



Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolo cerâmico – uma revisão¹

Bruna Barbosa Matuti², Genilson Pereira Santana³

Resumo

As perdas ocasionadas pelo desperdício dos materiais durante a construção de uma edificação são as grandes responsáveis pela geração de resíduos da construção civil e demolição - RCD no canteiro de obras. A reciclagem é uma alternativa para diminuir o impacto ambiental desses resíduos, o aproveitamento dos resíduos dos materiais dentro do próprio canteiro ou fora em empresas especializadas, faz com que os materiais que seriam descartados com um determinado custo financeiro e ambiental retornem em forma de materiais novos e sejam reinseridos na construção, melhorando até na qualidade do material, durabilidade e resistência. A prática é vantajosa em vários aspectos: reduz as chances de deposição em locais clandestinos e contribui para aliviar a pressão sobre aterros de inertes, cada vez mais saturados. Para o gerador desse resíduo, representa custos menores com a destinação, além da possibilidade de reaproveitamento de materiais antes descartados, na própria obra, de agregados reciclados, em substituição a novas matérias-primas. A reciclagem de resíduos sólidos da construção civil é viável e contribui para o futuro sustentável, aproveitar os resíduos reduz gastos na compra de novos insumos, reduz o m³ e ainda contribui para a produção de insumos mais baratos. Este artigo tem como principal objetivo, mostrar como o RCD pode ser reutilizado em materiais da construção civil, para o estudo, será utilizado o tijolo cerâmico, agregando em sua fabricação, de modo que seja possível avaliar sua resistência e qualidade, mostrando suas vantagens e desvantagens do processo e seu impacto no meio ambiente.

Palavras-Chave: resíduo, cerâmica, reutilização.

Reuse of construction and demolition waste in the manufacture of ceramic brick - a review. The losses caused by the use of materials during the construction of a building are greater than those of the construction and demolition. Recycling is an alternative to reduce environmental risks, the use of waste materials within the site or specialized companies, causes the materials that are discarded are discarded and returned as new materials and reinserted in the construction, with this in the quality of the material, durability and resistance. The practice is advantageous in several ways: reducing the chances of clandestine deposition and helping to relieve pressure on increasingly saturated landfills. For the end of the consumption, it represents the smaller rights with the destination, besides the possibility of reutilization of raw materials excluded, in the own work, of recycled aggregates, replacing the new raw materials. The recycling residential is the constructive civil and viable for the future sustainable, asian and sustainable use the fresh consumption in the development of the new inputs, reduces of still in the production of consumptions cheaper. The main objective of this article is to show how the RCD can be reused in construction materials. In order to study, it will be used the cultivation of its vegetables, aggregating its production, so that it can have its resistance and quality, process impacts and its impact on the environment.

Keywords: waste, ceramics, reuse.

¹ Artigo de revisão oriundo do trabalho de dissertação do primeiro autor no Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas

² Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil, E-mail: bruhmatuti@outlook.com – autor de correspondência.

³ Professor Titular do Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil, E-mail: gsantana2005@gmail.com



1. Introdução

A indústria da construção civil é conhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social no Brasil. Por outro lado, comporta-se como grande geradora de resíduos, o que causa impacto ambiental. Por isso, existe um grande desafio em conciliar a atividade produtiva e lucrativa da construção com o desenvolvimento sustentável consciente.

Resíduos de construção estão se tornando um sério problema ambiental em muitas grandes cidades no mundo, a construção e demolição compõem 10 a 30% dos resíduos recebidos em muitos aterros sanitários em todo o mundo, a indústria da construção gera muito resíduos de construção que causam impactos sobre o meio ambiente e preocupação pública (BEGUM, SIWAR, PEREIRA E JAAFAR, 2006). O RCD no Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2008, 61,2% das prestadoras dos serviços de manejo dos resíduos sólidos eram entidades vinculadas à administração direta do poder público, 34,5%, empresas privadas sob o regime de concessão pública ou terceirização e 4,3%, entidades organizadas sob a forma de autarquias, empresas públicas, sociedades de economia mista e consórcios (IBGE, 2010). Os municípios brasileiros coletaram cerca de 45,1 milhões de toneladas de RCD em 2016, o que configura uma diminuição de 0,08% em relação a 2015 (ABRELPE, 2016). Os resíduos sempre existirão e as políticas hoje existentes são voltadas quase que exclusivamente para a disposição controlada desses resíduos. Essa disposição deve ser feita em aterros o que tem significado alto custo em função de sua localização e distância em relação aos grandes centros. Além disso, a normalização desses aterros tem recebido aperfeiçoamento constante, visando controlar o risco de acidentes, o que tem elevado o preço desses serviços (SILVA, 2007). A reutilização do entulho também representa vantagens econômicas para a administração pública municipal, tais como: redução dos custos com a remoção do material depositado clandestinamente ao

longo das vias públicas, terrenos baldios, cursos d'água e encostas, aumento da vida útil dos aterros sanitários, reduzindo a necessidade de áreas para implantação de novos aterros, diminuição nos custos de operação dos aterros sanitários, pela diminuição do entulho, diminuição nos custos de pavimentação, infraestrutura urbana e construção de habitações populares, geração de emprego e renda e criação de novas oportunidades de negócios (CARNEIRO, 2001).

Os benefícios gerados com a correta reciclagem em depósito dos resíduos da construção civil são iminentes, a construção civil utiliza muito de matéria prima na produção de seus materiais, o primeiro benefício está em menor uso de matéria prima por conta do reuso que torna os novos materiais suficientemente capazes de substituir qualquer um novo material, independente da finalidade, o bloco cerâmico reciclado pode ser usado novamente no levantamento de alvenarias sem qualquer problema (NASCIMENTO, 2015). As principais vantagens da reciclagem são, os altos preços para deposição de resíduos em aterros, tornam a reciclagem mais atrativa do ponto de vista financeiro para os geradores de resíduos, a reciclagem reduz o volume de extração de matérias-primas, minimizando os impactos gerados pela extração, a produção de materiais reciclados, redução da poluição, a incorporação de resíduos permite a produção de materiais de melhor qualidade, a reciclagem promove a redução de aterros e, conseqüentemente, a contaminação ambiental, problemas de saneamento público e custos sociais no gerenciamento de resíduos (ZORZETO, 2017). As vantagens da reciclagem do RCD são: Economia por dispensarem a compra de materiais novos, economia pela redução dos custos de remoção dos resíduos, ganho ambiental, economia na aquisição de matéria-prima, devido à substituição de materiais convencionais, pelo RCD, diminuição da poluição gerada pelo RCD e de suas conseqüências negativas como enchentes e assoreamento de rios e córregos e preservação das reservas naturais de



matéria-prima (INSTITUTO CENTRO DE CAPACITAÇÃO E APOIO AO EMPREENDEDOR, 2015).

Analisando o tijolo cerâmico, é visto como matéria prima mais abundante no País, por ser um produto mais barato é mais procurado pelas construtoras para reduzir custo das obras, suas diversas peças oferecem liberdade nas plantas dos ambientes, atendendo todo o tipo de construção. Os tijolos ou blocos cerâmicos são componentes básicos, bastante conhecidos e utilizados no processo de execução de alvenaria na construção civil, seja ela alvenaria de vedação, aquela que é executada para suportar seu próprio peso e pequenas cargas de ocupação como (pias, armários e lavatórios), ou estrutural, essa dimensionada com blocos altamente resistentes e que irão suportar as cargas da edificação (CAMPOS JÚNIOR, 2016). Os materiais básicos usados na sua fabricação são argila e água, que após manipulação básica, restrita a limpeza, ou seja, retirada de materiais orgânicos e outros componentes inconvenientes, são homogeneizados com água e passados na “maromba”, equipamento extrusivo e de prensagem para dar forma transversal e consistência e ainda o corte para definir o comprimento do produto. Em seguida são colocados a secar, ao ar livre, em prateleiras rústicas sob coberturas, próximos aos fornos para aproveitar o calor. Conduzidos ao forno para a queima, que se dá em 3 etapas: a 1ª é o aquecimento dura de 8 a 13 horas e chega 650°C; na 2ª a temperatura atinge a 1200°C, é a fase das reações que conferem as propriedades do tijolo e se mantém por alguns dias, para uniformizar a temperatura alta no forno; e em 3º o resfriamento gradativo, de 24 a 36 horas, conforme as olarias (COSTA, 2017).

Este artigo tem como principal objetivo, mostrar como o RCD pode ser reutilizado em materiais da construção civil, para o estudo, será utilizado o bloco cerâmico, agregando em sua fabricação, de modo que seja possível avaliar sua resistência e qualidade, mostrando suas vantagens e desvantagens do processo e seu impacto no meio ambiente.

2. Metodologia

A síntese do artigo foi desenvolvida através de levantamentos de informações científicas e expostas na forma de revisão de literária, porém como critério de inclusão foi usado na língua portuguesa e inglesa. As fontes bibliográficas utilizadas nessa revisão foram obtidas da base de dado Google Acadêmico, Periódicos Capes e Scielo, correspondendo ao período de 2000-2018.

As palavras chaves usadas foram: Resíduo de Construção e Demolição, “Resíduo de Construção e Demolição”, Waste from Construction and Demolition, “Waste from Construction and Demolition,”, Bloco Cerâmico, “Bloco Cerâmico”, Ceramic Block, “Ceramic Block”, Reutilização de resíduo de construção, “Reutilização de resíduo de construção”, Reuse of construction waste, “Reuse of construction waste”, conforme a Tabela 1. O levantamento bibliográfico, foi realizado buscando estudos publicados sobre a resíduos da construção civil, chamados de RCD e blocos cerâmicos. Sendo assim, como objetivo principal estudar a influência da adição do RCD nas propriedades tecnológicas e microestruturais de cerâmica vermelha utilizada para fabricação de blocos.

Como critério de exclusão utilizou-se frequência de mesmos trabalhos em determinadas bases de dados, publicações em congressos, artigos, teses. O critério de inclusão foi adicionado as seguintes palavras RCD, reutilização e bloco cerâmico para selecionar artigos específicos além das palavras já utilizadas anteriormente

3. Resíduos de construção civil e demolição - RCD no Brasil

No Brasil, país com dimensões continentais, este resíduo é conhecido como entulho, caliça ou metralha. Numa linguagem mais técnica, o Resíduo da Construção e Demolição (RCD) é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição, é o conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção,

reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes (ABRECON, 2018). A indústria da construção, é um setor produtivo que possui considerável papel na economia do Brasil. Atualmente a maior consumidora de recursos naturais da sociedade, absorvendo de 20 a 50% desses recursos explorados no mundo (JOHN,

2001). No Brasil, existe um crescimento na participação dos RCD nas cidades brasileiras, diversas pesquisas realizadas mostram que o RCD já representa, 50% dos resíduos produzidos nas cidades brasileiras (CABRAL, 2007).

Tabela 1 – Palavras-chaves com trabalhos encontrados nas respectivas bases de dados.

Palavra-chave	Google Acadêmico	Periódicos capes	SciELO
Resíduo de Construção e Demolição	15.200	280	3
“Resíduo de Construção e Demolição”	867	5	3
Waste from Construction and Demolition	89.400	10.304	4
“Waste from Construction and Demolition”	449	13	4
Bloco Cerâmico	15.500	280	2
“Bloco Cerâmico”	2.270	170	2
Ceramic Block	2.140.000	38.494	4
“Ceramic Block”	7.550	774	4
Reutilização de resíduo de construção	15.500	700	-
“Reutilização de resíduo de construção”	-	-	-
Reuse of construction waste	305.000	18.037	4
“Reuse of construction waste”	276	9	4

No mundo, a construção civil é responsável por entre 15 e 50 % do consumo dos recursos naturais extraídos. No Brasil, em volta das grandes cidades, areia e agregados naturais começam a ficar escassos, inclusive graças ao crescente controle ambiental da extração das matérias-primas. A construção civil consome cerca de 2/3 da madeira natural extraída, algumas matérias-primas tradicionais da construção civil, como cobre e zinco, têm reservas mapeadas escassas (INSTITUTO CENTRO DE CAPACITAÇÃO E APOIO AO EMPREENDEDOR, 2015). De acordo com o Gráfico 1, 56% de perda de material dentro dos canteiros de obra brasileiros é de cimento, após temos a areia com 44% de perda, blocos e tijolos com 13% e aço e concreto com 9%.

O RCD está presente em todo tipo de obra, a construção civil não é destaque somente como indústria de grande impacto na economia, também é a responsável por produzir 50% dos resíduos do país (SIENGE, 2017). No Brasil, estima-se que 61% do total de resíduos gerados sejam representados pelos RCD e 28% pelos resíduos domiciliares (CORRÊA,

BUTTLER E RAMALHO, 2009). O entulho, é gerado muitas vezes por deficiências nas atividades e processos da construção civil, por meio de falhas na execução de serviços e projetos, má qualidade dos materiais empregados, perdas e mal armazenamento, das reformas ou reconstrução (FROTA E MELO, 2014). Para minimizar o impacto gerado, a resolução no 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, classifica os diferentes tipos de resíduos gerados em obras de construção e determina possíveis destinos para cada um deles.

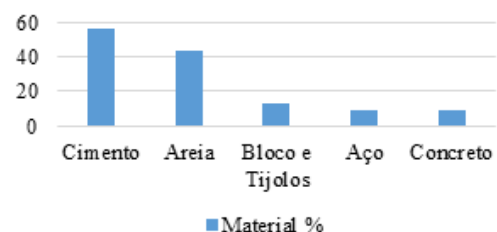


Gráfico 1 – Perdas média de alguns materiais de construção civil em canteiros brasileiros. Fonte: Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor, 2015.

O RCD, são aqueles que podem ser reutilizados ou reciclados na própria obra como agregados, tais como: materiais cerâmicos, tijolos, azulejos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa, concreto e solos resultantes de obras de terraplanagem. Se não forem aproveitados na própria obra, esses resíduos devem ser encaminhados para usinas de reciclagem ou aterros de resíduos da construção civil e armazenados de modo a permitir sua reutilização ou reciclagem futura (EQUIPE DE OBRA, 2011). Dos resíduos das empresas pesquisadas em Manaus 50% são de classe A. Isso significa que as empresas deveriam ter uma melhor gestão dos resíduos em seus canteiros de obras, pois os resíduos de classe A estão ligados diretamente aos desperdícios nas execuções das obras, conforme mostra o Gráfico 2 (FROTA E MELO, 2014).

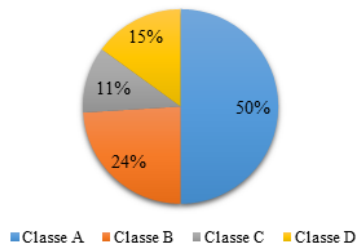


Gráfico 2 – Resíduos por classe - Manaus. Fonte: Frota e Melo, 2014.

3.1. Caracterização do RCD

Os resíduos apresentam uma vasta diversidade e complexidade, sendo que suas características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com a fonte ou atividade geradora, os resíduos são classificados (ABNT NBR 10004:2004).

O resíduo se apresenta na forma sólida, com características físicas variáveis, que dependem do seu processo gerador, podendo apresentar-se tanto em dimensões e geometrias já conhecidas dos materiais de construção, como em formatos e dimensões irregulares. É fundamental ressaltar ainda, a importância de classificar ou conhecer a fonte geradora desse entulho (construção, reforma, demolição ou desastres naturais) e ainda, o porte da obra sem deixar de mencionar a tipologia da construção (SILVA, 2014). A composição do RCD, é

variável em função da região geográfica, da época do ano, do tipo de obra, dentre outros fatores. No Brasil, estima-se que, em média, 65% do material descartado é de origem mineral, 13% são madeira, 8% são plásticos e 14% são outros materiais. As construtoras são responsáveis pela geração de 20 a 25% desse entulho, sendo que o restante provém de reformas e de obras de autoconstrução (TECHNE, 2001).

A composição química está vinculada à composição de cada um de seus constituintes e é basicamente composto por: concretos, argamassas, pedras, cerâmica, cerâmica esmaltada, solos, areia e argila, que podem ser facilmente separados dos outros materiais por peneiramento, asfalto, metais ferrosos, madeiras, passíveis de reciclagem, embora esse processo nem sempre apresente vantagens que possam ser suportadas pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico. De acordo com o Gráfico 3, mostra que a maior porcentagem de RCD está vinculado a reformas ampliações demolições que são feitas no Brasil de 58% mais da metade do RCD do Brasil (CARNEIRO, 2001). As propriedades físico-químicas resíduos dependem das propriedades da matéria-prima, origem mineralógica, processo operacional e sua eficiência, sendo assim, é evidente a partir das características desses resíduos, gerados a partir de diferentes processos, que eles têm bons potenciais de reciclagem e utilização nos países em vários componentes de construção de valor agregado (PAPPU, SAXENA E ASOLEKAR, 2007).

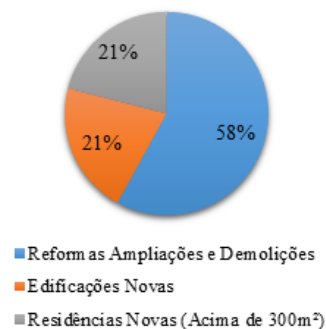


Gráfico 3 – Composição da Fonte Geradora do RCD no Brasil. Fonte: SILVA. M. B. DE. L.E. 2014.

De acordo com a Figura 1, a classificação de resíduos sólidos envolve primeiramente a identificação do processo de onde o mesmo foi gerado ou de sua origem, mostrando suas características, cujo pode ter impacto à saúde e ao meio ambiente. A identificação da sua origem dos

resíduos, é uma parte importante para sua classificação, essa análise dos resíduos será avaliada na caracterização que deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (ABNT NBR 10004:2004).

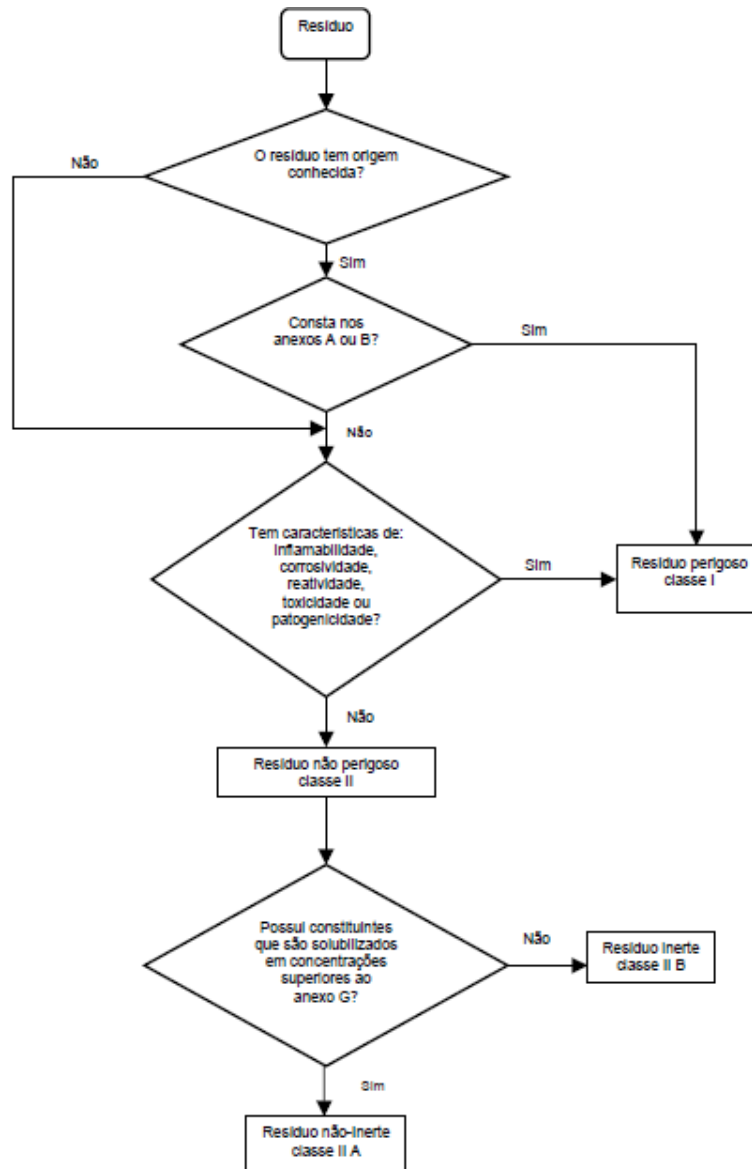


Figura 1 - Caracterização e classificação de resíduos. Fonte: ABNT NBR 10004:2004.

De acordo com SIEGE (2017), a composição dos resíduos sólidos da construção civil é classificada conforme resolução da CONAMA 307 Art. 3º, na prática os resíduos da construção resumem-

se a materiais cerâmicos, argamassa e seus componentes, que representam em média 90% de todos os resíduos gerados em obras, conforme a Figura 2.

Tabela 2 – Composição dos resíduos sólidos da construção civil.

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

Fonte: SIENGE. Tudo sobre os resíduos sólidos da construção civil. 2017.

3.2. Reutilização do RCD

Os resíduos de construções e demolições representam de 40 a 70% de todos os rejeitos sólidos nas cidades brasileiras de médio e grande porte. A produção anual gira em torno dos 84 milhões de m³ e menos da metade dessa quantidade (cerca de 46%) é reciclada (NIERO, 2016). As fontes geradoras de RCD são permanentes, pois, sempre existirão obras sendo executadas, dando lugar a reformas e demolições. O uso das edificações contribui em maior ou menor escala para impactar o meio ambiente, pois, consomem energia elétrica para iluminação, condicionamento de ar, aquecimento interno, acionamento de motores, etc., e grande quantidade de água para diversas finalidades (MENEZES, 2011).

As causas da geração, podem se destacar algumas causas de geração desses resíduos, sendo: reforma de construções existentes, demolição de construções existentes, superprodução, perdas de processamento, construções defeituosas que demandam a demolição e reconstrução, uso de materiais com vida útil reduzida, como estruturas de concreto pré moldadas, falta de qualidade dos serviços ou bens da construção que podem gerar perdas materiais, urbanização desordenada que gera construção falhas que demandam adaptações e reformas, o aumento do poder aquisitivo da população que facilita o desenvolvimento da

construção civil e os desastres naturais ou provocados pelo homem (SIENGE, 2017).

O RCD é gerado principalmente na fase de vedações e acabamento, esse fato é, em grande parte, devido a deficiências no planejamento da execução destas etapas. Na tentativa de minimizar a distância entre projeto e execução, foram desenvolvidos métodos de racionalização construtiva (LACÔRTE, 2013). A geração do resíduo, é bem significativa, podendo representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos. Estima-se que a geração se situa em torno de 450 kg hab.⁻¹ ano⁻¹, variando naturalmente de cidade a cidade e com a oscilação da economia (CASTRO, 2012).

Em linhas gerais, os RCD são gerados em três etapas distintas: durante a construção, a manutenção e a demolição. A indústria da construção civil destaca-se como uma grande geradora de resíduos, e, a quantidade destes é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento de uma cidade, resultado da maior atividade econômica e dos hábitos de consumo decorrentes, espaços para trabalho, moradia e lazer (SILVA, 2014). De acordo como mostra a Tabela 2, entre 2015 e 2016 teve uma redução de 2% do RCD que é coletado no Brasil, significando que em alguns municípios brasileiros as coletas não estão sendo feitas de maneira adequada, assim impactando no aumento da quantidade de RCD. Os estados que tiveram influenciaram nessa redução foram Norte, Centro-Oeste e Sudeste.



Tabela 3 – Quantidade total de RCD coletado pelos municípios no Brasil (t dia⁻¹) nos anos de 2015 e 2016.

Região	2015	2016
Brasil	123.721	123.619
Norte	4.736	4.720
Nordeste	24.310	24.387
Centro-Oeste	13.916	13.813
Sudeste	64.097	63.981
Sul	16.662	16.718

Fonte: ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2016.

Quando observados os Resíduos de Construção e Demolição, nota-se que a reciclagem está muito abaixo do esperado, países como a Holanda reciclam cerca de 90% desses resíduos, o Brasil recicla apenas 21%. No país existem 310 usinas de reciclagem, dentre as quais apenas 74% operam plenamente, ou seja, o potencial de crescimento da reciclagem de RCD é muito grande, mas ainda falta incentivo do governo, conhecimento do mercado e resíduos de qualidade (ZORZETO, 2017).

Os três principais tipos de materiais derivados da maioria do RCD são, concreto triturado, alvenaria triturada e resíduos mistos de demolição. Após esmagamento e beneficiamento em reciclagem, os agregados resultantes podem ser atribuídos a uma a quatro tipos, agregados de concreto

reciclado, agregado de alvenaria reciclado, agregados reciclados mistos, agregados reciclados de construção e demolição (SILVA,2014). O processo de reciclagem, para a obtenção de agregados, basicamente envolve a seleção dos materiais recicláveis e a trituração em equipamentos apropriados. Os resíduos encontrados predominantemente que são recicláveis para a produção de agregados, pertencem a três grupos, conforme a Tabela 3 (ABRECON, 2018). Alguns materiais são reusados para o mesmo propósito, por exemplo: madeiras de escoramento, portas, janelas, telhas, etc. Outros materiais são reusados para propósitos diferentes, por exemplo: embalagens, tijolos quebrados, cerâmica etc. A Tabela 4, mostra as formas de reciclagem dos RCD.

Tabela 4 – Produção de Agregados – Classificação.

Grupo I	Grupo II	Grupo III
Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.	Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.	Materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

Fonte: ABRECON. 2018.

Atualmente a área dos materiais cerâmicos tem sido amplamente estudada a fim de obtenção de novos materiais a partir de matérias-primas alternativas, os resultados com o resíduo do vidro, indicaram que este tipo de resíduo tem potencial para o

uso em cerâmica vermelha, devido ao seu caráter inerte e seu poder como material fundente. (CALDAS, 2012). O estudo da influência da adição do resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades tecnológicas da cerâmica vermelha.



Utilizando assim, o resíduo de cinza como matéria-prima alternativa para substituição parcial da argila. Foram estudadas cinco formulações com 0, 5, 10, 15 e 20 % em peso de resíduo misturado com argila caulínicas. A temperatura estudada foi de 1000°C e as propriedades analisadas foram retração linear, absorção de água, massa específica

aparente, porosidade aparente e resistência à compressão. Os resultados deste trabalho mostraram que o resíduo pode ser utilizado como matéria-prima alternativa, pois influencia positivamente na resistência mecânica em incorporações de até 10% (FARIA, 2012).

Tabela 5 - Reciclagem dos Resíduos

Madeira	Produção de chapas de madeira aglomerada ou, em casos mais raros, usada na alimentação de fornos.
Materiais Cerâmicos	Os materiais são britados e reaproveitados como agregado.
Materiais Cimentícios	Os materiais são britados e reaproveitados como agregado.
Metais	Encaminhados como sucata para depósitos de ferro-velho ou siderúrgicas.
Plásticos	Após processar o material, podem recolocá-lo no mercado, inclusive em outras utilizações, como embalagens.
Outros	Gesso, tecidos, papéis: podem ser processados nas indústrias especializadas em cada tipo de material.

Fonte: Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor, 2015.

Utilizando o RCD na incorporação de tijolo cerâmico, temos os ensaios de resistência à compressão, concluiu-se que na temperatura de 900 °C, que é próxima da temperatura atingida nos fornos à lenha utilizados para produção de tijolos, todas as composições apresentam resistência à compressão superior a 4 MPa, ou seja, tijolo maciço, além disso, a composição com 40% de RCD apresenta esta resistência (> 4 MPa) para todas as temperaturas de queima, sendo desta forma a composição mais indicada para a produção de tijolos maciços. Os resultados indicam que é possível a utilização do RCD com esta argila para a produção de tijolos cerâmicos, obtendo-se um material cerâmico com boas propriedades físicas. Os corpos de provas com 40% de RCD e temperatura de queima de 900 °C apresentaram excelentes propriedades podendo ser considerados a composição e temperatura ideais. A reutilização do RCD, diminui o consumo de argila, e o impacto ambiental devido ao imenso volume de RCD descartado inadequadamente (GASPARETO, 2017). Ao utilizar resíduos como matéria-prima em substituição aos materiais tradicionais, é necessário que esse insumo apresente padrões compatíveis com a sua utilização,

nos casos em que o material reciclado e o natural têm o mesmo custo, o diferencial será a qualidade do produto, de forma a garantir que o produto é ambientalmente correto (CARNEIRO, 2001).

3.3. Impacto e Gestão do RCD

As aplicações em relação a redução de impactos ambientais estão aumentando nos dias de hoje, sendo assim, edifícios que causam menos efeitos ambientais gerando ou reduzindo seus resíduos. Os resíduos ocorrem conforme o ciclo de vida dos edifícios, durante as fases de construção e demolição, que acaba se tornando sérios problemas ambientais em muitos países (ESIN E COSGUN, 2006). Os materiais de construção são muito significativos em, porque 90% do tempo de um indivíduo é em edifícios ou infraestruturas, contudo, a construção é responsável porque leva 50% das matérias primas da natureza, consome 40% da energia total e cria 50% do total de resíduos (OIKONOMOU, 2005). Há impactos, desde a fabricação do cimento e o transporte de materiais até a formação de um lago por uma barragem ou alteração de uma área por terraplanagem. Esses reflexos são de cunho ambiental, social e até mesmo econômico. A obra, localizada em um



espaço urbano, já um tanto alterado, à primeira vista não parece causar danos significativos, porém pode-se perceber, e prever, danos como a impermeabilização de boa parte do terreno, o impacto visual causado pela obra, poeira e barulho causados, geração de resíduos da construção, entre muitos outros que poderiam ser citados. Quando não há gestão, é também um dos grandes vilões do ambiente urbano. O entulho acumulado é vetor de doenças como a dengue, febre amarela e chamicri de insetos e roedores (SILVA, 2013). Os impactos ambientais são causados pela má gestão do RCD, são devido à não gestão correta dos resíduos, a falta de políticas impacta na destinação dos resíduos (FROTA e MELO, 2014).

Os resíduos de construção e demolição são classificados por exceção na ABNT NBR 10004 como inertes. O problema da quantidade de entulho gerada está na sua forma de depósito, em muitas vezes não são destinados a locais corretos, podendo ser causador de diversos problemas sociais e ambientais, os resíduos são aceitos por proprietários de imóveis que os empregam como aterro, normalmente sem maiores preocupações com o controle técnico do processo. Esta prática pode levar a problemas futuros nas construções erguidas nestas áreas (NASCIMENTO, 2015). Os custos com a gestão dos resíduos, são elevados e crescentes, entretanto, 78% dos municípios brasileiros destinam menos de 5% dos recursos do seu orçamento para a gestão dos RSU (BRASIL, 2002).

Grande parte dos problemas causados pela ineficiente gestão dos RCD, é motivada pela falta de uma infraestrutura básica que crie condições mínimas para a gestão dos RCD. O município de Manaus,

possui sistema de transporte razoável, porém não possui um local adequado de disposição final e, além disso, muitos geradores desconhecem ou ignoram a atual legislação. Esta situação ocorre em quanto todo território brasileiro (FROTA e MELO, 2014). Às definições oficiais, o decreto 307 do CONAMA e a Lei 12.305/2010 – PNRS são as principais referências, além destas, existem as recomendações técnicas, que orientam os profissionais, as principais delas, se tratando de RCD (NASCIMENTO, 2015).

Desde 2002, está em vigor a Resolução nº307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que obriga os municípios a darem um correto destino aos RCD, impedindo-os de os descartarem em locais não licenciados, além de obrigar que o RCD do tipo A, formado basicamente por restos de concreto, argamassa, cerâmica vermelha e rochas, sejam reciclados e aproveitados como agregados ou depositados em locais previamente licenciados, para uma reciclagem futura (OLIVEIRA, SALES, OLIVEIRA E CABRAL, 2011). A construção civil é grande geradora do resíduo que é impossível deixar o destino dos resíduos gerados por ela a encargo dos responsáveis por cada obra, sendo assim, existem normas e leis para regulamentar os resíduos que sobram diariamente. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, tem participação através da NBR 15112, NBR 15113 e NBR 15114 relacionadas as diretrizes para projeto, implantação e operação implantação e operação de áreas de manejo, nas NBRs 15115 e 15116 sobre o uso de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil, conforme mostra a Tabela 6 (SIENGE, 2017).

Tabela 6 – Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – Relacionadas a Resíduos.

NBR 15112	Áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos
NBR 15113	Aterros para resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes
NBR 15114	Área de reciclagem para resíduos sólidos da Construção civil
NBR 15115	Procedimentos para que agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil sejam utilizados na execução de camadas de pavimentação
NBR 15116	Requisitos para que agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil sejam utilizados na execução de camadas de pavimentação

Fonte: SIENGE. Tudo sobre os resíduos sólidos da construção civil. 2017.



Ao iniciar a obra é necessário apresentar o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) do empreendimento para o órgão fiscalizador, a fiscalização é realizada ao término da obra, irá comparar a quantidade estimada com a realizada de resíduos através de documentos da sua empresa e da empresa contratada para coleta, no canteiro de obras cria-se um processo de segregação dos resíduos para reciclagem ou descarte correto, esse processo ajuda na organização e limpeza dentro da obra (SIENGE, 2017). Uma gestão de resíduos, é necessária para identificar as causas dos resíduos de construção, é de grande importância estruturar maneiras de minimizá-lo como a solução para o desperdício, deve ser obrigatório o plano de gestão de resíduos, além de estratégias de redução, questões econômicas na construção (TAM, 2006).

Os resíduos de concreto formam a maior fonte de resíduos sólidos de construção, o que contribui para cerca de 50% do total de resíduos de construção, a reciclagem dos resíduos é a melhor opção para reduzir as quantidades de resíduos geradas pelo setor da construção civil, influenciando no custo e na produção de novos materiais para a nova produção de materiais, sendo assim, a reciclagem de resíduos para nova produção de materiais, é um método econômico que também ajuda a proteger o meio ambiente e alcança a construção sustentável (TAM, 2008).

4. Considerações Finais

De acordo com os dados mostrados foram notados déficits no reaproveitamento do resíduo, a gestão correta de RCD tanto protege a saúde pública e abre caminho para a fabricação de novos materiais para o setor da construção civil, quanto as porcentagens de resíduo gerado no Brasil, não há um consenso na literatura.

As empresas são capazes de fazer o manejo correto do resíduo com a implementação de um sistema de gestão eficaz que é baseada em programas específicos e treinamentos. A reciclagem de RCD como agregado para ser misturado no

material é a alternativa mais difundida e aceita no meio técnico por possuir estudos mais consolidados. Os resíduos de construção, apresentam grande potencial para sua reutilização, gerando novos materiais ou agregados, também sendo aplicando na composição de materiais já existentes para melhorar sua qualidade, durabilidade ou resistência. A reutilização feita conforme as normas, gera grande benefício ao meio ambiente, diminuindo a quantidade de resíduos que seriam descartados de maneira incorreta que iriam para na natureza ou até mesmo na zona urbana.

O aproveitamento dos resíduos da construção civil é viável e contribui para o futuro sustentável do mundo, aproveitar os resíduos na própria obra reduz gastos na compra de novos insumos, reduz o m³ de resíduos e contribui para a produção de insumos mais baratos. A sustentabilidade, tão almejada pela sociedade atual, certamente só será atingida se a construção civil, umas das principais, consumidora de matéria-prima e geradora de resíduos, tornar-se sustentável, a correta gestão dos seus resíduos já é um importante passo para a realização disto.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

ABNT NBR 10004:2004 – Norma Brasileira. **Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro – RJ, 2004.

ABRECON. **O que é entulho**. 2018. Disponível em: <
<http://abrecon.org.br/entulho/o-que-e-entulho/>>.



Engenharia

ABRELPE. **Estimativas dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2015.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2016.

AMBIENTE-CONAMA. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios, procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília-DF.

BEGUM, R. A., SIWAR, C., PEREIRA, J. J., JAAFAR, A. H. **A benefit-cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimisation: The case of Malaysia**. Institute for Environment and Development (LESTARI), Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi 43600, Selangor D.E., Malaysia, 2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Rio de Janeiro, 2002.

CABRAL, A.E.B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. 280p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CALDAS, T. C. DA C. **Reciclagem de resíduo de vidro plano em cerâmica vermelha**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. 2012.

CAMPOS JÚNIOR, A. **Blocos Cerâmicos: Produção e Análise das Agressões Ambientais**. Campina Grande, PB. 2016.

CARNEIRO, A.P.; CASSA, J.C.S.; BRUM, I.A.S. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção**. Projeto entulho bom. EDUFBA; Caixa Econômica Federal. Salvador. 312 p. 1ª edição. 2001.

CASTRO, C.X.DE. **Gestão de Resíduos na Construção Civil**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção

Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte. 2012. CORRÊA, M. R. S., BUTTLER, A. M., RAMALHO, M. A. **Reciclagem de materiais de construção**. Artigo. PINI, TÉCNICE. 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/152/artigo286651-1.aspx>>.

COSTA, A. G. B. **Utilização de resíduos cerâmicos da cidade de porto velho na produção de concretos**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM. 2017.

ESIN, T., COSGUN, N. **A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey**. Department of Architecture, Faculty of Architecture, Gebze Institute of Technology, Kocaeli 41400, Turkey, 2006.

EQUIPE DE OBRA. **Blocos Cerâmicos**. 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/37/blocos-ceramicos-220703-1.aspx>>.

FARIA, K. C. P.; GURGEL, R. F.; HOLANDA, J. N. F. **Influência da adição de resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha**. Simpósio matéria, RIO DE JANEIRO, RJ. 2012.

FROTA, C. A. DA., MELO, J. R. DE S. **A situação dos resíduos sólidos oriundos da construção civil vertical na cidade de Manaus**. Artigo. Fucapi. Manaus, 2014.

GASPARETO, M. G. T. **Utilização de Resíduo de Construção Civil e Demolição (RCD) como Material não Plástico para a Produção de Tijolos Cerâmicos**. Artigo. Universidade Estadual Paulista – UNESP. Presidente Prudente, SP. 2017.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO CENTRO DE CAPACITAÇÃO E APOIO AO EMPREENDEDOR. **Reutilização**



Engenharia

e reciclagem de resíduos da construção civil. Belo Horizonte, MG. 2015.

JOHN, V.M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção.** In: CARNEIRO, A.P et al. Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA; 312 p.; 2001; p.27-45.

LACÔRTE, P.M.R. **Aproveitamento de resíduos na construção civil.** Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte. 2013.

MENEZES, M. DE S. **Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição.** Artigo. Departamento de Química Analítica, Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2011.

NASCIMENTO, F. A. T. **Reutilização e reciclagem de resíduos sólidos gerados na construção civil.** Artigo. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió, 2015.

NIERO, J. **Reciclagem de resíduos da construção civil economiza recursos naturais e reduz custos.** Fecomercio, SP. 2016. Disponível em: <<http://www.fecomercio.com.br>>.

OIKONOMOU, N. D. **Recycled concrete aggregates.** Artigo. Cement & Concrete Composites. Laboratory of Building Materials, Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki. Thessaloniki, Greece. 2005.

OLIVEIRA, M. E. D. DE, SALES, R. J. DE M., OLIVEIRA, L. A. S. DE., CABRAL, A. E. B. **Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Tecnóloga em Saneamento Ambiental. 2011.

PAPPU, A., SAXENA, M., ASOLEKAR, S. R. **Solid wastes generation in India and their recycling potential in building materials.** Regional Research Laboratory (CSIR), Indian Institute of Technology, Bombay-400076, India. 2007.

ROCHA FORTE. **Os ganhos da reciclagem do aço da construção civil.** 2017.

Disponível em: <<http://www.rochafortesaneamento.com.br/noticias/os-ganhos-da-reciclagem-do-acoda-construcao-civil/20171005-095014-s692>>.

SIENGE. **Tudo sobre os resíduos sólidos da construção civil.** 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>>.

SILVA, F.F.DA. **Gerenciamento de resíduos da construção civil de acordo com a resolução Conama nº. 307/02 – Estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 2007

SILVA, M. B. DE. L.E. **Novos Materiais à Base de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e Resíduos de Produção de Cal (RPC) para Uso na Construção Civil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 2014.

SILVA, R.V. **Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production.** Artigo. Construction and Building Materials. Lisbon, Portugal. 2014.

TAM, V. W. Y. **A review on the viable technology for construction waste recycling.** School of Engineering, Gold Coast Campus, Griffith University PMB50 Gold Coast Mail Centre, Qld 9726, Australia. 2006.

TAM, V. W. Y. **Economic comparison of concrete recycling: a case study approach.** Griffith School of Engineering, Griffith University. Australia, 2008.

Leal, U. **Sobras que valem uma obra.** TECHNE: Revista de Tecnologia da Construção, v. 10, n. 55, p. 10-14, 2001.

ZORZETO, G. **Resíduos de Construção e Demolição - Problemas e Soluções.** Concreta Consultoria. 2017. Disponível em: <<https://www.concretaconsultoria.com.br>>