

QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS PROCEDENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE MACEIÓ - AL

Angélica Kelly dos S. Pimentel Ribeiro¹
Sheyla Karolina Justino Marques²
Igor Bruno Gomes Ribeiro³
Stoecio Malta Ferreira Maia⁴

RESUMO

Os Resíduos da Construção Civil (RCC), popularmente conhecido como entulho, vem causando transtornos em diversas cidades brasileiras, devido ao grande volume produzido e a carência de gerenciamento. Este trabalho objetivou apresentar a estimativa da quantidade de RCC gerados no Município de Maceió - AL, bem como realizar caracterização física desses resíduos. A pesquisa é de natureza exploratória e descritiva, com enfoque quantitativo e qualitativo. A estimativa de geração levou em consideração os resíduos produzidos nas edificações novas; reformas, ampliações e demolições; e resíduos removidos de deposições irregulares. A composição física baseou-se no método de quarteamento, conforme ABNT NBR 10007. Estima-se que Maceió gera 817,6 t/dia de RCC, o equivalente a 0,8 kg/hab/dia. Deste total, 82% é composto por resíduos de Classe A e 15% classe B, os 3% restante inclui resíduos Classe C, D e outros. O conhecimento da situação dos RCC, e o planejamento de políticas de desenvolvimento sustentável, torna-se indispensável para o município de Maceió se adequar aos critérios, diretrizes e procedimentos estabelecidos pela Resolução nº 307/2002 e suas alterações, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); bem como atender as metas dispostas no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB).

Palavras-chave: Geração de resíduos. Composição física. Plano de gerenciamento. Entulho.

¹Mestra em Tecnologias Ambientais. Instituto Federal de Alagoas (IFAL). E-mail: angelicakpimentel@gmail.com.

²Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais. Instituto Federal de Alagoas (IFAL). E-mail: sheyla.marques@ifal.edu.br

³Graduando em Engenharia Civil. Centro Universitário Mario Pontes Jucá (UMJ). E-mail: igor.bruno.ribeiro@gmail.com

⁴Doutor em Solos e Nutrição de Plantas. Instituto Federal de Alagoas (IFAL). E-mail: stoecio.maia@ifal.edu.br.

QUANTIFICATION AND CLASSIFICATION OF WASTE FROM CIVIL CONSTRUCTION IN THE MUNICIPALITY OF MACEIÓ – AL

ABSTRACT

Civil Construction Waste (RCC), popularly known as rubble, has been causing inconvenience in several Brazilian cities, due to the large volume produced and the lack of management. This work aimed to present the estimate of the amount of RCC generated in the city of Maceió - AL, as well as to carry out physical characterization of these residues. The research is exploratory and descriptive in nature, with a quantitative and qualitative focus. The generation estimate took into account the waste produced in new buildings; reforms, extensions and demolitions; and residues removed from irregular depositions. The physical composition was based on the quartering method, according to ABNT NBR 10007. It is estimated that Maceió generates 817.6 t / day of RCC, equivalent to 0.8 kg / inhab / day. Of this total, 82% consists of Class A and 15% Class B waste, the remaining 3% includes Class C, D and other waste. Knowledge of the situation of the CCRs, and the planning of sustainable development policies, becomes essential for the municipality of Maceió to adapt to the criteria, guidelines and procedures established by Resolution No. 307/2002 and its amendments, of the National Environment Council (CONAMA); as well as meeting the goals set out in the Municipal Basic Sanitation Plan (PMSB).

Keywords: Waste Generation. Physical Composition. Management Plan. Rubbl.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é definida como uma das mais importantes indústrias propulsoras do desenvolvimento social e econômico de qualquer país. No Brasil, por exemplo, no ano de 2017 a construção civil foi responsável por 5,2% do PIB (IBGE, 2018a); gerando empregos diretos e indiretos. No entanto, é também uma atividade que tem gerado uma série de impactos ambientais negativos, tendo em vista, o considerável consumo de matéria-prima, a intervenção imposta às paisagens naturais e o significativo volume de resíduo gerado. Estima-se que os resíduos da construção civil (RCC) no Brasil equivalem entre 50 a 70% do total de resíduos sólidos gerados (ALMEIDA et al., 2020).

Segundo o panorama da situação dos resíduos sólidos no Brasil, elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no ano de 2019, em torno de 56% dos resíduos gerados no Brasil, teve como origem as atividades de construção e de demolição, o que equivale a,

aproximadamente, 44,5 milhões de toneladas de RCC gerados por ano, de um total de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (ABRELPE, 2020).

No estado de Alagoas, de acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), a geração diária de RCC é em média 2.819,85t; considerando que Alagoas possui 3.120.494 habitantes, calcula-se um média per capita de 0,9kg/habitantes/dia; sendo a região metropolitana responsável por 58,4% da geração de RCC no estado, em função da maior concentração populacional em especial a cidade de Maceió (ALAGOAS, 2015).

Em Maceió, cerca de 60% dos RCC são destinos de forma inadequada, trazendo diversos impactos ambientais negativos diretamente relacionado à degradação da qualidade de vida urbana, como: enchentes, assoreamento de rios e córregos; acúmulo de vetores transmissores de doenças, nocivos à população; gastos para órgãos públicos e os munícipes, com fiscalização e transporte dos RCC; degradação das áreas urbanas, causando desvalorização das propriedades e por consequência ocasionando atraso no desenvolvimento local (ARAÚJO; PIMENTEL, 2016).

A ausência do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), a carência de política pública efetiva, a ausência de compromisso dos geradores e coletores de RCC e a falta de consciência ambiental por parte da sociedade podem ser as causas do aparecimento de depósitos clandestinos.

De acordo com Pucci (2006), o desenvolvimento de um plano de gestão de resíduos é uma forma de diminuir os resultados dos impactos causados pelos resíduos de construção. Para o gerenciamento correto dos resíduos, se faz necessário conhecer a geração e as características dos RCC, para que eles venham a ser gerenciados de forma efetiva, o que consistirá na tomada de decisão ao reciclá-los, quando não for possível reutilizá-los nem reduzi-los (CARNAÚBA; ARAÚJO, 2010).

A caracterização dos RCC nos municípios tem papel fundamental na definição de estratégias de reciclagem, a exemplo dos programas de coleta seletiva. Seus dados revelam a composição dos resíduos, com os percentuais de cada componente, podendo servir de subsídios no dimensionamento das usinas de reciclagem (PRATA, 2013).

Dessa forma, este estudo teve como objetivo realizar a estimativa quantitativa de geração e determinar a composição gravimétrica dos RCC de Maceió, com o intuito

de melhorar o entendimento e as informações disponíveis sobre a gestão destes resíduos, e assim, contribuir com a elaboração do PMGRCC do município de Maceió, e viabilizar um sistema de gerenciamento sustentável em que os agentes responsáveis pela geração dos resíduos sejam também responsabilizados por sua correta destinação, trazendo assim benefícios econômicos, sociais e ambientais.

2. METODOLOGIA

A pesquisa é de natureza exploratória e descritiva, com enfoque quantitativo e qualitativo. O estudo foi realizado no ano de 2019, contemplou o município de Maceió, capital do Estado de Alagoas, situado na microrregião homônima e mesorregião do Leste Alagoano, no Nordeste do Brasil.

Para a solução do problema de pesquisa e dos objetivos delineados, este estudo abrangeu duas etapas: estimativa da geração de RCC e caracterização dos RCC.

2.1 ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE RCC GERADA EM MACEIÓ

Para estimar a massa de RCC gerado pelo município de Maceió foi adotado o método proposto por Pinto (1999) adaptado por PRATA (2013), o qual considera três indicadores: I) a quantidade de resíduos oriundos de edificações novas construídas na cidade, obtido a partir da metragem quadrada devidamente licenciada, em determinado período de tempo; II) a quantidade de resíduos provenientes de reformas, ampliações e demolições, regularmente removida no mesmo período de tempo; III) a quantidade de resíduos removidos de deposições irregulares pela municipalidade, igualmente no mesmo período.

O período analisado compreendeu 2016, 2017 e 2018, para que pudéssemos obter um panorama real da situação dos RCC. Os dados obtidos foram oriundos das entrevistas realizadas nos órgãos municipais (SUDES e SEDET) e aos transportadores privados.

As entrevistas contemplaram perguntas sobre o quantitativo de RCC coletado pelas empresas privadas e pela prefeitura, os impactos oriundos do descarte irregular dos RCC, tipos de veículos utilizados para o transporte e locais de descarte licenciado.

Indicador I - Novas obras licenciadas

Para determinação deste indicador foi realizado levantamento de dados fornecidos pela Secretaria de Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente (SEDET), para o período de 2016 a 2018 de novas obras licenciadas. A tabela 1, apresenta o método usado na obtenção do primeiro indicador.

Tabela 1- Método para determinação do indicador dos RCC proveniente das obras de edificações novas.

Nº anos	Área total aprovada (m ²)	Média anual (m ²)	Total de RCC (t/ano)	Indicador dos RCC em novas edificações (t/dia)
A	B	$C = B/A$	$D = C \times 0,15^{(1)}$	$Ine = D / (12^{(2)} \times 26^{(3)})$

(1) Estimativa da quantidade de RCC removidos durante o processo construtivo, em toneladas por metro quadrado. (2) Quantidade de meses no ano. (3) Quantidade de dias no mês, desprezando os domingos. Fonte: PINTO (1999) adaptado por PRATA (2013).

O indicador de estimativa da quantidade total de resíduos gerados pode ser determinado com base em indicadores de perdas, fruto de pesquisas realizadas em diversas cidades brasileiras, de onde se concluiu que o quantitativo de resíduos a serem removidos durante o processo construtivo é estimado em 0,15 t/m² de área construída, de acordo com a metodologia apresentada por Pinto (1999), e adotado também por Prata (2013), Cardoso et al. (2014) e Helena (2018).

Indicador II - Obras de reformas, acréscimos e demolições regulamente coletados

O município de Maceió possui agentes coletores específicos para coleta de RCC, sendo de responsabilidade da Prefeitura apenas os RCC oriundos de serviços públicos e que estejam poluindo áreas ou vias públicas; mas quando se refere às obras de reforma, acréscimos e demolições, raramente são apresentadas para aprovação nos órgãos municipais e, quando são apresentadas, caracterizam-se como atividade com pequena área construída, sendo na maioria das vezes descartados em áreas públicas. Sendo assim as informações coletadas com os agentes coletores revelaram o porcentual do movimento referente a essa atividade. A tabela 2 apresenta o cálculo realizado para obtenção do segundo indicador.

Tabela 2- Método para determinação do indicador dos RCC gerados em obras de reformas, acréscimos e demolições.

Número de viagens mensais	Massa total transportada (t/mês)	Viagens em reformas, ampliações e demolições (%)	Indicador dos RCC em reformas, ampliações e demolições (t/dia)
A	$B = A \times \text{Carga típica}^{(1)}$	C ⁽²⁾	$I_{rad} = [(B \times C) / 26^{(3)}] / 100$

(1) Capacidade de carga do veículo coletor, 4,8 toneladas. (2) Percentual do total de resíduos coletados informado pelo agente coletor. (3) Quantidade de dias no mês, desprezando os domingos. Fonte: PINTO (1999) *adaptado por* PRATA (2013).

O número de viagens mensais (A) foi determinado em função da média transportada no período de três anos, 2016 a 2018. Já para a massa total transportada (B), considerou-se, além do número de viagens, a capacidade de carga de cada viagem como sendo 4,8 toneladas, capacidade definida em função das características do veículo coletor (PINTO; GONZÁLES, 2005).

Com base nas informações coletadas por meio de entrevista com os agentes coletores (transportadores) e com a Superintendência Urbana de Desenvolvimento Sustentável (SUDES) foi possível estimar a geração de RCC, referente a porcentagem de viagens em reformas, ampliações e demolições (C).

Indicador III - Disposições irregulares

Com base nas informações da SUDES foi verificado o número de veículos envolvidos (A), bem como o número de viagens mensais realizadas (B) nas ações de remoção dos resíduos em pontos de deposições irregulares. E foi identificado o percentual da capacidade de carga de cada viagem (C) que correspondeu aos RCC. Para a determinação deste percentual, foi considerado a presença de outros tipos de resíduos, a exemplo dos domiciliares e volumosos. Contudo, com a definição do número de viagens mensais exclusivas com RCC, do peso de carga por viagem, determinou-se a massa de RCC transportada (D), coletada mensalmente nos pontos de deposições irregulares (Tabela 3).

Tabela 3- Método para determinação do indicador dos RCC regularmente coletados das deposições irregulares.

Nº de veículos envolvidos	Nº de viagens mensais	Viagens exclusivas com RCC (%)	Massa RCC transportada (t/mês)	Indicador dos RCC em deposições irregulares (t/dia)
A	B	C (1)	$D = [A \times B \times C \times \text{Carga típica}^{(2)}] / 100$	$\text{Idi} = D / 26^{(3)}$

(1) Percentual de RCC no total de resíduos coletados, informado pelo agente coletor. (2) Capacidade de carga do veículo coletor, 4,8 toneladas. (3) Quantidade de dias no mês, desprezando os domingos. Fonte: PINTO (1999) *adaptado por* PRATA (2013).

Estimativa da geração total de RCC e determinação da taxa de geração per capita

A partir do somatório dos três indicadores (em toneladas / dia) obteve-se a geração total de RCC. A tabela 4 apresenta o método para obtenção dessa estimativa. Para a determinação da taxa de geração (Tg) per capita foi considerada a população do município de Maceió em 2018 (IBGE, 2018b).

Tabela 4- Método para estimar a geração de RCC e determinação da taxa de geração per capita na zona urbana de Maceió.

Estimativa da geração dos RCC (t/dia)	População atual na zona Urbana (mil hab.)	Taxa de geração per capita (t/ano por hab.)
$Eg = \text{Ine} + \text{Irad} + \text{Idi}$	Pop (1)	$Tg = (Eg \times 26^{(2)} \times 12^{(3)}) / \text{Pop}$

(1) IBGE (2018). (2) Quantidade de dias no mês, desprezando os domingos. (3) Quantidade de meses no ano. Fonte: PINTO (1999) *adaptado por* PRATA (2013).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RCC DE MACEIÓ

A composição gravimétrica dos RCC de Maceió foi realizada de acordo com a metodologia proposta na NBR 10.007 (ABNT, 2004), na área do Aterro Sanitário, no mês de dezembro de 2019.

Determinação do número e tamanho da amostra

A amostragem consistiu na seleção aleatória de 4 caçambas de 5 m³ de resíduos da construção civil provenientes de diferentes locais dispostos no aterro sanitário do município, na área dos inertes. Para o estudo em questão, foi quarteado o total de

RCC, por caçamba selecionada, e nesse caso trabalhou-se com 4 amostras, denominadas AM1, AM2, AM3 e AM4.

Para coleta da amostra de cada caminhão, foi montada uma pilha de RCC e retirou-se as amostras de pelo menos três pontos da pilha (do topo, do meio e da base). O volume, por caçamba, após homogeneização, foi espalhado uniformemente em uma área disponível pelo Aterro Sanitário, foi dividida em quatro partes iguais (Figura 1), onde duas partes opostas foram descartadas, e o restante foi reunido, para novamente ser espalhado na área e repetido o quarteamento até alcançar o volume aproximado de $0,1\text{m}^3$.

Figura 1- Quarteamento da amostra: (a) Máquina auxiliando no quarteamento; (b) Divisão final da amostra em quatro partes.



Cada amostra foi acondicionada em baldes e transportada por meio de uma pá mecânica até pátio coberto no aterro sanitário, onde foi realizado o processo de separação, peneiramento e pesagem por tipo de material.

Medição do Volume, Separação, Peneiramento e Pesagem das Amostras

- a) Medição do volume e pesagem do total de cada amostra - Volume medido em baldes de 18 litros e pesados em balança digital (da marca Micheleti) com capacidade de 1kg a 150kg (com margem de erro de 0,05%).
- b) Cálculo da massa específica, por amostra e média - Relação entre o peso e volume das amostras;
- c) Separação manual dos componentes por amostra (Figura 2);

Figura 2- Separação dos componentes: (a) caracterização visual e (b) componentes separados.



d) Peneiramento por amostra – O peneiramento manual dos restos não identificáveis (Figura 5) foi realizado por meio das peneiras de malha 2,00mm, 0,425mm e 0,075mm, onde respectivamente classificou-se em pedregulho, areia e silte (Figura 3).

Figura 3- Classificação após peneiramento.



e) Pesagem dos componentes separados por grupo, onde foram utilizado baldes de 18 litros e balança digital com capacidade para 150 Kg;
 f) Cálculo da massa unitária e média das amostras (AM1, AM2, AM3 e AM4);
 g) Cálculo percentual da composição dos materiais contidos nos RCC por amostra e média das amostras.

Ressalta-se que todo processo de caracterização seguiu critérios e recomendações estabelecidos na Resolução nº 307 (CONAMA) e suas alterações; e na NBR 10.007 (ABNT, 2004). Dessa forma, determinou-se a composição física e a classificação de cada uma das quatro amostras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RCC EM MACEIÓ

Os resultados para a geração média total de RCC, bem como dos diferentes geradores (nova edificação, reformas/demolições, e deposição irregular), são apresentados na tabela 5. Para as novas edificações observou-se que nos três anos do estudo (2016 a 2018) foi licenciada pela prefeitura 1.305.732,09m² de área construída, sendo que 2018 foi responsável por 65% deste total, com uma área licenciada cinco vezes maior do que em 2016 (Tabela 6). Assim, a média anual de áreas construídas para novas obras dentro de Maceió foi de aproximadamente 435.000,00m², com uma geração anual média de 65.286,60 t/ano ou 209,25 t/dia (Tabela 5).

Tabela 5- Estimativa de Geração de RCC em Maceió - AI (2016 – 2018)

Indicadores de Geração de RCC	
VARIÁVEIS	VALORES
I. Indicador de novas edificações (I_{ne})	
Nº Anos	3
Área total aprovada (m ²)	1.305.732,09
Estimativa da quantidade de RCC removidos durante o processo construtivo, t/m ² (Pinto, 1999)	0,15
Média anual (m ²)	435.244,03
Total de RCC (t/ano)	65.286,60
Indicador dos RCC em novas edificações (t/dia)	209,25
II. Indicador de reformas, acréscimos e demolições (I_{rad})	
Nº de viagens mensais	750
Carga típica do veículo coletor (t)	4,8
Massa total transportada (t/mês)	3600
Viagens em reformas, ampliações e demolições (%)	40
Indicador dos RCC em reformas, ampliações e demolições (t/dia)	55,38
III. Indicador de deposições irregulares (I_{di})	
Nº de veículos envolvidos	12,00
Nº de viagens mensais	624,00
Viagens exclusivas com RCC (%)	40,00
Carga típica do veículo coletor (t) - de acordo com Pinto; Gonzáles (2005).	4,8
Massa RCC transportada (t/mês)	14.376,96

Indicador dos RCC regularmente coletados das deposições irregulares (t/ dia)	552,96
Estimativa de Geração e determinação da taxa de geração per capita	
Estimativa de Geração de RCC (t/dia)*	817,59
População atual na zona urbana (mil habitantes)	1.018.948,00
Taxa de geração per capita (t/ano por hab.)	0,25

Fonte: Org. pelos autores, 2019. * Somatório dos três indicadores calculados.

Tabela 6- Resumo das Licenças aprovadas, referente a novas obras de edificações em Maceió.

Ano	Licenças aprovadas	Área total aprovada (m²)	Geração de RCC (toneladas)
2016	152	167.661,55	25.149
2017	218	288.340,39	43.251
2018	202	849.730,15	127.460
Total	572	1.305.732,09	195.859,81

Fonte: Org. pelos autores, 2019.

Os dados obtidos são representativos para avaliação da geração, por considerar que as áreas licenciadas englobam empreendimentos de médio e grande porte da cidade. Além disso, construções clandestinas não licenciadas, em grande parte, representam empreendimentos de pequeno porte, com custos menores e pequena geração de RCC (PRATA, 2013).

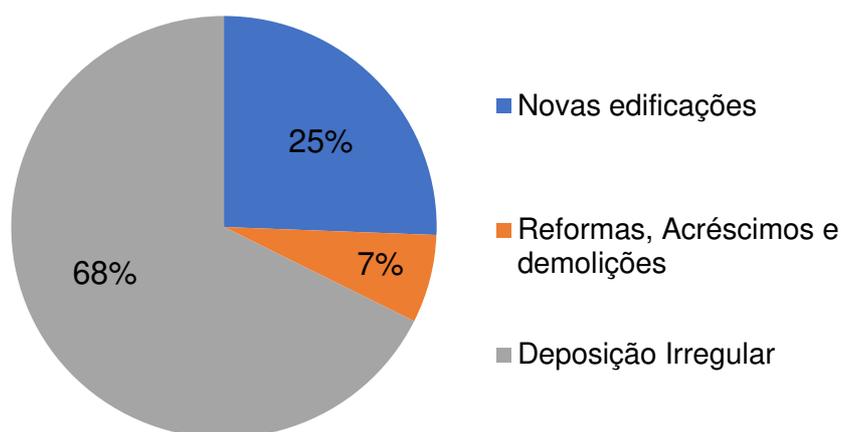
Devido à falta de informação referente a obras de reformas, acréscimos e demolições no setor de licenciamento na SEDET, para mensurar esse indicador, as informações fornecidas pelos transportadores terceirizados e pela SUDES foram essenciais, e possibilitou estimar que a geração de RCC decorrente de reformas, ampliações e demolições é de aproximadamente 55,38 t/dia (Tabela 5). Do total de massa de RCC proveniente das obras executadas na zona urbana, transportada mensalmente pela SUDES, 40% refere-se aos resíduos oriundos das obras de reforma, acréscimo e demolição.

Quanto a geração de RCC via deposição irregular, atualmente, a SUDES é responsável pela remoção dos resíduos descartados irregularmente. Diariamente são realizadas 24 viagens a pontos de descarte irregular com caminhão basculante, o que corresponde mensalmente a 624 viagens de resíduos sólidos oriundo de deposição irregulares espalhadas por todo o perímetro urbano. Assim, considerando que cada

viagem transporta 4,8 toneladas, e que 40% são RCC, estimou-se que a massa de RCC removida mensalmente destes locais é de aproximadamente 14.37 t/mês (Tabela 5). Cabe salientar que, do total dos resíduos removidos das áreas de deposição irregular, a SUDES estima que 60% correspondem a outros resíduos sólidos, como os domésticos, animais mortos e poda.

Por fim, com as informações dos indicadores (Ine, Irad e Idi) (Tabela 5) foi possível estimar o total dos RCC gerado no município de Maceió, cujo valor é 817,60 t/dia (Tabela 5). Observa-se na figura 4, que desse total, 68% é oriundo de deposição irregular, percentual bem significativo e preocupante, quase o triplo dos resíduos gerados em novas edificações (25%).

Figura 4- Representação da origem dos RCC em Maceió – AL.



O baixo índice de RCC oriundo de reformas, acréscimos e demolições (7%), provavelmente se deve ao fato, principalmente, de ser proveniente de pequenos geradores, os quais ao realizarem uma obra, reforma ou demolição, não optam por contratar serviços de coleta ou aluguel de caçamba para encaminhar a CTR, devido aos custos com a destinação; sendo assim em sua maioria contratam serviços de carroceiros que descarregam esse material geralmente em locais irregulares.

A presença de pontos de descarte irregular comprova o elevado índice de disposição irregular e indica que nem todo gerador está destinando corretamente o RCC, de acordo com a SUDES existe uma média de 197 áreas de depósitos clandestinos. Outro fator a ser considerado é a ausência de educação ambiental e

fiscalização, o que contribui de forma significativa com o aumento do descarte irregular (ROSADO; PENTEADO, 2018).

A baixa geração de resíduos por novas edificações, é justificado devido à crise econômica que compreendeu o período analisado. Segundo o IBGE, em 2018, o produto interno bruto da construção civil registrou o quinto ano seguido de retração, atingindo uma redução de 30% entre os anos de 2014 e 2018. Logo, pode se assumir que uma mudança do cenário para setor da construção civil, possivelmente, aumentará o número de novas edificações e conseqüentemente crescerá a geração de RCC.

Se comparamos o quantitativo coletado de RCC em Maceió, que é 738,62 t/dia, com a estimativa de geração encontrada nesse estudo (817,60 t/dia), nota-se que 78,98 t/dia não estão sendo destinados as áreas de destinação licenciadas do município, isso pode ser explicado pela presença de depósitos clandestinos que armazenam RCC, devido a ineficácia da gestão corretiva existente, a qual não consegue realizar limpeza periódica de todos os pontos de deposição irregular.

Outro resultado obtido foi a geração de RCC por habitante, considerando que segundo o IBGE, Maceió possui uma população estimada de 1.018.948 habitantes, logo a taxa per capita de geração de RCC é de 0,8kg kg/dia, ou seja 0,25 t/habitante/ano.

No Brasil segundo ABRELPE (20208), são coletados 142.738 t/dia de RCC, com média per capita de 0,68 kg/habitante/dia. Entretanto os dados disponibilizados pela ABRELPE referem-se apenas a quantidade coletada pelos municípios, refletindo apenas aquilo que foi abandonado em vias e logradouros públicos.

Estudos em diferentes regiões do país apontam para a geração *per capita* de RCC variando entre 0,62 a 2,1 kg/hab/dia e uma média de 1,29 (Tabela 7), logo, o resultado encontrado para Maceió se encontra compatível com os resultados dos demais estudos. Ressalta-se que os comparativos de cálculos são os mesmos em todos os artigos.

Tabela 7- Taxa de geração per capita de RCC (kg/hab./dia) em alguns municípios brasileiros.

MUNICÍPIO BRASILEIRO	POPULAÇÃO (mil) – IBGE	GERAÇÃO PER CAPITA DE RCC (kg/hab./dia)	FONTE
Primavera do Leste-MT	58.370	2,1	DEBACKER; REZENDE (2018)
Campo Mourão – PR	94.859	1,22	ALVES (2015) <i>apud</i> VARGAS (2018)
Criciúma – SC	215.186	0,62 - 1,46	VARGAS (2018)
Santos -SP	433.311	1,05	HELENA NG (2018)
Pelotas – RS	328.275	1,23	TESSARO; <i>et al</i> (2012)
Recife – PE	---	0,75	CARNEIRO (2005)
São Carlos - SP	---	1,93	MARQUES NETO (2005)
Salvador - BA	2.200.000	1,25	AFONSO (2005) <i>apud</i> PIMENTEL (2013)
Média		1,29	

Fonte: Org. pelos autores, 2020.

Quantitativamente, a geração de RCC é diferente entre as várias localidades, devido a diversos fatores, como: número de habitantes, nível educacional, costumes da população, poder aquisitivo, leis e regulamentações específicas, processos construtivos utilizados, incluindo as peculiaridades de cada construtora. Assim, essas características interferem diretamente no tipo e quantidade de resíduo gerado (CANAÚBA; ARAÚJO, 2010).

A falta de informação sobre a geração dos RCC, em grande parte das cidades brasileiras, é preocupante. Isso ocorre, porque os gestores municipais priorizam o gerenciamento dos resíduos domésticos, uma vez que os consideram predominantes sobre os demais resíduos sólidos urbanos (SILVA, 2018).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RCC

A composição gravimétrica das amostras coletadas e a classificação segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações (Resolução nº 469/2015; 448/12, 431/2011 e 348/2004) estão apresentadas na tabela 8, a partir da qual se verifica que os resíduos de construção civil de Maceió são heterogêneos. Observou-se que os resíduos que mais se destacam, foram pedregulho (16%), pedras (16%), R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 363-384, mai. 2021.

concreto (11%), areia (11%) e argamassa (11%), todos fazem parte da Classe A. (Figura 5).

Tabela 8- Composição gravimétrica e classificação dos RCC do município de Maceió – AL.

CLASSE	COMPONENTE	MÉDIA (%)	DESVIO PADRÃO
Classe A	Areia	11,34	1,81
	Argamassa	11,33	4,23
	Cerâmica vermelha esmaltada (revestimentos)	4,92	4,00
	Cerâmica vermelha não esmaltada (tijolos e telhas)	7,58	2,65
	Concreto simples	11,38	5,89
	Granito	0,41	0,60
	Louça	0,75	1,21
	Mármore	0,45	0,60
	Pedras (brita, pedra de mão e seixo)	15,96	4,38
	Pedregulho	16,22	8,20
	Silte	1,28	1,11
Classe B	Alumínio	0,16	0,21
	Cobre	0,19	0,38
	Espuma	0,30	0,37
	Gesso	0,72	0,62
	Madeira	6,03	5,04
	Ferro	1,07	1,00
	Papel/ Papelão	1,69	1,17
	Plástico duro	4,05	6,94
	Plástico mole	0,56	0,55
	PVC	0,19	0,08
	Vidro	0,05	0,06
	couro	0,05	0,10
	EPS (isopor)	0,09	0,04
	Borracha	0,23	0,39
Classe C	Peças de fibra de nylon	0,23	0,29
	Pano	0,06	0,12
Classe D	Cimento amianto	0,67	0,77
	Embalagem com tinta	1,40	1,73
	Embalagens de cola adesiva	0,27	0,46
	Pincel (com tinta)	0,19	0,30

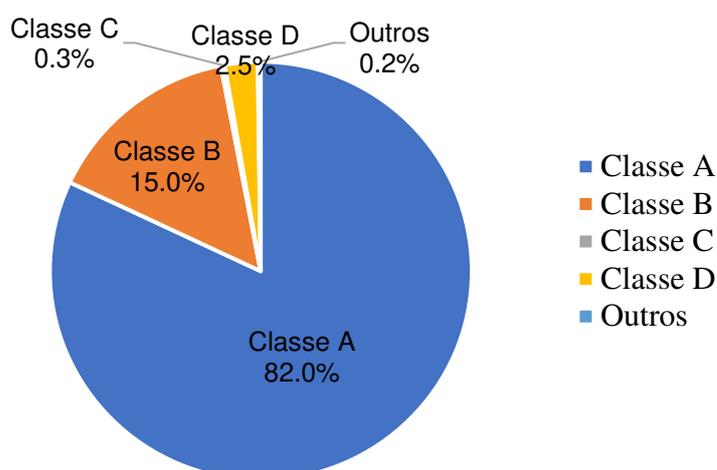
Outros	Orgânico	0,21	0,42
	Eletrônico	0,01	0,02

Fonte: Org. pelos autores, 2020.

Segundo Silva (2018) a composição do RCC é uma das etapas mais importante do diagnóstico, pois a partir dos tipos de materiais e suas porcentagens, torna-se possível propor novas estratégias para a redução, reciclagem e controle do RCC.

Em todas as amostras de RCC analisadas, o resíduo Classe A é o que possui maior participação, com percentual médio de 82% (Figura 6), com predominância de areia, argamassa, cerâmica vermelha esmaltada (revestimentos), cerâmica vermelha não esmaltada (tijolo e telhas), concreto, pedras, pedregulho e silte.

Figura 6- Classificação dos RCC do município de Maceió, AL.



Fonte: Autores, 2020.

No estudo de SILVA *et al.*, (2017), realizado no município de Rio Verde - GO observou-se que os resíduos de classe A, também tiveram a maior representatividade com 63,5% de todo os resíduos gerados durante a construção. Já no estudo realizado no município de Caçapava do Sul – RS, a composição gravimétrica do RCC gerado no município mostra que a Classe A representa 85,62% do total de resíduos gerados. Isso demonstra a parcela significativa de resíduos que pode ser reutilizável ou reciclável na forma de agregado (FREITAS, 2016).

Os resíduos pertencentes a Classe A, tem potencial para seu reaproveitamento, reutilização do material no próprio canteiro de obras (para nivelamento do solo por exemplo), ou reciclagem, a qual permite que o resíduo seja

modificado por meio de britagem a fim de obter o agregado reciclado que pode ser utilizado na confecção de novos materiais construtivos, e ainda reduz custo ao empreendedor (VARGAS, 2018; BRASIL, 2002). Estes, uma vez reciclados, podem ser utilizados na execução de bases e sub-bases de pavimentação, na confecção de blocos para vedação, entre outros.

Os resíduos de classe B obtiveram uma representação de 15% (madeira, ferro, papel/ papelão e plástico duro). Isso demonstra a parcela expressiva de resíduos que podem ser reutilizáveis ou recicláveis na forma de agregado, mostrando a importância da criação de plano de gerenciamento.

Conforme Vargas (2018), no estado do Paraná os resultados foram bem similares, os RCC são compostos basicamente por Classe A (80%) e Classe B (20%), do montante gerado no canteiro de obras.

Os materiais pertencentes à Classe C, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações (BRASIL, 2002), são os que não possuem tecnologia ou são inviáveis, em termos técnicos, para a reutilização ou reciclagem. Nas amostras analisadas, a representação foi mínima com composição média de 0,3%; foram identificados apenas peça de fibra de nylon e pano, resíduos descartados geralmente em lixo comum.

Embalagens com tinta, solventes, colas adesivas e amianto são materiais pertencentes à Classe D (resíduos perigosos), de acordo com a Resolução CONAMA nº 307 e suas alterações, portanto, não deveriam estar presentes em aterros e usinas de reciclagem de RCC. Os resíduos dessa classe, foram responsáveis por 2,5% do total, a quantidade observada é representativa quando comparada ao total de RCC nos locais de disposição final, representando em média de 20,4 t/dia dos RCC recebido no Aterro Sanitário, esses resíduos têm alto potencial de contaminação para o meio ambiente e para a saúde pública. São necessários critérios para o gerenciamento dos resíduos Classe D, que devem ser depositados em aterros industriais destinados a resíduos perigosos.

Outros tipos de resíduos identificados foram orgânicos e eletrônicos, com composição média de 0,2%, pouco representativo, mas enfatiza que mesmo de forma mínima os canteiros de obras vêm se preocupando com descarte regular.

Para determinação da massa específica aparente dos RCC levou-se em consideração o volume e massa de cada amostra. Extraíndo-se uma média desses

valores, tem-se que a densidade aparente média desses resíduos é de 916,51 kg/m³, ou 0,916 t/m³ (Tabela 9).

Tabela 9- Determinação da massa específica média das amostras.

Amostra	Volume (m³)	Peso (kg)	Massa específica (kg/m³)
1	0,165	134,94	817,82
2	0,082	78,25	954,27
3	0,085	79	929,41
4	0,086	82,95	964,53
Média	0,1045	93,79	916,51

Fonte: Autores, 2020.

Fazendo um comparativo com outras cidades brasileiras, a massa específica encontrada em Maceió é bem próxima dos valores obtidos por Filho (2006) para cidade de Aracaju - SE que foi de 1.235 kg/m³. E do valor citado por Pinto (2005) para os resíduos de São Paulo, que é 1.200 kg/m³.

Informações sobre os RCC produzidos nos municípios são essenciais para subsidiar o poder público e construtores no desenvolvimento de sistemas de gestão mais sustentáveis, pois por meio da estimativa de geração e da caracterização dos RCC, é possível mensurar quais materiais compõem os RCC, e analisar o melhor tratamento e destino final, e assim, reduzir os impactos socioambientais provenientes do descarte irregular e do não reaproveitamento e reuso destes materiais (ALMEIDA, 2020).

De acordo com Helena (2018) a destinação mais correta dos resíduos de construção e demolição seria a reciclagem. Para se produzir um agregado reciclado de boa qualidade, a mais importante etapa está na geração dos resíduos. Eles devem ser triados, acondicionados separadamente e de maneira apropriada ainda no canteiro de obras. Grande parte dos RCC gerados em obras, podem ser reciclados e empregados na própria obra (GULARTE, 2017).

A utilização de materiais reciclados tem sido uma alternativa para minimizar os impactos ambientais, sociais e financeiros, uma vez que a reciclagem tende a diminuir a extração de recursos naturais e demasiado consumo de energia, além de se tornar uma atividade com menor produção e descarte inadequado de resíduo, sendo uma

possibilidade para contribuir para a sustentabilidade de qualquer município (BARBOSA et al.,2018).

4. CONCLUSÕES

Com o estudo da estimativa de geração de RCC, foi possível concluir que Maceió possui uma geração diária de RCC de 817,59 toneladas, com 68% procedente de descarte irregular, 26% de novas edificações e 7% de reformas, acréscimos e demolições. A geração per capita é de aproximadamente 0,8 kg/hab./dia. Comparando com a média, nacional e estadual, observa-se que a cidade se encontra com cenário dentro dos índices esperado de geração, porém necessita melhorar o gerenciamento dos RCC, através da implementação do PMGRCC.

Em relação a composição gravimétrica dos RCC, os resultados mostraram que os resíduos de Classe A correspondem a 82% do RCC gerado, seguido pelos resíduos de classe B (15%), o que demonstra que a maior parte dos materiais tem potencial para seu reaproveitamento no próprio canteiro de obras ou reciclagem, podendo ser utilizado na confecção de novos materiais construtivos.

Sendo assim, o conhecimento sobre a geração e caracterização dos RCC se configuram informações essenciais para a elaboração de políticas públicas mais sólidas e efetivas para o município, evitando que os resíduos de construção sejam descartados em locais irregulares, estimulando a correta gestão dos resíduos gerados nos canteiros de obras, a fim de minimizar os impactos econômico, social e ambiental, agindo de forma preventiva e não só corretiva.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007**: amostragem de resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos Brasil 2020**. V5. São Paulo, 2020.

ALAGOAS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Alagoas (PERS)**. FLORAM Engenharia e Meio Ambiente Ltda. Maceió, Alagoas, 2015.

ALMEIDA, M. S. T.; MELO, M. C. de; BOARETO, M. D.; REZENDE, R. M.. Análise da correlação do volume de resíduos sólidos provenientes da construção civil com o produto interno bruto para os municípios no estado de Minas Gerais. **Revista Augustu**. v.24, n. 49, p. 320-331. Rio de Janeiro, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.15202/1981896.2019v24n49p320>

ARAÚJO, K. K. S. de; PIMENTEL; A. K. S. A problemático do descarte irregular dos resíduos sólidos urbanos nos bairros Vergel do Lago e Jatiúca em Maceió, Alagoas. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p.626-668, out. 2015/mar. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v4e22015626-668>

BARBOSA, U. da S.; SALOMÃO, P. E. A.; LAUAR, G. T.; RIBEIRO, P. T.. Reutilização do concreto como contribuição para a sustentabilidade na construção civil. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro – UNIPAC**. Minas Gerais, 2018.

BRASIL. **Resolução Conama nº 307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 17 jul. 2002.

_____. **Resolução Conama nº 348**, de 16 de agosto de 2004: Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de junho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 16 de agosto de 2004.

_____. **Resolução Conama nº 431**, de 2011. Altera a Resolução nº 307/2002, estabelecendo nova redação para os incisos II e III do art. 3º. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2015.

_____. **Resolução Conama nº 448**, de 18 de janeiro de 2012: Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de junho de 2002, estabelecendo nova redação para os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2012.

_____. **Resolução Conama nº 469**, de 29 de julho de 2015: Altera a Resolução nº 307/2002, estabelecendo nova redação para o inciso II do art. 3º e inclui os § 1º e 2º do art. 3º. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2015.

CARDOSO, A.; GALATTO, S.; GUADAGNIN, M. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 31, p. 1-10, 31 mar. 2014.

CARNAÚBA, T.M.G.V; de ARAÚJO, N. M.C. **RCDs oriundos de obras de edificações verticais de Maceió - AL: composição gravimétrica e massa específica**. In: 3º Simpósio Iberoamericano de Engenharia de Resíduos. João Pessoa, 2010.

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade de Recife**. 2005. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

DEBACKER, J. K.; REZENDE, G. B. de M. Gestão de resíduos da construção civil no município de Primavera do Leste – MT. **Revista Estudo & Debate**, Lajeado, v. 25, n. 3, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-036X.v25i3a2018.1724>.

FREITAS, C. de S. **Composição Gravimétrica dos Resíduos de Construção Civil do Município de Caçapava do Sul** – RS. p. 39. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal do Pampa. 2016.

HELENA NG, M. **Estimativa da geração de resíduos de construção e demolição no município de Santos – SP**. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC). Anais. Maceió - AL, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Produto Interno Bruto**. 2018a. Disponível em < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela>> Acesso em: 01 de maio de 2020.

_____. **Censo Demográfico**. 2018b. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/maceio/panorama>> Acesso em: 02 maio 2019.

MARQUES NETO, J.C. **Gestão dos resíduos da construção e demolição no Brasil**. São Carlos: Editora Rima, 2005. V. 1. 165p.

FILHO, J. D. **Avaliação da composição e quantidade dos resíduos sólidos da construção civil de Aracaju - Sergipe - Brasil**. In: VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Fortaleza – Ceará. 2006.

GULARTE, L. C. P. **Modelo de avaliação da viabilidade econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil em municípios brasileiros**. 2017. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

PIMENTEL, U. H. O. **Análise de Geração de Resíduos da construção civil da cidade de João Pessoa/ PB**. 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Doutorado Interinstitucional (UFPB E UFBA). Salvador - BA, 2013.

PINTO, T. de P.; GONZÁLES, J. L. R. Manejo e gestão de resíduos da construção Civil. **Manual de Orientação Procedimentos para Solicitação de Financiamentos**. Vol 1. Brasília, DF: CAIXA; 2005. 198p.

PINTO, T. de P. **Resíduos da Construção Civil: Soluções Sustentáveis para um grave problema urbano – Novas Normas, Legislação e soluções**. São Paulo: Informações e Técnicas, 2005.

PINTO, T. de P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PRATA, V. do C. **Gestão de resíduos da construção civil na zona urbana do Município de Lagarto - SE**: do diagnóstico a uma proposta de Modelo gerencial. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - Sergipe, 2013.

PUCCI, R. B. **Logística de Resíduos da Construção Civil Atendendo à Resolução CONAMA 307**. 138 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROSADO, L. P.; PENTEADO, C. S. G. Análise da eficiência dos Ecopontos a partir do georreferenciamento de áreas de disposição irregular de resíduos de construção e demolição. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, Minas Gerais, ISSN 1982-4513, v.30, n. 2, p.164-185. 2018. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n2-2018-8>

SILVA, L. P. da. **Análise e Caracterização da Gestão dos Resíduos da Construção Civil no Município de Ribeirão Preto-SP**. Universidade Federal De São Carlos. 2018. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). São Carlos, 2018.

SILVA, W. C.; SANTOS, G. O.; ARAÚJO, W. E. L. de. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. **Revista Gestão Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 286 - 301, jul./set. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rqsa.v6e22017286-301>

TESSARO, A. B.; *et al.* Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Revista Ambiente Construído**. v.12, n.2 Porto Alegre. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000200008>.

VARGAS, C. **Análise da gestão de resíduos da construção civil no estado do Paraná e município de Cascavel - PR**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Toledo - PR, 2018.