento de consumo de cimento (solução pouco econômica e ambientalmente não vantajosa) (CANPOS E NETO, 2015, p. 116).

3.5.3.2. Usinas de Reciclagem

O primeiro Programa de Reciclagem de RCC, implantado com sucesso no Brasil, ocorreu em Belo Horizonte, no final de 1995, com a instalação da usina de reciclagem de resíduos da construção civil da capital mineira. Esta usina merece destaque por ser um elemento componente do Programa referenciado anteriormente e já existir previamente planejada, para seu melhor funcionamento, uma sistemática descentralizada que ligava a iniciativa de reciclagem à captação ordenada de resíduos, garantindo, assim, a viabilidade do empreendimento (CUNHA, 2007).

Até 2002, o Brasil contava, somente com 16 usinas de reciclagem de RCC instaladas e em funcionamento, com uma taxa de crescimento de três usinas inauguradas por ano, e no final de 2008, já existiam 47 usinas, sendo 24 públicas (51%) e 23 privadas (49%), havendo projetos de implantação aprovados de mais 36 novos empreendimentos (MIRANDA et al., 2009). Ao longo dos anos, muitas outras usinas foram sendo instaladas no Brasil, e hoje são cerca de 310 usinas, instaladas principalmente nos maiores centros urbanos que também são os maiores produtores de RCC.

De acordo com Sobral (2012), existem três tipos de plantas para usinas de beneficiamento de RCC, com características distintas quanto à forma de instalação: Plantas Móveis, Plantas Semimóveis e Plantas Fixas:

- **As usinas com Plantas Móveis** (Figura 8) são muito utilizadas quando requerido mobilização constante, como ocorre na construção de estradas. Este tipo de planta possibilita a remoção da usina facilmente, realocando-a em outro ponto de maneira rápida e eficiente. Em geral, tais usinas já são montadas sobre bases móveis (pneus) que permitem o transporte através de reboque especial. O material produzido, fruto da reciclagem, tem, em geral, uma qualidade inferior aquele produzido pelas usinas com Plantas Fixas, apresentando também pouca diversidade de agregados.

Figura 8 - Usina móvel de reciclagem



Fonte: Google imagens

- **As usinas com Plantas Semimóveis** (Figura 9) são facilmente instaladas, apresentam rapidez e economia na montagem, sendo recomendadas em caso de empreendimentos de curto ou médio prazo, onde já previamente tem-se previsão do tempo máximo de permanência. São comuns quando da construção de grandes hidroelétricas e nas pedreiras para construção de estradas. Normalmente são construídas sobre bases metálicas, objetivando facilitar a remoção.

Figura 9 - Usina Semimóvel de reciclagem



Fonte: Google imagens.

- **As usinas de Plantas Fixas** (Figura 10) são frequentemente utilizadas em empreendimentos de localização definitiva. Neste caso, é possível obter-se produtos reciclados bem mais diferenciados e de melhor qualidade, decorrente da possibilidade de utilização de equipamentos maiores e mais especializados, permitindo a realização da britagem, da retirada de impurezas e do próprio peneiramento de maneira mais rápida e precisa, imprimindo um caráter mais produtivo e industrial ao processo de reciclagem. A desvantagem deste tipo de planta está no valor elevado do investimento inicial, necessitando de melhores equipamentos e de uma área para instalação com dimensões mais avantajadas.

Figura 10 - Usina Fixa de reciclagem



Fonte: Google imagens

A Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP, implantou a Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil - USIBEN, no ano de 2007, com capacidade para processar até 20 toneladas/hora de resíduo, mas, a irregularidade de funcionamento, provocada por fatores ligados às dificuldades de manutenção preventiva e ou corretiva, devido à demora das ações administrativas do Poder Público, tem levado, a queda no ritmo do processo produtivo, causando acúmulo de matéria prima (entulho) no pátio interno, dificultando o acesso dos caminhões transportadores e reduzindo a eficiência da Usina. Logo, é preciso melhorar a gestão e a política de resíduos da construção civil no município de João Pessoa, fazendo com que haja regularidade no fornecimento de matéria prima para a Usina, aumentando, assim, a parcela recebida pela USIBEN sobre o total de resíduos gerado por toda a região metropolitana da capital (SOBRAL, 2012).

3.6. Viabilidade do Uso dos Materiais de RCD Reciclados

3.6.1. Uso dos agregados reciclados de RCD na pavimentação

Atualmente dentre as possíveis alternativas de uso dos agregados reciclados de RCD, está a sua utilização em pavimentação. O pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas e espessuras finitas, construída sobre a superfície fina de terraplanagem, destinado a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima. Classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. O aproveitamento do material reciclado na pavimentação apresenta vantagens como a utilização de quantidade expressiva do material reciclado, tanto na fração miúda, quanto na graúda, simplificado dos processos de execução do pavimento e de produção do agregado reciclado (BERNUCCI, 2012).

Leite (2001), avalia a viabilidade técnica da utilização desses materiais em relação as propriedades mecânicas e concluiu que agregados reciclados podem ser utilizados na pavimentação. A Tabela 4, apresenta alguns casos de usos do RCD na pavimentação.

Tabela 4: Casos de usos de RCD em pavimentação

Locais	Tipo	Uso	Resultados
Belo Horizonte nas Av. Raja Gabaglia Av. Mário Werneck	Flexível	Camadas de reforço do subleito, sub-base e base da pavimentação	Similaridades nas estruturas dimensionadas com agregados reciclados e convencionais
Espanha	Flexível	Agregado reciclado de RCD em troca do agregado graúdo no concreto asfáltico	Vantagens econômicas para obras, e minimiza os impactos sócio ambientais que os resíduos causam
Manaus (AM)	Flexível	Retirado do seixo (agregado graúdo) da mistura asfáltica e colocaram agregados reciclados	As misturas com agregado reciclado precisa de uma maior quantidade de ligante, pois estes materiais apresentaram maior porosidade que os convencionais
New Jersey EUA	Rígido	Emprego de agregados reciclados de concreto em base e sub-bases de pavimentos	Amostras de agregados reciclados de concreto e as misturas de agregados reciclados de concreto com BGS* apresentam resultados de módulo de resiliência superiores ao da BGS

Fonte: Adaptado de CONTECC 2015.

*Brita graduada simples.

Silva et al., (2015) obtiveram uma análise do valor de custo com a utilização do agregado reciclado na construção de camadas de vias pavimentadas, dimensionando a pavimentação usando o método empírico do DNIT, no qual pode ser realizado com base no CBR do subleito de valor igual ao do solo natural do local. De posse dos dados, utiliza-se o

ábaco do DNIT para a determinação da espessura total do pavimento e adotando valores para as espessuras das camadas de base, sub-base e reforço do subleito conforme pesquisa realizada pelo DNIT. A Tabela 5 apresenta as características da estrutura de pavimento com material de RCD.

Tabela 5: Características da estrutura do pavimento com RCD deste estudo

Camada	Material	Espessura (cm)	ICS*
Base	Brita corrida	10	0,82
Sub-base	Pó de pedra	10	0,267
Reforço do subleito	Seleç. CBR>10	40	3,00%

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES (2011).

*Índice da condição da superfície.

As Tabelas 6 e 7 apresentam os valores para as estruturas com material convencional e com RCD nas camadas de base e sub-base, respectivamente, considerando uma área de 10000 m².

Tabela 6: Custos das estruturas do pavimento com material convencional.

Camada	Material	Espessura (cm)	Custo (R\$/m ³)	Área (m ²)	Vol.(m ³)	Valor Total
Base	Brita corrida	10	54,74	10.000	1.000	R\$ 54.740,00
Sub-base	Pó de pedra	10	52,05	10.000	1.000	R\$ 52.050,00
Reforço do subleito	Seleç. CBR>10	40	3,04	-	-	-

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES (2011)

Tabela 7: Custos das estruturas do pavimento com RCD.

Camada	Material	Espessura (cm)	Custo (R\$/m ³)	Área (m ²)	Vol.(m ³)	Valor Total
Base	Brita corrida	10	25,00	10.000	1.000	R\$ 25.000,00
Sub-base	Pó de pedra	10	25,00	10.000	1.000	R\$ 25.000,00
Reforço do subleito	Seleç. CBR>10	40	3,04	-	-	-

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES (2011)

A Tabela 8 apresenta um comparativo entre os materiais convencionais e os RCD, mostrando que a estrutura de pavimento com RCD é bem mais viável economicamente do que a estrutura com material convencional, que existe uma diferença no custo total de R\$ 100.958,52. A variação do custo de transporte se deu pela variação das distâncias (GUIMARÃES, 2011).

Tabela 8: Comparativo entre convencional e RCD.

Material	Brita corrida	Pó de pedra	Transporte	Total
Convencional	R\$ 54.740,00	R\$ 52.050,00	R\$ 56.206,89	R\$ 162.996,89
RCD	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00	R\$ 12.040,37	R\$ 62.040,37
Diferença	R\$ 29.740,00	R\$ 27.052,00	R\$ 44.166,52	R\$ 100.958,52
RCD/Convencional	47,40%	48,03%	21,40%	38,06%

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES (2011).

Os resultados indicam que o uso do agregado reciclado para a pavimentação, traz benefícios em diferentes aspectos, principalmente econômicos. Ressaltando que, o emprego dos agregados reciclados na pavimentação não só proporciona uma redução considerável na extração da matéria-prima, como também apresenta soluções para destinação dos resíduos sólidos da construção civil.

3.6.2. Produção de concretos com resíduos de vidro em substituição do agregado miúdo

Cordeiro e Montel (2015), apresentam por meio de análise das propriedades mecânicas, a viabilidade técnica do reaproveitamento do resíduo de vidro, em substituição parcial do agregado miúdo em concretos. Foram moldados corpos de prova com substituição parcial do agregado miúdo (areia) pelo vidro (5, 10 e 15%) para determinação da resistência à compressão.

As Figuras 11, 12 e 13 apresentam os resultados dos ensaios de resistência a compressão para os traços com os determinados percentuais de vidro individualmente, aos sete, quatorze e vinte e oito dias de cura, respectivamente. A Figura 14 apresenta um comparativo geral da evolução das resistências ao longo do tempo e em função da substituição do agregado miúdo pelo vidro moído.

Figura 11 - Gráfico dos valores de resistência a compressão aos sete dias de cura.



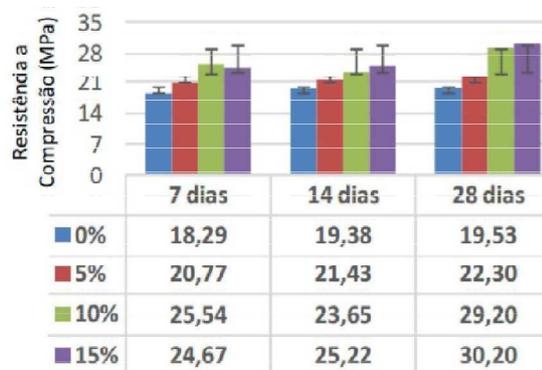
Figura 12 - Gráfico dos valores de resistência a compressão aos quatorze dias de cura.



Figura 13 - Gráfico dos valores de resistência a compressão aos vinte e oito dias de cura.



Figura 14 - Gráfico da evolução das resistências a compressão em função do tempo.

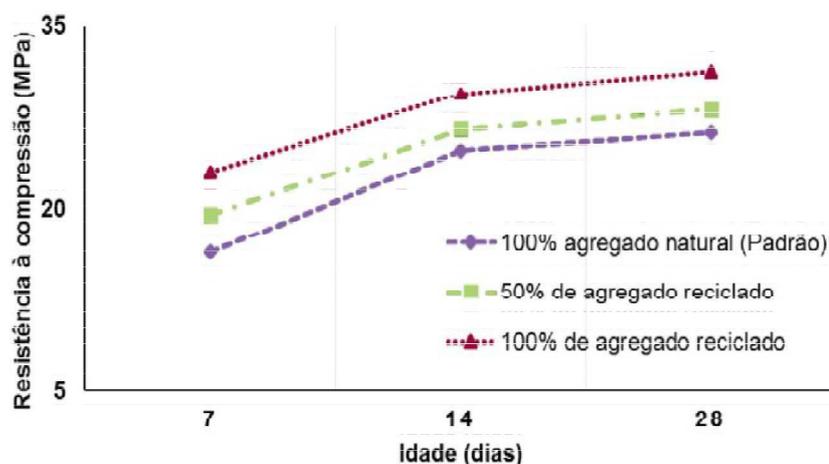


Fonte: Cordeiro e Montel (2015)

As Figuras 11, 12 e 13, apresentam que todos os corpos de prova que substituíram nos traços parte da areia por resíduo de vidro, apresentaram resultados de desempenho superiores aos dos corpos de prova de referência. Observa-se que houve um aumento de 14% na resistência a compressão dos corpos de prova com adição de 5% de resíduo de vidro, já nos corpos de prova com adição de 10% houve um ganho 50%, e nos corpos de prova com adição de 15% a resistência a compressão teve um aumento de 55%. Essa diferença expressiva de acordo com Cordeiro e Montel (2015), pode ser devido à característica pozolânica que o vidro adquire quando em fina granulometria ($< 75\mu\text{m}$), o que o torna mais reativo que a areia, porém, também pode ser devido a uma melhora do empacotamento das partículas do concreto em função das minúsculas partículas de vidro ocuparem os pequenos vazios do concreto. Tratando-se de resistência a compressão e custo benefício e por ser um material que é produzido em larga escala (cerca de 1800 ton/ano), sem valor comercial e descartado pelas fábricas e vidraçarias, pode-se afirmar que a utilização do resíduo de vidro moído no concreto convencional é totalmente viável.

3.6.3. *Uso do agregado reciclado na confecção de concreto*

Borba et al., (2016) avaliaram o uso dos resíduos de concreto em substituição, parcial ou total, do agregado gráudo natural, a fim de diminuir os custos e evitar impactos ambientais. De acordo com os resultados obtidos, os maiores níveis de resistência foram apresentados no traço com 100% de agregado gráudo reciclado conforme apresenta a Figura 15.

Figura 15 - Gráfico da Resistência a compressão (Mpa) x Idade (dias)

Fonte: Jacques (2013)

Jacques (2013) verificou que o concreto confeccionado com agregados 100% reciclados apresentam maiores resistências a compressão do que o concreto convencional com 100% de agregado graúdo natural. Uma provável explicação para esse resultado, é o efeito da hidratação avançada dos compostos cimentícios presentes no agregado graúdo reciclado de concreto (AGRC). Já o traço com 50% de agregado reciclado expressou resistência a compressão similar ao concreto convencional quando avaliado na idade dos 28 dias.

Com evolução da resistência do concreto ao longo dos dias, houve um aumento gradual nos três traços analisados conforme apresenta a Tabela 9. No entanto, se percebe que o traço com 100% de agregado reciclado já tem a maior resistência a compressão na idade de 7 dias que tende a aumentar de maneira moderada até os 28 dias de idade, chegando a valores 18,9% superiores ao concreto padrão. O que atrai a atenção é o comportamento de evolução da resistência do traço padrão que aumentou em 51% do sétimo ao decimo quarto dia. Enquanto que o traço 50% de agregado graúdo reciclado atingiu valores de resistência similares ao padrão, porem em menor gradiente (BORBA et al., 2016).

Tabela 9: Resultado da Resistência à Compressão (MPa) e Evolução das Resistências (%).

Traços	Resistência a Compressão (Mpa)			Evolução das Resistências (%)		
	7	14	28	7 ao 14	14 ao 28	7 ao 28
100% agregado natural (Padrão)	16,39	24,76	26,23	51,07	5,94	60,04
50% de agregado reciclado	19,46	26,47	28,07	36,02	6,04	44,24
100% de agregado reciclado	22,97	29,4	31,2	27,99	6,12	35,83

Fonte: adaptado de CONTECC 2016

De acordo com os dados obtidos na Tabela 9, percebe-se que o concreto feito a partir de agregados reciclados tem características similares ou até superiores, ao concreto convencional e pode ser usado em substituição aos agregados naturais sem perdas nas características estruturais, e sua pode trazer significativa redução dos custos finais das obras e o melhor uso desses materiais.

3.7. Normas Brasileiras para a Gestão de Resíduos

Existem cinco normas brasileiras ligadas ao tema Gestão de Resíduos, as quais são:

NBR 15112:2004 - Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.

Fixa os requisitos exigíveis para elaboração do projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos. De acordo com essa norma a área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT) é uma “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, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente”.

NBR 15113:2004 - Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.

Fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes. Visa também a reserva de materiais de forma segregada, possibilitando o uso futuro ou, ainda, a disposição destes materiais, com vistas à futura utilização da área, além de buscar a proteção das coleções hídricas ou subterrâneas próximas, das condições de trabalho dos operadores dessas instalações e da qualidade de vida das populações vizinhas. Nesta norma, o aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes é definido como uma área onde são empregadas técnicas de disposição de resíduos classe A e resíduos inertes no solo, visando a reservação de materiais segregados ao menor volume possível para um possível uso futuro dos materiais e/ou futura utilização da área, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

NBR 15114:2004 - Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.

Estabelece os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A. Ela se aplica à reciclagem de materiais já triados para a produção de agregados com características para a aplicação em obras de infraestrutura e edificações, de forma segura, sem comprometimento das questões ambientais, das condições de trabalho dos operadores dessas instalações e da qualidade de vida das populações vizinhas. De acordo com a NBR 15114, a área de reciclagem de resíduos da construção civil é definida como sendo uma “área destinada ao recebimento e transformação de resíduos da construção civil classe A, já triados, para produção de agregados reciclados”.

NBR 15115:2004 - Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de Camadas de Pavimentação – Procedimentos.

Fixa os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado agregado reciclado, em obras de pavimentação. Estabelece ainda: os requisitos necessários aos materiais que serão empregados para a execução das camadas de reforço, os equipamentos básicos indicados para execução das camadas, de que forma deve acontecer a execução das camadas, e quais os ensaios e verificações necessárias após a execução.

NBR 15116:2004 - Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto sem Função Estrutural – Requisitos.

Fixa os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Os agregados reciclados de que a norma trata destinam-se: a obras de pavimentação viária (camada de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentação ou revestimento primário de vias não pavimentadas) e ao preparo de concreto sem função estrutural. Estabelece ainda: requisitos gerais e específicos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural; e controle da qualidade e caracterização do agregado reciclado. Estas normas são importante respaldo técnico e legal para estimular a segregação, reciclagem e destinação responsável dos resíduos.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho, consiste em uma revisão bibliográfica geral sobre a atual situação nacional quanto a geração e gestão dos resíduos sólidos com ênfase na construção civil no contexto da atual Política Nacional de Resíduos Sólidos, assim como a adequação do sistema de gerenciamento dos RCC, como indicado pela Resolução CONAMA 307/2002. Essa revisão forneceu um embasamento para a identificação das principais causas e consequências da má gestão e geração excessiva de RCD no Brasil, bem como formas de eliminar ou minimizar essas causas, além dos métodos para uma gestão eficiente de resíduos sólidos é mostrado um comparativo econômico de materiais convencional, com os materiais constituídos de RCD.

5. CONCLUSÃO

Ao longo desse trabalho foi possível entender os principais pontos que devem ser mudados para que o setor da construção civil reduza a geração ou reutilize os RCD, de forma a minimizar a degradação do meio ambiente. Um dos principais pontos é à falta de um maior comprometimento por parte da sociedade e das empresas na questão da gestão de resíduos, por isso é importante uma cultura bem consolidada de gerenciamento de RCD, pois poucas medidas são tomadas para reduzir a geração desses materiais e, com o aumento da densidade demográfica e do nível de vida, esse volume acaba crescendo ano após ano, mesmo existindo normas e leis abrangendo essa temática.

Pelo fato da situação atual da construção civil ainda apresentar um grande desperdício e uma elevada geração de resíduos, a redução da geração de resíduos tem se mostrado a alternativa mais eficaz para a diminuição do impacto ambiental, além de ser a melhor alternativa do ponto de vista econômico. Por tanto, para o setor da construção civil, a redução dos desperdícios tornou-se de grande importância para que as construtoras permaneçam ativas e se adequem ao mercado de trabalho. Por outro lado, devido a situação precária das informações sobre resíduos sólidos, ocorre discrepância nos dados de diferentes órgãos que estimam a geração de resíduos, e mais do que interpretar as razões dessas diferenças, cabe aqui salientar a urgência de construir sistemas de informação mais precisos para que a gestão dos resíduos sólidos esteja à altura das expectativas criadas pela PNRS.

Existem muitas aplicações viáveis e muita área para o crescimento da utilização dos materiais reciclados, e o Brasil gera uma quantidade significativa de resíduos, porém ainda

não tem uma cultura de reutilização e reciclagem bem difundida, e quando praticada, a reciclagem de entulho da construção ainda é rudimentar, por isso, escolhendo sistemas e tecnologias adequados de construção durante a fase de projeto, torna possível a reutilização de materiais, elementos e componentes, ou seja, os resíduos produzidos numa obra podem ser reutilizados desde que sejam utilizados procedimentos apropriados.

A existência de materiais de construção reciclados possibilita que as construções se tornem ambientalmente corretas, mas, apesar da viabilidade ainda há barreiras a serem vencidas na utilização desses materiais e muitos estudos ainda devem ser feitos para melhorar suas propriedades, contudo esse setor da construção vem crescendo e as iniciativas em prol do meio ambiente vem se tornando mais recorrentes, com as construtoras buscando medidas alternativas de projeto, melhorando a compatibilização dos mesmos, implementando a redução, reciclagem, reaproveitamento e procedimentos de gestão de resíduos à altura das expectativas criadas pela PNRS e se adequarem ao sistema de gerenciamento dos RCC, como indicado pela Resolução CONAMA 307/2002. Lembrando que o cenário global também vem se modificando bastante, intensificando o número de países que passaram a compartilhar a mesma linguagem de gestão mais eficiente, promovendo assim para o Brasil, oportunidade de compartilhamento de experiências, minimizando os riscos tecnológicos e de gestão e ainda aumentando a velocidade das mudanças.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R.; SPERANZA, J. S.; PETIGAND, C. **Lixo zero: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera**. São Paulo: Planeta sustentável: Instituto Ethos, 2013. 77 p;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15112:2004 - Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação**. 2004;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15113:2004 - Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação**, 2004;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15114:2004 - Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação**, 2004;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15115:2004 - Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de Camadas de Pavimentação – Procedimentos**, 2004;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15116:2004 - Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto sem Função Estrutural – Requisitos**, 2004;

AZEVEDO, A. M. G.; & AMORIM, E. F. **Estudo de modelagem estatística aplicada a quantificação de resíduos de construção e demolição (RCD) para uso em obras viárias**. IX CONGIC. 2013;

BERNUCCI, L. L. B.; MOTTA, L. M. G. da ; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2a Edição. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2012;

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Manual técnico: Gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras**. Brasília: SEBRAE/DF, 2007;

BORBA, W. F. de.; CASSOL, G.; BUENO, L. da S.; **Confecção de Concreto com Utilização de Agregado Reciclado**. Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC 2016. Foz do Iguaçu, 2016;

BRASIL, Leis. **Conselho nacional do meio ambiente – CONAMA. Resolução nº. 307**, de julho de 2002;

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Câmara Notícias. **Especialistas alertam que Política de Resíduos Sólidos ainda não atingiu objetivo**. 2016. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/INDUSTRIA-E-COMERCIO/513266-ESPECIALISTAS-ALERTAM-QUE-POLITICA-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-AINDA-NAO-ATINGIU-OBJETIVO.html>>. Acesso em: 20 Outubro 2016;

CASSA, J. C. S.; BRUM, I. A. S.; CARNEIRO, A. P.; COSTA, D. B. **Diagnóstico dos setores produtores de resíduos na região metropolitana de Salvador/BA**. Projeto Entulho Bom - Cap. II, Salvador, EDUFBA/CEF. 2001;

CASSA, J. C. S., CARNEIRO, A. P. e BRUM, I.A.S. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção**. Salvador, Editora da UFBA, Caixa Econômica, 2001;

CORDEIRO, R. S.. MONTEL, A. L. B. **Estudo da Viabilidade para a Produção de Concretos com Adição de Resíduos de Vidro em Substituição ao Agregado Miúdo na Cidade de Palmas-TO**. Universidade Federal do Tocantins- UFT. 2015;

CUNHA, N. A. **Resíduos da construção civil – análise de usinas de reciclagem. Campinas**. UEC. 2007;

DECRETO nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, de 23 dezembro de 2010;

ERPEN, M. L. **Resíduos sólidos de Construção e Demolição Estudo de caso: Gurupi – TO**. Dissertação de Mestrado submetida à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília –DF. 2009;

ESTADÃO. Blog ECOando. **Com os resíduos das obras poderiam ser construídos sete mil prédios e criados 150 mil empregos por ano**. 2016. Disponível em: [<economia.estadao.com.br/blogs/ecoando/com-os-residuos-das-obras-poderiam-ser-construidos-sete-mil-predios-e-criados-150-mil-empregos-por-ano/>](http://economia.estadao.com.br/blogs/ecoando/com-os-residuos-das-obras-poderiam-ser-construidos-sete-mil-predios-e-criados-150-mil-empregos-por-ano/). Acesso em: 20 Outubro 2016;

ESTADÃO. Blog Giovana Girardi. **Brasil Produz Lixo como Primeiro Mundo, mas faz descarte como Nações Pobres.** 2016. Disponível em: <<http://sustentabilidade.estadao.com.br/blogs/ambiente-se/brasil-produz-lixo-como-primeiro-mundo-mas-faz-descarte-como-nacoes-pobres/>>. Acesso em: 20 Outubro 2016;

FIEB. **Gestão de Resíduos na Construção Civil: Redução, reutilização e Reciclagem.** 2013. Disponível em: <www.fieb.org.br/bancafiieb/detalhe/gestao-de-residuos-na-construcao-civil-reducao-reutilizacao-e-reciclagem/177>. Acesso em: 09 de agosto de 2016;

FRAGA, M. F. **Panorama da Geração de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte: Medidas de minimização com Base em Projeto e Planejamento de Obras.** Belo Horizonte, 2006. 89 p;

FRICKE, K. ; PEREIRA, C. ; LEITE, A. ; BAGNTI, M. **GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS transferência de experiência entre a Alemanha e o Brasil Parte II.** E-book publicado por Publicado por: ANS e.V., Braunschweig, 2015;

GONÇALVES, R. D. C. **Agregados Reciclados de Resíduos de Concreto – Um novo Material para Dosagens Estruturais.** Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Estruturas. São Carlos – SP. 2001;

GREEN SAVERS. **Suécia, o País que Recicla 99% dos seus Resíduos.** 2016. Disponível em: <<http://greensavers.sapo.pt/2016/08/29/suecia-o-pais-que-recicla-99-dos-seus-residuos/>>. Acesso em: 14 de Outubro de 2016;

GUIMARÃES, N. **Estudo Comparativo entre a Pavimentação Flexível e Rígida.** Trabalho de Conclusão de Curso 2011, 80p. Universidade da Amazônia, Belém, 2011;

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** Universidade de São Paulo, 2000, 102p.

LEITE, B. M. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e de demolição.** Porto Alegre. UFRS. 2001;

LEVY, S. M.; HELENE, P.R.L. **Reciclagem de Entulhos na Construção Civil a Solução Política e Ecologicamente Correta.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 1º Goiânia, Brasil. Agosto 1995 Anais. Goiânia;

LIMA, R. S. ; LIMA, R. R. R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.** Série de Publicações Temáticas do CREA-PR. 2012;

MENEZES, M. S. PONTES, F. V. M. AFONSO, J. C. **Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição**. Departamento de Química Analítica, Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011;

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, E. D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. *Ambiente Construtivo* - v.9 p. 57-71 Edição de Jan/Mar 2009. Porto Alegre. ANTAC. 2009;

MORAND, F. G. **Estudo das Principais Aplicações de Resíduos de Obra Como Material de Construção**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016;

PAIVA, R. L. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil no Brasil _ Estudo de Caso no Município de Jundiaí-SP**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2016;

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. **Guia profissional para uma gestão correta dos resíduos da construção**. São Paulo: CREA-SP, 2005. 47 p;

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília: CEF, 2005. v. 1. 196 p. (Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios, v. 1);

PINTO, T. P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia. São Paulo. 1999;

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Universidade de São Paulo, 1999, 189p;

SANTOS, A. N. **Diagnóstico da situação dos resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Município de Petrolina (PE)**. Dissertação apresentada à Universidade Católica de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Recife – PE. 2008;

SANTOS, I. da R. **Medidas para redução dos impactos ambientais gerados pela construção civil**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015;

SIBRAGEC ELAGEC 2015. **Acondicionamento e Transporte de RCD: A Realidade da Grande João Pessoa**. São Carlos-SP. 2015. Disponível em:

<http://www.infohab.org.br/sibraelagec2015/artigos/SIBRAGEC_ELAGEC_2015_submissio_n_6.pdf>. Acesso em: 27 de setembro de 2016;

SNIC. Sindicato nacional da indústria do cimento. **Relatório anual 2011**. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/snic-relatorio2010-11_web.pdf>. Acesso 25.09.2016;

SILVA, K. **Análise das Dificuldades da Prática de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil em Obras de Pequeno Porte**. Instituto de Pós-Graduação – IPOG Salvador, BA, 2015;

SCHNEIDER, D. M. **Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo**. Dissertação de Pós - Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003;

SILVA, L. R. A. **Utilização do Entulho como Agregado para a Produção de Concreto Reciclado**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2004;

SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil - Avanços Institucionais e Melhorias Técnicas**. 2015. Disponível em: < <http://sindusconsp.com.br>>. Acesso em: 21 de outubro de 2016;

SOBRAL, R. F. C. **Viabilidade Econômica de Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil: Estudo de Caso da USIBEN - João Pessoa/PB**. Dissertação de Mestrado apresentada ao PPGEUA da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2012.