

Proposição de soluções para destinação de resíduos de construção civil para municípios de pequeno porte

Proposition of solutions for the destination of construction waste to small municipalities


• **Data de entrada:**
20/06/2020

• **Data de aprovação:**
28/12/2021


Gustavo Henrique Vital Gonçalves^{1*} | Leonardo Brian Gonçalves da Rocha¹ | José da Costa Marques Neto¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.007>

ORCID ID

Gonçalves GHV  <https://orcid.org/0000-0001-7785-7529>

Rocha LBG  <https://orcid.org/0000-0002-7073-2296>

Marques Neto JC  <https://orcid.org/0000-0002-9735-8871>

Resumo

A grande quantidade de resíduos de construção civil (RCC) que são gerados diariamente tem se tornado um dos principais problemas nas áreas urbanas devido às disposições irregulares. A reciclagem proporciona a redução dos volumes descartados, ocasionando ganhos econômicos e ambientais. O presente estudo tem como objetivo realizar o diagnóstico do panorama dos RCC de um município de pequeno porte (Orlândia-SP) e apresentar as soluções disponíveis para uma correta destinação desse material, e que podem ser implantadas em municípios similares. A média diária de RCC gerada em Orlândia foi de 52,56 t/dia, e a caracterização qualitativa mostrou grandes volumes de materiais possíveis de serem reciclados ou reutilizados em forma de agregados como concreto (42,4%), argamassa (14,8%) e cerâmica (12%). Já as soluções apresentadas foram usinas de reciclagem (custo de implantação de R\$ 1.255.855,42), áreas de transbordo e triagem (R\$ 269.236,34) e ecoponto (R\$ 75.943,59). Tais soluções objetivam facilitar a segregação e reciclagem desses resíduos, reduzindo os impactos ambientais relacionados à disposição inadequada.

Palavras-chave: Resíduos de Construção Civil. Reciclagem de Resíduos. Gestão de RCC.

Abstract

The large amount of construction waste (CW) that is generated daily has become one of the main problems in urban areas, due to irregular provisions. Recycling provides a reduction in discarded volumes, resulting in economic and environmental gains. The present study aims to diagnose the panorama of CW in a small municipality (Orlândia-SP) and present the solutions available for the correct destination of this material, which can be implemented in similar municipalities. The daily average of CW generated in Orlândia was 52.56 t/day and the qualitative characterization showed large volumes of materials that could be recycled or reused in the form of aggregates such as concrete (42.4%), mortar (14.8%) and ceramics (12%). The solutions presented were recycling plants (implementation cost of R\$ 1.255.855,42), transshipment and sorting areas (R\$ 269.236,34) and ecopoint (R\$ 75.943,59). Such solutions aim to facilitate the segregation and recycling of these residues, reducing the environmental impacts related to inadequate disposal.

Keywords: Construction Waste. Waste Recycling. WC management.

¹ Universidade Federal de São Carlos - UFSCar - São Carlos - São Paulo - Brasil

* **Autor correspondente:** gustavovital@hotmail.com.br.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais importantes da economia, entretanto se apresenta também como grande causadora de impacto ambiental, não somente pelo elevado consumo de recursos naturais como também pela disposição inadequada de resíduos gerados. Boas práticas de reciclagem e reutilização de resíduos de construção podem impedir a perda de recursos valiosos para aterros (BARRITT, 2016).

O Brasil apresenta 5.570 municípios espalhados por todo o território nacional, dos quais 80% desses possuem menos de 20 mil habitantes, sendo considerados municípios de pequeno porte. Responsáveis pela geração de quase 30% dos resíduos sólidos municipais, a maioria carece de informações, dinheiro e quase sempre não possui pessoal em número nem contam com corpo técnico qualificado para promover um sistema de gestão de resíduos em patamares adequados do ponto de vista sanitário e ambiental (IBGE, 2021).

Toda a cadeia em que o RCC está inserido (geração, manejo e destinação final) é um grande problema para as administrações municipais, visto que esses resíduos constituem uma grande parcela dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do município (ROSADO; PENTEADO, 2018).

A maioria desses municípios emprega ações corretivas em relação aos RCC, realizando limpezas emergenciais dos locais onde ocorreram deposições ilegais, devido à ausência de soluções municipais satisfatórias para esses resíduos.

A disposição irregular de RCC traz prejuízos ao meio ambiente; causa obstrução de vias de tráfego e enchentes, devido ao assoreamento dos córregos e propicia a proliferação de vetores de doenças (MARQUES NETO, 2005).

Estudos apontam que a reciclagem é uma alternativa para a redução da quantidade de resíduos

dispostos nos aterros e em locais irregulares, trazendo sustentabilidade ambiental com a destinação adequada (CHEN et al., 2018; SIEFFERT, HUYGEN, DAUDON, 2014). No entanto, poucas são as iniciativas públicas e privadas na adoção dessa prática. Há também uma deficiência de legislações municipais que abordam o tema, sendo uma parcela muito pequena de municípios que realizam uma gestão eficiente dos resíduos gerados (TAVIRA et al., 2018).

Alguns dos resíduos de construção civil podem ser reutilizados diretamente dentro do canteiro de obras, sem a necessidade de qualquer tipo de beneficiamento. Essa reutilização primária ajuda na redução da geração de novos resíduos e traz economia, evitando a compra de novos materiais, além da redução com o gasto de destinação do material. O reaproveitamento de RCC é uma alternativa para diminuir o impacto ambiental desses resíduos. A prática é vantajosa em vários aspectos: reduz as chances de disposições em locais clandestinos e contribui para aliviar a pressão sobre aterros de inertes, cada vez mais saturados (RAHIMI; GHEZAVATI, 2018).

No Brasil, a norma ABNT NBR 15116:2021 especifica os requisitos para produção e recepção dos agregados reciclados (miúdos e graúdos) obtidos a partir do beneficiamento de resíduos da construção civil classe A. Em outros países nos quais os agregados reciclados já estão inseridos de forma significativa na construção civil, também há normas a fim de garantir o uso desse material de forma mais adequada. A Norma Britânica 6543 (1985) e a alemã RAL-RG 501/ 1 (1985) especificam a reciclagem de RCC para construção de rodovias e edificações (RAL, 1985; BS 6543, 1985).

Embora existam normas técnicas que orientem a utilização do agregado reciclado para determinados usos, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e outras resoluções estaduais e municipais relacionadas ao geren-

ciamento de RCC, observa-se que a ausência de metas preestabelecidas em âmbito nacional dificulta a ampliação de práticas de reciclagem desse resíduo, diferentemente do que se vê em diversos países da União Europeia (BOHNENBERGER et al., 2018).

Em razão disso, faz-se necessária a implantação de tecnologias alternativas para minimizar os impactos ambientais, proporcionando o aumento da reciclagem e da reutilização desses resíduos e a destinação adequada dos rejeitos.

Diante do exposto, esta pesquisa visa apresentar soluções para o reaproveitamento dos resíduos da construção civil que podem ser implantadas em Orlandia-SP, com base na geração de RCC diária no município, podendo ser utilizadas como parâmetro em outros municípios de pequeno porte.

2 METODOLOGIA

As etapas de desenvolvimento deste estudo dividem-se em duas fases: a primeira engloba o levantamento quantitativo, a classificação e caracterização dos resíduos de construção civil de Orlandia-SP; e a segunda, à proposição de alternativas para a destinação do RCC.

2.1 Levantamento quantitativo, classificação e caracterização dos resíduos de construção e demolição do município de Orlandia-SP.

Esta etapa do estudo está dividida na caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos de construção civil gerados no município de Orlandia, utilizando a proposta apresentada por Marques Neto (2005).

2.1.1 Caracterização qualitativa do RCC gerado

O método adotado para caracterização qualitativa consistiu na separação e pesagem dos ma-

teriais oriundos de, pelo menos, três caçambas descartadas nos aterros municipais. Segundo o autor, a caracterização qualitativa dos RCC tem importante papel na definição de estratégias de reciclagem, como programas de coleta seletiva, dimensionamento das usinas de reciclagem de entulho etc. O método consistiu nas seguintes etapas:

1. Seleção de três caçambas de 3 m³, de origens diferentes, descartadas no depósito de três das empresas coletores de RCC no município;
2. Coleta de cinco amostras de 18 litros de cada caçamba;
3. União das cinco amostras em uma amostra de 90 litros por caçamba;
4. Separação dos componentes;
5. Peneiramento dos componentes menos graúdos. Peneiras utilizadas: Coro Telas malha 4, malha ¼” e Peneiras São Jorge, malha 40 (feijão) e 60 (arroz);
6. Medição de volume e massa;
7. Somatório das três caçambas, com total de 270 litros amostrados e considerados amostra representativa da composição dos RCC;
8. Cálculo da massa unitária;
9. Cálculo percentual da composição dos materiais contidos nos RCC.

Na caracterização quantitativa foram aplicados métodos que levaram à criação de indicadores da geração de RCC, por meio de três bases de dados: cálculo da geração de resíduo por meio das áreas licenciadas em 2017 e 2018; cálculo do movimento de cargas das empresas coletoras e cálculo do volume descartado no aterro em período de quatro meses.

2.1.2 Cálculo da geração de RCC pelo parâmetro das áreas licenciadas

A obtenção desse indicador foi realizada por meio de coleta de dados referentes às áreas licenciadas para a construção no município de Orândia-SP, fornecidos pela Prefeitura Municipal.

Para a quantificação do volume e massa de RCC produzidos no município nas áreas legalizadas para construção, foram adotadas diretrizes como (Marques Neto, 2005):

1. Levantamento do total de áreas licenciadas no município nos últimos dois anos (janeiro de 2017 a dezembro de 2018), por meio dos Alvarás de Construção, Demolição e Legalização;
2. Levantamento de informações e dados referentes à geração de RCC em cinco obras com diferentes características no município;
3. Determinação de valores-padrão do volume gerado nessas obras em relação à sua área construída;
4. Cálculo do volume total produzido por meio da extrapolação dos índices padronizados volume/área das obras em relação às áreas totais licenciadas no município;
5. Cálculo da massa total produzida por meio da relação massa/volume obtida da massa unitária oriunda da composição dos RCC.

2.1.3 Cálculo da geração de RCC pelo movimento de cargas por agentes coletores

O cálculo do movimento de cargas por transportadores é um importante parâmetro na quantificação da geração dos resíduos de construção e demolição.

A obtenção de dados juntos a empresas coletoras e transportadoras de RCC foi baseada em entrevistas com aplicação de questionário, com as seguintes diretrizes:

1. Tipos de veículos e recipientes;
2. Número de caçambas/dia retirada das obras;
3. Número de caçambas/mês retirada das obras;
4. Avaliação da capacidade volumétrica das caçambas retiradas;
5. Percentagem de RCC removida de reformas, ampliações e demolições pelas empresas de caçambas e terraplanagem.
 - a. Com base nessas informações, foram estimados os seguintes itens:
6. Cálculo do volume total/mês por meio do número de caçambas retiradas das obras e pela sua capacidade volumétrica (considerando mês com 24 dias);
7. Cálculo da massa total/mês pelo movimento de cargas das empresas coletoras, por meio da relação volume/massa obtida da massa unitária oriunda da composição dos RCC.

2.1.4 Cálculo da geração de RCC pelo monitoramento das disposições no aterro

Para o cálculo do volume descartado na área disponibilizada no aterro, foi efetuado um levantamento *in loco*, durante quatro meses, por meio do monitoramento das disposições, com o seguinte roteiro:

1. Determinação do período de amostragem de quatro meses;
2. Levantamento dos volumes diariamente descartados, por meio da quantificação do número de caçambas e de seus volumes;
3. Cálculo do volume total/mês pela somatória dos volumes descartados diariamente;
4. Cálculo da massa total/mês pela relação volume/massa unitária obtida da massa unitária proveniente da composição dos RCC.

A relação entre as três bases de cálculo (itens 2.1.2, 2.1.3 e 2.1.4) pode fornecer a dimensão da provável geração de RCC do município e sua produção *per capita*.

2.2 Proposição de alternativas para a destinação do RCC

Esta etapa envolveu primeiramente uma revisão bibliográfica para verificar quais alternativas disponíveis que poderiam ser adotadas para a destinação correta dos resíduos gerados.

As soluções apresentadas para o município levando em consideração a taxa de geração de RCC priorizam a reciclagem enquanto alternativa economicamente atrativa e ambientalmente sustentável, que preserva recursos não-renováveis e possibilita a valorização de materiais nobres, destinando-os ao atendimento de demandas sociais urgentes.

Após a pesquisa, realizou-se a determinação dos investimentos, custos e despesas provenientes da implantação das soluções apresentadas. Foi realizado o levantamento dos valores dos equipamentos e serviços necessários junto aos fornecedores, empresas do ramo da construção e trabalhos desenvolvidos sobre o assunto, com o intuito de obter uma estimativa do custo de implantação das soluções.

Os custos foram levantados com base nas principais características técnicas e econômicas envolvidas para implantação, instalação e operacionalização do empreendimento.

Para a instalação da usina foram considerados os seguintes custos iniciais:

1. A compra e instalação de equipamentos;
2. A compra de balanças e máquinas;
3. Obras civis.

O custo com o terreno foi desconsiderado, já que o mesmo será doado pela prefeitura sob forma de concessão. O tamanho do terreno foi determinado com base na capacidade de produção da usina, conforme Jadovski (2006). Para determinar o custo dos equipamentos de britagem, foi realizado orçamento com três empresas, baseado na quantidade de resíduos classe A do município e nos equipamentos pré-definidos. Para determinar o custo da balança, também foram consultadas três empresas diferentes. Tanto para os equipamentos de britagem como para a balança, foi escolhido o orçamento de menor valor. Já o custo das pás carregadeira seminovas foi estabelecido com base em uma pesquisa em sites de anunciantes. Foi definido um preço médio baseado em máquinas de no máximo três anos de uso.

Em relação às obras civis, considerou-se necessária a construção de um muro ao redor da área, de uma guarita, de um escritório e de uma área de vivência com sanitários, vestiários e local para refeição e descanso. Para determinar os custos das obras civis, foi considerada a tabela do Sistema de Preços Custos e Índices (SINAPI) de 2021, por ser adotado por diversos órgãos e entidades da administração pública federal, para obter preços confiáveis para os orçamentos de obras públicas e serviços de engenharia, que futuramente balizarão os orçamentos de referência nas licitações (BRASIL, 2021).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O município de Orlandia localiza-se na região norte do Estado de São Paulo e conta com uma população aproximada de 44.682 habitantes e área de 291,765 km². No município, o setor agroindustrial e o de comércio predominam na sua economia, e contam com PIB per capita de R\$ 19 681,29, IDH de 0,824 e taxa de alfabetização de 92,91%. A densidade demográfica é de 121,47 hab./km² (IBGE, 2021).

3.1 Composição dos RCC do município de Orlandia

A caracterização qualitativa é uma das etapas mais importantes para chegar a um diagnóstico da situação dos RCC em qualquer município.

A tipologia e o percentual dos materiais encontrados nos resíduos são um indicador fundamen-

tal na proposição de estratégias para o plano de gestão e gerenciamento, conforme proposto na Resolução CONAMA nº 307/2002 (BRASIL, 2002). A Tabela 1 apresenta as massas de cada material encontrado nos RCC das caçambas pesquisadas.

Tabela 1 - Massas dos materiais encontrados nos RCC

Materiais	Massa dos materiais (kg)			
	Caçamba 1 (90 litros)	Caçamba 2 (90 litros)	Caçamba 3 (90 litros)	Total (270 litros)
Concreto	36,7	12,5	79,5	128,7
Argamassa	14,4	40,4	-	44,8
Cerâmica	20,8	14,0	-	34,8
Areia/solo	22,9	22,3	11,8	57,0
Pedra	7,6	4,5	5,7	17,8
Cerâmica Polida	1,9	9	-	10,9
Madeira	0,5	2,4	-	2,9
Ferro	-	0,9	3,0	3,9
Plástico	-	0,2	1,3	1,5
Papel/Papelão	0,6	0,4	-	1,0
Total	105,4	96,6	101,3	303,3

A massa unitária dos RCC oriunda da relação massa/volume das amostras coletadas, em condições úmidas, em Orlandia a ser considerada para efeito das discussões deste trabalho, é de

1,12 t/m³. Cabe ressaltar que este valor é bem próximo ao encontrado por Moraes (2006) e Pinto (1999). A Fig. 1 apresenta a composição dos materiais contidos nos RCC.

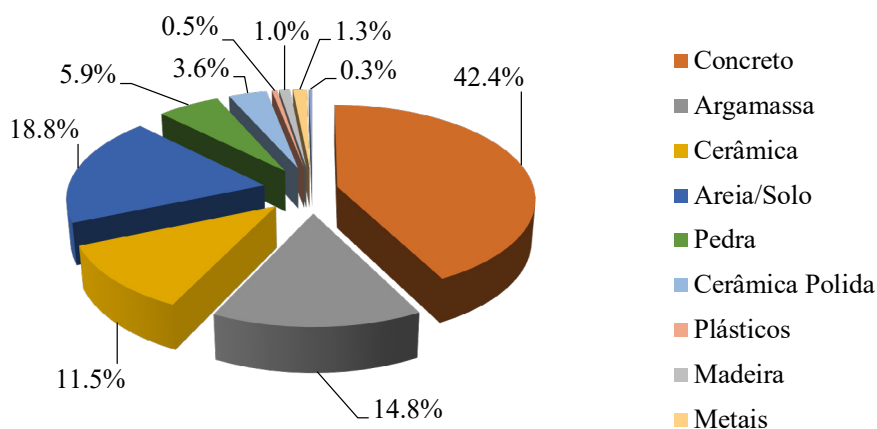


Figura 1 - Composição percentual dos RCC do município de Orlandia

De acordo com a Fig. 1 pode-se perceber a grande quantidade de resíduos Classe A presentes na composição dos resíduos do município, princi-

palmente de fração mineral. Essa característica mostra o grande potencial de reciclagem para o RCC gerado no município. Pode-se observar

que 72,3% do total caracterizado é composto de concreto, argamassa e cerâmica, ou seja, materiais potencialmente recicláveis sob a forma de agregados. Diversos pesquisadores realizaram a caracterização qualitativa dos RCC em outros municípios e constataram a predominância dos resíduos Classe A (ANDRADE; MARTINS, 2018; MARQUES NETO, 2005; SILVA, 2018).

3.2 Cálculo da geração de RCC pelo parâmetro das áreas licenciadas

Para quantificar a geração de RCC por áreas licenciadas, foram acompanhadas cinco obras

de diferentes áreas e usos, que iniciaram e finalizaram a intervenção dentro do período da pesquisa. Foram calculados os volumes totais de resíduos removidos durante suas execuções. O volume total produzido em Orlândia foi obtido relacionando os volumes produzidos nessas obras e suas áreas construídas (m²) com as áreas licenciadas na cidade, de acordo com a metodologia utilizada por Marques Neto (2005).

A Tabela 2 apresenta o resumo das características das obras, o número de caçambas coletadas durante a execução dos serviços e a dimensão da área que sofreu intervenção.

Tabela 2 - RCC retirado das obras analisadas no município de Orlândia

Construção	Obra	Tipo	Qtde. Caçambas	Área (m ²)
1	Reforma	Residencial	20	294,61
2	Construção	Residencial	1	54,00
3	Reforma	Residencial	7	202,10
4	Construção	Comercial	3	158,77
5	Construção	Residencial	4	187,43

Como todas as caçambas que foram utilizadas na coleta dos RCC possuem a capacidade de 3 m³, totalizam 105 m² de caçambas retiradas das 5 obras estudadas. Considerando a massa unitária de 1,12 t/m³ obtida da caracterização qualitativa, obtemos a Massa de Entulho (ME) coletada:

$$ME = 105 \text{ m}^3 \times 1,12 \text{ t/m}^3 = 117,6 \text{ t.} = \mathbf{117.600 \text{ kg}}$$

Portanto, a Taxa de Geração (TG) de resíduos de construção para as cinco obras analisadas foi de:

$$TG = \frac{ME}{\text{ÁREA TOTAL}} = \frac{117.600}{896,91} = \mathbf{131,12 \text{ kg/m}^2}$$

Após quantificação e apuração dos resultados, foi obtida a taxa de geração média unitária (TG) de 131,12 kg/m², valor bem próximo a 137,02 kg/

m² obtido por Marques Neto (2005) para o município de São Carlos. Aplicando a taxa de geração de RCC às Áreas licenciadas no município de Orlândia nos anos de 2017 e 2018, obteve-se a produção média anual e diária de RCC do município, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativa da geração total de RCC pelo parâmetro áreas licenciadas

	Orlândia		
	2017	2018	Média
Áreas totais licenciadas (m ²)	62.227,24	72.140,90	67.184,07
Taxa de geração de RCC (kg/m ²)	131,12	131,12	131,12
Geração de RCC (t/ano)	8.159,24	9.459,11	8.809,18
Geração de RCC (t/mês)	679,94	788,26	734,10
Geração de RCC (t/dia)	28,33	32,85	30,59

3.3 Cálculo da geração de RCC pelo movimento de cargas por agentes coletores

Os RCC gerados no Município são coletados por 5 empresas particulares de coleta. As empresas possuem caçambas metálicas estacionárias, todas com a capacidade de 3m³, e são removidas

por caminhões tipo poliguindaste. A Tabela 4 apresenta a quantificação da geração dos RCC por movimento de cargas, realizada por meio do levantamento do número de caçambas removidas diariamente pelas cinco empresas coletoras em 2017 e 2018.

Tabela 4 - Geração estimada de RCC por movimento de cargas das empresas coletoras

Orlândia			
Volume de entulho coletado pelas empresas (m ³ /mês)	Volume de entulho coletado pelas empresas (m ³ /dia)	Massa de entulho coletado pelas empresas (t/mês)	Massa de entulho coletado pelas empresas (t/dia)
1.440	60,00	1.613	67,20

3.4 Cálculo da geração de RCC pelo monitoramento das disposições no aterro

O movimento de caçambas das empresas coletoras foi analisado por um período de quatro meses, que pode ser considerado significativo na quantificação de geração de RCC do município

por representar 33,33% de um ano. Durante o período de amostragem, as empresas de caçambas descartaram 6.420,87 m³ no aterro, portanto, 55,39 m³/dia. Considerando a massa específica do resíduo como 1,12 t/m³, a quantidade descartada foi de 62,04 t/dia (Tabela 5).

Tabela 5 - Estimativa da geração total de RCC pelo volume descartado no aterro

Meses	Volume (m ³)	Dias de coleta e descarte	Geração de RCC (m ³ /dia)	Geração de RCC (t/dia)
Set/2018	1303	23	56,64	63,43
Out/2018	1288	24	53,68	60,12
Nov/2018	1326	23	57,64	64,55
Dez/2018	1287	24	53,62	60,05
Média	1301	24	55,39	62,04

A Tabela 6 apresenta a geração total dada pela média aritmética da soma das gerações calculadas pelos três parâmetros analisados.

Tabela 6 - Estimativa da geração per capita do município de Orlândia

Parâmetros	Orlândia		
	Geração total de RCC (t/dia)	População 2018	Geração per capita (kg/hab x dia)
Áreas licenciadas	30,59	43.754	0,70
Movimento de cargas	67,20	43.754	1,54
Disposição no aterro	59,89	43.754	1,37
Média	52,56	43.754	1,20

O resultado final para a geração pelo parâmetro do monitoramento das disposições no aterro foi obtido por meio da média aritmética do período

analisado, o que resultou em uma geração de 59,89 t/dia. Quando comparado com o valor obtido por meio do cálculo da geração pelo mo-

vimento de carga dos agentes coletores de 67,20 t/dia, observa-se uma diferença de valores. O valor um pouco mais elevado da geração calculada pelo movimento de carga dos coletores pode ser explicado em razão dos descartes irregulares em terrenos vazios de áreas periféricas do município, o que resulta no menor volume de RCC que chega ao aterro.

A geração baseada no parâmetro das áreas licenciadas do município foi calculada com base nas possíveis massas que serão geradas a partir das áreas licenciadas de obras novas, demolições e inclusões, o que resultou numa geração de 30,59 t/dia, valor próximo ao encontrado em outros estudos realizados em municípios de pequeno porte do Estado de São Paulo, como os de Guaíra (36,76 t/dia) e Bebedouro (41,80 t/dia) (ANDRADE; MARTINS, 2018; MARQUES NETO, 2005; SILVA, 2018).

Esse indicador apresenta um valor inferior quando comparado com os outros dois indicadores obtidos por meio do movimento de carga dos agentes coletores e o das disposições no aterro. Isso se deve ao fato de o indicador das áreas licenciadas não contemplar na sua apuração a totalidade de obras do município. Pequenas construções, reformas e outras obras que não são levadas para aprovação junto aos órgãos municipais são as causas dessa diferença.

De acordo com pesquisa realizada junto à Prefeitura, o município de Orlandia não possui conhecimento sobre a quantidade de obras que não são legalizadas no município. A Associação de Engenharia de Orlandia estima que a porcentagem de obras irregulares seja em torno de 40%. Essa porcentagem eleva a geração de RCC calculado nas áreas licenciadas de 30,59 t/dia para 42,83 t/dia, valor mais próximo ao calculado pelos outros dois parâmetros, mas ainda inferior a eles, o que pode indicar que a porcentagem de obras irregulares no município seja maior.

O indicador calculado pelo parâmetro movimento de carga nem sempre consegue reproduzir com precisão a real geração do município, visto que a responsabilidade das informações utilizadas como base de cálculo é das empresas coletoras, e estas não são baseadas em dados seguros, como documentos e planilhas.

Já o cálculo do volume descartado no aterro autorizado pelas empresas coletoras é o que fornece indicadores mais confiáveis e reais da geração de RCC da cidade, visto que esta foi baseada no levantamento de dados *in loco*, com confirmação do Controle de Transporte de Resíduo (CTR) entregues nesses destinos. Porém esse indicador apresenta uma desvantagem por não quantificar os RCC que são descartados irregularmente em locais inadequados.

3.5 Proposição de soluções para o RCC de municípios de pequeno porte

Seguindo o que é preconizado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foram propostas soluções para o manejo ambientalmente correto dos RCC visando à reutilização, redução e reaproveitamento desses materiais por meio de alternativas ambientalmente corretas para sua destinação.

3.5.1 Usina de reciclagem de RCC

As usinas recicladoras de resíduo de construção classe A, ou fração mineral, devem ser projetadas, implantadas e operadas de acordo com diretrizes contidas na norma técnica ABNT NBR 15114:2004 (Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação).

As usinas operam basicamente com equipamentos de britagem, para diminuição e classificação das dimensões dos agregados.

Foi proposta a implantação de uma usina de planta fixa, que é aquela instalada em locais definitivos. Por permitir a utilização de equipamentos maiores e mais potentes, essa tipologia de planta possibilita a obtenção de agregados com melhor qualidade, porém sua maior desvantagem são os grandes investimentos necessários para sua instalação.

Os investimentos necessários para a implantação da usina de reciclagem de RCC são: aquisição de equipamentos (britador, esteiras, peneiras, calhas vibratórias, entre outros); aquisição de veículos; aquisição do terreno; obras civis (terraplanagem, administração, guarita, barreira vegetal e obras de contenção); e capital de giro próprio (JADOVSKI; MASUERO, 2006).

Foram estimados os custos para instalação de uma usina de reciclagem de entulho no município de Orlândia com capacidade de produção em torno de 10 toneladas por hora, capacidade mínima de usinas projetadas dentre os fornecedores pesquisados.

As obras civis referem-se à terraplanagem, ao cercamento, à execução das construções, aos sistemas sanitário, hidráulico e elétrico. Segundo Jadovski (2006), a área requerida para instalação da usina é de 5.000m².

Para estimativa dos custos da implantação da usina, partiu-se da hipótese de que a mesma será instalada em um terreno da prefeitura, não havendo custo de aquisição do terreno.

Foi realizada uma pesquisa comparando os valores das tecnologias disponíveis no mercado nacional para usinas de reciclagem de RCC. A pro-

posta escolhida foi aquela com a capacidade que mais se aproximou da quantidade de RCC gerada no município, e a com menor valor.

A capacidade da usina escolhida foi de 10 t/h. O equipamento para instalação da usina com essa capacidade foi de R\$ 483.000,00.

As máquinas e veículos necessários em uma usina de reciclagem de RCC são retroescavadeira ou pá carregadeira, conforme a capacidade da usina, e caminhão basculante. Para aquisição desses veículos, os custos são: R\$ 180.000,00 para retroescavadeira e R\$ 195.000,00 para caminhão basculante, conforme pesquisa realizada com fabricantes desses equipamentos.

Embora a área de instalação da usina seja considerada neste trabalho como sendo oferecida pela Prefeitura, devem-se desenvolver alguns trabalhos de infraestrutura e edificações. A estimativa de custos para as obras civis necessárias foi de R\$ 349.855,42. O orçamento foi elaborado por uma construtora com sede no município de Orlândia, utilizando como base para o cálculo de custos a tabela do Sistema de Preços Custos e Índice, conforme apresentado na Tabela 7 (BRASIL, 2021).

Desta forma, todo o custo de instalação da usina ficou em R\$ 1.255.855,42, sendo este, o investimento inicial de implantação do empreendimento. A Tabela 8 apresenta de forma resumida os custos para a implantação da usina de reciclagem de RCC com capacidade de 10t/h. Os equipamentos cotados foram escolhidos de acordo com a capacidade da usina e seguindo recomendação dos fornecedores consultados.

Tabela 7 - Detalhamento orçamentário das obras necessárias para implantação de uma Usina de Reciclagem de RCC

Item	Descrição do serviço	Un.	Qtde.	Unitário	Total
1	TERRAPLANAGEM	23	56,64	63,43	
1.1	Execução de limpeza de terreno	m ²	5000	R\$ 3,54	R\$ 17.700,00
1.2	Execução de terraplanagem com compensação	m ²	5000	R\$ 11,82	R\$ 59.100,00
2	IMPLANTAÇÕES	24	53,62	60,05	
2.1	Fechamento em cerca de alambrado com postes de concreto, três fios de arame farpado e tela trançada malha de 2" e altura de 2m	m	280	R\$ 157,09	R\$ 43.985,20
2.2	Portão em tubo galvanizado de diâmetro 2" em uma folha de correr com 3,50 metros de comprimento e 1,80 metros de altura.	un.	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
2.3	Sistema de abastecimento de água	conj.	1	R\$ 20.200,00	R\$ 20.200,00
2.4	Entrada de energia elétrica em alta tensão, padrão CPFL	conj	1	R\$ 21.590,00	R\$ 21.590,00
2.5	Cabos alimentadores	m	1120	R\$ 25,70	R\$ 28.784,00
3	EDIFICAÇÕES				
3.1	Escritório em alvenaria de tijolo comum revestido e pintado em látex sem massa corrida, cobertura em telha cerâmica e madeira, piso em cerâmica, esquadrias metálicas, tubulações elétricas e hidráulicas externas.	m ²	50	R\$ 1.140,32	R\$ 57.016,00
3.2	Instalações para refeitório, sanitário, vestiário em alvenaria revestida e pintada em látex e barrado impermeável, cobertura em telha cerâmica e madeira, piso em cimentado pintado, esquadrias metálicas, tubulações elétricas e hidráulicas externas.	m ²	50	R\$ 589,85	R\$ 29.492,50
3.3	Instalações para almoxarifado, em alvenaria sem revestimento e pintura à cal, cobertura em telha cerâmica e madeira, piso em cimento queimado rústico, esquadrias metálicas, tubulações elétr. externas.	m ²	60	R\$ 947,43	R\$ 56.845,80
3.4	Instalações para guarita em alvenaria revestida e pintada em látex e barrado impermeável, cobertura em telha cerâmica e madeira, piso em cimentado pintado, esquadrias metálicas, tubulações eletr. e hydr. externas.	m ²	6	R\$ 1.140,32	R\$ 6.841,92
4	INFRAESTRUTURA PARA EQUIPAMENTOS				
4.1	Execução de bases em concreto armado fck=180kgf/cm ² , fundação 4 estacas de concreto armado (prof. 3m), volume de 3,5m ³	un.	4	R\$ 1.450,00	R\$ 5.800,00
TOTAL (R\$)					R\$ 349.855,42

Tabela 8 - Custos da implantação da Usina de reciclagem de RCC

Itens pesquisados	Custos
Obras civis e terraplanagem	R\$ 349.855,42
Unidade Recicladora 10t/h	R\$ 483.000,00
Balança rodoviária 40 t	R\$ 48.000,00
Retroescavadeira	R\$ 180.000,00
Caminhão Basculante	R\$ 195.000,00
Total (sem terreno) (em R\$)	R\$ 1.255.855,42

3.5.2 Ecoponto

O Ecoponto é uma área de transbordo e triagem de pequeno porte, destinada à entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos de construção civil, resíduos volumosos e resíduos de coleta seletiva.

Para o município de Orlândia, serão propostos dois ecopontos de entrega voluntária de peque-

nos volumes de entulho (até 1 m³) com área de 500m² cada. O projeto foi desenvolvido em um terreno padrão de 20x25m (500m²), seguindo a norma ABNT NBR 15112:2004 (Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação). A estimativa de capacidade de processamento de RCC para cada ecoponto é de 36 m³/dia, tendo como base outros ecopontos de mesmas dimensões em operação em outros municípios.

O valor do investimento necessário para cada ecoponto, segundo a pesquisa, é de R\$ 75.943,59 para cada um dos ecopontos, conforme apresentado na Tabela 9. Os possíveis pontos de implantação do ecoponto são em terrenos da Prefeitura, por isso não foram considerados no cálculo realizado.

Tabela 9 - Detalhamento orçamentário das obras necessárias para implantação de ecoponto

Item	Descrição do serviço	Un.	Qtde.	Unitário	Total
1	TERRAPLANAGEM				
1.1	Execução de limpeza de terreno	m ²	600	R\$ 3,54	R\$ 2.124,00
1.2	Execução de terraplanagem com compensação	m ²	600	R\$ 11,82	R\$ 7.092,00
2	IMPLANTAÇÕES				
2.1	Piso e contrapiso concreto 5cm	m ²	229	R\$ 62,83	R\$ 14.388,07
2.3	Pavimentação em pedrisco, espessura 5cm Piso Pedra	m ²	265	R\$ 6,70	R\$ 1.775,50
2.4	Portão em tudo galvanizado de diâmetro 2" em duas folhas com 2,00 metros de comprimento cada e 1,80 metros de altura.	un.	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
2.5	Fechamento em cerca de alambrado com postes de concreto, três fios de arame farpado e tela trançada malha de 2" e altura de 2m	m	86	R\$ 157,09	R\$ 13.509,74
3	EDIFICAÇÕES				
3.1	Instalações para guarita em alvenaria revestida e pintada em látex e barrado impermeável, cobertura em telha cerâmica e madeira, piso em cimentado pintado, esquadrias metálicas, tubulações elet. e hidr. externas.	m ²	14	R\$ 1.140,32	R\$ 15.964,48
4	EQUIPAMENTOS				
4.1	Caçamba estacionária 5m ³	un.	4	R\$ 4.200,00	R\$ 16.800,00
4.2	Lixeira seletiva 100litros em plástico PP corrugado	un.	1	R\$ 890,00	R\$ 890,00
4.3	Placa de identificação do Ecoponto	un.	1	R\$ 490,00	R\$ 490,00
4.4	Murta de cerca viva com 1,5m	un.	10	R\$ 40,98	R\$ 409,80
TOTAL (R\$)					R\$ 75.943,59

3.5.3 Área de Transbordo e Triagem

Com o intuito de segregar o RCC e dar-lhe a destinação correta, é proposta a implantação de uma Área de Transbordo e Triagem (ATT).

Os volumes armazenados nos ecopontos são posteriormente encaminhados para as áreas de transbordo e triagem, que também recebem os volumes dos grandes geradores, para reciclagem e/ou beneficiamento.

A proposta é a instalação de uma unidade, em área de propriedade da Prefeitura, de uma unidade com cerca de 1.100m², composta por área deposição para resíduos Classe A, B e volumosos, área de triagem, escritório, banheiro e vestiário. Também será necessário realizar a aquisição de uma retroescavadeira para realizar a movimentação do resíduo. A previsão de movimentação para uma ATT desse porte é entre 40 e 60 m³/dia.

O custo estimado das instalações da ATT no município de Orândia foi de R\$ 269.236,34 (Tabela 10).

De acordo com os resultados apresentados, os custos levantados para a implantação de uma usina de reciclagem com capacidade de processamento de 10 t/h foram de R\$ 1.255.855,42. Já a implantação de ecopontos e área de transbordo e triagem mostraram ser uma opção de baixo investimento para se realizar a separação e a destinação correta dos RCC (R\$ 75.943,59 e R\$ 269.236,34 respectivamente). Além disso, tais soluções implantadas podem gerar lucro para o município a partir da cobrança pela recepção, venda de reusáveis, recicláveis e do material processado. Ao estabelecer preços menores para resíduos já triados, o município também estaria incentivando os geradores a praticarem a triagem no próprio canteiro de obras.

Tabela 10 - Detalhamento orçamentário das obras necessárias para implantação de ATT

Item	Descrição do serviço	Un.	Qtde.	Unitário	Total
1	TERRAPLANAGEM				
1.1	Execução de limpeza de terreno	m ²	1100	R\$ 3,54	R\$ 3.894,00
1.2	Execução de terraplanagem com compensação	m ²	1100	R\$ 11,82	R\$ 13.002,00
2	IMPLANTAÇÕES				
2.1	Piso e Contrapiso concreto	m ²	370	R\$ 62,83	R\$ 23.247,10
2.3	Portão em tudo galvanizado de diâmetro 2" em duas folhas com 2,00 metros de comprimento cada e 1,80 metros de altura.	un.	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
2.4	Fechamento em cerca de alambrado com postes de concreto, três fios de arame farpado e tela trançada malha de 2" e altura de 2m	m	128	R\$ 157,09	R\$ 20.107,52
2.5	Instalações para escritório, sanitário e vestiário em alvenaria revestida e pintada em látex e barrado impermeável, cobertura em telha cerâmica e madeira, piso em cimentado pintado, esquadrias metálicas, tubulações elétricas e hidráulicas externas.	m ²	21	R\$ 1.140,32	R\$ 23.946,72
3	EQUIPAMENTOS				
3.1	Placa de identificação do ATT	un.	1	R\$ 490,00	R\$ 490,00
3.2	Retroescavadeira	un.	1	R\$ 180.000,00	R\$ 180.000,00
3.2	Murta de cerca viva com 1,5m	un.	50	R\$ 40,98	R\$ 2.049,00
TOTAL (R\$)					R\$ 75.943,59

4 CONCLUSÕES

Orlândia como a maioria dos pequenos municípios brasileiros, ainda não maneja seu resíduo da construção, de acordo com as diretrizes que preconiza a Resolução CONAMA nº 307/2002.

O município não possui área licenciada para disposição final dos RCC e os serviços de coleta e transporte dos RCC são realizados por empresas terceirizadas e encaminhadas ao aterro da cidade de Franca. Grande parte dos problemas causadores da ineficiência na gestão dos RCC nos pequenos municípios é devida à falta de infraestrutura básica que consiga criar condições mínimas para a gestão dos RCC.

Pela caracterização quantitativa e análise do setor da construção civil do município de Orlândia pode-se constatar uma geração per capita de 1,20 kg/hab x dia, sendo que a maior parte desses resíduos pertencem à classe A, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002, como constatou a análise estatística da caracterização do RCC, o que garante aos resíduos grande potencialidade na reutilização, reciclagem e reaproveitamento dos mesmos.

Uma alternativa para uma destinação desses RCC é a sua reciclagem, que apresenta grandes

benefícios financeiros, sociais e ambientais ao município.

A usina de reciclagem fixa ou móvel foi uma das propostas neste estudo como possível solução para disposição irregular de RCC, possibilitando um maior controle sobre a geração e destinação desse tipo de resíduo no município, além de gerar renda agregando valor comercial ao resíduo. Em relação ao custo total de implantação da usina estudada, foi verificado que o maior percentual de investimento deverá ser destinado à aquisição dos maquinários necessários em geral, como britador, correia, balança etc.

A implantação de pontos de entrega voluntária e uma área de transbordo e triagem (ATT) gera conexões eficazes para uma gestão adequada de resíduo de construção civil, aliada a um baixo custo para sua implantação, contornando a falta de verba existentes nesses pequenos municípios, reduzindo deposições irregulares e a quantidade de RCC aterrado.

Tendo em vista a inevitável geração dos Resíduos de Construção Civil, a implantação de um sistema de gestão é importante no sentido de superar os cenários de degradação do meio ambiente e da utilização descontrolada de recursos naturais que deveriam ser preservados.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Gonçalves GHV e Marques Neto JC; **Metodologia:** Gonçalves GHV e Marques Neto JC; **Investigação:** Gonçalves GHV e Marques Neto JC; **Redação e Primeira versão:** Gonçalves GHV; **Redação e Revisão & Edição:** Gonçalves GHV, Rocha LBG e Marques Neto JC; **Supervisão:** Marques Neto JC.

6 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: **Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaios**. 16 p. Associação de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.112: **Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – área de transbordo e triagem – diretrizes para projetos, implantação e operação**. 7 p. Associação de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.114: **Resíduos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. 7 p. Associação de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2004.

ANDRADE, A. S.; MARTINS, G. S. **Análise dos Resíduos da Construção Civil no Município de Guairá SP**. 2018. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Centro Universitário Unifafibe, Bebedouro, 2018.

BARRITT, J. An overview on recycling and waste in construction. **Proceedings of Institution of Civil Engineers: Construction Materials**, Vol.169(2), pp.49-53, 2016. <https://doi.org/10.1680/coma.15.00006>

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre a gestão de resíduos da construção civil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002.

BRASIL. Caixa Econômica Federal - CEF. Ministério da Fazenda. **SINAPI: Custos de composição Analítico – SINAPI**. Caixa, 2021. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-sp/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_SP_2021_01a04_Retificacao01.zip>. Acesso em: 30 nov. 2021.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS 6543 - **Guide to use of industrial by-products and waste materials in building and civil engineering**. 1985.

BOHNENBERGER, J. C.; PIMENTA, J. F. de P.; ABREU, M. V. S.; COMINI, U. B. CALIJURI, M. L.; MORAES, A. P. de; PEREIRA, I. da S. Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, vol.18 n.1 Porto Alegre Jan./Mar. 2018. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100222>

CHEN, Q.; ZHANG, Q.; QI, C.; FOURIE, A.; XIAO, C. Recycling phosphogypsum and construction demolition waste for cemented paste backfill and its environmental impact. **Journal of Cleaner Production**. 186, 418e429, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.131>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Orlândia-SP**. 2021. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/orlandia/panorama> >. Acesso em: 30 nov. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

JADOVSKI, I., MASUERO, A. **Estudo dos custos de implantação, operação, e manutenção de usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. 2006. ENTAC 2006 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: RIMA, 2005. 162p.

RAHIMI, M.; GHEZAVATI, V. Sustainable multi-period reverse logistics network design and planning under uncertainty utilizing conditional value at risk (CVaR) for recycling construction and demolition waste. **Journal of Cleaner Production**, Vol.172, pp.1567-1581, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.240>

RAL-RG 501/ 1, 1985: **Recycling Baustoffe fur den Strassenbau**, Deutsches Institut fur Gütesicherung und Kennzeichnung, BOM.

ROSADO, L.P; PENTEADO, C.S.G. Uso de metodologia participativa na elaboração de Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil. **Revista DAE**, v. 66, n. 211, p. 20 -34, 2018. <https://doi.org/10.4322/dae.2018.011>

SIEFFERT, Y.; HUYGEN, J. M.; DAUDON, D. Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering–architecture collaboration. **Journal of Cleaner Production**, Vol.67, pp.125-138, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.018>

SILVA, L. P. **Análise e Caracterização da Gestão dos Resíduos da Construção Civil no Município de Ribeirão Preto-SP**. 2018. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

TAVIRA, J.; JIMENEZ, J. R.; CARVALHO, M. T.; EVANGELISTA, L., DE BRITO, J. Recycling screening waste and recycled mixed aggregates from construction and demolition waste in paved bike lanes. **Journal of Cleaner Production**, 190, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.128>