

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE A EM BLOCOS DE CONCRETO NO BRASIL

REUSE OF CLASS A WASTE IN CONCRETE BLOCKS IN BRAZIL

Alice Morgana da Silva Cordeiro¹ 

Mariana Seabra de Souza² 

Lucas Almeida Silva³ 

Bruna Barbosa Matuti Mafra⁴ 

Resumo: A construção civil está diretamente associada ao desenvolvimento econômico e social do país, entretanto gera enormes quantidades de resíduos sólidos. E como ocorre em todas as atividades da construção, a geração desses resíduos pode acarretar em impactos socioambientais, evidenciando a relevância do gerenciamento dos mesmos para minimizar impactos negativos que vão desde a escassez dos recursos naturais, como a degradação de paisagens pelo descarte incorreto de resíduos à ocorrência de malefícios voltados para população, como proliferação de doenças. Como há uma grande quantidade de entulhos, ocorre o esgotamento das áreas destinadas para disposição correta, o que implica na importância da reintrodução desses materiais no mercado. Dentre os resíduos, os de classe A, que são gerados em maior quantidade, acabam constituindo a maior parcela de materiais gerados e desperdiçados. Uma das alternativas para minimizar o desperdício desses resíduos é o seu reaproveitamento dentro dos canteiros de obra ou em empresas especializadas para aplicação na produção de determinados materiais de construção. Dessa maneira, a partir de levantamentos bibliográficos, a presente pesquisa aborda estudos que aplicam certas porcentagens de agregados reciclados provenientes da classe A de resíduos para a confecção de blocos de concreto conforme o especificado pela norma, além de analisar suas propriedades mecânicas para determinar onde estes blocos podem ser empregados. De acordo com os estudos apresentados, os blocos produzidos podem ser empregados em alvenarias estruturais, de vedação e na pavimentação, visando obter algumas vantagens ligadas diretamente ao reaproveitamento, dentre as quais apresentam-se a diminuição de impactos ambientais e vantagens socioeconômicas.

Palavras-chave: Blocos de Concreto. Reaproveitamento de Resíduos. Resíduos Sólidos Classe A. Construção Civil.

Abstract: The construction is directly associated with the country's economic and social development, however it generates huge amounts of solid waste. And as it happens in all construction activities, the generation of waste can result in social-environmental impacts, making

¹ Engenheira Civil, Centro Universitário do Norte - UNINORTE, alicemorganaa@hotmail.com

² Engenheira Civil, Centro Universitário do Norte - UNINORTE, mariana.seabra.96@hotmail.com

³ Engenheiro Civil, Centro Universitário do Norte - UNINORTE, lucasalmeidadasilvas@hotmail.com

⁴ Mestre em Engenharia Civil, Centro Universitário do Norte - UNINORTE, bruhmatuti@outlook.com

evident the relevance of management to minimize negative impacts ranging from the scarcity of natural resources, such as the degradation of landscapes due to the incorrect disposal of waste to the occurrence of harm to the population, such as the proliferation of diseases. As there is a large amount of waste, the areas destined for correct disposal are depleted, which implies the importance of reintroducing these materials into the market. Among the residues, class A wastes, which are generated in greater quantity, constitute the largest portion of materials generated and wasted. One of the alternatives to minimize the waste of these residues is reuse in construction sites or in specialized companies for application in the production of certain construction materials. Therefore, from bibliographic surveys, this research addresses studies that apply certain percentages of recycled aggregates from Class A waste to make concrete blocks as specified by the standard, in addition to analyzing their mechanical properties to determine where the blocks can be used. According to the studies presented, the blocks produced can be used in structural masonry, sealing masonry and paving, in order to obtain some advantages directly related to reuse, among which are present the reduction of environmental impacts and socioeconomic advantages.

Keywords: Concrete Blocks. Reuse of Wastes. Class A Solid Wastes. Construction.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o desenvolvimento das cidades estão ligados à exploração dos recursos naturais e, conseqüentemente, à geração de resíduos (VARGAS, 2018). Conforme Silva et al. (2017), a construção civil é responsável por causar vários impactos, pois consome grande parte de recursos naturais, transforma ambientes naturais em ambientes construídos e é um grande gerador de resíduos. Praticamente todas as atividades desenvolvidas na construção civil são geradoras de resíduos, comumente chamado entulho ou resíduo de construção e demolição (RCD) ou ainda, como atualmente tem sido denominado, resíduo da construção civil (RCC) (AZEVEDO; KIPERSTOK; MORAES, 2006, p. 65). Apesar do setor da construção civil gerar um elevado número de empregos e da viabilidade de moradias, ele é responsável por impactos ambientais, sociais e econômicos (KARPINSK et al., 2009, p. 11).

De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2011), o Brasil joga fora cerca de oito bilhões de reais ao ano porque não recicla seus produtos. A ABRECON também estima que, no Brasil, os resíduos são responsáveis por 60% do lixo sólido urbano. Dos resíduos gerados, grande parte refere-se aos resíduos classe A que, de acordo com a resolução CONAMA 307/2002, são os materiais que podem ser reciclados ou reutilizados na área de construção civil. Os resíduos classe A são provenientes de construções, demolições, reformas e reparos de edificações e quando reaproveitados têm aplicabilidade em pavimentos, blocos de concreto, bloco cerâmico e outros (CONAMA, 2002).

“Um dos meios de reduzir-se a quantidade de RCD disposto no meio ambiente e a extração de materiais minerais é a reciclagem do RCD e sua utilização na própria indústria que o gerou.” (HOOD, 2006). Albuquerque (2005) indica que grande parte dos resíduos gerados pela construção civil podem substituir matéria prima na produção de materiais. E afirma que a utilização de agregados reciclados na produção de blocos de concreto pode contribuir para a

diminuição de gastos. Borges (2012) ressalta que a demanda de blocos de concreto cresce no país e, devido a isto, o aumento de geração de entulho também ocorre. Conseqüentemente, há uma relação entre demanda de blocos de concreto e excesso de resíduos, ficando evidente que existe a possibilidade de produzir estes blocos com os agregados.

2 OBJETIVO

Visando diminuir impactos ambientais e socioeconômicos, tem-se a necessidade de reutilizar, reciclar e destinar de maneira correta esses materiais, minimizando assim a exploração de recursos naturais e gastos da obra, reintroduzindo-os ao mercado e gerando economia. Nesse contexto, o objetivo principal constitui-se por analisar o panorama no Brasil dos resíduos sólidos da classe A gerados pela construção civil na produção de blocos de concreto, investigando as vantagens de sua utilização e suas principais formas de uso.

3 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa fundamenta-se em levantamentos bibliográficos, coletando dados relacionados ao reaproveitamento de resíduos classe A em blocos de concreto. Desta maneira, as informações obtidas consistem em pesquisas em obras literárias, sites, artigos científicos e trabalhos acadêmicos, teses e documentos (usando como base a Resolução CONAMA n° 307 e ainda, dados fornecidos pela ABRECON. Para o levantamento de informações, as linhas de pesquisas ocorreram utilizando palavras-chave que ligassem o reaproveitamento dos resíduos nos blocos como, por exemplo: “resíduos da construção civil”, “resíduos classe A”, “reaproveitamento dos resíduos da construção civil”, “blocos de concreto” “resíduos classe A em blocos de concreto”. Como critério de escolha, foram selecionados aqueles que apresentaram como alternativa a substituição de resíduos classe A por

agregados comuns, ressaltando suas propriedades mecânicas e, ainda, indicando suas maneiras de utilização.

4 CONTEXTUALIZAÇÃO

4.1 Resíduos Sólidos da Construção Civil

O CONAMA (2002), pela Resolução n° 307, Art. 2°, apresenta a seguinte definição sobre resíduos da construção civil:

São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha; (CONAMA 307, 2002, p. 1).

De acordo com Mesquita (2012), no Brasil, a construção civil é responsável por cerca de 14% do PIB nacional, e o país é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais, utilizando entre 20% e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. Conforme a pesquisa setorial da reciclagem de RCC, o país produz cerca de 84 milhões de metros cúbicos de RCD e só recicla 17 milhões do material, o que corresponde a apenas 20% do RCD produzido (ABRECON, 2015). Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017), a quantidade per capita no país de RCD coletado, comparando-se os anos de 2016 e 2017, diminuiu 0,1%, ou seja, de 0,600 kg/hab/dia para 0,594 kg/hab/dia. A mesma afirma que a região Norte, comparada às demais regiões, é a que menos gera resíduos, onde coletou-se 24.585 toneladas/dia. Em contrapartida, a região Sudeste é a que mais gera com 64.063 toneladas/dia.

4.2 Classificação dos Resíduos Sólidos

Segundo a resolução nº 307/2002 do CONAMA, os RCC deverão ser divididos em classes, definidas com seu tipo de resíduo.

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

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

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

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

II - Classe B - são resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plástico, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; (redação dada pela Resolução 431 do CONAMA, 2011);

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (redação dada pela Resolução 431 do CONAMA, 2011);

IV - Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (redação dada pela Resolução 348 do CONAMA, 2004).

4.3 Resíduos Sólidos Classe A

Os resíduos classe A compõem mais da metade dos RCC, segundo Rocha, Cancio e Proença (2013). De acordo com Naves (2014), estes são o maior responsável pelo grande volume e peso dos resíduos gerados nos canteiros de obras. Segundo Evangelista, Costa e Zanta (2010), o RCC, formado em grande parte por resíduos de classe A que possuem potencial de reciclagem, pode ser reaproveitado para minimizar impactos ambientais que ocorrem devido ao seu descarte inadequado. Para Santos (2007), o RCD de Classe A representa cerca de 90% da massa do RCD no Brasil. Um dos principais fatores para o desperdício são projetos desatualizados ou incompatíveis após o serviço executado. Assim ocorre o retrabalho, tendo a necessidade de quebrar paredes

que, muitas vezes, gera resíduos de bloco de concreto classificados como classe A (ROCHA; CANCIO; PROENÇA, 2013).

Para os resíduos de Classe A (bloco cerâmico, piso cerâmico e restos), é recomendado um cuidado no armazenamento para uma futura reciclagem desses materiais e posteriormente uma destinação correta, que seriam as ATT's, áreas de reciclagem ou aterros de resíduos da construção civil licenciados pelos órgãos competentes. (SILVA et al., 2018, p. 110).

Segundo PINTO (1999), as porcentagens de RCC passíveis de serem reciclados estão entre 60% a 80% (resíduos classe A e B de acordo com a Resolução 307)". Conforme os dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012), 124 municípios adotam a triagem simples dos resíduos sólidos reaproveitáveis (classe A e B), 79 municípios reaproveitam os agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos, 20 municípios fazem a triagem e a trituração simples dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados e apenas em 14 municípios os resíduos classe A passam por triagem.

4.4 Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos devem ter gestão e gerenciamento adequados, a iniciar pela segregação na fonte geradora a ser realizada de acordo com suas classes e tecnologias disponíveis para sua destinação ambientalmente adequada (BITTENCOURT, 2014).

As empresas privadas de construção, que são grandes geradoras do resíduo Classe A, devem desenvolver projetos de gerenciamento específicos, por exemplo, triagem em canteiros de obras, incluindo o uso de transportadores cadastrados e área licenciadas para manejo e reciclagem. O poder público deve oferecer uma rede de coleta e destinação ambientalmente correta para os pequenos geradores, responsáveis por reformas e autoconstruções e incapazes de implementar a autogestão (BRASILEIRO; MATOS, 2015, p. 183).

A gestão do resíduo classe A no canteiro de obras pode ser implementada seguindo diretrizes traçadas em um Plano de Gestão dos Resíduos de Construção Civil (PGRCC). O PGRCC é um documento que grandes geradores de resíduos precisam elaborar para estabelecer o correto procedimento de manejo e a destinação final (BRASIL, 2002).

Em 2013, seguindo a pesquisa anual da ABRECON, foram registradas mais de 310 usinas de reciclagem instaladas no país. Geus e Garcias (2016) estimam um percentual de 19% de reciclagem total de 100,5 milhões de toneladas de RCD gerados no país, já que a média de produção gira em torno de 47% da capacidade instalada. Costa et al. (2017) relata que várias cidades brasileiras vêm adotando medidas para o descarte dos resíduos visando diminuir pontos clandestinos de descarte e para a possibilidade de utilização como materiais de construção. Como opção de medida, Geus e Garcias (2016) afirmam que em algumas cidades existem pontos de entrega voluntária para recebimento de RCD e outros tipos de resíduos de pequenos geradores.

4.5 Reaproveitamento dos Resíduos da Construção Civil

De acordo com o Art. 2º da Resolução 307 do CONAMA, a reciclagem consiste no processo de reaproveitamento do resíduo, após eles terem sido submetidos à transformação.

A utilização da ferramenta reciclagem dos resíduos de classe A permite realizar a aplicação do reuso de resíduos providos da construção civil, pois, após os geradores responsáveis pelos resíduos realizarem uma destinação correta, organizações que são capazes de realizar uma gestão destes resíduos entram em cena e permitem assim que sejam realizados o reaproveitamento, reutilização e reciclagem (LIRA, 2016, p. 81).

O potencial de reaproveitamento e reciclagem de resíduos da construção é enorme, e a incorporação desses resíduos na base de alguns produtos pode ser extremamente benéfico já que proporciona economia de matéria-prima e energia (KARPINSK et al., 2009, p. 57). O reaproveitamento de certos resíduos

é uma alternativa econômica vantajosa, na medida em que introduz no mercado um novo material com grande potencial de uso para diferentes fins (MORAND, 2016, p. 43). As empresas podem usar como alternativa o reaproveitamento de resíduos classe A, pois o mesmo acaba sendo reutilizado como fonte de matéria prima, inclusive em canteiros de obras. (ROCHA; CANCIO; PROENÇA, 2013). Conforme dito por Jadovski (2005), o reaproveitamento dos RCD tem influência direta na missão de reduzir impactos gerados e aumentar os níveis de sustentabilidade dentro da construção civil.

4.6 Destinação Final dos Resíduos Sólidos

“A geração de resíduos resulta numa agressão violenta e muitas vezes irremediável ao meio ambiente, causada principalmente pela dificuldade de se encontrar destinação adequada aos mesmos” (VIEIRA, 2011). De acordo com Santos (2012), a consequência da alta geração dos resíduos é a destinação que faz os municípios em áreas irregulares, sendo assim responsáveis pelo esgotamento da paisagem natural e ambiental. Segundo Leite (2014), a destinação correta dos RCD minimiza o consumo de recursos naturais e energéticos, o que resulta na maioria das vezes num menor custo energético. Ainda segundo o autor, os impactos ambientais associados à produção e destinação final de RCC devem ser incorporadas como oportunidades ao empreendedor, já que são inúmeras. Pinto (1999), alega que os municípios de médio e grande porte dispõem os grandes volumes de resíduos em aterros de inertes, comumente chamados de “bota-foras”. Isto constitui um problema já que ocorre o rápido esgotamento das áreas destinadas para disposição. A disposição incorreta, sendo ela em bota-foras clandestinos ou área irregulares, acarreta em prejuízos sociais e ambientais como o assoreamento dos rios, o aumento da instabilidade em áreas de encostas, entre outros.

Conforme Detoni e Anschau (2016), a classificação dos RCC e sua seletividade são necessárias pois vários dos materiais descartados não têm a

mesma destinação, dessa forma os resíduos devem ser destinados segundo sua classificação na Resolução CONAMA, nº 307 (BRASIL, 2002), conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Destinação dos Resíduos da Construção Civil.

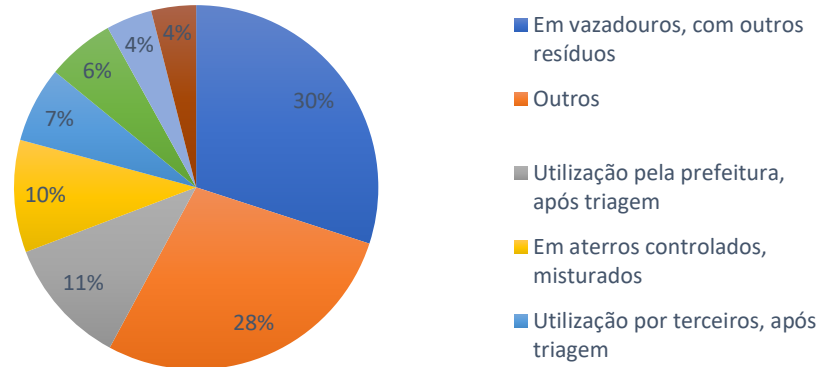
CLASSE	DESTINAÇÃO
A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados à aterros de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros. (Nova redação dada pela Resolução 448/12)
B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados à áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. (Nova redação dada pela Resolução 448/12).

FONTE: Resolução CONAMA, nº 307/2002.

Fernandes (2015), usando como base a CONAMA nº 307/2002, descreve que a segregação dos entulhos deve ser feita na própria obra, assim como a destinação adequada de todos os resíduos, dando ao seu gerador a responsabilidade sobre ele. Para a destinação dos resíduos tem-se os aterros, os quais a função é a reservação de materiais segregados por meio da disposição dos resíduos classe A e inertes no solo, futuramente possibilitando a utilização destes materiais (SIGOR, 2014). A disposição dos RCC nos solos é feita de acordo com dados fornecidos pelo PNSB/IBGE, 2008, apresentado na Figura 1. Caso não sejam descartados corretamente, representam em torno de 2/3 em massa dos resíduos sólidos urbanos (ABRECON, 2013).

FIGURA 1: Disposição dos RCC no Solo no Brasil.

Formas de Disposição dos RCC no Solo (%)



FONTE: PNSB (IBGE, 2008).

4.7 Impactos Causados pela Geração de Resíduos Sólidos

Por estar em constante crescimento, a construção civil vem sendo considerada uma das atividades que mais causa impactos negativos ao meio ambiente (ANDRÉ, 2017, p. 10). Conforme Pinto (1999), os impactos causados pelo descarte incorreto dos resíduos são bem visíveis e revelam um extenso comprometimento de qualidade do ambiente e de paisagens.

O uso inadequado de resíduos classe A compromete a paisagem do local; o tráfego de pedestres e de veículos; provoca o assoreamento de rios, córregos e lagos; o entupimento da drenagem urbana, acarretando em enchentes; além de servirem de pretexto para o depósito irregular de outros resíduos não-inertes, propiciando o aparecimento e a multiplicação de vetores de doenças, arriscando a saúde da população vizinha. (OLIVEIRA, 2018).

“Todos os processos da indústria da construção civil geram impacto negativo sobre o meio ambiente, mas é na destinação final inadequada que os geradores podem provocar os piores impactos[...]” (SANTOS, 2015, p. 22). Como alternativa de redução dos impactos ambientais pode-se usar os agregados na produção de componentes de blocos de concreto, pavimentação, alvenaria e outros, possibilitando a diminuição de custo e a exploração de

recursos naturais não renováveis (ROCHA; CANCIO; PROENÇA, 2013; TORRES; CARELI; PINTO, 2015).

Os RCC gerados no Brasil não apresentam grandes riscos ambientais, pois suas características são semelhantes a agregados naturais e solo, porém, os resíduos podem estar contaminados com óleos de maquinários, pinturas e outros, os tornando prejudiciais à saúde humana e ao equilíbrio do ecossistema (V.G. RESÍDUOS, 2017). Os resíduos depositados irregularmente acabam atraindo as deposições de outros tipos de resíduos sólidos e são classificados como volumosos, exemplos são os resíduos vegetais e resíduos não inertes (PINTO, 1999).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Aplicabilidade de Resíduos em Blocos de Concreto

Segundo Bastos, Cruz e Woelffel (2016), a construção civil, desde o princípio, sofre com problemas como elevados custos de produção e alta geração de resíduos e, com a aplicabilidade de RCC na produção de blocos de concreto, minimiza-se impactos ambientais e reduz-se gastos. Como mencionado por Albuquerque (2005), a produção de blocos de concretos é uma atividade que aspira alguns cuidados, pois o bloco deve ser economicamente viável e atender algumas exigências técnicas visando sua qualidade. De acordo com a NBR 6136/2014, os blocos de concreto devem atender, quanto ao seu uso, algumas classes, conforme Tabela 2.

Tabela 1 - Requisitos para Resistência Característica à Compressão

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial (fbk) aos 28 dias - MPa	Características
Com função estrutural	A	$fbk \geq 8$	Obras de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo.
	B	$4 \leq fbk < 8$	Obras de alvenaria acima do nível do solo

Com ou sem
função
estrutural

C

fbk \geq 3

Obras de alvenaria apenas
acima do solo

Fonte: Resolução CONAMA, nº 307/2002.

Quando se pretende confeccionar blocos de concreto, principalmente com a utilização de agregado reciclado, deve-se analisar pontos bastante relevantes, como é o caso das características necessárias que se deve atender. Quando os mesmos forem submetidos às solicitações de serviço podemos citar características como a taxa de resistência à compressão [...], assim como analisar as taxas de absorção de água e abrasão. (SOUZA, ASSIS, SOUTO, 2013, p. 276).

LINTZ et al. (2012) realizaram o estudo do reaproveitamento de RCC empregados na fabricação de blocos de concreto. Para isto foram produzidas cinco amostras, nas quais uma foi usada como referência. Nesta, utilizou-se de agregados naturais, e as outras foram produzidas com diferentes porcentagens de agregados reciclados. O bloco executado com 20% de RCC apresentou resistência acima de 6 MPa aos 28 dias, podendo ser classificado na classe A, e as demais amostras atendem as características de resistência de classe B. O resultado desse estudo afirma que “para todas as misturas de concreto utilizadas na fabricação dos blocos, os valores de resistência à compressão estão dentro das limitações das normas brasileiras para o emprego como elemento de vedação”. Os autores usaram a norma vigente na época, porém a versão mais recente, NBR 6136/2014, indica que a resistência dos blocos de 6MPa classifica-se como sendo de classe B, mas continuando com sua função estrutural.

Campos et al. (2019), elaboraram blocos de concreto com teores de substituição em massa de 13%, 19% e 25% de areia comum por areia de descarte da fundição (ADF). Nesse estudo, todos os blocos de concreto apresentam resistência característica à compressão igual ou superior a 4 MPa, o que permite classificar os mesmos como blocos classe B com função estrutural. Atualmente indicado para o uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo com função estrutural, conforme dito pela NBR 6136/2014. Na

produção desses blocos verificou-se o custo inferior ao de blocos com agregados comuns.

“A produção de componentes pré-moldados de concreto, a partir da utilização de agregados reciclados de entulho de construção, vem se mostrando como uma proposta potencial de destino racional desse tipo de resíduo” (SOUSA, BAUER e SPOSTO, 2002, p. 1634). Os mesmos citam em seu trabalho a produção de blocos de concreto com base de agregados provenientes da reciclagem de resíduos gerados pela construção civil, no qual foram coletadas amostras de resíduos em um canteiro de obra de um edifício. Segundo os autores, é extremamente considerável a influência do entulho nas propriedades dos blocos onde, na série em que se utiliza 40% de entulho com diâmetros inferiores a 2,4 mm, os valores de absorção estão conforme o recomendado pela norma. No geral, os resultados apontam as potencialidades de utilização do entulho reciclado na produção dos blocos de concreto e de qualquer outro elemento pré-moldado com características semelhantes de produção.

Constata-se no estudo de Silva, Júnior e Silva (2011), também a utilização de resíduos gerados no processo de fundição para a fabricação de blocos de concreto e seus aspectos qualitativos. Devido a uma mistura de areias, sendo 70% areia de fundição e 30% de areia natural, não são constatadas grandes diferenças de acabamento superficial e peso dos blocos em relação aos compostos por 100% de areia natural. Nesse estudo não se apresentou o resultado para o teste de compressão.

Já no estudo de Bastos, Cruz e Woelffel (2016), substituíram a areia natural em 100% por agregado reciclado no processo de produção dos blocos. Com os resultados obtidos por meio do ensaio de compressão, certificou-se que os blocos que apresentaram resistência de 2 MPa podem ser utilizados para alvenaria de vedação de paredes internas por apresentarem uma baixa resistência. Os mesmos autores afirmaram que “o estudo provou que a produção de blocos de concreto reciclados para vedação é uma alternativa ambiental e

economicamente viável. Também com 100%, mas usando RCD provenientes de obras em Londrina, Albuquerque (2005) realizou seu estudo reaproveitando os resíduos na produção de blocos de concreto. Em uma de suas séries experimentais, os blocos ensaiados ao fim de 30 dias apresentam uma compressão média de 4,7 MPa. Como consequência do resultado do estudo, a produção mostra-se viável para utilização como alvenaria não-estrutural desde que atenda alguns fatores como a qualidade do agregado, formulação do traço, processo de cura, e outros.

5.2 Vantagens da Utilização de Blocos de Concreto

“O emprego de agregados na produção de componentes como blocos de pavimentação, blocos de alvenaria, concretos, entre outros, vem sendo intensificado no Brasil somente nos últimos cinco ou seis anos” (ROCHA; CANCIO; PROENÇA, 2013, p. 123). Zucca et. al (2018) alegam que a economia na aquisição de matéria-prima é proveniente da substituição de materiais convencionais por entulhos. De acordo com Camoleis, Bueno e Silva (2015), a economia pode ser acima de 80%. O descarte de resíduos também é gerador de custo, então a sua reintrodução no setor da construção trás economia, pois diminui o custo do descarte (EQUILOC, 2018).

O estudo de Porto e Silva (2008), voltado para o reaproveitamento de entulhos de concreto na construção de casas populares, cita que o reaproveitamento traz benefícios à população regional, pois emprega mão de obra no setor e ainda aumenta o número de famílias contempladas com uma habitação. “O primeiro e evidente benefício da reciclagem de resíduos na construção civil está atrelado à sustentabilidade” (EQUILOC, 2018). A construção civil gera uma significativa quantidade de resíduos, daí a importância da implantação da cultura de sustentabilidade, sendo voltada ao tratamento, reciclagem e reutilização. Essas medidas preservam as matérias primas e reduz a poluição de rios e córregos (GLOBALTEC, 2018).

A sustentabilidade ambiental e social se constrói a partir de modelos e sistemas integrados, que possibilitem tanto a redução do lixo gerado pela população, como a reutilização de materiais descartados e a reciclagem dos materiais (GALBIATI, 2005).

Naves (2014), alega que a reciclagem de agregados provenientes dos resíduos de classe A que podem resultar em blocos de concreto, paver, bica corrida e outros podem ser aplicadas na construção civil em muros, pavimentação, aterramento, contenção de erosões, base e sub-base de pavimentos etc. Para Morand (2016), em aplicações não estruturais o resíduo deve ser empregado de acordo com sua qualidade. Como exemplo, o mesmo cita que as estradas com tráfego intenso devem apresentar materiais com melhores características, já para estradas com menor tráfego e aterros simples as qualidades são menores. Seguindo pelo mesmo raciocínio, Hood (2006) pressupõe que os blocos de concreto feitos a partir de agregados reciclados devem ser usados de acordo com suas funções e avaliados conforme suas características.

Jadovski (2005) propõe que os agregados sejam usados para finalidades mais nobres como, por exemplo, concreto de alta resistência. Contudo, o mesmo afirma que possam ser utilizados para pavimentação, alvenaria estrutural e vedação.

Campos et al. (2019), como anteriormente, indica que os blocos pertencentes ao seu estudo podem ser utilizados em elementos de alvenaria que estejam acima do nível do solo. Já no estudo de Ninni (2010), indica-se que os blocos de concreto reciclados podem ser usados na pavimentação intertravada, versão atualizada dos velhos calçamentos de paralelepípedo e podem ser empregados em calçadas e praças. Em seu trabalho, Ângulo (2000), relata a construção de um alojamento fazendo o uso de blocos de RCD reciclados em uma Usina de Asfalto Municipal, em São Paulo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que na construção civil os resíduos sólidos de classe A são gerados em maiores quantidades e estes apresentam um alto potencial de reciclagem. Dessa maneira, é importante que se faça sua reintrodução no setor construtivo. Essa reintrodução é possibilitada a partir de uma boa gestão dos resíduos que, devido às suas grandes quantidades, possibilitaram a criação de Leis e Normas para que o gerenciamento ocorresse da melhor maneira.

A gestão correta proporciona uma redução de gastos tanto para os órgãos governamentais quanto para os próprios responsáveis da geração dos resíduos. Além disso, a gestão eficiente inclui a destinação correta dos resíduos e, conseqüentemente diminui os impactos ambientais e socioeconômicos, pois estes resíduos podem ser futuramente reintegrados à construção civil. Para obter melhores resultados em seu reaproveitamento, os resíduos precisam passar por um melhor controle de qualidade para que não sejam contaminados, pois isso acaba dificultando sua reciclagem. A partir desses fatores, constata-se que a utilização de resíduos classe A na produção de blocos de concreto é uma alternativa altamente viável.

De acordo com os estudos citados ao longo da pesquisa, os blocos de concreto que apresentam os melhores resultados são aqueles que utilizaram em sua composição uma menor porcentagem de agregados reciclados. A substituição de 20% dos agregados reciclados na confecção de blocos foi o resultado que apresentou a maior resistência se comparado com as outras porcentagens de agregados reciclados. Apesar disso, os blocos com maior porcentagem ainda assim apresentaram alguma viabilidade dentro da construção civil, pois as qualidades dos blocos constatadas se enquadram em certos tipos de uso, dependendo de suas capacidades mecânicas. Um exemplo ocorre em um dos estudos, onde a substituição de 100% dos agregados apresentou resultado satisfatório, como por exemplo, uma resistência média de 4,7MPa. A discrepância entre os valores de compressão nos leva a concluir que, dependendo do material a ser utilizado e suas proporções, os blocos de concreto

podem atingir funções variadas. E dependendo de suas funcionalidades, devem ser confeccionados de maneiras diferentes.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, S. M. **Estudo para Uso de Agregado de Resíduos de Construção e Demolição em Blocos de Concreto Para Alvenaria**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Habitação, Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2005.

ANDRÉ, W. A. **Uso de Materiais Alternativos na Redução dos Impactos Ambientais da Construção Civil**. 2017. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras. Londrina, 2017.

ÂNGULO, S.C. **Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados**. São Paulo, 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. (2017) **Panorama Nos Resíduos Sólidos No Brasil**. São Paulo, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6136:2014: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – ABRECON. 2015. **Relatório: Pesquisa Setorial 2014/2015**. São Paulo, SP.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO - ABRECON. 2011. **Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção**. Disponível em: <<https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>>. Acesso em: 15/04/2022

AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. 2006. **Resíduos Da Construção Civil Em Salvador: Os Caminhos Para Uma Gestão Sustentável**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 11(1). Rio de Janeiro, 2006.

BASTOS, I. A.; CRUZ, L. F. da.; WOELFFEL, A. B. **Fabricação De Blocos De Concreto Para Vedação Com O Uso De Agregados Reciclados Em Canteiro De Obras**. Revista Científica Faesa, Vitória, ES, v. 12, n. 1, p. 52-58, 2016.

BITTENCOURT, P. T.; **Metodologia De Elaboração Do Plano De Gerenciamento De Resíduos Sólidos Da UFSC Campus Florianópolis**. 2014. 58f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2015.

BORGES, G. F. **Produção De Blocos Para Vedação: Análise Da Viabilidade Técnico-Econômico Da Utilização De Agregados Reciclados**. 2012. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 17 de julho de 2002.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Termo de Referência para Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil – PGRCC**. Brasília, 17 de julho de 2002.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão Bibliográfica: Reutilização De Resíduos Da Construção E Demolição Na Indústria Da Construção Civil**. Revista Cerâmica. Vol. 61. Pg. 178-189. 2015.

CAMOLEIS, L. C.; BUENO, J. R. P; SILVA, J. H. N. **A Empregabilidade dos Resíduos de Construção Civil e Demolição (RCD): Benefícios Ambientais**. Revista Científica, Centro Universitário de Araras – UNAR, vol. 10, n. 1. Araras, SP. 2015.

CAMPOS, M. A., FERRÃO, A. M. de A., FERNANDES, F. A. dos A., CAELA, A. M. **Blocos de Concreto com Areia de Descarte de Fundição: Um Case de Sucesso De Viabilidade Econômica, Propriedades Mecânicas e de Durabilidade**. 2018. 18º Congresso ABIFA de Fundição. FEC-Unicamp. 2019.

CETESB. **Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (SIGOR)**. 2014. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/sigor/wp-content/uploads/sites/37/2014/12/%C3%81reas-de-Reciclagem-e-Aterros-Res%C3%ADduos-Classe-A.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2019.

COSTA, T. L., AGUIAR, M. B., MORAES, W. L. M., DIAS, E.T., SILVA, D., JÚNIOR, A. P. A. **A Produção de Blocos de Concreto Confeccionados com Rejeitos da Construção Civil para Execução em Alvenaria de Vedação: A Busca por Alternativas Sustentáveis**. Percurso Acadêmico, Belo Horizonte, v. 7, n. 14, 2017.

DETONI, D.; ANSCHAU, C. T. **Gestão De Resíduos Sólidos Dos Canteiros De Obras Da Construção Civil Do Município De Chapecó - SC**. TECNOLÓGICA - REVISTA CIENTÍFICA, v. 5, 2016.

EVANGELISTA, P. P. de A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. **Alternativa Sustentável Para Destinação De Resíduos De Construção Classe A: Sistemática Para Reciclagem Em Canteiros De Obras**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 23-40, jul./set. 2010.

EQUILOLOC. 2018. **Conheça 5 Benefícios da Reciclagem na Engenharia Civil.** Disponível em: <<http://locadoraequiloc.com.br/blog/conheca-5-beneficios-da-reciclagem-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 19 out. 2019.

FERNANDES, B. C. M. **A Utilização De Resíduos Da Construção Civil E Demolição – RCD – Como Agregado Para O Concreto.** 2015. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Formiga. Minas Gerais, 2015.

GALBIATI, A. F. **O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e a Reciclagem.** 2005. Disponível em: <<http://www.limpezapublica.com.br/textos/97.pdf>>. Acesso em: 19 out. de 2019.

GEUS, L. M.; GARCIAS, C. M. **Panorama Da Gestão De Resíduos De Construção E Demolição.** Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 8, p. 14-26, 2016.

GLOBALTEC. 2018. **Sustentabilidade: Reaproveitamento de Resíduos na Construção Civil.** Disponível em: <<https://www.globaltec.com.br/2018/02/13/sustentabilidade-reaproveitamento-de-residuos-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 19 out. 2019.

HOOD, R. DA S. S. **Análise da Viabilidade Técnica da Utilização de Resíduos de Construção e Demolição como Agregado Miúdo Reciclado na Confecção de Blocos de Concreto para Pavimentação.** 2006. 150f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** Rio de Janeiro, 2008.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil.** 2012.

JADOVSKI, I. **Diretrizes Técnicas e Econômicas para Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição.** 2005. 178f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

KARPINSK, L. A., PANDOLFO, A., REINEHER, R., KUREK, J., PANDOLFO, L. GUIMARÃES, J. **Gestão Diferenciada De Resíduos Da Construção Civil: Uma Abordagem Ambiental.** Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

LEITE, S. R. P. **Estudo das Práticas de Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil do Rio De Janeiro.** 2014. 51f. Projeto de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

LINTZ, R. C. C., JACINTHO, A. E. P. G. de A., PIMENTEL, L. L., GACHET-BARBOSA, L. A. **Estudo do Reaproveitamento de Resíduos de Construção**

em Concretos Empregados na Fabricação de Blocos. RIEM – IBRACON, Structures and Materials Journal, v. 5, n. 2, 2011.

LIRA, D. S. **A reciclagem de resíduos da construção civil de classe a e o seu reuso na cadeia de suprimentos do setor.** Interface Tecnológica, São Paulo, v. 12, p. 80-92, 2015.

MESQUITA, A. S. G. **Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí.** 2012. Instituto Federal do Piauí. Teresina, Piauí, 2012.

MORAND, F. G. **Estudo Das Principais Aplicações De Resíduos De Obra Como Materiais De Construção.** 2016. Projeto de Graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

NAVES, A. R. C. **Gestão De Resíduos Sólidos Da Construção Civil E Demolição No Município De Goiânia: Gargalos E Oportunidades Na Reutilização Ou Reciclagem.** 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis). Instituto Federal De Educação Ciência E Tecnologia De Goiás. 2014.

NINNI, K. **Concreto reciclado custa 30% menos.** São Paulo: ESTADÃO, 2010. Disponível em: <<http://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,concreto-reciclado-custa-30-menos,586746>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

OLIVEIRA, B. I. S. **A Utilização De Resíduos Classe A Na Pavimentação.** Centro Universitário do Norte. Manaus. 2018.

PINTO, T. de P. **Metodologia Para A Gestão Diferenciada De Resíduos Sólidos Da Construção Urbana.** 1999. 190f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PORTO, M. E. H. de C.; SILVA, S. V. **Reaproveitamento Dos Entulhos De Concreto Na Construção De Casas Populares.** XXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

ROCHA, V. G.; CANCIO, E. P.; PROENCA, R. R. **Gestão E Reuso De Resíduo Classe A.** 2013. 118f. Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, v. 13. UNIFACS, 2014.

SANTOS, E. C. G. **Aplicação De Resíduos De Construção E Demolição Reciclados (RCD-R) Em Estruturas De Solo Reforçado.** 2007. 168f. Dissertação De Mestrado, Escola De Engenharia De São Carlos Da Universidade De São Paulo. São Carlos, 2007.

SANTOS, I. da R. **Medidas Para A Redução Dos Impactos Ambientais Gerados Pela Construção Civil.** 2015. 96f. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

SANTOS, P. S. A. **As Empresas de Construção Civil e a Responsabilidade Socioambiental**. 2012. 32p. Dissertação (Pós-Graduação em Economia e Meio Ambiente), Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2012.

SILVA, A. S., SANTOS, R. M. S., VIANA, A. L., CARNEIRO, C. J. M., SILVA, P. T. C., SANTOS, K. J. S., LACERDA, F. A. S., FREITAS, C. R. S. **Gestão De Resíduos Sólidos Na Construção Civil: Estudo De Caso Em Duas Empresas Na Cidade De Manaus** – AM. Revista interfaEHS, v. 12, n. 1, São Paulo: Centro Universitário Senac, 2017.

SILVA, L. F. B., MOTTER, L., BARBISAN, A. O., GIACHINI, E. **Destino Final De Resíduos Sólidos Na Construção Civil Em Obras De Pequeno Porte No Município De Palmitos – SC. 2018. UCFF, Vol. 1, n. 1, Santa Catarina, 2018.**

SILVA, C. E; JUNIOR, L. C. S; SILVA, R. E. B. **Aspectos Qualitativos da Fabricação de Blocos de Concreto Utilizando Resíduos de Areia de Fundição**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2011, Belo Horizonte. *Anais...*

SOUSA, J. G.; BAUER, E.; SPOSTO, R. M. **Blocos de Concreto Produzidos Com Agregados Provenientes da Reciclagem de Resíduos Gerados Pela Construção Civil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIADO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., Foz do Iguaçu, 2002. *Anais...* Paraná: ANTAC, 2002.

SOUZA, L.M.; DE ASSIS, C.D.; SOUTO, S.B.G. **AGREGADO RECICLADO: UM NOVO MATERIAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2013. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 1, p. 273-278, 2014.

TORRES, L. CARELI, E.; PINTO, T. de P. **Reciclagem De Resíduos É Alternativa Sustentável Para Destinação De Entulhos**. Revista Digital – AECweb, 2015. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/reciclagem-de-residuos-e-alternativa-sustentavel-para-destinacao-de-entulhos_7628_0_1>. Acesso em: 02 nov. 2019.

VARGAS, C. **Análise da Gestão de Resíduos da Construção Civil no Estado do Paraná e Município de Cascavel-PR**. 2018. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Toledo, Paraná, 2018.

VIEIRA, J. G. M. **Gerenciamento De Resíduos Resultantes Da Construção Civil Na Cidade De Chapecó (SC)**. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, UNOCHAPECO, Chapecó, 2011.

V. G. RESÍDUOS. 2017. Resíduos da Construção Civil: Construindo Valores de Sustentabilidade. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/residuos-da-construcao-civil-construindo-valores-de-sustentabilidade/>>. Acesso em: 19 out. 2019.

ZUCCA, R., NETO, J. G. V., SANTOS, R. C., LOVATTO, J., COSTA, M. V.
2018. **Uso de Resíduos de Construção como Agregado Graúdo Destinado à Confecção de Blocos para Alvenaria de Vedação.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer

Enviado em: 05 mar. 2020.

Aceito em: 26 jun. 2022.

Editor responsável: Mateus das Neves Gomes.