

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

GRAZIELA DE ALMEIDA BRUNO

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O CENÁRIO DA RECICLAGEM DE RESÍDUO CLASSE "A" NO BRASIL.

Rio de Janeiro

2016

GRAZIELA DE ALMEIDA BRUNO

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O CENÁRIO DA RECICLAGEM DE RESÍDUO CLASSE “A” NO BRASIL.

Monografia de Pós-graduação apresentada ao Curso de Especialização em Gestão Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de especialista em gestão ambiental.

Orientador:

Francisco Mariano da Rocha de Souza Lima

Rio de Janeiro

2016

GRAZIELA DE ALMEIDA BRUNO

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O CENÁRIO DA RECICLAGEM DE RESÍDUO CLASSE “A” NO BRASIL.

Monografia de Pós-graduação apresentada ao Curso de Especialização em Gestão Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de especialista em gestão ambiental.

Aprovada em:

Francisco Mariano da Rocha de Souza Lima, D.Sc,
Centro de Tecnologia Mineral

Haroldo Mattos de Lemos, D.Sc, DRHIMA,
Politécnica, UFRJ

Paulo Renato Diniz Junqueira Barbosa, D.Sc,
DRHIMA, Politécnica, UFRJ

Rio de Janeiro

2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, pela saúde, pela fé e por tantas coisas boas com que tem preenchido a minha vida.

Agradeço à família pelo amor, carinho, compreensão, suporte e apoio contínuos e por tudo o que já investiram em mim para que eu chegasse até aqui.

Aos meus chefes Eliane Gomes, que me incentivou a buscar essa especialização e ao Márcio Lins, que me apoiou e incentivou em todos os momentos em que precisei buscar soluções para este trabalho.

Aos Professores do curso, Haroldo Mattos de Lemos e Paulo Renato que me deram a oportunidade de cursar esta especialização, tendo me agregado conhecimento de valor inestimável.

À secretaria do curso Tânia Santos, que sempre muito solícita deu todo o suporte necessário ao desenvolvimento das etapas do curso.

Aos colegas de curso que com os quais compartilhei companheirismo, desafios, conhecimento e muitos bons momentos.

Ao Professor Francisco Mariano que tão prontamente aceitou me orientar para o desenvolvimento deste trabalho e o fez muito atenciosamente me agregando muito do seu conhecimento.

Ao meu querido namorado, Maurício, que me deu suporte, amor, compreensão e muito incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Levi Torres da ABRECON, que viabilizou a minha participação no curso de gestão integrada de resíduos da construção civil e operação de usina de reciclagem de entulho, que foi uma porta essencial a esclarecimentos sobre o assunto.

Ao Pierre Ziade e à Sandra Oliveira da usina ECO-X que contribuíram com informações preciosíssimas sobre processamento de resíduos da construção, possibilitando uma apreensão prática do tema e a afirmação das constatações levantadas.

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

RESUMO

A resolução CONAMA 307/ 2002 ocasionou um importante marco regulatório na gestão de resíduos sólidos da construção civil no Brasil, primeiramente ao imputar aos municípios a responsabilidade sobre a gestão desses resíduos e depois ao estabelecer instrumentos que incentivaram a formação do processo de valorização de RCD como insumo para a produção de agregados reciclados.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada pela Lei 12.305 de 2010 constituiu um novo marco ao criar instrumentos que possibilitaram a expansão desse mercado emergente, o qual passou a representar não apenas uma ferramenta de gestão, mas, uma possibilidade de economia de recursos e de geração de renda. Iniciou-se assim um processo de redução da dependência do setor público na gestão dos resíduos ampliando-se progressivamente a participação da indústria.

O mercado apresentou nítida expansão a partir anos 2000 e mais acentuadamente a partir de 2010. No entanto, evidencia-se ainda um potencial estimado de 79%¹ de demanda a ser explorada.

A qualidade do agregado reciclado foi identificada como grande fator limitante para a consolidação do mercado de reciclagem; sua aceitação e aplicabilidade em larga escala estão ligadas à sua semelhança com os agregados naturais.

Neste sentido, reforçou-se a necessidade da Demolição Seletiva (DS), que possibilita a separação dos resíduos na fonte geradora.

Para tanto serão necessárias ações públicas no sentido de fomentar e difundir a prática da demolição e da coleta seletiva e promover medidas que suportem o pleno desenvolvimento da indústria da reciclagem.

¹ Segundo a Pesquisa Setorial 2014/2015 da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015), a produção real de agregados reciclados é de aproximadamente 21% e o potencial instalado de 46%.

ABSTRACT

The CONAMA 307/2002 resolution generated an important regulatory mark in the Brazilian solid waste management of construction, primarily in imposing responsibility for the management of such waste in the municipalities. It was also responsible for establishing instruments that stimulated the appreciation of CDW² as an input for recycled aggregates production.

The National Policy of Solid Waste, promulgated by the Act 12,305 - 2010 - was responsible for creating instruments that enabled the expansion of this emerging market, which now is more than a single management tool, but also is a feasible saving resources and income generation potential. Consequently, a shrinking public dependence on waste management was verified, strengthening industry participation.

The market showed relevant expansion from 2000's on, with highest grow rates from 2010 on. Nevertheless, it is verified a demanding potential of 79% to be exploited.

The aggregate quality was identified as an important limiting factor to the market consolidation of the recycled aggregate. Its large acceptance and applicability are related to its natural counterpart similarity.

Thus, the need of Selective Demolition, which enables maximum recovery of waste, was reinforced.

To accomplish those objectives public actions are requested, in order to promote and promulgate demolition and waste selective collect practices and implement actions that support the complete development of the Brazilian recycling industry.

² Construction Demolition Waste

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Participação do VABpb da construção civil no VABpb total do Brasil (%)....	4
Figura 2. Taxas reais de crescimento (%) VABpb da construção civil e VABpb total Brasil.	5
Figura 3. Participação relativa da indústria da construção civil na população ocupada total	6
Figura 4. Concentração (%) de usinas por regiões geográficas brasileiras	30
Figura 5. Qualidade de triagem dos RCD que chegam às usinas.....	32
Figura 6. Percentual de rejeito presente nos RCD que chegam às usinas	33
Figura 7. Principais consumidores de agregados reciclados.....	34
Figura 8. Esquema operacional da usina de reciclagem de RCD da ECO-X.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Participação do volume de RCD em relação aos resíduos sólidos urbanos	7
Tabela 2. Normas técnicas relacionadas à gestão de resíduos da demolição e construção.....	12
Tabela 3. Destinações legais dos resíduos e responsabilidades assumidas pelas construtoras.....	14
Tabela 4. Municípios, total, com e sem serviços de manejo de RCD, por tipo de processamento.....	18
Tabela 5. Municípios com serviços de manejo de RCD, por forma de disposição no solo.....	18
Tabela 6. Estimativa de porcentagem de RCD reciclado no país	31
Tabela 7. Resumo dos dados das pesquisas ABRECON (2015) e PNSB (2008).....	35
Tabela 8. Potencial de reciclagem x Resíduos com potencial de reciclagem	35
Tabela 9. Agregados reciclados da Usina ECO-X.....	39
Tabela 10. Comparativo de custo entre agregado reciclado da ECO-X e agregado natural	41
Tabela 11. LEED, critérios de avaliação para a dimensão de Materiais e Recursos	49

SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRECON – Associação Brasileira para a Reciclagem dos Resíduos da Construção

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição

ACV - avaliação do ciclo de vida

ATT – Área de Transbordo e Triagem

CDW - *Construction Demolition Waste*

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DS – Demolição Seletiva

PGIRS - Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos

SINDUSCON-SP – Sindicato da Construção Civil de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 Representatividade do setor da construção civil na economia brasileira.....	4
2 Resíduos Sólidos de Construção e Demolição: contextualização.....	6
2.1 Geração	6
2.2 Problemática	7
2.3 Evolução da legislação.....	10
2.4 Caracterização, classificação, manejo e possíveis destinações	14
2.5 Aspectos mercadológicos	19
3 A reciclagem de RCD e o uso de reciclados	20
3.1 Vantagens, desvantagens e Ciclo de vida do produto	21
3.2 A produção de agregados reciclados.....	22
3.2.1 Desafios.....	22
3.2.2 A operação industrial	24
3.3 Principais aplicações para agregados reciclados de RCD	27
3.4 Cenário da reciclagem de RCD Classe “A” no Brasil	29
4 Estudo de Caso Usina de Reciclagem Eco-X.....	35
4.1 Entradas.....	36
4.2 Operação e Saídas	38
4.3 Percepções do estudo.....	41
5 Alternativas para a consolidação da reciclagem de RCD	42
5.1 O processo da Demolição Seletiva e práticas de aprimoramento.....	44
5.2 A Contribuição dos programas de certificação ambiental da edificação	47
CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXOS	59

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil se destaca no cenário econômico brasileiro pela parcela que representa na mobilização de capital, na geração de renda, na captação de investimentos e na geração de empregos, sendo um dos mais importantes segmentos da economia.

Por outro lado, o setor se caracteriza como um dos que mais consomem recursos naturais não renováveis, cerca de 75%³ de tudo o que é extraído do meio ambiente. É também, entre todas as atividades produtivas, o maior gerador de resíduos, sendo responsável por cerca de 60% do total produzido nas cidades brasileiras.

São considerados Resíduos da Construção e Demolição (RCD)⁴ aqueles oriundos das atividades de construção, sejam eles de novas construções, reformas, demolições, que envolvam atividades de obras de arte e limpezas de terrenos com presença de solos ou vegetação (ANGULO, 2000).

Os RCD apresentam grande diversidade de composição, no entanto, será foco da presente pesquisa se aqueles de origem mineral, classificados pela resolução CONAMA 307/2002 como resíduos classe “A” - reutilizáveis ou recicláveis como agregados.

A geração de RCD no Brasil e no mundo é objeto de especial atenção dado o volume que produz em relação aos demais resíduos sólidos. O *Community European Committee* (CEC) o classificou como resíduo de atenção prioritária (RUCH et. al. 1997a). No Brasil, a geração estimada é da ordem de 100 milhões de toneladas/ano⁵. Considerado o crescimento médio do setor da construção civil nos últimos 10 anos (2006 a 2015) de 4,7%, estima-se⁶ o crescimento da demolição em taxas superiores, dado o contexto de urbanização consolidada desde os 2000⁷.

³ Informação disponível em: < <http://www.obralimpa.com.br/index.php/os-verdadeiros-impactos-da-construcao-civil/>>.

⁴ Foi adotado o termo “RCD” (Resíduos de Construção e Demolição) ao invés de “RCC” (resíduos da Construção Civil), conforme constante no Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2012, devido a esse trabalho fazer abordagem do assunto também em âmbito internacional, sendo “RCD” o termo mais semelhante ao internacionalmente utilizado “*Construction and demolition Waste – CDW*”.

⁵ Informação com base no ano de 2014.

⁶ Não há dados das taxas de crescimento dos resíduos de construção e demolição.

⁷ De acordo com Lima (2013) os anos 2000 marca a consolidação da urbanização no país.

O descarte desses resíduos está frequentemente associado a grandes impactos ambiental, social e econômico além de desvantagens econômicas às empresas do setor por gastos com o transporte e cobrança de taxas de deposição.

Como consequência do dinamismo das atividades de manejo e destinação de resíduos observou-se o surgimento de um potencial mercado nesse sentido, marcado pela expansão de negócios e especialização de atividades relacionadas, formando uma rede de empreendimentos cujas atividades possibilitam a valorização dos RCD, dentre elas o mercado de agregados reciclados.

Um importante marco regulatório na transformação de RCD como matéria-prima para o mercado de reciclados foi a resolução CONAMA 307/2002 por meio da definição dos objetivos prioritários de reutilização e reciclagem. No entanto, foi com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada pela Lei nº 12.305/2010, por meio da instituição do princípio do poluidor-pagador, que foram estabelecidos instrumentos econômicos, que favoreceram o fortalecimento desse mercado emergente.

As potenciais vantagens da reinserção de RCD na cadeia produtiva em forma de agregado reciclado são a preservação de recursos naturais; a redução do volume de resíduos depositados em aterros; a possibilidade de redução de consumo energético e de poluição emitida pela fabricação de um mesmo produto; a economia com custos de deposição e transporte; a geração de valor a partir de produto que constituía apenas ônus e a geração de empregos e de renda. Além de eventualmente contribuir com a redução de custos de proteção ambiental e viabilizar um grau de proteção ambiental superior, contribuindo dessa forma para o desenvolvimento sustentável (JOHN, 2000).

Cabe mencionar ainda a vantagem econômica do uso do agregado reciclado cujo custo é entre 15% e 30%⁸ mais barato que o de agregados naturais.

Assim, o presente estudo tem como objetivo apresentar o estado da arte da reciclagem dos resíduos de construção e demolição de materiais de origem mineral

⁸ Informação disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/123/artigo299541-1.aspx>>

(cimentícia e cerâmica)⁹ no Brasil; abordar seu cenário de ocorrência; levantar as particularidades da operação das usinas de reciclagem e do uso de agregados bem como de sua aplicabilidade técnica visando identificar as alternativas recomendadas para a expansão e consolidação do setor.

Para tal foram realizados ampla revisão bibliográfica sobre o tema e caracterização da situação da reciclagem de RCD no país com base nos dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 (PNSB) e no “Relatório da Pesquisa Setorial 2014/2015” da ABRECON (2015);

Em complementação foi desenvolvido um estudo de caso de uma usina de reciclagem de RCD que tem por critério o processamento de resíduos prévia e estritamente segregados e de origem exclusivamente cimentícia, com o objetivo de avaliar a contribuição da coleta seletiva de RCD à qualidade e à valorização dos produtos reciclados.

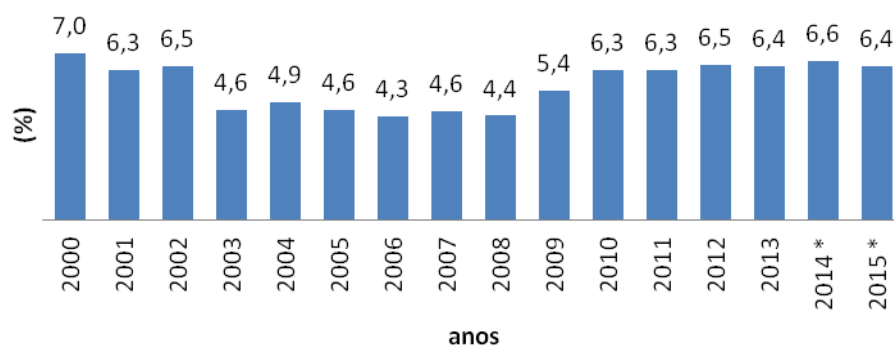
⁹ Resíduos definidos como Classe A segundo o critério de classificação da Resolução CONAMA 307 de 2002.

1 REPRESENTATIVIDADE DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA ECONOMIA BRASILEIRA

Do ponto de vista da lógica capitalista tradicional a avaliação do desenvolvimento econômico de um país é associada ao crescimento da renda. Assim, convencionou-se avaliá-lo pelo Produto Interno Bruto (PIB)¹⁰. Sob tal ótica, foram levantados dados para avaliar a representatividade do setor da construção civil na economia brasileira a partir do Sistema de Contas Nacionais (SCNB), publicado pelo IBGE.

Pelo conceito de Valor Adicionado Bruto (VAB)¹¹, a participação do setor da construção na economia brasileira variou nos últimos 15 anos entre 4,4% (mínimo) e 7,0% (máximo), conforme representado na figura 1, onde é possível observar certa constância na taxa de crescimento em torno de 6,5% ao ano nos períodos de 2000 a 2002 e de 2010 a 2015, apresentando queda apenas no período de 2003 e 2009.

Figura 1. Participação do VABpb da construção civil no VABpb total do Brasil (%)



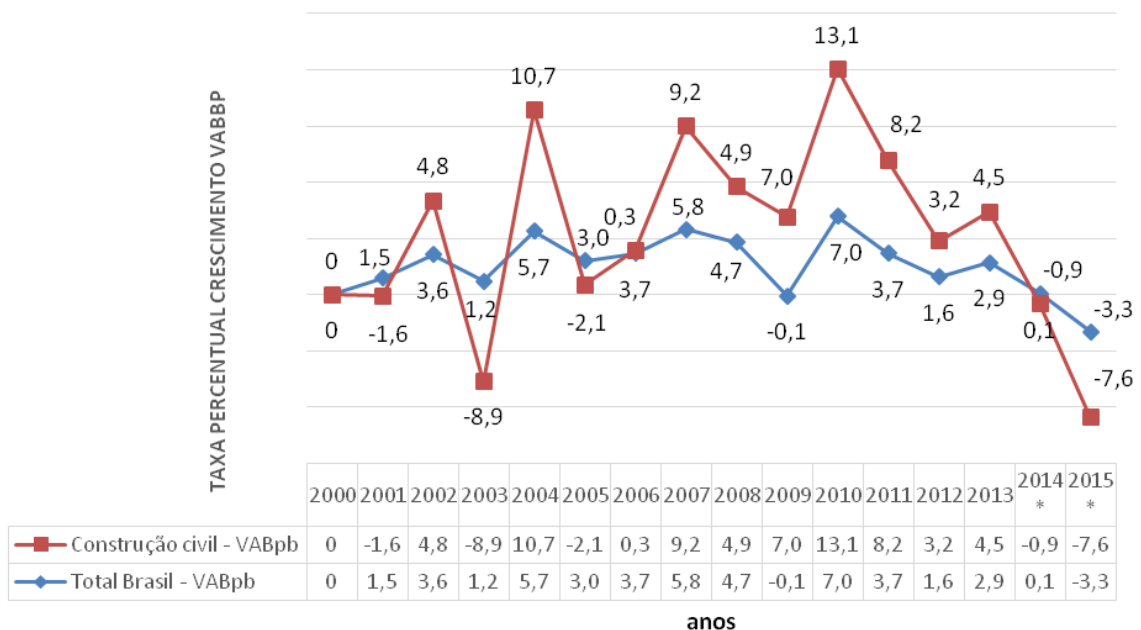
Fonte: Adaptado de IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais. In: Banco de Dados-CBIC. (*) Os dados de 2014 e 2015 referem-se às Contas Nacionais Trimestrais (Série Revisada-2010). Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em 18 jul. 2016.

¹⁰ Para avaliação do PIB foi utilizado o conceito de Valor Adicionado Bruto (VAB).

¹¹ O VAB (Valor Adicionado Bruto) é o valor da “produção sem duplicações”, e é obtido descontando-se do Valor Bruto da Produção (VBP) o valor dos insumos utilizados no processo de produtivo. Em sua análise, o IBGE lembrou que o valor adicionado bruto é sempre calculado a preços básicos, exclui qualquer imposto e qualquer custo de transporte faturado separadamente, e inclui qualquer subsídio sobre o produto. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/2936800/industria-ganha-espaco-no-valor-adicionado-bruto-da-economia-diz-ibge>>. Acesso em: 16 ago. 2016.

Sob este conceito, o crescimento real do setor apresentou-se mais acelerado que o nacional nos últimos seis anos (de 2007 a 2013) e nos anos de 2002 e 2004, superando o nacional em média 3,4% nos períodos indicados conforme representado na figura 2. Vale citar a importância à configuração de tal cenário da contribuição de algumas medidas de incentivo ao setor tais como a ampliação de acesso ao crédito, a queda nas taxas de juros, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o Programa Minha Casa e a redução de impostos.

Figura 2. Taxas reais de crescimento (%) VABpb da construção civil e VABpb total Brasil.



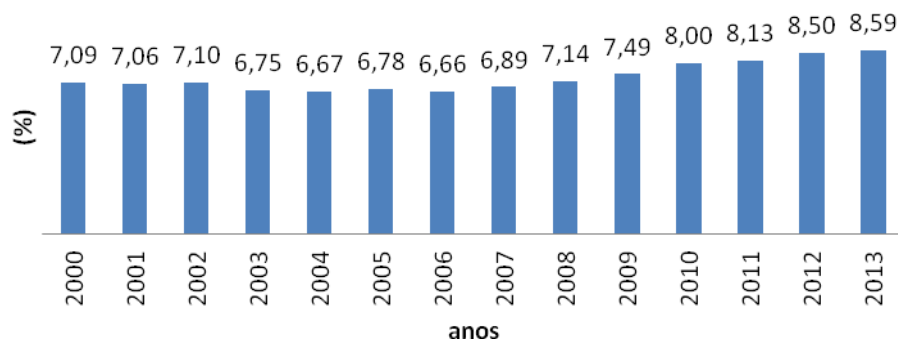
Fonte: Adaptado de IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais. In: Banco de Dados-CBIC. (*) Os dados de 2014 e 2015 referem-se às Contas Nacionais Trimestrais (Série Revisada-2010). Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em 18 jul. 2016.

A participação do setor na composição da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), que totaliza o volume de capital investido em ativos fixos, representou grande parcela nos anos de 2011 a 2013, contribuindo com mais de 40% dos investimentos totais em relação a outros setores, sendo essas porcentagens de 41,4%, 43,8% e 41,8% para os anos de 2011, 2012 e 2013 respectivamente (ABRECON, 2016).

O setor ainda é responsável por empregar de 6,66% (menor participação) e 8,59% (maior participação) nos últimos quinze anos em relação à população

ocupada total, tendo apresentando crescimento contínuo nos últimos sete anos representados (2007 a 2013), conforme mostrado na figura 3.

Figura 3. Participação relativa da indústria da construção civil na população ocupada total



Fonte: Adaptado de IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais. In: Banco de Dados-CBIC. (*) Os dados de 2014 e 2015 referem-se às Contas Nacionais Trimestrais (Série Revisada-2010). Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em 18 jul. 2016.

A avaliação do cenário econômico da indústria da construção revela a importância do setor na economia brasileira e aponta para um desenvolvimento material da sociedade. No entanto, para que este desenvolvimento ocorra de maneira sustentável não devem ser sobrepujados os limites ambiental e social, evidenciando-se assim a importância do estudo de alternativas que minimizem os impactos ambientais das atividades do setor.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Geração

Pinto (1999) estimou no Brasil a geração anual de RCD em cerca de 0,5 ton./hab/ano, equivalendo aproximadamente ao volume de 84.180.696 m³/ano¹² e correspondendo em massa a 101.016.835 toneladas/ano.

¹² Esse valor foi obtido com base no ano de 2014, segundo estimativa da população brasileira informada pelo censo do IBGE desse ano, de 202.033.670 habitantes. Para a massa de RCD produzida por ano foi utilizada a estimativa de Pinto (1999) de cerca de 500 Kg/hab/ano e como massa específica de RCD foi adotado o valor de 1200 Kg/m³ segundo ABRECON (2015).

De acordo com o SINDUSCON-SP (2005) a atividade da construção civil gera a parcela predominante da massa total dos resíduos sólidos urbanos produzidos nas cidades, conforme apresentado na tabela 1, enquanto a parcela de RCD, por sua vez é composta predominantemente por resíduos de origem cimentício e cerâmica. A ABRECON¹³ (2015) apontou para a predominância desses tipos na composição de RCD em alguns locais do Brasil e do exterior – concreto em Salvador, argamassas em São Carlos, concreto em Flandres¹⁴ e cerâmica na Holanda.

Tabela 1. Participação do volume de RCD em relação aos resíduos sólidos urbanos

MUNICÍPIO	(%)
São Paulo	55%
Guarulhos	50%
Diadema	57%
Campinas	64%
Piracicaba	67%
São José dos Campos	67%
Ribeirão Preto	70%
Jundiaí	62%
São José do Rio Preto	58%
Santo André	54%

Fonte: SINDUSCON-SP, 2005.

2.2 Problemática

Os impactos do setor da construção têm desdobramentos desde a etapa de extração e produção dos materiais até a etapa final, de descarte, associada aos resíduos de demolição.

Na fase de produção, um estudo desenvolvido em Turim na Itália demonstrou que a maior contribuição em massa na constituição de um edifício convencional são o aço e o concreto, correspondendo ambos respectivamente de 29,4% a 71,4% e de

¹³ Informações retiradas de tabela montada pela ABRECON, 2015, 66 p. referenciada em: 1. BOSSINK; BROUWERS (1996) *apud* ANGULO (2000). 2. SIMONS, HENDERIECKX (1994). 3. CARNEIRO (2000). 4. PINTO (1986).

¹⁴ Flandres – Região norte da Bélgica.

2,9% a 39,4% da composição total da edificação. Nesses termos, em relação à composição total, o concreto é o maior responsável por impactos associados ao aquecimento global, destruição da camada de ozônio, eutrofização das águas e “*photo-smog*”¹⁵ enquanto o aço, pelo maior consumo de energia e de acidificação (BLENGINI, 2009).

Quanto à etapa de descarte, os principais problemas estão associados ao descarte irregular e ao rápido esgotamento de áreas de aterro devido aos elevados volumes de RCD gerados.

No Brasil, o quadro mais comumente encontrado nos municípios de médio e grande porte é a deposição de resíduos em aterros de inertes, já quanto aos volumes descartados irregularmente, não há registros (PINTO, 1999). No entanto no geral de todos os municípios, o quadro mais comum é o descarte em local indiscriminado (outros) 31%, que pode configurar parcela de descarte irregular e em vazadouros (lixões) 33%¹⁶.

Não existe um controle por parte da gestão pública do que é demolido. Nos municípios brasileiros poucos adotam a licença de demolição como registro legal da atividade e em geral há apenas a cobrança de uma taxa de demolição de acordo com a área demolida, sem maiores controles envolvidos (LIMA, 2013).

Em muitos casos as áreas de descarte são de pequeno porte e estão inseridas integralmente na malha urbana, nas proximidades das regiões geradoras dos resíduos, promovendo uma necessidade contínua de designação de novas áreas e estas por sua vez continuamente mais periféricas resultando sucessivamente em deslocamentos mais longínquos e, conseqüentemente no aumento do custo de transporte e da poluição atmosférica decorrente da emissão de gases poluentes da queima dos combustíveis dos caminhões além de maior poluição sonora (PINTO, 1999).

Soma-se aos problemas mencionados o fato de que o rareamento de locais de deposição introduz nas áreas ativas a cobrança de taxa para o descarte de

¹⁵ Smog é um fenômeno fotoquímico caracterizado pela formação de uma espécie de neblina composta por poluição, vapor de água e outros compostos químicos geralmente, provocada pela queima de combustíveis fósseis (gasolina e diesel).

¹⁶ PNSB (2008).

resíduos. O aumento do preço dos transportes e a cobrança de taxas para a deposição constituem-se ambos em fatores negativos à gestão dos resíduos, funcionando como indutores à destinação em áreas impróprias e ilegais, sendo fatores agravantes para deposições irregulares (PINTO, 1999).

Os impactos ambientais imediatamente perceptíveis do descarte irregular são o comprometimento da qualidade do ambiente e da paisagem local. Alguns exemplos são a obstrução dos sistemas de drenagem, tais como piscinões, galerias, sarjetas, etc., os quais se desdobram ainda em outros impactos, de curto prazo como a necessidade de desobstrução contínua do sistema e de longo prazo como a persistente ocupação das áreas naturais - várzeas e outras regiões de baixada, que são sorvedouros para a drenagem de áreas urbanas impermeabilizadas - resultando em enchentes recorrentes e altos custos com ações corretivas por parte da administração pública. Somam-se a esses prejuízos perdas pessoais, degradação de áreas de manancial e proteção permanente, assoreamento de rios e córregos, ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos, a existência e o acúmulo de resíduos que podem gerar risco em função de sua periculosidade e a degradação da paisagem urbana.

A análise dos problemas de enchentes nos municípios de médio e grande porte permite detectar que, com poucas exceções, eles se devem à ocupação urbana das zonas de espraiamento de importantes cursos d'água, sendo muito frequente o pré-aterramento dessas áreas com a deposição de RCD (PINTO, 1999).

Outro impacto significativo do descarte de RCD é decorrente da presença de resíduos vegetais e outros resíduos não inertes que aceleram a deterioração das condições ambientais locais, criando um ambiente propício para a proliferação de vetores prejudiciais às condições de saneamento e à saúde humana tais como roedores, insetos peçonhentos (aranhas e escorpiões) e insetos transmissores de endemias perigosas (como a dengue). Um estudo para município de Jundiaí/ SP comprovou que há uma estreita relação entre as áreas regulares ou irregulares de recepção de resíduos e a proliferação de vetores (PINTO, 1999).

Os casos de medidas corretivas para a gestão de RCD envolvem altos custos à administração pública, reforçando mais uma vez a grande importância de uma gestão adequada desses resíduos.

A disposição de resíduos em aterro além dos custos convencionais de deposição incluem também custos com embalagem, tratamento, transporte, licenciamento ambiental, etc. Além de custos indiretos, como o desgaste da imagem da empresa devido à sua gestão ambiental ineficiente, que pode levar a confrontos com organizações sociais e perda de consumidores. (DESIMONE; POPOFF, 1998 apud ANGULO; JOHN, 2003).

Um impacto ainda a ser mencionado é na esfera microeconômica e está associado à gestão de custos ambientais por parte das empresas. Segundo um levantamento da *Environmental Protection Agency* (EPA) boa parte das empresas não apropria esses custos diretamente, não os prevendo nos seus sistemas contábeis. De acordo com o mesmo estudo tais custos podem chegar até 20% dos custos totais e em via de regra são realocados em outros departamentos juntamente com custos de produtos e processos. Os custos de contingência para eventuais atividades de remediação das áreas de deposição, multas ambientais, etc., que podem ocorrer inclusive por mudança futura na legislação também não são considerados de forma direta (DESIMONE; POPOFF, 1998 apud ANGULO; JOHN, 2003) constituindo assim mais um aspecto negativo ao orçamento das empresas.

Paralelamente à implantação de aterros cada vez mais distantes devido ao esgotamento de áreas próximas ao núcleo urbano, intensificou-se o problema com o custo de transporte para o descarte contribuindo de forma decisiva para a implantação das recicladoras (LIMA, 2013).

2.3 Evolução da legislação

Os impactos ambientais e econômicos associados ao manejo desregrado dos resíduos motivou a adoção de medidas corretivas por parte dos municípios.

Na década de 90 foi editada a Lei de Crimes Ambientais Lei nº 9.605/1998 que definiu a necessidade de observação das leis e regulamentos para o lançamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, estipulando penalidades a infratores que ocasionassem poluição em níveis que causassem danos à saúde humana, fauna e flora.

Dado o contexto e iniciativas municipais, foi motivado um regramento expresso da questão dos resíduos sólidos da construção civil que ocorreu inicialmente por meio da Resolução CONAMA 307/2002, a qual definiu para os resíduos as classes, a triagem, o transporte, a reciclagem, o descarte e atribuiu responsabilidades aos atores envolvidos.

A Resolução CONAMA 307, de 5 de Julho de 2002, (alterada pelas Resoluções 348, de 2004, 431 de 2011 e 448 de 2012) estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil visando minimizar os impactos ambientais. Dentre as principais definições estão:

- A necessidade de criação de Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil em consonância com Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS).
- Responsabilidade compartilhada, tanto para o poder público quanto para a iniciativa privada. Cabendo ao setor privado, os grandes geradores, a elaboração de projetos de gerenciamento específicos e ao poder público, o gerenciamento do RCD quanto às operações dos grandes e pequenos geradores e o serviço de coleta em rede e destinação ambientalmente correta para os pequenos geradores, responsáveis por reformas e autoconstruções.
- O objetivo prioritário da não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- A classificação dos resíduos conforme seu potencial de aproveitamento e risco ambiental: classe “A” - reutilizáveis ou recicláveis como agregados; classe “B” - recicláveis para outras destinações; classe “C” - sem tecnologias viáveis para sua reciclagem ou recuperação e classe “D” - perigosos.

Em 2004 foi editada a NBR 10004 em caráter complementar para classificação dos diversos resíduos quanto aos potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública com vistas a possibilitar um gerenciamento adequado dos mesmos.

Para efeito da NBR 10004 os resíduos foram classificados em “classe I” – perigosos e “classe II” – não perigosos, havendo nesta última classe “A” subdivisão

entre não inertes (classe II A) e inertes (classe II B). A classificação foi baseada na identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e nas características de seus constituintes bem como na comparação destes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido, conferindo-lhes codificação para identificação do produto.

Em 2004 também foram editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normas para respaldar a implantação da gestão sustentável dos resíduos da construção e demolição, as quais seguem listadas na tabela 2.

Tabela 2. Normas técnicas relacionadas à gestão de resíduos da demolição e construção

Norma	Objeto	Abordagem
NBR 15.112:2004	Resíduos da construção civil e volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação	Manejo urbano
NBR 15.113:2004	Resíduos da construção civil e inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação	
NBR 15.114:2004	Resíduos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação	
NBR 15.115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos	Uso dos agregados reciclados
NBR 15.116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural	

Fonte: Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), 2016.

Poucos municípios, no entanto, cumpriram as exigências CONAMA 307 quanto à criação do “Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos”, dando assim sinais de fraqueza e esgotamento do sistema quando em 2010 um novo marco foi implantado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23.12.2010. Os aspectos mais relevantes da Política Nacional para a cadeia da construção civil foram:

- O princípio de poluidor-pagador e protetor-recebedor.
- O princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Estimula a adoção de práticas empresariais mais responsáveis envolvendo os diversos participantes que compõem a cadeia – fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos.
- O princípio do reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania.
- O instrumento da coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, possibilitando a reinserção dos resíduos em seus respectivos ciclos produtivos ou em outros compatíveis, ampliando as possibilidades de recapturação de valor pelos agentes econômicos associados às cadeias.
- A obrigatoriedade de encerramento da utilização de lixão e vazadouros até 2014, estabelecendo que todas as prefeituras construíssem aterros sanitários.
- Reforço à exigência de elaboração pelos municípios dos seus respectivos Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos,

Assim, foram estabelecidos instrumentos econômicos para a gestão dos resíduos, que favoreceram a ampliação da participação da iniciativa privada e a expansão do mercado de agregados, tornando a questão de interesse e impacto econômico às contas das empresas.

Mais recentemente, em 2012, visando à padronização da nomenclatura dos resíduos sólidos para a utilização pelo Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), foi editada pelo IBAMA a Instrução Normativa (IN) nº 13, apresentando lista completa dos resíduos sólidos brasileiros, identificando tanto as atividades tipicamente geradoras como os respectivos elementos formadores dos resíduos, a identificação foi definida por códigos.

2.4 Caracterização, classificação, manejo e possíveis destinações

Considerando a diversidade característica dos RCD e as alternativas de reciclagem disponíveis, a resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações classificaram os resíduos a fim de facilitar e orientar seu manejo. Um resumo dos materiais por categoria, locais de destinação recomendados e tipo de responsabilidade assumida pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3. Destinações legais dos resíduos e responsabilidades assumidas pelas construtoras

Classes	Subcategorias	Destinos legais	Tipo de ação
A	Cimentícios e cerâmicos	Aterro de resíduos de construção civil.	Responsabilidade compartilhada
		Usina fixa de reciclagem.	Logística reversa
		Fábricas de blocos de concreto ou de outros materiais.	Logística reversa
		Usina móvel de reciclagem.	Logística reversa
	Solos de escavação	Aterro de resíduos de construção civil (RCC).	Responsabilidade compartilhada
		Regularização de terrenos (dentro ou fora da obra).	Logística reversa
Paisagismo (uso do solo orgânico).		Logística reversa	
B	Papel/ Plásticos (PE, PP, PVC)	Outras indústrias (incineração com uso da energia).	Responsabilidade compartilhada
		Fabricantes de papéis e plásticos de uso na construção.	Logística reversa
	Madeira serrada	Biomassa (outras indústrias).	Responsabilidade compartilhada
		Paisagismo.	Logística reversa
	Madeira industrial (compensados, MDFs, OSBs)	Fabricantes de madeira industrializada (uso como biomassa – queima > 800°C).	Logística reversa
	Metais (inclusive lata de tinta totalmente vazia)	Siderúrgicas (sucata metálica).	Logística reversa
	Gesso	Aterro Classe II A (industrial).	Responsabilidade compartilhada
		Solo agrícola.	Responsabilidade compartilhada

Classes		Destinos legais	Tipo de ação
B	Tinta endurecida à base de água (*) (< 1/3 lata)	Indústrias.	Responsabilidade compartilhada
	Tinta fresca à base de água (*) (> 1/3 lata)	Reuso (escolas, igrejas).	Logística reversa

D	Tinta com metal pesado ou à base de solvente	Incineração e aterro resíduo Classe I.	Responsabilidade compartilhada
	Madeira tratada (CCA etc.)	Aterro resíduo Classe I (incineração pode não ser recomendada).	Responsabilidade compartilhada
	Cimento amianto	Aterro resíduo Classe I.	Responsabilidade compartilhada
	Outros (**)	Consultar o destino recomendado pelas Fichas de Informação de Segurança do Produto Químico (FISPQ).	Responsabilidade compartilhada

Notas: 1. Todos os materiais indicados exceto os resíduos perigosos podem passar previamente por áreas de ATT, pontos de entrega ou intermediários (sucateiros, ONGs de catadores etc.); 2. (*) Não praticado no Brasil, mas, recomendando por instituição americana (NPCA, 2008a e NPCA, 2008b).

Fonte: SINDUSCON-SP, 2015.

As ATTs e os aterros de RCC são práticos, mas, não geram os melhores ganhos ambientais ou econômicos. As usinas fixas de reciclagem apresentam custo de transporte e destinação geralmente menores do que os praticados em aterros e são a segunda alternativa que mais reduz custos com a gestão desse tipo de resíduo. No caso de destinação a fábricas para transformação e produção de outros materiais não há custos de destinação, mas, pode haver aumento nos custos de transporte. Já as usinas móveis permitem aproveitamento do material na própria obra e constituem a alternativa que mais reduz custos com a gestão desse tipo de resíduo. Uma alternativa não mencionada na tabela 3 é Minimização por meio do planejamento de corte e aterro na implantação do projeto, ou reuso do solo orgânico (dentro da obra), que é a medida que mais reduz custos com a gestão de resíduos classe "A" (SINDUSCON, 2015).

Os resíduos perigosos (classe "D") podem ser identificados mais detalhadamente nas Fichas de Informação de Segurança do Produto Químico

(FISPQ)¹⁷, incluindo os destinos legais mais adequados, e classificados conforme NBR 10.004.

A gestão de RCD é realizada em geral no âmbito municipal, por meio dos planos de gerenciamento de resíduos¹⁸. Cabe ao município a competência da coleta de resíduos de pequenos geradores¹⁹ enquanto aos grandes geradores a responsabilidade de coleta e transporte dos volumes que produz. É feito um controle de destinação dos resíduos por meio do registro de notas de transporte, que devem ser mantidas pelas empresas transportadoras e são fiscalizadas por órgão ambiental competente. No entanto, não há realização de coleta seletiva de RCD.

Os locais de destinação legal são: os pontos de entrega (para pequenos geradores), áreas de triagem e transbordo (ATT), aterros, recicladores fixos e móveis (no próprio canteiro ou em outra planta), a própria indústria (por meio de logística reversa para reinserção do material na cadeia produtiva), cavas de pedreira e agentes diversos. Uma caracterização detalhada dos locais de destinação com descrição e condição de utilização pode ser vista no anexo A.

Para o descarte dos resíduos é cobrada uma taxa de recebimento tanto nos locais de depósito de inertes quanto nas plantas de reciclagem. Em aterros a taxa varia de R\$12,00 a R\$15,00 reais e nas plantas de reciclagem de R\$7,00 a R\$15,00²⁰. Em uma primeira avaliação há uma aparente equidade de preços e não há evidências de algum desincentivo à deposição em aterros por meio de instrumento econômico (maiores taxações). E dependendo das variações desses

¹⁷ A FISPQ é um documento normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) conforme norma, ABNT-NBR 14725. Este documento, denominado “Ficha com Dados de Segurança” segundo Decreto nº 2.657 de 03/07/1998 (promulga a Convenção nº 170 da Organização Internacional do Trabalho-OIT), deve ser recebido pelos empregadores que utilizem produtos químicos, tornando-se um documento obrigatório para a comercialização destes produtos. A FISPQ fornece informações sobre vários aspectos dos produtos químicos (substâncias e misturas) quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente; transmitindo desta maneira, conhecimentos sobre produtos químicos, recomendações sobre medidas de proteção e ações em situação de emergência. Disponível em: < <http://www.prevencaonline.net/2011/01/o-que-e-fispq-ficha-de-informacoes-de.html>>. Acesso em: 03 jul. 2016.

¹⁸ Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) e Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

¹⁹ O volume máximo que caracteriza o pequeno gerador varia de acordo com os parâmetros de cada município, no Rio de Janeiro, por exemplo, esse número é de 2m³ por semana.

²⁰ Valores fornecidos por Miranda, L. no Curso de Gestão Integrada de Resíduos da Construção Civil e Operação de Usina de Reciclagem de Entulho, em São Paulo, em abril de 2016. No item 3.3 deste trabalho, “Cenário da reciclagem de RCD Classe “A” no Brasil” é mostrado o valor de recebimento nas usinas de forma mais detalhada em função das variações constatadas pela Pesquisa Setorial da ABRECON, 2015.

valores por região e também dos custos de transporte dados pelas distâncias associadas, uma opção ou outra pode apresentar-se mais vantajosa. A economia no caso do encaminhamento à reciclagem é relativamente sensível, mas, não impossível, considerada uma média entre a variação dos valores.

A pesquisa nacional de Saneamento Básico (PNSB) mostrou que dos 5.564 municípios brasileiros 4.031 (72,45%) apresentam algum manejo de RCD enquanto 1.533 (27,55%) não contam com nenhum, conforme apresentado nas tabelas 4 e 5.

Os principais destinos observados foram respectivamente: 33% em vazadouro (misturado), 31% em outros locais (não discriminado), 12% em material de aterro pela prefeitura (separado), 11% em aterro controlado (misturado), 7% em material de aterro por terceiros (separado), 7% em aterro específico (separado), 4% em aterro específico de terceiros (separado), 4% em pátio de estocagem específico (separado), conforme mostrado na tabela 4. A soma dos municípios que depositam os resíduos misturados é alta, são 3.007 (75%) apontando para a grande necessidade de uma melhor gestão dos mesmos, no entanto, em números absolutos também é relevante a quantidade de municípios que segregam esse material, são 1.419 (35%) representando massa considerável com potencial de recuperação.

Outro fato relevante a respeito dos locais de destinação é a elevada taxa de deposição em local indiscriminado (outros) 31%, que pode configurar parcela de descarte irregular e em vazadouros (lixões) 33%, e sendo assim, ambas as situações ilegais, representando um montante elevado de até 64% em relação aos demais, o que dá sinais da força remanescente da realidade do descarte irregular, sem somar ainda a possível parcela resíduos que não tenha sido abordada pela pesquisa.

Não existem dados a respeito do descarte clandestino, mas, sem dúvida é recorrente em todas as cidades brasileiras e deve ter índices elevados (PINTO, 1999; LIMA, 2013).

Dos municípios com manejo apenas 392 contam com algum tipo de processamento, representando 7,05% do total de municípios, o que ainda é uma porcentagem relativamente baixa considerando o todo, mas, significativa em números absolutos uma vez que representa uma evolução nos indicadores ambientais em relação ao período anterior à edição da CONAMA 307/2002, como é

possível observar pelo fato de a PNSB de 2000 sequer ter coletado dados a respeito.

Dentre os tipos de processamento, os mais recorrentes foram respectivamente: 124 municípios com triagem simples; 204 com outros processamentos (não discriminados); 79 com reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos; 20 com triagem e trituração dos resíduos classe “A” com classificação granulométrica e 14 com triagem e trituração simples de resíduos classe “A” (bica corrida), conforme tabela 5. Desses municípios 113 já fazem algum reaproveitamento dos resíduos contra 124 que fazem apenas triagem simples o que permite observar que existem mais municípios fazendo triagem do que com algum reaproveitamento efetivo, evidenciando potencial de reciclagem e de reutilização e possíveis implantações em desenvolvimento de processos de reciclagem nesses locais.

Assim a PNSB 2008 mostrou a importância da CONAMA 307 na conscientização de que a gestão de resíduos deveria superar a simples coleta e no incentivo à criação de uma infraestrutura de aterros e transportes, que apesar de imperfeita, lançou as bases do reuso e reciclagem de RDC (LIMA, 2013).

Tabela 4. Municípios com serviços de manejo de RCD, por forma de disposição no solo

Forma de disposição no solo	Municípios	(%)
Total com manejo	4.031	100%
Em vazadouro (lixão) misturado com demais resíduos	1.330	32,99%
Outros	1.235	30,64%
Em material de aterro, pela prefeitura, após triagem e remoção dos resíduos classes B, C e D	503	12,48%
Em aterro convencional (controlado) misturado com demais resíduos	442	10,97%
Em material de aterro, por terceiros, após triagem e remoção dos resíduos classes B, C e D	292	7,24%
Em aterro específico para resíduos especiais, separados dos demais resíduos	267	6,62%
Em aterro de terceiros específico para resíduos especiais	181	4,49%
Em pátio de estocagem específico para resíduos especiais	176	4,37%

Nota: O município pode apresentar mais de uma forma de disposição no solo.

Fonte: Fonte: IBGE/PNSB (2008)

Tabela 5. Municípios, total, com e sem serviços de manejo de RCD, por tipo de processamento

Existência e tipo de processamento de resíduos	Municípios	(%) em rel. total municípios
Total geral de municípios	5.564	100,00%
Total sem manejo de resíduos	1.533	27,55%
Total com manejo de resíduos	4.031	72,45%
Sem processamento	3639	65,40%
Com processamento	392	7,05%
Triagem simples dos RCD reaproveitáveis (classes A e B)	124	
Triagem e trituração simples (bica corrida) dos resíduos classe "A"	14	
Triagem e trituração dos resíduos classe "A" com classificação granulométrica	20	
Reaproveitamento dos agregados na fabricação de componentes construtivos	79	
Outro	204	
Total sem processamento	5172	92,95%

Nota: O município pode apresentar mais de um tipo de processamento.

Fonte: IBGE/PNSB (2008)

2.5 Aspectos mercadológicos

A gestão de RCD demanda o apoio de serviços padronizados de transporte, coleta e destinação. Na medida do desenvolvimento de tais ações, surgiu a percepção dos riscos e desafios associados ao transporte, à destinação irregular, ao manejo e à reservação do material, bem como do potencial de comercialização do produto reciclado (reaproveitamento de resíduos de alvenaria, concreto e argamassas mediado por processos mecanizados de britagem e classificação).

Assim, configurou-se um ambiente de demanda por maior especialização dos setores para uma eficiente gestão do recurso, o que ocasionou, por consequência, um mercado emergente voltado a soluções para a reciclagem de RCD com potencial de geração de receita.

Neste contexto, transportadores e áreas de destinação reconheceram um potencial para formação de cargas sob orientação de normas técnicas específicas formando uma rede composta por transportadores e Áreas de Transbordo e Triagem (ATT's) com capacidade para atrair resíduos, reconfigurar cargas buscando a valoração das frações coletadas de acordo com as classes e tipos dos resíduos melhorando a logística e reduzindo os custos de transporte e destinação.

Surgiram também os negócios de reciclagem de RCD, para produção massiva de agregados e retorno ao mercado da construção, sendo atrativos pelo potencial de gerar receita tanto com o recebimento dos resíduos quanto com a venda dos agregados reciclados.

Para o setor público a percepção de tal oportunidade significou a possibilidade de redução de custos públicos de limpeza urbana e impactos ambientais associados à dispersão dos RCD e, simultaneamente, a geração de agregados reciclados poupando recursos na aquisição de agregados naturais para execução de serviços públicos, notadamente em pavimentação e saneamento.

Tais ações, vinculadas a atividades de pavimentação, construção, terraplenagem, produção de artefatos, usinagem de concreto, mineração e distribuição de pedra e/ou areia contribuem conjuntamente para o escoamento da produção dos agregados reciclados, cabendo equacionar e garantir captação dos resíduos de modo a possibilitar fornecimento contínuo.

3 A RECICLAGEM DE RCD E O USO DE RECICLADOS

A prática de reutilização de resíduos de construção em obras de engenharia tem registro desde a antiga Roma e em cidades reconstruídas pós II guerra mundial como Londres, Berlim e Varsóvia (CABRERA, et al., 1997 *apud* ABRECON, 2015). No entanto, a reciclagem em grande escala tem encontrado dificuldades industriais e comerciais, sendo necessário seu tratamento antes de sua reutilização. Na Alemanha, por exemplo, foram considerados ruins os resultados obtidos dos

resíduos utilizados sem nenhum tratamento na II guerra mundial (BRESSI, 2003, *apud* ABRECON, 2016).

Teve destaque a reciclagem de resíduos na Alemanha, no período pós II Guerra, devido à enorme demanda por materiais de construção e à necessidade de remover os escombros das cidades europeias do pós-guerra. A então República da Alemanha, que herdou da guerra um volume entre 400 e 600 milhões m³ de escombros, dos quais reciclaram cerca de 11,5 milhões de m³, que proporcionaram a produção de 175.000 unidades habitacionais até 1955 (SCHULZ; HENDRICKS, 1992).

Em sequência, observou-se o interesse pela reciclagem de RCD de países e regiões da Europa com deficiências na oferta de materiais granulares naturais: Holanda, Dinamarca, Bélgica e regiões da França (ITEC, 1995).

Posteriormente, outros países se somaram à busca de soluções para os expressivos volumes de RCD gerados em regiões urbanas em crescente adensamento, como, por exemplo, Japão, Estados Unidos (PINTO, 1999) e outros.

3.1 Vantagens, desvantagens e Ciclo de vida do produto

Uma avaliação dos impactos financeiros e socioambientais da reciclagem feita por modelagem dinâmica considerando variáveis²¹ de entrada para os indicadores de desempenho de custo-benefício, custo total ao meio ambiente, espaço disponível para descarte e subsídio acumulado, mostrou que para um período de 20 anos a reciclagem produz mais benefícios do que custos, seja para processos industriais que utilizam resíduos resultantes de Demolição Seletiva ou Tradicional, seja para indústrias maduras ou emergentes. No entanto, o cenário com a indústria madura e com Demolição Seletiva apresentou relativa vantagem em relação aos demais. (LIMA, et. al., 2015).

²¹ A variável ponderou os custos do gerenciamento dos RCD (de coleta legal e ilegal, transporte, processamento e descarte final) com os benefícios da reciclagem do RCD (economias, redução da ilegalidade, receitas gerados com a venda de reciclados e reutilizados).

No entanto, só a indústria madura, em que haja maior consumo de fato dos agregados reciclados é que a Demolição Seletiva é viável. A maturidade da indústria é definida como o grau de aceitação dos materiais reciclados da indústria em questão e é parâmetro fundamental uma vez que o nível de aceitação do produto é que determina seus indicadores de venda. Empresas privadas ainda receiam sua aplicabilidade e as usinas de reciclagem encontram dificuldade de fidelizar parceiros dispostos a comprar esses novos produtos, principalmente devido à variabilidade dos resultados de testes já realizados e a baixa confiabilidade no manuseio destes materiais reciclados (LIMA, et. al., 2015).

Na perspectiva da avaliação do ciclo de vida (ACV), os ganhos ambientais obtidos da reciclagem de demolição (fase final) de um edifício convencional são relativamente pequenos (0,2 a 2,6%)²² se comparados aos impactos totais do seu ciclo de vida completo²³. No entanto, se considerados em relação aos encargos energéticos e ambientais incorporados aos materiais, o potencial de reciclagem aumenta, passando a representar 29% da energia utilizada para fabricação e transporte dos materiais de construção evidenciando a significativa economia de encargos ambientais associados aos materiais. A economia estimada no caso do aço é de 50% e 54% e no caso de materiais cimentícios e cerâmicos de 19% e 10% para energia bruta requerida²⁴ e emissão de gases do efeito estufa respectivamente, demonstrando que dos pontos de vista ambiental e energético a reciclagem dos resíduos é possível e vantajosa (BLENGINI, 2009).

3.2 A produção de agregados reciclados

3.2.1 Desafios

A reciclagem dos resíduos de construção e demolição objetiva a transformação de materiais cerâmicos tais como tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, louças sanitárias, etc. e de concreto tais como blocos, tubos, meios-

²² Foram estimadas as contribuições de 90,1% a 95,2% para a fase de uso e de 6,2% a 11,5% para a de pré-uso.

²³ Ciclo de vida completo: Pré-uso, uso e pós-uso ou fase final.

²⁴ Energia total consumida para a fabricação.

fios etc.²⁵ com vistas à reinserção dos mesmos na cadeia produtiva em forma de agregado reciclado.

Dos problemas industriais, aqueles que mais dificultam a reciclagem são a variabilidade da composição e a presença de contaminantes, dificultando o controle tecnológico dos produtos. Outro desafio bastante relevante é a descontinuidade no suprimento para a comercialização dos produtos, da qual depende a subsistência das usinas²⁶.

São essenciais à qualidade tecnológica do produto o controle da distribuição granulométrica, do teor de contaminantes e da distribuição de densidade.

A densidade está relacionada à porosidade do material, que por sua vez está associada à capacidade de absorção de água, a qual afeta diretamente as propriedades mecânicas de resistência do material e podem ocasionar também retração no uso em concreto. Quanto menor a densidade, maior é a capacidade de absorção de água, oferecendo assim menor eficiência para aplicações estruturais, sendo neste caso necessário um maior consumo de cimento para a obtenção da mesma resistência mecânica.

Como é possível observar, uma característica marcante dos RCD é a variabilidade do material devido a inúmeros fatores como a qualidade dos processos de separação aplicados na demolição, a variedade de tecnologias construtivas empregadas, o tipo ou a etapa da obra e também a origem do material natural.

A variabilidade do RCD é uma das principais razões da impossibilidade do uso dos resíduos sem o devido tratamento, nem mesmo para aterros e sub-bases, uma vez que esta última requer controle de tamanho e curva granulométrica para que seja possível máxima compactação (BRESSI, 2003, *apud* ABRECON, 2015).

Para reduzir e limitar a variabilidade foram desenvolvidas, nas áreas da engenharia civil²⁷ e da engenharia mineral²⁸, técnicas de classificação e segregação

²⁵ Materiais classificados pela resolução CONAMA 307/2002 como classe "A".

²⁶ No caso das privadas, que conforme Pesquisa Setorial da ABRECON 2015 são hoje a maioria.

²⁷ Refere-se à áreas da engenharia civil como segregação de resíduos por tipo de material por meio de técnicas de demolição (LIMA, 2013).

²⁸ Refere-se à área da engenharia mineral como "o conjunto de operações de redução, separação de tamanhos, de espécies minerais e de fases de modo a obter produtos aceitáveis pelo mercado" (CHAVES, 2002 *apud* LIMA,2013).

dos materiais capazes de homogeneizar a matéria-prima para a obtenção de propriedades físicas nos padrões técnicos adequados ao uso como material substituto dos agregados naturais (LIMA, 2013).

Quanto aos contaminantes às frações de agregados reciclados para utilização em concretos e argamassas, os mais comuns são solo, materiais orgânicos (madeira, plástico e papel), inorgânicos (vidro, metais, asfalto), gesso e cimento amianto. Há ainda a presença de sais, cloretos e sulfatos que interferem nas propriedades do concreto quando fora das especificações da NBR 9917.

Alguns Problemas ocorrentes em concretos e argamassas devido à presença de contaminação são a hidratação mais lenta do cimento (matéria orgânica); expansão devida à absorção de umidade (madeira) ou à formação de etringita (gesso); reação álcali-sílica (vidros) e redução de resistência (argila, matéria orgânica) (HENDRIKS, 2000, apud ABRECON, 2016).

Outra contaminação, menos ocorrente, porém não descartável, principalmente em casos de demolições industriais, é a presença de resíduos perigosos.

3.2.2 A operação industrial

Assim, a indústria de reciclagem deve atuar para a obtenção da máxima homogeneização dos resíduos, a qual é fundamental para garantir a qualidade tecnológica na aplicação dos agregados reciclados. Com base nesse objetivo devem ser definidos os processos industriais de modo à obtenção de produtos reciclados de maior qualidade.

Nas usinas brasileiras as principais etapas de operação observadas são (ABRECON, 2016):

- Recebimento;
- Triagem primária;
- Despejo do RCD no alimentador vibratório
- Britagem dos resíduos;

- Separação magnética (ou por densidade) de metais possivelmente presentes;
- Triagem secundária (por catação);
- Peneiramento e classificação do material;
- Estocagem segregada dos produtos finais para a venda.

Devem ser previstos o controle de recebimento e operação, por meio de um plano que contemple: controle de entrada dos resíduos recebidos; discriminação dos procedimentos de triagem, reciclagem, armazenamento e outras operações realizadas na área; descrição e destinação dos resíduos a serem rejeitados; reutilizados; reciclados; bem como o controle da qualidade dos produtos gerados.

Nas usinas brasileiras em geral é comum a entrada de resíduos mistos, que costumam ser diferenciados por uma classificação visual básica entre cinzas (de maior composição cimentício e de concreto) e vermelhos (de maior composição cerâmica). Quando é observada grande quantidade de materiais das classes B e C (CONAMA 307/2002) a carga é rejeitada.

Para o recebimento na usina é cobrada uma taxa de R\$7,00 a R\$15,00²⁹ reais, que varia de acordo com a região e em alguns casos também com o tipo de resíduo, por exemplo, se a fração é composta em maior parte por resíduos de concreto ou se é mista com resíduos cerâmicos. É menor a taxa de recebimento da primeira com vistas a atrair maior parcela desse tipo de resíduo e incentivar sua separação uma vez que se trata de material com maior potencial de valorização e conseqüentemente maior valor agregado para comercialização, sendo assim objeto de preferência das empresas.

Após o recebimento, o material segue para uma triagem primária onde fases indesejáveis constantes na fração recebida são separadas e redirecionadas a centros de reciclagem ou a indústrias apropriadas à sua transformação, como por exemplo, aço, plásticos e madeira. Outra parcela é direcionada ao descarte em aterros específicos uma vez que é recorrente a presença de rejeitos nessas frações embora a recomendação da NBR 15114/2004 para que sejam aceitos na área de

²⁹ Valores fornecidos por Miranda, L. no Curso de Gestão Integrada de Resíduos da Construção Civil e Operação de Usina de Reciclagem de Entulho, em São Paulo, em abril de 2016. No item 3.3 deste trabalho, "Cenário da reciclagem de RCD Classe "A" no Brasil" é mostrado esse valor de forma mais detalhada em função das variações constatadas pela Pesquisa Setorial da ABRECON (2015).

reciclagem apenas os resíduos da construção civil classe “A”. A presença de rejeitos e contaminantes é expresso reflexo do mal gerenciamento e segregação dos resíduos no local de origem.

No exterior, o RCD é taxado na entrada da planta em faixas de preços proporcionais à heterogeneidade das fases, recebendo severa penalidade a presença de materiais contaminantes e indesejáveis, induzindo assim à máxima homogeneização da composição dos resíduos. Na Espanha, por exemplo, para ser considerado concreto é necessário no mínimo 95% dessa fase, enquanto que na Alemanha, 99%. Tal diferencial ocorre como resultado da coleta e Demolição Seletiva (LIMA, 2013).

A Demolição Seletiva proporciona um aumento de rentabilidade às usinas de reciclagem, além da redução dos custos de transportes finais devido ao maior reaproveitamento dos materiais (LIMA, *et. al.*, 2015).

No Brasil, embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) priorize a coleta e a Demolição Seletiva, a prática mais comum é a demolição tradicional e não há um controle por parte dos serviços públicos acerca da qualidade dos materiais demolidos.

Considerando as baixas taxas para descarte de resíduos heterogêneos na usina e o acréscimo de custo que a Demolição Seletiva resulta, uma vez que é um processo quase artesanal envolvendo ampla utilização de mão de obra especializada, são necessários estudos de viabilidade sistêmica para garantir êxito à implantação da prática da coleta seletiva. Tal mudança oferece ganhos à qualidade do agregado reciclado e conseqüentemente à quantidade do que é reciclado uma vez que a melhoria da qualidade dos mesmos ocasiona a ampliação do mercado dos reciclados para além da base de pavimentação, sendo, portanto, o grande desafio da indústria da construção civil (LIMA, 2013).

3.3 Principais aplicações para agregados reciclados de RCD

Os principais produtos minerais resultantes da reciclagem são areia, brita, pedrisco, rachão e bica corrida³⁰.

Dentre as aplicações possíveis para esses agregados estão a preparação de terrenos, projetos de drenagem, pavimentação (base, sub-base e reforço de vias), fabricação de blocos de vedação, manilhas de esgoto uso em argamassas (contrapiso, assentamento e revestimento), em concreto e outros.

As possibilidades de utilização se baseiam em função das propriedades e limitações técnicas do material que compõe a fração. É possível, por exemplo, a reciclagem de frações de rochas naturais e concretos estruturais para uso em concreto estrutural enquanto frações de composição por fases predominantemente porosas e de menor resistência mecânica como argamassas e produtos de cerâmica vermelha para usos de baixa exigência mecânica pois a resistência à compressão do concreto é prejudicada pela porosidade do agregado que acarreta maior absorção de água e, portanto, menor resistência à compressão.

Estima-se que as atividades de pavimentação e obras públicas nacionais absorvem até 84% da fração mineral do RCD gerado. (ULSEN, 2006). Este uso no Brasil é regulamentado pelas normas NBR 15.115/2004 e NBR 15.116/2004.

A utilização em argamassas apresenta boa plasticidade, adesão e desempenamento e tem boa aceitação entre os trabalhadores da construção civil. Oferece vantagens na constância da quantidade de cimento para a mistura e até a possibilidade de sua redução (LEVY, 1997a apud ULSEN, 2006), podendo possibilitar também economia em até 40% quando da substituição integral da areia natural pela reciclada (MIRANDA, 2000 apud ULSEN, 2006).

A aplicação na produção de blocos de concreto apresenta bons resultados com a substituição parcial de agregados naturais por reciclados, sendo esta possível até 75%, não acarretando prejuízos à resistência à compressão do produto (PAUW, 192; COLLINS, 1998 apud ULSEN, 2006).

³⁰ Conjunto de pedra britada, pedrisco e pó-de-pedra, sem graduação definida, obtido diretamente do britador, sem separação por peneiração.

O uso em concreto é tecnicamente viável, porém, ainda de baixa ocorrência pela dificuldade de controle tecnológico das usinas de reciclagem. Para sua viabilização seriam necessários aprimoramentos nos procedimentos e equipamentos empregados tais como: melhor segregação na origem (Demolição Seletiva), classificação mais adequada no recebimento e utilização de tecnologias de mineração para maior controle tecnológico dos produtos, como por exemplo, o escalpe³¹ e a jigagem³², reduzindo a parcela de finos (porosos) associados a patologias no concreto devido ao aumento do potencial de absorção de água.

No Brasil há a regulamentação da NBR 15.116/2004 para a utilização em concreto, mas, o uso é limitado a concreto sem função estrutural (<25MPa). Essa norma restringe o uso a concretos com resistência mecânica de até 15 MPa, enquanto normas de outros países admitem uso em concreto com resistência acima de 25 MPa (função estrutural).

Não é comum no país a classificação da fração mineral dos agregados reciclados com distinção dos teores das fases de concreto e de cerâmica, sendo tipicamente encontrado um misto de alvenaria e concreto como produto da reciclagem, resultando em agregados de composição e propriedades físicas variáveis, de mais difícil inserção no mercado de agregados. A presença de argamassas, cerâmicas e materiais não minerais dificulta o atendimento a propriedades especificadas para uso em concreto estrutural, restringindo seu uso a concretos não estruturais. Parte desse resultado é devido à técnica de separação adotada prevista na norma, a catação, trabalhosa, demorada e grandemente factível a erros. (ANGULO, 2005).

Assim, as aplicações mais recorrentes são em geral de baixa requisição de desempenho mecânico tais como preparação de terrenos, projetos de drenagem, sub-base de vias, fabricação de blocos de vedação e outras aplicações. No entanto, esse mercado não é suficiente para absorver todo o RCD gerado e é de baixa rentabilidade (ANGULO, et. al., 2002 apud ULSEN, 2006).

³¹ Remoção da fração fina antes da britagem através de peneiramento ou grelha vibratória.

³² Separação de materiais graúdos de leves por meio de equipamento de concentração gravítica ou densitária.

3.4 Cenário da reciclagem de RCD Classe “A” no Brasil

A ABRECON, Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, criada para representar as empresas recicladoras de entulho frente ao governo e à sociedade visando induzir à mobilização e adoção de propostas de soluções sustentáveis para reutilização e reciclagem de RCD, cumprindo seu papel, lançou a Pesquisa Setorial com o objetivo de identificar, por meio da interpretação de dados levantados, potenciais propostas de ação para melhoria e ampliação do setor nos próximos anos.

O trabalho adotou como metodologia um levantamento próprio, por meio de formulário online e a referência do levantamento realizado por Miranda et al. (2009, apud ABRECON, 2015). A pesquisa foi realizada no período de junho de 2014 e setembro de 2015. Foram convidadas a participarem da pesquisa as 310 usinas que a ABRECON conseguiu levantar. Mas, ao final apenas 105 (aproximadamente 33%) responderam ao questionário. Para efeito de uma estimativa total do percentual de RCD reciclado, os resultados obtidos das usinas que responderam à pesquisa foram adotados como referência e extrapolados ao total das 310 usinas de que se tem registro.

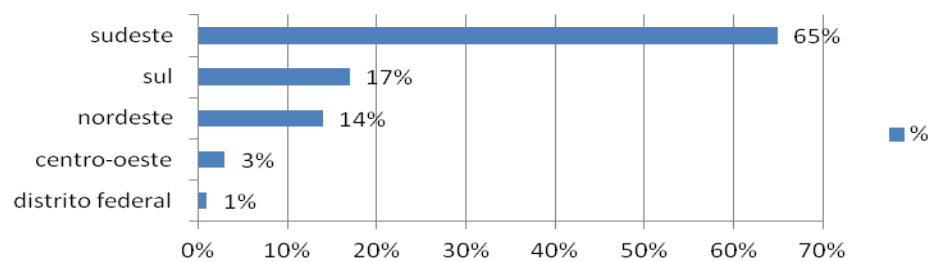
Para estimar do valor de geração de RCD por habitante/ano foi adotado o valor encontrado por Pinto (1999) de cerca de 500 Kg/hab./ano e uma massa específica de 1200 Kg/m³ (ABRECON, 2015). Dado que pelo censo do IBGE de 2014 a população brasileira era de 202.033.670 habitantes, chegou-se à geração anual de RCD de 84.180.696 m³.

Segundo Miranda et al. (2009, apud ABRECON, 2015) há registro de usinas de reciclagem desde 1986, porém, só a partir de 2002 com a publicação da Resolução CONAMA 307 é que de fato se criou cenário viável à criação de empresas de reciclagem de RCD, resultando, a partir de então, na aceleração na instalação de novas usinas. Antes da publicação da resolução o crescimento máximo apresentado era de três novas usinas por ano e, posteriormente, de nove usinas por ano. Um segundo marco ao impulsionamento à abertura de novas usinas foi em 2010 com a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A Pesquisa Setorial da ABRECON (2015) mostrou que entre 2008 e 2013 a taxa de novas usinas por ano continuou aumentando, chegando a 10,6 novas usinas ao ano. No entanto, entre 2013 e 2015, essa taxa manteve uma estabilidade.

A maior concentração de usinas é na região sudeste, sul, nordeste e demais regiões, respectivamente, conforme figura 4³³.

Figura 4. Concentração (%) de usinas por regiões geográficas brasileiras



Fonte: Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), 2015.

O estado de São Paulo apresenta o maior número de indústrias instaladas (54%), isso pode ser justificado por inúmeras razões tais como grande atividade da construção civil, resultando em grandes volumes de RCD, preço mais elevado de agregado natural, maior fiscalização quanto à destinação de RCD.

Anteriormente à CONAMA 307/2002 a maior parte das usinas era pública, quadro que fora alterado a partir de 2008, desde então de aproximadamente 50% a taxa de usinas pertencentes à iniciativa privada (MIRANDA et. al., 2009, apud ABRECON, 2015).

A pesquisa recente apontou a continuidade da predominância de usinas privadas sobre as públicas apresentando os resultados de 83% de usinas privadas, 10% públicas e 7 % público-privadas.

Sobre a capacidade de produção das usinas, a pesquisa mostrou que a maioria delas tem operado em capacidade de produção inferior à capacidade nominal declarada. Das 105 entrevistadas, 93 não operam nos limites de sua capacidade nominal. Em valores isso representa, em média, que essas 93 usinas

³³ O panorama representado no gráfico 1 foi obtido considerando-se apenas as 105 usinas que responderam ao questionário por isso não aparece no gráfico usinas na Região Norte embora seja conhecida sua existência (por exemplo no Acre e no Amazonas).

produzem juntas 431.500 m³ de agregados reciclados por mês, sendo que a sua capacidade máxima seria de 958.000 m³/mês, ou seja, 45% da capacidade instalada. Dentre as justificativas apresentadas para a baixa produtividade estão paradas na produtividade (por chuva, quebra de máquinas, pneu furado de caminhões, etc.), falta de matéria-prima ou baixa saída de agregado reciclado, ainda algumas usinas são móveis e nem sempre estão em operação.

Para uma estimativa do percentual de RCD reciclado no país, considerando-se a produção real e a produção em sua capacidade máxima, obtêm-se os resultados da Tabela 6. Os resultados mostram que a capacidade atual das usinas instaladas, considerando as 310 usinas de que se tem registro, é inferior a 50% da demanda total, fator ainda agravado pela baixa eficiência de operação, que não ultrapassa os 21% da demanda total. É possível ainda notar que em relação à eficiência da produção entre os anos de 2013 e 2015, não houve alterações significativas.

Tabela 6. Estimativa de porcentagem de RCD reciclado no país

	Produção real		Capacidade Máxima de Produção	
	2015	2013	2015	2013
Para 96 usinas	6%	6%	14%	13%
Proporcional para 310	21%	16%	46%	42%

Fonte: Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), 2015.

Quanto ao porte das empresas de reciclagem notou-se que a maioria era de pequeno porte (60% das empresas possuem entre 5 e 10 funcionários). Entre as empresas do setor com mais de 21 funcionários (15%) observou-se que exercem outras atividades concomitantes, o que significa que desenvolviam outra atividade relacionada e se interessaram em expandir o negócio para a reciclagem ou aterro de inertes como, por exemplo, pedreiras, transportadores de RCD, demolidoras, empresas de terraplenagem e construtoras. O desenvolvimento de atividades complementares no ramo da reciclagem constitui-se em alternativa de aumentar a viabilidade econômica do negócio, 26% das empresas do ramo declaram desenvolver atividades econômicas complementares à reciclagem de RCD.

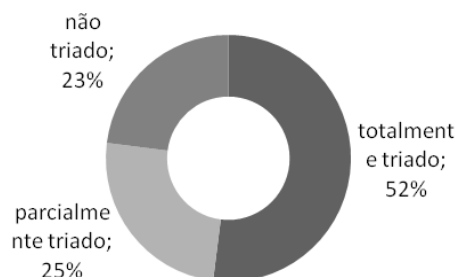
O Preço médio cobrado para o recebimento dos resíduos nas usinas varia conforme a região, estando compreendido entre a faixa de R\$ 5,00 a mais de R\$ 30,00 reais o m^3 . São em média 32% as usinas que cobram de R\$ 5,00 a R\$ 10,00 reais, 32% de R\$ 10,00 a R\$ 20,00 reais, 21% de R\$ 20,00 a R\$ 30,00 reais e R\$ 15% acima de R\$ 30,00 reais o m^3 . Sendo PE, MG, e GO os estados que praticam os maiores valores médios.

O preço médio cobrado para a comercialização dos produtos varia também conforme a região. Mas, de forma geral, 66% dos entrevistados cobram menos de R\$ 30,00 por m^3 e 32% cobram menos que R\$ 20,00 reais, comprovando assim a vantagem financeira em se utilizar agregados reciclados ao invés de naturais. As estados que apresentam os maiores valores são RJ, RN, RS e SP e os com os menores valores, PB, SC, MT, MG.

A composição do RCD que chega às usinas é predominantemente composta por material misto (50% cinza³⁴ e 50% vermelho) - 69%, seguida respectivamente de material predominantemente cinza (concretos, argamassas e cimento) - 19%, Material vermelho (cerâmica, telhas de barro e congêneres) – 11% e predominantemente concreto apenas 1%.

Foi avaliada também a qualidade da triagem dos RCD que chegam às usinas. Das 83 respostas obtidas para esse item, a classificação na maioria dos casos foi de que há alguma triagem no canteiro. Os resultados são mostrados na figura 5.

Figura 5. Qualidade de triagem dos RCD que chegam às usinas

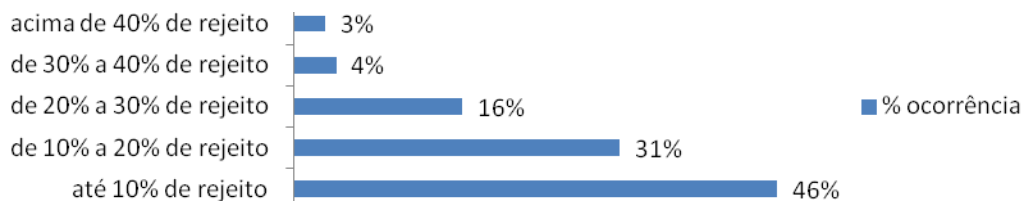


Fonte: Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), 2015.

³⁴ É denominado material “cinza” aquele originário de frações de concretos, argamassas e cimento enquanto que o “vermelho”, de frações cerâmicas, telhas de barro e congêneres.

Ainda quanto à qualidade dos agregados os percentuais de rejeito presentes no RCD que chegam às usinas na maioria dos casos apresentam baixa porcentagem em relação à fração total dos resíduos entregues, conforme dados na figura 6.

Figura 6. Percentual de rejeito presente nos RCD que chegam às usinas

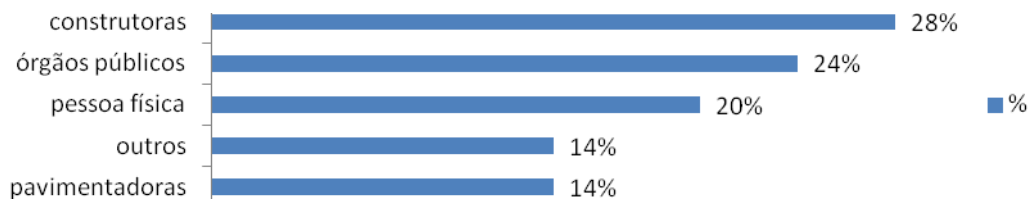


Fonte: Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), 2015.

O Controle tecnológico dos agregados reciclados é importante à garantia da qualidade dos produtos e conseqüentemente ao atendimento às exigências do consumidor, o que por sua vez melhora a capacidade de comercialização do produto. No entanto, tal rotina não se mostrou comum ao cotidiano da maioria das usinas. Constatou-se que 23% das usinas nunca realizou tal controle, 25% realiza apenas quando solicitado, 29% esporadicamente e 23% com frequência, sendo que esta apresenta entre variação mensal, semanal e diária. Dentre as usinas que realizam o controle tecnológico com frequência, tem-se que a maioria delas apresenta capacidade de produção de superior a 5000 m³/mês, o que significa que o controle é oneroso ao faturamento das usinas de pequeno porte, indicando assim a necessidade de desenvolver recursos que garantam a todas elas, independente do seu porte tal controle tecnológico.

Os principais consumidores para a venda de reciclados foram em suma as construtoras e os órgãos públicos respectivamente, entre outros, conforme apresentado na figura 7.

Figura 7. Principais consumidores de agregados reciclados



Fonte: Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), 2015.

As principais causas de dificuldade para a venda de agregados apontadas na pesquisa foram a inexistência de legislação que incentive o consumo (31%), elevada carga tributária (26%), a falta de conhecimento do mercado (26%), seguidas de baixa qualidade do resíduo (11%) e dificuldade de acesso comercial da empresa (6%).

Como conclusão da Pesquisa Setorial (ABRECON, 2015) foram apontados como principal aspecto positivo, a previsão pelas usinas de ampliação de seus negócios para os próximos dois anos e como principal aspecto negativo a falta de apoio do setor público no incentivo ao consumo de materiais reciclados assim como a má fiscalização da triagem e da destinação do RDC bem como a tributação aplicada ao setor.

Como propostas de ação aos aspectos levantados pela pesquisa foram apontadas soluções tais como suporte tecnológico para controle da produção por meio da ABRECON; promoção eventos de divulgação e orientação visando promover a difusão do uso do agregado reciclado e atuação junto aos órgãos públicos, visando aumentar a fiscalização da triagem e destinação de RCD bem como o consumo de agregados em obras públicas e privadas e por fim o reenquadramento da carga tributária ao setor.

A partir dos dados apresentados pela Pesquisa Setorial da ABRECON (2015) e pela PNSB (2008) a respeito da estimativa da porcentagem de RCD reciclado no país sendo 21% a produção real e 46% a capacidade instalada e a respeito do resíduo que é descartado separadamente, ou seja, que apresenta potencial imediato de reaproveitamento, é possível observar que a produção real não absorve os resíduos já destinados separadamente, ou seja, com potencial imediato de

reciclagem, atendendo apenas a 60% da demanda. No entanto, se considerada a capacidade máxima instalada, os resíduos segregados, aptos não seriam suficientes para manter as usinas em operação com sua capacidade máxima, conforme resumido nas tabelas 7 e 8.

Tal balanço permite concluir que sem uma mudança no cenário da segregação do RCD não será possível o alcance da máxima operação, dada a indisponibilidade constatada de matéria-prima apta a ser reciclada, e conseqüentemente nem tampouco será possível a expansão e consolidação do mercado, reforçando-se assim a necessidade da coleta seletiva de RCD.

Tabela 7. Resumo dos dados das pesquisas ABRECON (2015) e PNSB (2008)

Produção geral de resíduos segundo ABRECON, 2015	(m³)	84180696,00	100%
Resíduos depositados separadamente (com potencial de reciclagem) segundo PNSB 2008	(m³)	29463243,60	35%

Fonte: Elaboração própria. Referências: ABRECON (2015); PNSB (2008).

Tabela 8. Potencial de reciclagem x Resíduos com potencial de reciclagem

Operação em curso	Porcentagem em relação ao total	Volume (m³)	Absorção dos resíduos com potencial imediato de reciclagem
Operação real estimada	21%	17677946,16	60%
Capacidade máxima instalada	46%	38723120,16	131%

Fonte: Ibid.

4 ESTUDO DE CASO USINA DE RECICLAGEM ECO-X

A Eco-X é uma empresa de reciclagem de RCD localizada em Guarulhos, região metropolitana de São Paulo. É reconhecida como uma das mais completas usinas de processamento e reciclagem de resíduos do Brasil. Se destaca pela sua

capacidade de produção (80 ton./hora) e pela qualidade dos produtos que processa, se diferenciando pelo trabalho exclusivo com resíduos do tipo cinza³⁵.

4.1 Entradas

A usina só recebe materiais oriundos de concreto e argamassa de concreto. Para efeito de caracterização dos principais tipos de materiais recebidos, foram diferenciados dois tipos básicos: o entulho de componentes de concreto como por exemplo, blocos, tubos de concreto, bloquetes e lajotas e os resíduos naturais de pedra britada e de areia; argamassas de cimento ou mistas, de assentamento ou revestimento e a “borra de concreto”, que é o concreto residual de betoneiras.

O fluxo de entrada de materiais é controlado por um gerente de operações. Na entrada é realizada a conferência do material, onde são aceitos somente os resíduos de concreto e de argamassa de concreto.

A aceitação ou não do material se dá por meio de vistoria do que chega ao local. O material deve chegar separado e necessariamente ser oriundo de concreto ou cimento. Outro requisito é que as suas frações não devem exceder o tamanho aproximado de um cubo de arestas de 30 cm. Salvos raras exceções, quando a empresa geradora do resíduo não tiver como quebrá-los nas dimensões indicadas e se for interessante comercialmente à usina o recebimento desse material, o mesmo pode ser aceito e ser britado no pátio da usina com escavadeira e rompedor. Nesse caso, portanto, como há gastos com combustível pelo uso da escavadeira, o custo de recebimento do material sofre um acréscimo, passando a custar de R\$ 150,00 a 160,00 reais o caminhão.

O levantamento foi realizado no mês de maio/2016, no qual foram registradas as entradas de 576 m³ de borra e 300 m³ de entulho, equivalendo aos percentuais aproximados de 66% e 34% respectivamente em relação ao volume total recebido no mês. Foi apontada a variação nos volumes e percentuais de entrada mensais, ressaltando a incerteza quanto à previsão de caracterização dos materiais de

³⁵ Disponível em < <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/iniciativas-sustentaveis-eco-x>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

entrada, uma vez que são oriundos de diversas fontes e dependem da dinâmica do mercado da construção. No entanto, apontaram para a predominância dos percentuais de recebimento de borra em relação ao de entulho.

A usina não aceita, definitivamente, entulho misturado, ou seja, materiais de origem cerâmica ou quaisquer outros como resíduos como madeira, revestimentos cerâmicos, tijolos de barro, gesso e etc. Ferragem pode estar associada, pois, contam com dois eletroímãs no processo para segregação do aço, o qual posteriormente é vendido à empresa de sucata.

As borras de concreto são materiais de grande apreço pela usina, no entanto, seu manuseio requer certos cuidados. A concreteira o mantém na sua planta por dois dias para secagem prévia em tambores e em seguida esse material é retirado pelo caminhão da ECO-X e na usina recebe um tratamento final para que alcance cura suficiente para ser britado.

O custo de recebimento é R\$ 130,00 reais por caminhão (caminhão com capacidade de 16 a 18 m³), o que resultaria por m³ em aproximadamente R\$ 8,12 (oito reais e doze centavos). Enquanto o custo por caçamba é de R\$ 80,00 cada, o que seria equivalente a R\$ 16,00 o m³.

Quanto à procedência dos resíduos, se foram originados de demolições ou de construções, não há um controle específico a esse respeito, mas, o que se observa, em geral, é que aqueles provenientes de demolição geralmente são de edificações de tipologia industrial tipicamente caracterizados pela ocorrência de extensos painéis de fechamento em blocos de concreto e grandes áreas de contrapiso.

A taxa pelo recebimento de borra, por sua vez não é cobrada, uma vez que é material de grande interesse pela usina, visto que gera produtos de melhor qualidade e, portanto, de maior valor agregado e maior potencial de comercialização. Nesse caso, negocia-se apenas o custo de transporte do material pago à ECO-X pelo gerador. A usina retira o material do local de geração com caminhão próprio. Nesse caso o custo varia entre R\$ 100,00 a R\$ 120,00 reais o caminhão de 16 m³ (em média R\$ 6,25 a R\$ 7,50 reais o custo do m³ para o gerador).

Alguns dos principais fornecedores citados foram Falcão Bauer³⁶ (corpo de prova); G Mix, Super Mix, Concrelagos³⁷ e outras.

No sentido de ações governamentais em vias de implementação para a melhoria dos processos de reciclagem foi mencionada a ação da Autoridade Municipal Limpeza Urbana (AMLURB), que está implantando uma fiscalização diferenciada de entrada e saída de resíduos, por meio de um sistema eletrônico com vistas a evitar a emissão de notas falsas. O sistema checará se as informações sobre destino fornecidas nas notas de transporte coincidem com as de baixa dadas nos locais de recebimento licenciados, assim, haverá melhor controle da destinação dos resíduos, evitando desvios para locais de deposição irregular. Tal medida contribuirá para melhorar a veracidade das notas de transporte e influenciará no aumento do volume de resíduos recebidos pelos locais legalizados ao recebimento de inertes.

4.2 Operação e Saídas

O processo de operação observado é bastante simples. Como não há separação na usina, os materiais chegam triados e seguem diretamente para o britador. Existem espaços de estocagem de resíduos antes da operação para a regulagem entre a chegada e a produção, mas, como o espaço existente é restrito, a premissa da operação é o processamento direto e venda imediata dos produtos para liberação dos espaços da planta. Possuem uma cota permanente de estoque de cada um dos produtos resultantes visando pronto fornecimento para atenderem seus clientes para qualquer um dos produtos, não excedem, no entanto, esses limites de estocagem para não sobrecarregar a planta. Logo, se não se os produtos não saem, também não são recebidos até certo limite.

O material recebido segue para o britador, antes é umedecido com água de reuso para controle da poeira e então é encaminhado para a esteira passando por um primeiro eletroímã para separação da ferragem. Em seguida vai para um segundo conjunto de eletroímã e esteira, este, por sua vez possui regulagem móvel, sendo direcionado numa primeira opção para a produção de brita corrida simples e

³⁶ Empresa de teste de corpo de prova

³⁷ Concreteiras

numa segunda opção para uma peneira que segrega os materiais em cinco tipos de agregados diferentes, conforme ilustração da figura 8.

Os agregados produzidos aparecem na tabela 7 abaixo com breve descrição de suas características e usos recomendados. Os materiais de maior saída são a bica corrida e o BGS, com preferência pelo BGS, que é similar à brita corrida, mas, apresenta maior qualidade pelo controle de dimensão e faixa granulométrica, favorecendo o controle tecnológico de sua aplicação.

Dentre os produtos mais vendidos é comum a sua utilização em obras de base, sub-base ou reforço do subleito de pavimentação de vias, dando sinais de grande demanda de interesse para o uso de reciclados com o fim de pavimentação.

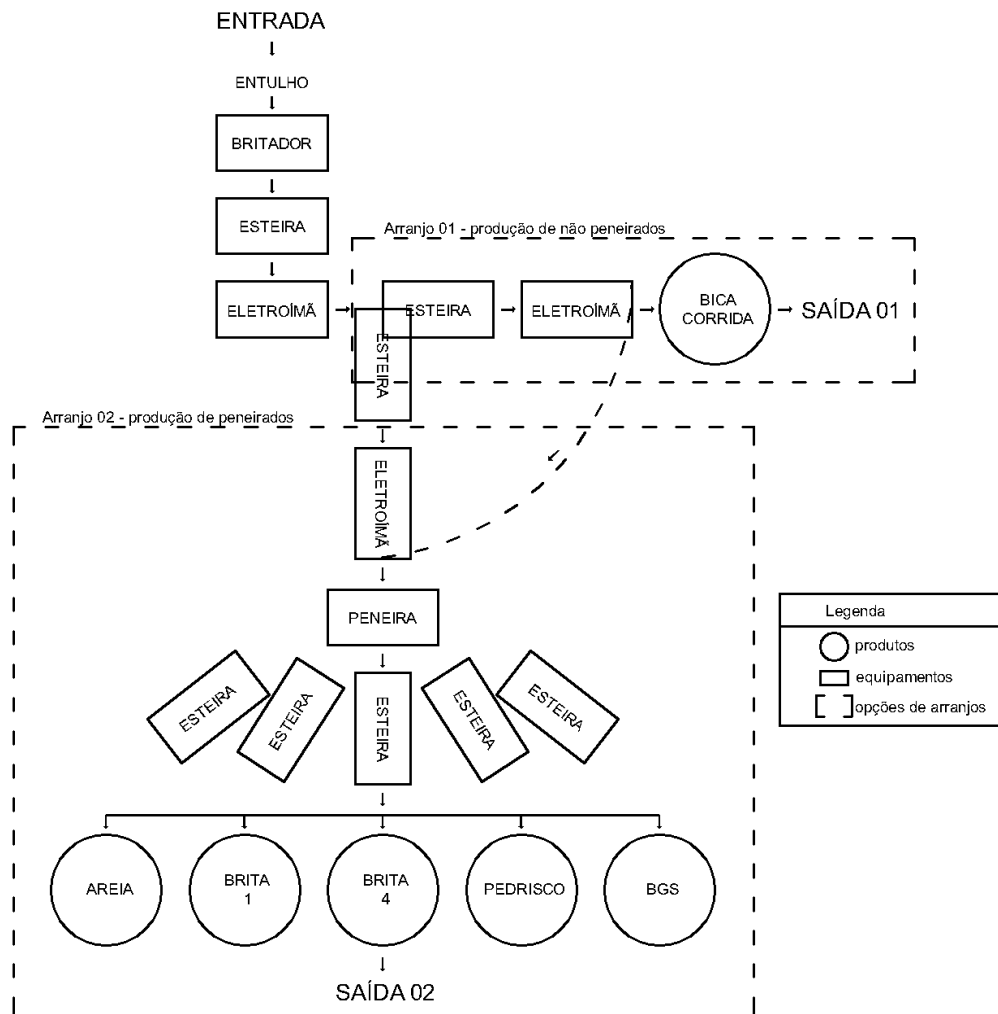
Outro potencial consumidor apontado foi a empresa de saneamento básico de Guarulhos, (SAAE), cujo consumo principal é de brita e pedrisco, possivelmente para obras de drenagem e preparação de valas.

Tabela 9. Agregados reciclados da Usina ECO-X

Produtos	Informações da ECO-X	Usos recomendados
Areia	Dimensão máxima inferior a 4,8 mm	Argamassa de assentamento de alvenaria de vedação; blocos; contrapisos; tijolos de vedação; solo-cimento.
Pedrisco	-	Artefatos de concreto (blocos de vedação, pisos, manilhas de esgoto entre outros).
Brita (Pedra 1)	-	Fabricação de concretos não estruturais; drenagens.
Brita (Pedra 4)	-	Terraplanagem; drenagem; aterros.
Bica Corrida	Livre de impurezas, tais como torrões de argila e matéria orgânica	Melhoria das condições de rolamento de estradas não pavimentadas (cascalhamento); obras de base, sub-base ou reforço do subleito de pavimentação de vias; Obras de base e sub-base de pátios industriais e semelhantes; Aterros e acerto topográfico de terrenos.
BGS	Dimensão máxima de 45mm	Obras de Base, sub-base ou reforço de subleito de pavimentação de vias; base e sub-base de pisos industriais, estacionamentos e semelhantes.
BGS Usinada	Faixa granulométrica: 2,36mm a 31,50mm	Base e sub-base para pavimentação com graduação pré-definida.

Fonte: ECO-X, Disponível em < <http://www.usinaecox.com/produtos-agregados-reciclados/>>. Acesso em 08 de jul. 2016.

Figura 8. Esquema operacional da usina de reciclagem de RCD da ECO-X



Fonte: Elaboração própria.

Os custos de venda são de R\$ 39,00 (trinta e nove) reais o m³ para os peneirados e de R\$ 45,00 (quarenta e cinco) reais para os não peneirados (bica corrida e BGS).

Comparando-se os preços de venda dos agregados da ECO-X com os preços dos agregados naturais, nota-se a grande competitividade dos produtos reciclados, que neste caso apresentam em média 50% de economia em relação aos produtos naturais³⁸, conforme mostrado na tabela 8.

³⁸ Tabela de custos da Prefeitura de São Paulo. Data-base: Setembro de 2015. Disponível em: < http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/tabelas_de_custos/index.php?p=208823>. Acesso em 08 jul. 2016.

Tabela 10. Comparativo de custo entre agregado reciclado da ECO-X e agregado natural

Produtos	Custo reciclado ECO-X (m ³) ²	Custo padrão agregado natural ¹	Referências adotadas	% do custo ECO-X em relação ao agregado natural
areia	R\$ 39,00	R\$ 75,20	areia lavada	51,9%
pedrisco	R\$ 39,00	R\$ 72,22	pedrisco	54,0%
pedra 1	R\$ 39,00	R\$ 69,69	brita 1	56,0%
pedra 4	R\$ 39,00	R\$ 71,39	brita 4	54,6%
bica corrida	R\$ 45,00	R\$ 81,53	bica corrida	55,2%
BGS	R\$ 45,00	R\$ 81,53	bica corrida	55,2%
BGS Usinada	R\$ 45,00	R\$ 81,53	bica corrida	55,2%

Fonte: Elaboração própria. Referências: 1. Tabela de custos da Prefeitura de São Paulo. Data-base: Setembro de 2015. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/tabelas_de_custos/index.php?p=208823>. Acesso em 08 jul. 2016. 2. Dados obtidos em levantamento realizado na usina ECO-X.

A empresa possui três caminhões próprios que utiliza para entrega dos produtos e para retirada das “borras”³⁹. Quando é o caso de haver mais operações de transporte simultâneas do que os seus caminhões possam atender, terceiriza o frete a entrega dos produtos comercializados.

4.3 Percepções do estudo

A restrição para o recebimento de produtos apenas oriundos de concreto e argamassa de concreto garante aos produtos finais maior qualidade e favorece o controle tecnológico de sua aplicação. Por tal requisito nota-se a não existência de grandes demandas de triagem no local, o que facilita a produção, economizando espaço, tempo, manobras com tratores e principalmente contribuindo com a qualidade do produto final.

³⁹ No recolhimento dos resíduos conta com os equipamentos das concreteiras para a colocação dos resíduos no caminhão.

Essa mesma exigência, no entanto, pressupõe a triagem dos materiais na obra, evidenciando que uma triagem bem feita no canteiro é suficiente para a reciclagem dos materiais na usina. Nota-se, no, entanto, uma particularidade em relação à segregação dos resíduos de classe “A”, que excede as recomendações da CONAMA 307/2002 quanto à sua separação, que é a diferenciação entre os resíduos cerâmicos dos oriundos de concreto. Estes últimos garantem maior homogeneidade às frações e conferem aos produtos características técnicas mais próximas à dos agregados naturais, apresentando, portanto, maior abrangência de utilização, com menores riscos associados.

Assim, o agregado reciclado apresentou-se vantajoso economicamente oferecendo possibilidades de economia em torno de 50% em relação ao natural, além de ocasionar preservação do recurso natural, contribuindo com a redução dos impactos resultantes da exploração de jazidas naturais.

Como apontamentos ao aprimoramento do processo foram citados pelos entrevistados a melhor triagem dos materiais no canteiro, incentivos governamentais como isenções de taxas e maior rigidez no controle de destinação dos resíduos, visando garantir a destinação legal dos resíduos.

5 ALTERNATIVAS PARA A CONSOLIDAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCD

A partir das informações levantadas, foi possível identificar que para consolidação da indústria da reciclagem no Brasil são necessários a maturidade da indústria (nível máximo de aceitação e comercialização dos produtos reciclados) e a difusão das práticas de DS e da coleta seletiva.

Sabendo-se que a maturidade da usina e a consolidação da prática da Demolição Seletiva são fatores codependentes, ou seja, não há a maturidade sem a DS e não é viável a DS sem a maturidade da indústria, percebe-se a necessidade de atenção a outros fatores que são simultaneamente complementares à viabilidade das mesmas.

Tais fatores se dividem em duas frentes de ação, uma relativa aos procedimentos da própria indústria e a outra relativa aos instrumentos de gestão dos resíduos a nível público.

Em relação à indústria são necessários maior seletividade para o recebimento de resíduos e regulação dos preços de recebimento de modo a desmotivar a entrega de resíduos misturados; a implementação de equipamentos que possibilitem maior homogeneidade dos produtos reciclados; controle tecnológico contínuo dos produtos e a prática de preços competitivos com o mercado. Selos de qualidade também poderiam oferecer uma contribuição à imagem e aceitação dos produtos.

Foi proposta também a atuação da indústria em associação, como por exemplo por meio da ABRECON, para obtenção de suporte tecnológico necessário ao controle da produção; a promoção eventos de divulgação e orientação visando à difusão do uso do reciclado e para a atuação junto aos órgãos públicos visando direcionar suas ações.

Quanto à gestão a nível governamental as medidas a serem adotadas estão relacionadas ao incentivo do consumo de reciclados, à qualidade da triagem dos materiais, o incentivo à destinação de resíduos à reciclagem, o fim da disposição irregular e a redução da tributação aplicada ao setor. Alguns exemplos são a redução de ICMS⁴⁰ dos produtos reciclados, capacitação de mão de obra para trabalhar com agregado reciclado, ampliação e difusão de normas técnicas para emprego dos reciclados, a isenção de IPTU para as áreas de reciclagem e ATT, proibição de aterro de resíduos descartáveis, concessão do uso de áreas públicas para a instalação de usinas privadas de reciclagem, a indução à priorização do uso de agregados nas obras públicas e etc.

Para a implementação das ações propostas ao governo existem duas vias que podem ser adotadas, uma de mecanismos de "comando e controle"⁴¹ e a outra, de instrumentos econômicos. Os instrumentos econômicos podem ser por via de taxas/tarifas⁴²; subsídios⁴³ ou licença de poluição comercializável⁴⁴ e outros.

⁴⁰ Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços.

⁴¹ Definição de padrões, proibições e penalidades. (ALMEIDA, 1997).

⁴² Espécie de um "preço" pago pela poluição (Ibid).

A experiência internacional mostrou que países líderes na área como a Alemanha e o Japão fizeram a transição para a produção de agregados de melhor qualidade usando mecanismos econômicos e fazendo com que os custos da coleta e da Demolição Seletiva fossem incorporados no desenvolvimento da cadeia da construção por meio de condições de competitividade com os naturais. No caso de Hong Kong em particular, esses mecanismos não foram suficientes e a transição foi conduzida com imposição administrativa de governança ambiental na gestão de RCD (LIMA, 2013).

5.1 O processo da Demolição Seletiva e práticas de aprimoramento

A DS ou desconstrução, conforme já apresentado, é um processo de desmantelamento cuidadoso visando à recuperação de materiais e componentes da construção, para reutilização ou reciclagem, tendo em vista a sua máxima valorização e tem como vantagens a reutilização e reciclagem de materiais, a inovação e tecnologia, a sustentabilidade na construção, o surgimento de um mercado novo e benefícios econômicos e ambientais (COUTO, et. al., 2006).

Foi constatada também como fundamental à ampliação e consolidação do mercado de agregados reciclados.

Demonstrados os impactos que acarreta nas indústrias de reciclagem e conseqüentemente na gestão sustentável de RCD, foram pincelados adiante esclarecimentos sobre o seu processo de desenvolvimento e sobre práticas recomendadas para o seu aprimoramento visando, de forma breve, trazer maior elucidação do assunto.

⁴³ Assistência financeira com objetivo de incentivar os poluidores a reduzir os níveis de poluição ou como complemento da regulação direta para cumprimento do padrão ambiental fixado (Ibid).

⁴⁴ Predeterminação de nível máximo de poluição permitido (em termos de um poluente específico, numa região determinada ou para um certo conjunto de indústrias) cujo total é em cotas que assumem a forma jurídica de direitos/licenças alocadas ou leiloadas entre os agentes envolvidos(Ibid).

O processo é baseado em etapas, que envolvem desmonte preciso de cada uma delas, lançando mão da utilização de intensiva mão de obra especializada. As etapas são⁴⁵:

- Retirada de materiais com risco de contaminação;
- Materiais passíveis de valorização;
- Demolição da estrutura;
- Selagem de fossas;
- Modelagem do terreno

Algumas ações estratégicas para o aprimoramento da reciclagem e da reutilização dos materiais apontam notadamente para o impacto das decisões da fase de concepção do edifício no manejo e destinação dos resíduos resultantes da demolição.

Para o aprimoramento da reciclagem são recomendados⁴⁶:

- A utilização de materiais reciclados, promovendo o estímulo ao aprimoramento da indústria de reciclados.
- Minimização do número de tipos diferentes de materiais, simplificando os processos de organização e de transporte.
- Evitar materiais tóxicos ou nocivos, reduzindo o potencial de contaminação dos materiais.
- Concepção de montagem dos materiais com potencialidades de reaproveitamento distintas de maneira separada, evitando contaminação dos materiais.
- Evitar acabamentos secundários, dar preferência à utilização de materiais que incorporem seu próprio acabamento ou que sejam mecanicamente conectados, evitando contaminação dos materiais.
- Identificação permanente dos tipos de materiais. Ex.: “não removível” e “não contaminante”.

⁴⁵ Nunes, 2004 apud Lima, 2013.

⁴⁶ Couto, et. al.,2006.

- Minimização do número de diferentes tipos de componentes para simplificação da separação, valorização pela quantidade e economia no tempo de desmontagem.
- Utilização um número mínimo de partes desgastantes – redução da quantidade de partes que necessitam ser removidas no processo de re-manufaturação, tornando o processo mais eficiente;
- Utilização de conexões mecânicas ao invés de químicas facilitando a separação dos componentes.
- Implementação de conexões químicas mais fracas, facilitando os processos de separação, por exemplo da argamassa e dos tijolos.

Para o da reutilização:

- Adoção de sistema de construção aberto “*open space*” – permite alterações na compartimentação do edifício sem trabalho de construção significativo.
- Utilização de tecnologias de montagem que sejam simples, padronizadas – tecnologias específicas tornariam a montagem de difícil execução, tornando a reutilização menos atrativa.
- Separação da estrutura das paredes internas dos revestimentos permitindo desmontagem paralela.
- Acesso a todas as partes e componentes do edifício – a facilidade de acesso favorece a desmontagem.
- Utilização de componentes de fácil operação de manuseio – permitir o manuseio em todas as fases: desmontagem, transporte, reprocessamento e remontagem.
- Pensar no espaço e nos meios necessários para lidar com os diversos componentes na desmontagem, considerando tolerâncias realista para os movimentos necessários – o manuseio pode requerer pontos de conexão para dispositivos de elevação e suporte temporários.
- Previsão de tolerâncias realistas a fim de permitir movimentos necessários à desmontagem.
- Usar o número mínimo possível de diferentes tipos de conectores.
- Avaliação de hierarquia de desmontagem de acordo com a expectativa de vida dos componentes deixando os de menor vida em áreas de fácil acesso à desmontagem.

- Providenciar identificação permanente do tipo de componentes – identificação dos materiais com código de barras de padrões internacionais para facilitar a difusão de bancos de depósitos e comercialização de materiais e componentes em diversos locais.

5.2 A Contribuição dos programas de certificação ambiental da edificação

Outro componente que tem contribuído com o avanço em relação à gestão sustentável de RCD é a busca por certificação ambiental das edificações, pois tem impulsionado a qualificação dos processos de destinação dos resíduos.

Os programas de certificação voluntária são sistemas de certificação e orientação para edificações com foco na sustentabilidade de suas atuações no âmbito de projeto, obras, operação e demolição. Eles têm contribuído com a gestão de resíduos sólidos no âmbito do ciclo de vida das edificações à medida que impulsionam os empreendimentos pleiteantes a tais certificações a se enquadrarem em diversos requisitos que garantam padrões ambientais sustentáveis, entre eles, alguns relacionados à gestão de resíduos de construção dos empreendimentos desde etapas de planejamento até de pós-ocupação do edifício. Assim, têm mobilizado equipes inteiras das diferentes etapas dos empreendimentos disseminando práticas permanentes entre todos os envolvidos – do projetista ao operário – no planejamento do empreendimento, na elaboração do projeto, nas cadeias de suprimentos, na execução da obra, na fase de ocupação e demolição, visando à redução da geração de resíduos.

No Brasil, de 2007 a 2015, 422 empreendimentos foram certificados por um dos quatro sistemas que apresentam requisitos para a gestão de resíduos da construção, a saber: LEED (252); Referencial Casa (2); AQUA-HQE (158); Casa Azul (10) (SINDUSCON-SP, 2015).

Certificação LEED

O LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações cujo objetivo é

incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações visando à sustentabilidade de suas atuações.

O sistema apresenta possibilidades de certificação para diferentes tipologias e conforme categorias distintas, que variam em função, respectivamente, do tipo de edificação e da pontuação obtida pela adequação aos critérios de certificação. O sistema baseia-se em oito dimensões de avaliação, cada uma com peculiaridades específicas a projeto e obra. As dimensões são: Espaço sustentável ou implantação (25 pontos); Eficiência do uso da água (12 pontos); Energia e atmosfera (28 pontos); Materiais e recursos (15 pontos); Qualidade ambiental interna (15 pontos); Requisitos sociais (3 pontos); Inovação e projetos (10 pontos) e por fim, Créditos regionais (2 pontos), totalizando a pontuação máxima de 110 pontos.

Interessa, no entanto, a este trabalho a dimensão de Materiais e Recursos (MR) a qual requer soluções no âmbito da gestão de resíduos. A tabela 1 abaixo apresenta os critérios avaliados nessa dimensão, bem como a pontuação associada aos mesmos. Vale dizer que a obtenção da pontuação máxima nessa dimensão corresponderia a aproximadamente 13,6% do total possível, o que representa relativa importância da dimensão em relação às demais avaliadas. Cabe ressaltar também que no sistema LEED a exigência por apresentação de Plano de Gerenciamento de Resíduos excede a mera função de pontuar, mas, constitui-se em obrigatoriedade para a obtenção da certificação, como também é possível observar na tabela 13.

Tabela 11. LEED, critérios de avaliação para a dimensão de Materiais e Recursos

	Materiais e Recursos (MR)	15 Pontos	Implementação
Pré-Requisito 1	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção	Obrigatório	OBRA
Pré-Requisito 2	Madeira Legalizada	Obrigatório	PROJETO
Crédito 1	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação	Máx.2	OBRA
Crédito 2	Madeira Certificada	Máx.2	PROJETO
Crédito 3	Materiais Ambientalmente Preferíveis	Máx.5	PROJETO
Crédito 4	Controle de Materiais Contaminantes	1	PROJETO
Crédito 5	Materiais Certificados	1	PROJETO
Crédito 6.1	Desmontabilidade e Redução de Resíduos - Sistemas Estruturais	Máx.2	PROJETO
Crédito 6.2	Desmontabilidade e Redução de Resíduos - Elementos Não estruturais	Máx.2	PROJETO

Fonte: Green Building Council Brasil (GBC BRASIL), 2016.

Referencial Casa

O Referencial Casa é uma adaptação do LEED para a certificação de residências, configurado para atender à realidade brasileira. Segue os mesmos critérios de avaliação e pontuação e também pressupõe a obrigatoriedade de apresentação de Plano de Gerenciamento de Resíduos para a certificação.

Certificação AQUA-HQE

O Processo AQUA-HQE é uma certificação internacional da construção sustentável desenvolvido a partir da certificação francesa Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale). Fundado no Brasil pela Fundação Vanzolini em 2008, foi adaptado à realidade brasileira considerando aspectos culturais, climáticos e normativos do país.

O sistema é baseado em dois pilares: a Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), que avalia o desempenho arquitetônico e técnico da edificação e o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), que avalia o sistema de gestão ambiental implantado pelo empreendedor com um foco mais abrangente, voltado à garantia da qualidade de operação de todo o processo de gestão para o empreendimento,

contemplando assim desde a fase de planejamento até a de ocupação e pós-ocupação do edifício. Em seguida, cada um dos pilares se divide em subcategorias.

O QAE baseia-se em um total de quatorze parâmetros, a saber: 1. Relação do edifício e seu entorno; 2. Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos; 3. Canteiro de obras de baixo impacto ambiental; 4. Gestão da energia; 5. Gestão da água; 6. Gestão de resíduos de uso e operação do edifício; 7. Manutenção; 8. Conforto higrotérmico, 9. Acústico, 10. Visual e 11. Olfativo; 12. Qualidade dos espaços, do 13. Ar e da 14. Água.

O SGE por sua vez é baseado em: 1. Comprometimento do empreendedor; 2. Implementação e funcionamento; 3. Gestão do empreendimento; 4. Aprendizagem e por fim uma complementação para 5. Serviços relacionados a edifícios habitacionais.

Para a certificação o empreendedor deve alcançar nos parâmetros do QAE um mínimo de desempenho de: nos níveis MELHORES PRATICAS, 3 categorias; no BOAS PRATICAS, 4 e no nível BASE, 7, além da obrigatoriedade de possuir o SGE.

Dentre as categorias QAE, a que trata da gestão de resíduos de construção é a 3ª, de “Canteiro de obras de baixo impacto ambiental” a qual prevê para a obtenção da classificação mínima de nível básico neste parâmetro as necessidades de: classificação e identificação dos resíduos (controlados e não controlados) por tipo; sua quantificação; redução de resíduos na fonte por meio da adoção de medidas de gestão e organização do canteiro; descarte em conformidade com as normas nacionais; 100% de encaminhamento dos resíduos de embalagens para reciclagem ou outras formas de ação que os tornem reutilizáveis; recuperação de 100% dos formulários de controle de transporte; reciclagem de resíduos em porcentagem superior a 30% quando não houver demolição prévia e 40% quando houver.

Prevê ainda pontuação adicional para melhor classificação neste parâmetro a adequação aos seguintes requisitos: reciclagem de resíduos em porcentagens superiores a 40% quando não houver demolição prévia e 50% quando houver; 100% da recuperação dos registros formais dos processos de seleção e avaliação das transportadoras e das destinações finais; disposições contratuais com os

fornecedores que minimizem a massa de resíduos gerados no canteiro e por fim para a elaboração de um plano de gestão dos resíduos do canteiro especificando as modalidades de coleta e de triagem conforme cada tipo de resíduo com o grau de detalhe da triagem em função do espaço disponível e das cadeias de valorização existentes.

Em suma, o AQUA requer adequações do empreendimento que proporcionam grande contribuição à questão da gestão os resíduos de construção abrangendo fases desde a pré até à pós-ocupação do mesmo, no entanto, não é imperativo quanto à necessidade de elaboração de plano de gestão dos resíduos ao associá-lo à pontuação adicional.

Selo Casa Azul

O Selo Casa Azul foi criado pela Caixa Econômica Federal para classificar socioambientalmente os projetos habitacionais que financia como uma forma de promover o uso racional de recursos naturais nas construções e a melhoria da qualidade da habitação. O Selo tem o objetivo de reconhecer projetos que adotam soluções eficientes na construção, uso, ocupação e manutenção dos edifícios.

São 53 critérios de avaliação, divididos em seis categorias: Qualidade Urbana; Projeto e Conforto; Eficiência Energética; Conservação de Recursos Materiais; Gestão da Água e Práticas Sociais. De forma similar ao LEED, para receber o Selo Casa Azul, o empreendimento deve obedecer a 19 critérios obrigatórios e, de acordo com o número de critérios opcionais atendidos, o projeto ganha o selo nível bronze, prata ou ouro.

Na categoria Conservação de Recursos Materiais, a gestão dos RCD é obrigatória, sendo exigida a elaboração do Plano de Gerenciamento de RCD e a apresentação dos documentos comprobatórios da destinação dos respectivos resíduos gerados ao final da obra. Destaca-se também como prática social obrigatória, a educação para gestão dos RCD, para mobilização das equipes, objetivando a implantação das diretrizes do Plano de Gerenciamento de RCD. (CEF, *apud* SINDUSCON-SP, 2015).

CONCLUSÃO

Através CONAMA 307/2002 observaram-se as primeiras ações constitutivas de um futuro mercado de agregados reciclados

Paralelamente, o aumento dos custos para descarte dos RDC devido ao transporte, por ocasião da descentralização dos aterros, cada vez mais distantes devido ao esgotamento de áreas próximas aos centros urbanos, contribuiu decisivamente para a implantação das recicladoras.

Progressivamente a destinação de resíduos para a reciclagem se mostrou mais vantajosa pela redução do gasto com transporte e também pelos custos de recebimento, que podem ser menores, configurando assim o mercado emergente de reciclados.

Em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos promoveu uma mudança de paradigma ao instituir o princípio do poluidor-pagador e reforçar a responsabilidade compartilhada, fomentando assim a ampliação e diversificação do mercado de reciclados. Tal mudança abriu caminho para uma progressiva migração da gestão baseada em ferramentas de controle e altamente dependente do setor público para uma gestão baseada em instrumentos econômicos e com ampla participação dos agentes industriais.

Apesar da franca expansão, atualmente a capacidade total instalada estimada das usinas de que se tem registro no país atende menos de 50% do volume estimado de produção anual de RCD, fator ainda agravado pela baixa produtividade, resultando em apenas 21% de processamento do RCD gerado.

A melhoria da eficiência dos processos industriais das recicladoras e a implantação de novas usinas não serão, no entanto, suficientes para que seja absorvido todo o volume de RCD gerado se não houver uma mudança no sistema de coleta dos resíduos.

Um balanço entre os dados da PNSB 2008 e da Pesquisa Setorial da ABRECON permitiu observar que mesmo a capacidade instalada da indústria da reciclagem sendo inferior à demanda de RCD, se fosse perseguido o seu máximo nível de produção, o mesmo seria inviabilizado pela indisponibilidade de resíduos

aptos a serem reciclados, ou seja, resíduos que são dispostos separadamente. O volume atual desses resíduos é 31% menor do que da capacidade máxima instalada, reforçando-se assim a necessidade da coleta e da Demolição Seletiva de RCD.

Um fator determinante à consolidação da indústria da reciclagem é a máxima aceitação e comercialização dos produtos (maturidade da indústria), esta por sua vez depende da Demolição Seletiva uma vez que a aceitação dos reciclados está ligada à qualidade dos produtos e esta, à homogeneidade dos resíduos que alimentam a usina, que possibilitam a obtenção de materiais com propriedades físicas em padrões técnicos próximos aos dos agregados naturais. Quanto mais limpos os resíduos de entrada melhores as propriedades finais e maiores as possibilidades de aplicação e ampliação do mercado, reforçando mais uma vez a importância da Demolição Seletiva.

A viabilidade da Demolição Seletiva por sua vez depende simultaneamente da maturidade da indústria dado que resulta em acréscimo de custos, visto que é um processo quase artesanal envolvendo ampla utilização de mão de obra especializada. Estabelece-se assim uma relação de codependência, ou seja, uma não se sustenta sem a outra.

No entanto, foram identificados outros fatores simultaneamente complementares à viabilidade das mesmas e baseiam-se em duas frentes de ação, uma relativa aos procedimentos da própria indústria e a outra relativa aos instrumentos de gestão dos resíduos a nível governamental.

À indústria cabe proporcionar maior seletividade no recebimento de resíduos, uma regulação dos preços de recebimento de modo a desmotivar a entrega de resíduos misturados e a promover a coleta seletiva, a instalação de equipamentos que possibilitem maior homogeneidade dos produtos reciclados, o controle tecnológico contínuo dos produtos e a prática de preços competitivos com o mercado.

Ao setor público cabe o incentivo ao consumo de reciclados, a determinação de uma forma de garantir a qualidade da triagem dos materiais na origem, o incentivo à destinação do RDC para a reciclagem, o fim da disposição irregular, a

redução da tributação aplicada ao setor e a liberação de subsídios que sejam necessários.

O estudo de caso da usina Eco-X mostrou que é possível a seletividade e a qualidade em conjunto com preços competitivos, no entanto, ainda ressaltou a necessidade de triagem dos materiais no canteiro, a participação do governo com isenções de taxas e maior rigidez no controle de destinação dos resíduos, com fins de garantir a destinação legal dos mesmos.

O setor tem grande potencial de expansão e conta com estudos que garantem um bom conhecimento técnico para direcionar o seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. T. de. **O debate internacional sobre instrumentos de política ambiental e questões para o Brasil.** *In: Anais...* do 2º Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (Eco-Eco), São Paulo, 1997, p. 3-21.

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados.** 2000, 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ANGULO, S.C ; JOHN V.M. **Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos.** Coletânea Habitare, vol. 4 - Utilização de Resíduos na Construção Habitacional, p. 8-71, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: 2004.

_____. **NBR 15112:** Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD. 2004a.

_____. **NBR 15113:** Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. 2004b.

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

_____. **NBR 15115:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. 2004d.

_____. **NBR 15116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. 2004e.

_____. **NBR 7211:** Agregados para concreto - Especificação. 2009.

_____. **NBR 9917:** Agregados para concreto - Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **Relatório da Pesquisa Setorial 2014/2015**

– Organização: Universidade Federal do Paraná. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/relatorio-pesquisa-setorial-20142015/>>. Acesso em: 29 mai. 2016.

_____. **Cartilha do curso de gestão integrada da construção civil e operação de usina de reciclagem de entulho 11. ed.** São Paulo, 2016. Disponível em: <http://issuu.com/sanchocom/docs/cartilha-curso11ed_abrecon>. Acesso em: 29 mai. 2016.

BLENGINI, G.A. **Life cycle of building, demolition and recycling potencial: a case study in Turin, Italy.** Building and Environment v. 44, p. 319-330, 2009.

BRASIL. Lei 12.305: Lei de resíduos sólidos. Brasília, 2010.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).** Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. Brasília DF, n. 136, 17 de julho de 2002. Seção 1.

_____. Resolução nº. 348, de 16 de agosto de 2004. Brasília DF, n. 158, 17 de agosto de 2004.

BRESSI, G. **Recycling of construction and demolition waste: te Italian Technology.** Milano, Italy. Tecnitalia Consultants, Via-goni 5, 20122 (Member of the working group of the EU on the construction and demolition waste). 2003.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Selo Casa Azul.** Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 31 mai. 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **PIB Brasil e construção civil.** Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

CARNEIRO, A.P. *et al.* **Characterization of C&D waste and processed debris aiming the production of construction materials.** In: CIB SYMPOSIUM ON CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT THEORY INTO PRATICE, São Paulo, 2000. Anais. São Paulo. EPUSP, 2000.

COUTO, A. B.; COUTO, J. P.; CARDOSO, T. J. M. **Desconstrução: uma ferramenta para a sustentabilidade da construção**. Seminário brasileiro da gestão do processo de projecto na construção de edifícios, 6. São Paulo, Brasil: [s.n.]. 2006.

DESIMONE, L.; POPOFF, F. **Eco-efficiency: The business Link to Sustainable Development**. Cambridge: MIT Press, 1998. 280 p.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Certificação **AQUA-HQE**. Disponível em: <<http://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>>. Acesso em: 30 mai. 2016.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **LEED**. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/>>. Acesso em: 30 mai. 2016.

HENDRIKS, C. F. **The building cycle**. Holanda: Aeneas, 2000.

INSTITUT DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA-ITEC. **Aprofitament de residus en la construcció**. ITEC & Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Resius. Catalunha, Espanha, novembre 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

LIMA,F.M.R.S.,LOVON,G.,OLIVEIRA,P.,NOCITO,G.,ALVARADO,L.M.T. **Demolição Seletiva No Brasil: Estudo De Caso Na Cidade Do Rio De Janeiro Com Sistemas Dinâmicos**. XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Minas Gerais - Poços de Caldas: 18 a 22 de Outubro, 2015.

MIRANDA, L.F.R, ANGULO, S.C, CARELI, E.D. **A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: 1986 – 2008**. Revista Ambiente Construído. Porto Alegre, 2008.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo: Poli-USP, 1999.

RUCH, M.; SCHULTMANN, F.; SINDT, V.; RENTZ, O. **Selective dismantling of buildings: state of the art and new developments in Europe**. In:

INTERNATIONAL CONFERENCE, 2., Paris, 1997a. **Proceedings**. Paris, CSTB, 1997. v.1, p 433-40.

SCHULZ, R.R. e HENDRICKS, C.F. Report 6 **Recycling of demolished Concrete and Masonry**. London , E&FN Spon, 1992.

SIMONS, B.P.; HENDERIECKX, F. **Guidelines for demolition with respect to the use of building materials: guidelines and experiences in Belgium**. In: INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM ON DEMOLITION AND REUSE OF CONCRETE AND MASONRY, 3., Odense, 1993. Proceedings. Londos, E & FN Spon, 1994. P. 25-34. (RILEM Proceedings, 23).

SINDICATO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE SÃO PAULO. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil - A experiência do SindusCon-SP**. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/05/manual_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2016.

_____. **Manual de gestão ambiental de resíduos da construção civil: avanços institucionais e melhorias técnicas**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RES%C3%84DUOS-2015.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2016.

USINA ECO-X. **Usina de processamento e reciclagem de resíduos da construção civil**. Disponível em: < <http://www.usinaecox.com/>>. Acesso em 08 de jul. 2016.

ANEXOS

ANEXO A: Caracterização dos locais de destinação de RCD

TIPO DE ÁREA	DESCRIÇÃO	CONDIÇÕES PARA UTILIZAÇÃO	OBSERVAÇÕES
Pontos entrega	de Área pública ou viabilizada pela administração pública apta para o recebimento de pequenos volumes de resíduos da construção civil.	Disponibilizada pela administração pública local como parte integrante do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil	Restrição ao recebimento de grande cargas de resíduos de construção civil constituídas predominantemente por resíduos perigosos e não inertes (tintas, solventes, óleos, resíduos provenientes de instalações industriais e outros) - enquadrados como Classe I da NBR 10004:2004
Área Transbordo e Triagem (ATT)	de Estabelecimento privado ou público destinado ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos gerados e coletados por agentes privados, e que deverão ser usadas para a triagem dos resíduos recebidos e eventual transformação, com posterior remoção para adequada disposição	Licenciada pela administração pública municipal	Restrição ao recebimento de cargas predominantemente constituídas por resíduos classe "D".
Área Reciclagem	de Estabelecimento privado ou público destinado à transformação dos resíduos classe "A" em agregados	Licenciada pela administração pública municipal. No âmbito estadual, licenciamento pelo órgão de controle ambiental, expresso nas licenças de Instalação e Operação	Pode ser fixa ou móvel, na própria obra por meio de recicladores móveis. esta última favorece o aumento da percepção de responsabilidade do gerador sobre a gestão dos resíduos e a redução de impactos ambientais e de custos com transporte e com deposição dos resíduos
Aterros Resíduos da Construção Civil	de Estabelecimento privado ou público onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe "A" no solo, visando à reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente	Licenciamento municipal de acordo com legislação específica	Os resíduos classe "B", C e D poderão apenas transitar pela área para serem, em seguida, transferidos para destinação adequada

Aterros para resíduos industriais	Área licenciada para o recebimento de resíduos industriais classe I e II (conforme NBR 10004:2004)	Licenciamento municipal de acordo com legislação específica	Caracterização prévia dos resíduos definirá se deverão ser destinados a aterros industriais classe I e II (conforme antiga versão da NBR 10004:2004)
Instalações de empresas que comercializam tambores e bombonas para reutilização	Comprim (e) embalgens metálicas ou plásticas destinadas acondicionamento produtos químicos	No município, Alvará de Funcionamento. No Estado, Licença de Instalação e Operação	Esgotamento e captação dos resíduos remanescentes, além da lavagem e captação dos efluentes para destinação conforme certificados de aprovação
Agentes diversos	Sucateiros, cooperativas, grupos de coleta seletiva e outros agentes que comercializam resíduos recicláveis	Contrato social ou congênere, alvará de funcionamento, inscrição municipal	Em caso de necessidade da utilização de agentes eminentemente informais, reconhecer o destino a ser dado ao resíduo e registrá-lo da maneira mais segura possível (condição de baixa atratividade para coleta associada à indisponibilidade de agentes formais)

Fonte: SINDUSCON-SP, 2005.