**DIEGO AUGUSTO GOMES DOS SANTOS**
**PEDRO FERDINANDO CRNKOVIC NETO**

# UTILIZAÇÃO DE RCC PARA A CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO EM SÃO CARLOS/SP E ARARAQUARA/SP

**SÃO CARLOS**
**2021**

**DIEGO AUGUSTO GOMES DOS SANTOS**

**PEDRO FERDINANDO CRNKOVIC NETO**

# UTILIZAÇÃO DE RCC PARA A CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

**Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Civil do Centro Universitário Central Paulista, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.**

**Orientador: Prof. Dr. Victor José dos S. Baldan.**

**SÃO CARLOS**

**2021**

**DEDICADO AOS FAMILIARES,**

**AMIGOS E PROFESSORES DA UNICEP.**

## AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus, que sem ele nada seria capaz.

Em seguida nossas famílias que deram total apoio para a realização desse projeto.

Agradecer ao nosso orientador Professor Dr. Victor José dos Santos Baldan, que nos auxiliou dando suporte para dúvidas, direcionando para obtenção dos resultados deste trabalho, e ao professor Simar, encarregado de nos passar diretrizes de como desenvolver um Trabalho de Conclusão de Curso.

Gratidão os professores do Centro Universitário Paulista, em especialmente ao Prof. Caio Denari, que nos apresentou o tema sobre os resíduos da construção civil, e assim tivemos a ideia de fazer o trabalho voltados aos resíduos gerados da construção civil.

E por fim agradecer aos colegas de curso, que nesses 5 anos sempre ajudaram nas duvidas das disciplinas e assim podemos seguir juntos durante esse período.

“A persistência é o menor caminho do êxito.”
(Charles Chaplin)

**SUMÁRIO**

1 Introdução 1
1.1 Justificativa 2
1.2 Objetivo 3
2 Revisão de literatura 4
2.1 A Sustentabilidade Ambiental e a geração de resíduos 4
2.2 Resíduos sólidos 5
2.3 Legislações e classificações aplicadas aos resíduos sólidos 5
2.3.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 5
2.3.2 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 6
2.3.3 Resolução CONAMA n° 307/2002 7
2.4 Resíduos de construção civil (RCC) 8
2.5 Materiais desenvolvidos a partir da reciclagem de RCC 9
3 Materiais e Métodos 12
3.1 Pesquisa bibliográficas 12
4 Estudo de Caso 13
4.1 Estudo da geração de resíduos na cidade de São Carlos/SP 13
4.2 Estudo da geração de resíduos na cidade de Araraquara/SP 13
4.3 Aplicação do RCC reciclado na construção de moradias de interesse social 13
4.3.1 Utilização dos RCC de São Calos/SP e Araraquara/SP na construção de habitações de interesse social 15
4.3.2 O caso de São Carlos/SP 15
4.3.3 O caso de Araraquara/SP 15
5 Discussão e Conclusões 17
Referências 18

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre o reaproveitamento dos resíduos da construção civil (RCC) gerados nas cidades de São Carlos/SP e Araraquara/SP na construção de habitações de interesse social. Para tanto, foi realizada pesquisa para conhecer a quantidade de RCC gerado em cada município. Na sequência, a partir de metodologia previamente definida, foi possível determinar que, com a quantidade de RCC gerado diariamente em São Carlos/SP é possível construir 50 habitações de interesse social e 44 unidades em Araraquara/SP. Assim, é possível diminuir o déficit habitacional e salvaguardar o meio ambiente.


**Palavras-chave:** RCC, reciclagem, habitações de interesse social, São Carlos/SP, Araraquara/SP.

# 1 INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil representa parcela importante no desenvolvimento econômico do país. Por outro lado, comporta-se, ainda, como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, estimado em cerca de 50% dos recursos extraídos no planeta, modificação da paisagem ou geração de resíduos (LEITE, 2001).

O setor de construção civil tem grande importância na economia nacional, não só como gerador de empregos, mas como atividade crucial para o desenvolvimento de qualquer nação.

Brito Filho (1999) e Buttler (2003) reafirmam que a indústria da construção civil consome cerca de 50% de todos os recursos naturais e que, parcela significativa desses recursos é perdida nas obras.

Por outro lado, os resíduos gerados nos canteiros e dispostos em locais inapropriados, têm provocado sérios danos ao meio ambiente, em razão da inexistência de uma gestão realmente eficaz (JOHN, 2000).

O Brasil comparado com a União Europeia, gera cerca de 3 vezes mais resíduos. E os RCC são responsáveis por 3% de toda a produção de resíduos do mundo.

A gestão de resíduos sólidos não tem recebido atenção necessária, o que compromete cada vez mais a saúde da população e a degradação dos recursos

naturais, em especial do solo e dos recursos hídricos. No Brasil, os índices de geração de resíduos sólidos é de cerca de 0,6kg/hab./dia e mais 0,3kg/hab./dia de resíduos de varrição, limpeza de logradouros e entulhos. Em regiões como Sul e Sudeste, por exemplo, nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba, os índices de produção são ainda mais elevados e podem chegar a 1,3 kg/hab./dia, considerando todos os resíduos manipulados pelos serviços de limpeza urbana que incluem os resíduos domiciliares, comerciais, de limpeza de logradouros, de serviços de saúde e entulhos (CETES, 2021).

No setor da construção civil, a situação é ainda mais preocupante. Responsável por 20% a 50% do consumo de recursos naturais (LATTERZA, 1998) estima-se que 70% dos resíduos da construção civil provêm de reformas, demolições e pequenas obras e, os outros 30% da construção formal. Ainda segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, a disposição irregular dos Resíduos da Construção Civil (RCC) é o principal problema a ser enfrentado em relação ao saneamento, no ambiente urbano, já que os mesmos provocam a proliferação de agentes nocivos à saúde, enchentes, interdição parcial de vias e a degradação do ambiente urbano. Além disso, a remoção de RCC acumulados irregularmente pode gerar custos excessivos e desnecessários, para os cofres públicos e municipais, que poderiam ser revertidos para melhorias em áreas como saúde e educação. (ABRECON, 2021)

Toda forma de reutilização do resíduo na própria obra e a utilização do agregado reciclado (beneficiado na própria obra ou muitas vezes adquirido das usinas recicladoras) favorecem a diminuição do uso dos recursos naturais, os custos na obra e o volume de resíduos para destinação final. No entanto, a falta de políticas públicas capazes de regulamentar tais processos e algumas incertezas por parte dos geradores quanto ao uso destes materiais, fazem com que a prática destes processos ainda seja pouco utilizada.

A utilização do agregado reciclado de resíduos da construção e demolição é, atualmente, fator primordial para o setor da construção civil, maior consumidora de matérias primas entre os setores industriais.

Vale ressaltar, que todo concreto pode ser reciclado, desde que seja escolhido o uso adequado e respeite suas limitações técnicas. No Brasil, o concreto reciclado é utilizado, em sua maior parte, como sub-base de pavimentos de concreto ou asfalto,

embora em pequena escala (ANGULO, 2005).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

No mundo, 13,1 bilhões de toneladas de lixo devem ser geradas em 2050, 20% a mais que em 2009. No Brasil, 62 milhões de toneladas de resíduos foram geradas em 2011, enquanto a população cresceu 0,9%, o volume de resíduos aumentou 1,8%, o dobro, em relação a 2010 (ABRELPE, 2021).

O setor da construção civil e o da demolição são a maior fonte de resíduos (GONÇALVES, 2001) pois produz mais de 40% de todos os resíduos sólidos do mundo e a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) estimada é em média de 500 kg/hab. ano.

A substituição do agregado natural pelo agregado reciclado na produção de concreto é comum para vários tipos de materiais reciclados (resíduos de construção civil, PVC, por exemplo), já que é grande a facilidade de interação e baixa a reatividade entre o cimento Portland e esses resíduos. (ABRELPE, 2012)

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é apresentar a viabilidade da aplicação dos RCC gerados e reciclados pelos municípios de São Carlos/SP e Araraquara/SP na fabricação de tijolos para a construção de habitações de interesse social.

# 2 REVISÃO DE LITERATURA

## 2.1 A sustentabilidade ambiental e a geração de resíduos sólidos

A construção civil no Brasil tem uma importante repercussão quer no consumo de recursos naturais, quer na geração de impactos ambientais. A reciclagem dos resíduos de construção e demolição (RCD) tem surgido como uma forma de amenizar a ação nociva dos resíduos, reutilizando os inertes reciclados de RCD em novos produtos.

A quantidade de entulho gerado nas construções que são realizadas nas cidades brasileiras demonstra um enorme desperdício de material. Os custos deste desperdício são distribuídos por toda a sociedade, não só pelo aumento do custo final das construções como também pelos custos de remoção e tratamento do entulho.

De acordo com Zordan (1997), Latterza (1998), Gonçalves (2001) e Buttler (2003), o entulho surge não só da substituição de componentes pela reforma ou reconstrução. Muitas vezes é gerado por deficiências no processo construtivo: erros ou indefinições na elaboração dos projetos e na sua execução, má qualidade dos materiais empregados, perdas na estocagem e no transporte. Estes desperdícios podem ser atenuados através do aperfeiçoamento dos controles sobre a realização das obras públicas e também por meio dos trabalhos conjuntos com empresas e trabalhadores da construção civil, visando aperfeiçoar os métodos construtivos.

As políticas adotadas para diminuir o impacto ao meio ambiente, em especial a disposição dos RCC e extração de matérias-primas, incluem a reciclagem dos resíduos por meio da redução de sua geração, visto que a redução também reduz a utilização de aterros, a ocorrência de depósitos irregulares, o consumo de recursos naturais não-renováveis e impactos ambientais das atividades de mineração (PINTO, 1999).

Praticamente todos os países no mundo investem num sistema formal de gerenciamento para reduzir a deposição ilegal e sistemática, que causa assoreamento de rios, entupimento de bueiros, degradação de áreas e esgotamento de áreas de aterros, além de altos custos socioeconômicos, especialmente em cidades de médio e grande porte.

Dessa forma, a reutilização e a reciclagem podem resultar na minimização dos

problemas com gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios e também contribuir na redução de custos e do volume de extração de matéria-prima, preservando os recursos limitados (PINTO, 1997; PINTO, 1999; JOHN, 2000; LEITE, 2001; GONÇALVES, 2001).

## 2.2 Resíduos sólidos

Para a gestão correta dos resíduos sólidos é necessário que os mesmos sejam classificados como resíduos sólidos urbano (RSU) e, por sua vez, como resíduos de construção civil (RCC), para dar o destino mais adequado. Os RCC podem ser classificados como aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. (LAURITZEN, 1994)

## 2.3 Legislações e classificações aplicadas aos resíduos sólidos

### 2.3.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010), tem papel extremamente importante no avanço do país, em frente aos vários problemas socioambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos sólidos, em que, toneladas de entulhos são descartadas diariamente em terrenos vazios, córregos, vias públicas, praças e outros.

O descarte inadequado destes resíduos além de ser um poluente para a visão, também é causador de grandes impactos como contaminação de solo, assoreamento de córregos, obstrução do sistema de drenagem urbana e risco para a saúde devido a atração de insetos e animais peçonhentos e portadores de doenças.

De acordo com dados da ABRELPE (2012) e do Ministério do Meio Ambiente, o Brasil coletou 96 mil toneladas diárias de resíduos de construção civil em lotes públicos irregulares, valor expressivo que cresce a cada ano.

No cenário brasileiro cada vez mais a gestão de resíduos vem sendo foco de estudos e trabalhos acadêmicos, visando a reutilização e reaproveitamento de inúmeros tipos de materiais.

A PNRS utiliza os conceitos apresentados na Figura 1, para subdividir os resíduos sólidos em treze categorias que está de acordo com sua fonte geradora e origem.

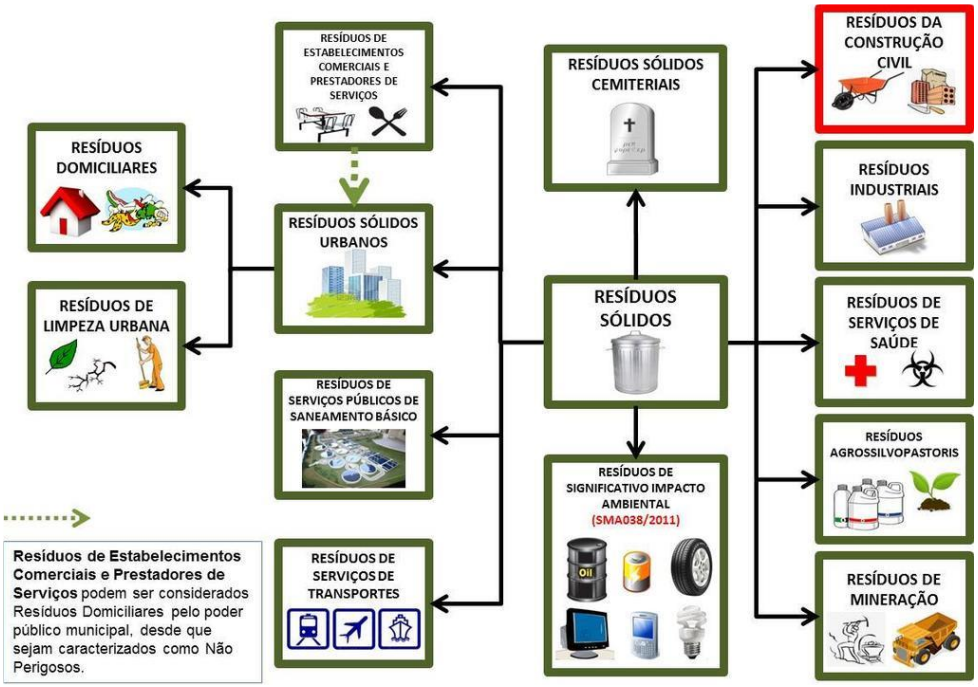


**Figura 1 –** Divisão dos resíduos sólidos de acordo com sua origem, a partir da PNRS

Fonte: Córdoba, 2014

### 2.3.2 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

De acordo com o compendio de normas da ABNT para resíduos sólidos, que compreende as normas NBR 10004 (ABNT, 2004), NBR 10005 (ABNT, 2004), NBR 10006 (ABNT, 2004) e ABNT 10007 (ABNT, 2004) – que são respectivamente denominadas classificação, ensaio de lixiviação, ensaio de solubilização e amostragem – os resíduos sólidos são agrupados de acordo com o potencial de contaminação ao meio ambiente e a saúde pública da seguinte forma:

- Resíduos Classe I – Perigosos: são aqueles tipos de resíduos que apresentam pelo menos uma das características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxidade e patogenicidade.
- Resíduos Classe II – Não Perigosos:
  a) Resíduos Classe II A – Não Inertes: “Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B –

Inertes, nos termos desta Norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

b) Resíduos Classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

### 2.3.3 Resolução CONAMA n° 307/2002

O CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) possui uma resolução (307) que estabelece diretrizes, definições, critérios e procedimentos e responsabilidades com relação aos resíduos da construção civil (RCC). No artigo 3º desta resolução, os resíduos sólidos são classificados da seguinte forma:

- 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 revestimento 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;

- Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
- Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
- Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de

demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Com relação às responsabilidades, cabe aos municípios elaborar Plano Integrado de Gerenciamento que incorpore:

a) Programa Municipal de Gerenciamento (para geradores de pequenos volumes);
b) Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC – (para aprovação dos empreendimentos dos geradores de grandes volumes).

Com relação aos geradores, cabe ao município elaborar e implementar o PGRCC como objetivo de estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados no decorrer da construção da obra por meio da caracterização dos resíduos e indicação de procedimentos para triagem, acondicionamento, transporte e destinação.

Essa Resolução não só contempla as questões de responsabilidade dos geradores, como a responsabilidade do poder público, municípios e Distrito Federal, que, como citado acima, deverão elaborar um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (TUCURU, 2018).

## 2.4 Resíduos de construção civil (RCC)

O resíduo da construção e demolição (RCD) ou resíduo da construção civil (RCC) é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição.

Entulho é o conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes. (OECO, 2014)

O entulho de construção compõe-se, portanto, de restos e fragmentos de materiais, enquanto o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo, comparativamente ao entulho de construção.

Os resíduos encontrados predominantemente no entulho, que são recicláveis para a produção de agregados, pertencem a três grupos:

- Grupo I: materiais compostos de cimento, cal, areia e brita, concretos, argamassa, blocos de concreto e gesso.

- Grupo II: materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.
- Grupo III: materiais não-recicláveis: solo, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

## 2.5 Materiais desenvolvidos a partir da reciclagem de RCC

Os resíduos de construção civil têm por fim variados estudos visando a reutilização destes materiais. Estudos feitos por Baldan (2015), apresentaram possibilidades de reutilização de resíduos gerados pelas industrias poliuretana termo fixa, onde placas poliméricas foram constituídas a partir do material de descarte. Também Gradin (2009), apresentou estudos viabilizando a reutilização de cinzas volante de um reator de leito fluidizado, para a produção de blocos para construção civil. Por isso, se faz necessário o desenvolvimento dos componentes no setor construtivo.

Dados apresentados por Brasileiro et. al. (2015) mostraram que, dos 5.564 municípios brasileiros, 4.031 municípios (72,45%) possuem serviço de manejo dos resíduos de construção e demolição. Em 392 municípios (7,05%) tem existência e tipo de processamento dos resíduos, 124 (2,23%) existe a triagem simples dos resíduos de construção e demolição reaproveitáveis (classes A e B), em 14 (0,25%) existe triagem e trituração simples dos resíduos classe A, em 20 (0,36%) existe triagem e trituração dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados e somente em 79 municípios (1,42%) existe o programa de reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos. Portanto conclui-se que apenas uma parte dos resíduos e destinado a reciclagem tendo muito a evoluir.

A preocupação com os resíduos de construção civil no Brasil e relativamente nova. Diferentemente de outros países como EUA que, de acordo com John (2000), já existia uma política para resíduos no final da década de 1960 chamada *Resource Conservation and Recovering Act*.

De acordo com Gradin (2009), Belo Horizonte (Minas Gerais), Socorro (São Paulo) e Piracicaba (São Paulo) estão se destacando no cenário nacional como exemplo de reutilização ou reciclagem dos RCC, na construção civil. Na capital mineira, 40% dos resíduos coletados são oriundos da construção civil e, destes, 25% e reciclado em duas usinas operantes, Pampulha e Estoril. Em Socorro/SP, a iniciativa de um microempresário que, apesar da disposição de poucos recursos, conseguiu comercializar agregados produzidos a partir de reciclagem de entulho e produzir argamassa para assentamento de alvenaria para vedações comuns, com o custo 56% mais baixo que o agregado natural. Já a usina de reciclagem de RCC instalada na cidade de Piracicaba/SP, possui a capacidade de reciclagem de 620m3/dia, tendo como principais produtos os agregados graúdos de predominância cerâmica utilizados em obras de pavimentação e agregados miúdos, de predominância também cerâmica, comercializados para assentamento de alvenarias.

Ainda, são resíduos de construção civil que são reciclados na usina:

- Terra proveniente de escavações, para execução de obras e reformas;
- Resíduos de concreto (armado ou não), areia, cimento, argamassa, blocos de concreto, tijolos e telhas de barro;
- Revestimentos cerâmicos.

Não são todos os resíduos de construção civil que podem ser reciclados na usina, a saber:

- Gesso;
- Telhas de fibrocimento;
- Poda de árvores e jardim;
- Resíduos domiciliares;
- Latas de tintas;
- Entre outros que não se incluem nas classes dos RCC.

Depois de reciclado, os RCC apresentam finalidades como:

- Confecção de blocos de concreto para alvenaria convencional e pisos intertravados para uso em pavimentação;
- Pavimentação primária de vias com aplicação de brita corrida;
- Base de travamento e/ou nivelamento final de vias para pavimentação;
- Argamassa para assentamento de alvenaria, e para emboço e reboco;
- Confecção de pisos e regularização de contrapisos internos e externos de

concreto;

- Aterros;
- Outros tipos de concreto, revestimentos e outras aplicações conforme normas da ABNT;
- A única não-indicação dos RCC reciclados é para utilização como concretos estruturais, incluindo blocos para alvenaria estrutural.

# 3 MATERIAIS E MÉTODO

## 3.1 Pesquisa bibliográfica

Para consolidar os conhecimentos relativos ao tema do presente trabalho, são estudados e discutidos os trabalhos mais importantes sobre o assunto. O levantamento bibliográfico está focado em três eixos principais:

1) Sustentabilidade na construção civil;

2) Reciclagem de resíduos da construção civil;

3) Desenvolvimento de novos materiais e sua aplicação na construção civil, visando diminuir o déficit habitacional.

Os materiais disponíveis referentes à revisão bibliográfica compreendem: livros, dissertações, teses, artigos técnicos, consultas em bibliotecas de universidades (UNICEP e USP) e informações disponíveis em redes de informação por computador.

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo apresentar a viabilidade da aplicação dos RCC gerados e reciclados pelos municípios de São Carlos/SP e Araraquara/SP na fabricação de tijolos para a construção de habitações de interesse social. Ambas as cidades contam com usina de reciclagem de RCC. Para tanto, também foram levantados dados da geração de RCC nos dois municípios citados.

# 4 ESTUDO DE CASO

## 4.1 Estudo da geração de resíduos da cidade de São Carlos/SP

A cidade de São Carlos, que conta com cerca de 250 mil habitantes e que dista 230 quilômetros da capital do Estado (São Paulo), gera entre 250 e 450 toneladas de RCC por dia.

A Usina de Reciclagem de São Carlos possui capacidade de reciclagem de até 160 toneladas por dia na britagem, o que representa um valor significativo na geração de RCC da cidade. (PROHAB, 2019)

O descarte indevido de RCC além de ser um problema ambiental, também é um problema social, o descarte de em terrenos baldios, encostas de rios, beiras de estradas, causam problemas como poluição, proliferação de doenças e enchentes.

## 4.2 Estudo da geração de resíduos da cidade de Araraquara/SP

A cidade de Araraquara/SP, que dista 40 quilômetros de São Carlos e tem cerca de 235 mil habitantes, gera em torno de 400 toneladas de RCC por dia. A cidade possui pontos de coletas voluntárias (PEV), e, só nesses pontos e em áreas de deposições clandestinas são coletadas e cerca de 120 toneladas por dia.

Os resíduos gerados são descartados em uma área de transbordo e triagem de RCC e em aterros. A área de transbordo e triagem está implementada junto à usina de RCC classe A com capacidade de 100 toneladas por hora na britagem. Já a usina do departamento de abastecimento de água e esgoto de Araraquara (DAAE), possui capacidade para 50 toneladas por hora.

## 4.3 Aplicação do RCC reciclado na construção de moradias de interesse social

A aplicação de agregados reciclados na produção de elementos como blocos de alvenaria, concretos, pavimentação, entre outros, vem aumentando no Brasil recentemente.

No Brasil, em 2011, foi construída a primeira casa feita com RCD, no estado do Rio Grande Do Sul. Na construção de 52m², foram utilizadas 28,15 toneladas de

entulhos e o preço final do imóvel foi de R$ 45.000,00 na época, ou seja, 40% menor do valor liberado para aquisição de imóveis, pelo Minha Casa, Minha Vida no ato da construção.

Para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso, optou-se por utilizar uma planta baixa de habitação de interesse, padrão Programa Casa Verde e Amarela (PCVA) modelo reduzido do Governo Federal (Figura 2), com área de 32 m², definido por Tagliani (2019).

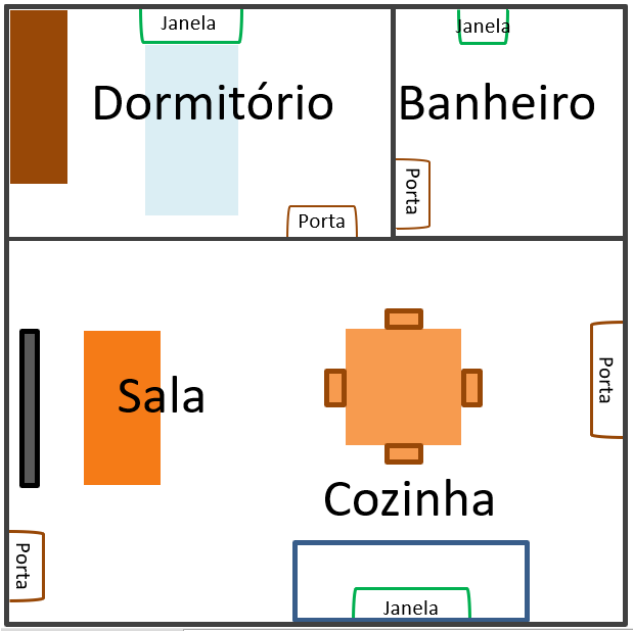


**Figura 2 –** Padrão de habitação de interesse social PCVA modelo reduzido

**Fonte:** Tagliani, 2019

Para o projeto indicado neste trabalho, definem-se como padrões construtivos:

- Duas paredes de 4,00m e duas paredes de 2,00m;
- Pé-direito de 2,70m;
- Oitão de 0,80m;
- Uma janela de 1,30x1,10m;
- Uma janela de 0,70x0,70m;
- Uma janela de 0,60x1,50m;
- Três portas de 0,90x2,10m; e
- Uma porta de 1,00x2,10m.

Somando o perímetro das paredes temos 12m. Multiplicando esse valor pelo pé-direito tem-se 32,40m². Somando esse valor à área dos oitões, de 3,20m², chega-se a 35,60m². Subtraindo a área das aberturas, a área total de paredes da casa é de 32,27m². Com a utilização de um tijolo maciço, de rendimento de 80 tijolos por metro quadrado (Tagliani, 2019), pode-se estimar o consumo de aproximadamente 2582 peças para se erguer a construção. Acrescentando mais 10%, chega-se ao número final de 2840 tijolos.

### 4.3.1 Utilização dos RCC de São Carlos/SP e Araraquara/SP na construção de habitações de interesse social

De acordo com Tagliani (2019), com 23 toneladas de RCC, é possível produzir 8640 tijolos.

### 4.3.2 O caso de São Carlos/SP

Conforme já mencionado neste trabalho, a cidade de São Carlos/SP, gera na média máxima diária, 450 toneladas de RCC diariamente. Portanto:

- Se 23 toneladas de RCC produzem 8640 tijolos, com uma tonelada é capaz de produzir 375 tijolos.
- Considerando que, das 450 toneladas de RCC gerados no município de São Carlos/SP, 85% corresponde ao resíduo de concreto, 15% corresponde ao resíduo de cerâmica e que, somente são considerados os resíduos de concreto, 382,5 toneladas de resíduos serão utilizadas no cálculo.
- 382,5 toneladas geram 143.437 tijolos diariamente em São Carlos/SP, o que possibilitaria a construção de 50,50 habitações de interesse social no município diariamente.

### 4.3.3 O caso de Araraquara/SP

Conforme também já mencionado neste trabalho, a cidade de Araraquara/SP, gera na média máxima diária, 450 toneladas de RCC diariamente. Portanto:

- Considerando que, das 400 toneladas de RCC gerados no município de Araraquara/SP, 85% corresponde ao resíduo de concreto, 15% corresponde ao resíduo de cerâmica e que, somente são considerados os resíduos de concreto, 340 toneladas de resíduos serão utilizadas no cálculo.
- 340 toneladas geram 127.500 tijolos diariamente em Araraquara/SP, o que possibilitaria a construção de 44,89 habitações de interesse social no município diariamente.

# 5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A cidade de São Carlos desperdiça cerca de 50 residências populares por dia com a geração de resíduos, mais de 20 mil residências por ano. A cidade de Araraquara fica próximo com cerca de 44 residências por dia, mais de 16 mil residências por ano

Esse trabalho apresenta um estudo da quantidade de residências populares que se perdem nas cidades de São Carlos/SP e Araraquara/SP, ambas as cidades possuem usinas de reciclagem, o que ajuda a reduzir os impactos da grande quantidade de RCCs gerados, os entulhos reciclados podem ser revendidos na brita com redução de custos para o consumidor e redução de impacto para sociedade.

O estudo pode ser aplicado a empresas privadas que constroem habitações de interesse social, além de ser possível investir na reciclagem e na reutilização desses materiais no canteiro de obras diminuindo o custo e também no preço dessas habitações. Pode ser também utilizado por empresas públicas para construção de residências populares, onde com o reaproveitamento de RCC gerados no município seria convertido em residências de baixo custo e reduzindo a carência por habitações.

# REFERÊNCIAS

ABRECON. **O Que é Entulho?** Disponível em <http://www.abrecon.org.br/o-que-e-entulho/>. Acesso em: 26 de Abril de 2021.

ABRELPE Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/>. Acesso em: 06 de junho de 2021.

ANGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. Tese de doutorado, São Paulo, 2005. 149 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. _____**NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____**NBR 10005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____**NBR 10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____**NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

BALDAN, V. J. S. **Desenvolvimento e caracterização de placas poliméricas produzidas a partir da reciclagem do resíduo industrial de poliuretana termofixa.** Dissertação (Mestrado). Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

BUTTLER, A.M. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – Influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC. Dissertação de mestrado, São Carlos – SP, 2003. 199 p.

BRASILEIRO L. L. et al. Revisão bibliográfica: **reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Cerâmica 61, 2015.

BRITO FILHO, J.A. **Cidade versus entulho**. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1999, p.56.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **CONAMA 307/2002. São Paulo, 2002.**

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Resíduos Sólidos.** Disponível em<http://residuossolidos.cetesb.sp.gov.br/>.Acesso em: 07 de junho de 2021.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Resíduos Urbanos, de Serviços de Saúde e da Construção Civil.** Disponível em<http://residuossolidos.cetesb.sp.gov.br/residuos-solidos/residuos-urbanos-saude-construcao-civil/introducao/>.Acesso em: 07 de junho de 2021.

CORDOBA, R.E. **Estudo do potencial de contaminação de lixiviados gerados em aterros de resíduos da construção civil por meio de simulações em colunas de lixiviação.** 2014. 312 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

GONÇALVES. R.D.C. **Agregados reciclados de resíduos de concreto – um novo material para dosagens estruturais**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC. Dissertação de mestrado, São Carlos – SP, 2001. 148 p.

GRADIN, A. M. N. **Reciclagem dos resíduos sólidos da construção civil**. Artigo. Universidade Catolica do Salvador. Salvador, 2009.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese apresentada para obtenção do título de Livre Docente. EDUSP, São Paulo, 2000.

LATTERZA, L.D.M. **Concreto com agregado graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição. Um novo material para fabricação de painéis leves de vedação**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC. Dissertação de mestrado, São Carlos – SP, 1998. 116 p.

LAURITZEN, E.K. ***Economic and environmental benefits of recycling waste from the construction and demolition of buildings***. Industry and Environment, Paris, v.17, n.2, abr./jun. 1994. p.26-31.

LEITE, M.B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Tese de doutorado, Porto Alegre – RS, 2001. 270 p.

Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável.** Disponível em <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 26 de Abril de 2017.

OECO. **Entenda a Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2014.** Disponível em <http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28492-entenda-a-politica-nacional-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 26 de Abril de 2021.

PINTO. T.P. **Resultados da gestão diferenciada**. *Téchne*, São Paulo, n.31. p.31-34, nov./dez.,1997.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. Tese de doutorado, São Paulo – SP, 1999. 189 p.

PONTA GROSSA AMBIENTAL. **USINA DE RECICLAGEM DE RCC (Resíduos de Construção Civil), 2003.** Disponível em <http://www.pgambiental.com.br/index.php?pag=rcc>. Acesso em: 06 de junho de 2021.

PROHAB. Usina De Reciclagem. Disponível em <www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/usina-de-reciclagem.html>. Acesso em: 06 de Junho de 2021.

TAGILANI, S. **COM QUANTOS TIJOLOS (POR M²) SE FAZ UMA CASA?.** Disponível em: <https://biomassadobrasil.com.br/com-quantos-tijolos-por-m%C2%B2-se-faz-uma-casa-aprenda-a-calcular/>.
Acesso em: out. 2021.

TURUCU. PLANO TURUCU. Disponível em < https://www.turucu.rs.gov.br/publicos/59_2_plano_turuCu_-_final.pdf

ZORDAN, S.E. A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto. 1997. Dissertação de mestrado – FEC/UNICAMP, Campinas – SP, 1997. 140 p.