

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADRIANA MARTINS

**ESTUDO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL CLASSE A
PARA O MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA – SP**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2015

ADRIANA MARTINS

**ESTUDO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL CLASSE A
PARA O MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA – SP**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman.

CAMPO MOURÃO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**ESTUDO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL CLASSE A PARA O MUNICÍPIO DE
ILHA SOLTEIRA - SP**

por

Adriana Martins

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 17:30h do dia 25 de novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profª. Mª. Paula Cristina de Souza
(UTFPR)

Prof. Dr. Eudes José Arantes
(UTFPR)

Prof. Drª Maria Cristina Rodrigues Halmeman
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que me guiou ao longo desta caminhada, estando sempre ao meu lado, dando forças para superar as dificuldades e tornando o caminho mais seguro.

Gratidão aos meus pais, pelo amor, incentivo, companheirismo nos momentos mais difíceis e apoio incondicional na realização desse sonho.

À minha vó pela preocupação, pelas ligações e carinho.

Ao meu namorado pela paciência, pela compreensão, carinho e ajuda.

Aos amigos envolvidos na minha formação, que caminharam junto, que deram apoio e tornaram a caminhada mais feliz.

À minha orientadora pela experiência compartilhada, pela paciência, pela dedicação e por contribuir no desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR CM, por todos os ensinamentos compartilhados no processo de formação profissional.

Gratidão a todos que, direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação e contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

MARTINS, Adriana. Estudo dos resíduos da construção civil classe A para o município de Ilha Solteira – SP. 2015. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Tendo em vista o grande volume de resíduos gerados pela construção civil e os danos causados por eles ao meio ambiente, torna-se necessário a busca por meios que diminuam a geração de RCCs (resíduos da construção civil) e de tecnologias que reciclem esses materiais, visando reduzir o volume de resíduos depositados em locais inadequados e promover a sua reutilização na forma de agregados em novas construções. O presente trabalho tem como objetivo acompanhar as empresas de coleta de RCCs do município de Ilha Solteira-SP e fazer a análise visual desses resíduos, com o intuito de quantificar o volume de resíduos classe A que é produzido pelo município, e verificar os equipamentos necessários para que esses sejam reciclados pela prefeitura. Adotou-se o método de pesquisa em campo, com a análise visual dos RCCs presentes em 70 caçambas produzidas pelo município. Com isso, foram realizados levantamentos de dados sobre a composição dos resíduos, a quantificação destes e a classificação segundo a Resolução CONAMA nº 307, sendo assim, pôde-se analisar os equipamentos disponíveis no mercado para reciclagem dos resíduos classe A e saber quais deles são necessários para a prática da reciclagem no município. Os resultados mostram que grande parte do volume do RCC coletado no município são resíduos classe A, sendo estes 78,14% do volume do RCC analisado e equivalentes à produção de 1,27 m³ de resíduos classe A por hora, portanto, para realizar o trabalho de reciclagem de RCC no município, a prefeitura necessita dispor de um britador que possua produção média de reciclagem entre 1,27 m³/hora, e equipamentos como: alimentador, transportador, eletroímã e peneira vibratória, para classificar os grãos de acordo com a sua granulometria.

Palavras-chave: Resíduos da construção. Gestão de resíduos. Reciclagem.

ABSTRACT

MARTINS, Adriana. Study of class A civil construction waste for Ilha Solteira city in state of São Paulo. 2015. 49 f. Final Dissertation (Bachelor's Degree in Civil Engineering) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Bearing in mind the great volume of waste generated by the civil construction actions and the potential damage caused to the environment by them, it becomes necessary to search ways which reduce the generation of this type of waste and techniques that recycle these materials, aiming to decrease the volume of waste deposited in inappropriate places and promote their reuse as aggregates in new buildings. This paper aims to monitor the construction waste collection companies in the city of Ilha Solteira-SP and do the visual analysis of these wastes, in order to quantify the volume of Class A construction wastes which is produced in the city, and check the devices needed by the city government to be able to recycle them. Was adopted the field method of research, with visual analysis of the construction wastes present in 70 dumpster produced by the county. Thus, it was carried out data surveys about the composition, quantities and classification of these wastes according to the CONAMA Resolution nº 307, therefore, it was possible to analyse the available equipments in the market for the Class A construction wastes recycling and discover which ones are necessary to the practice in the city. The results show that a high amount of the construction wastes collected in the county is classified as Class A, which represent 78,14% of the total construction waste volume analysed and equivalent to the production of 1,27 m³ of this type of waste per hour, thus, in order to carry out the recycling work, the city government need to have a crusher that has an average production about 1,27 m³/hour, and some apparatus like: electric feeder, transporter, electromagnet and the vibrating screen, to classify the grains according to their granulometry.

Keywords: Construction wastes. Waste management. Recycling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Usos recomendados para os resíduos reciclados.	18
Figura 1 – Areia Reciclada.	18
Figura 2 – Pedrisco Reciclado.....	18
Figura 3 – Brita Reciclada.	18
Figura 4 – Brita Corrida.	18
Figura 5 - Rachão.....	18
Quadro 2 – Tecnologias para a reciclagem do RCC.	20
Figura 6 – Alimentador Vibratório.....	20
Figura 7 – Transportador de Correia	20
Figura 8 – Britador.....	20
Figura 9 – Eletroímã	20
Figura 10 – Peneira Vibratória.....	20
Gráfico 1 - Usinas de reciclagem de RCC inauguradas ao longo dos anos.	22
Fluxograma 1 - Etapas do trabalho.	25
Figura 11 - Ficha de entulhos recolhidos.....	27
Quadro 3 – Análise quantitativa dos resíduos.....	28
Figura 12 - Resíduos na caçamba.	28
Figura 13 - Descarte do entulho.	28
Figura 14 – Resíduos depositados.....	28
Gráfico 2 - Distribuição percentual da composição dos RCCs da empresa A.....	33
Gráfico 3 - Distribuição percentual da composição dos RCCs da empresa B.....	37
Gráfico 4 - Distribuição percentual da composição dos RCCs de Ilha Solteira.	39
Figura 15 - Conjunto para a reciclagem de RCC.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Usinas de reciclagem no país em novembro de 2008.....	22
Tabela 2 - Quantidade de RCC coletados pela empresa A.....	30
Tabela 3 - Resultados da análise qualitativa dos RCCs.....	31
Tabela 4 - Resultados da análise qualitativa dos RCCs.....	31
Tabela 5 - Resultados da análise qualitativa dos RCCs.....	32
Tabela 6 - Composição média do RCC coletado pela empresa A.	32
Tabela 7 - Quantidade de RCC coletados pela empresa B.....	34
Tabela 8 - Resultados da análise qualitativa dos RCCs.....	34
Tabela 9 - Resultados da análise qualitativa dos RCCs.....	35
Tabela 10 - Resultados da análise qualitativa dos RCCs.....	36
Tabela 11 - Composição média do RCC coletado pela empresa B.	36
Tabela 12 - Quantidade de RCC coletados no município.....	38
Tabela 13 - Quantidade gerada de resíduo classe A.	39
Tabela 14 - Conjunto de equipamentos para a reciclagem do RCC.	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 JUSTIFICATIVA	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	14
4.2 IMPACTOS CAUSADOS PELOS RCCS	15
4.3 UTILIZAÇÕES DOS RESÍDUOS CLASSE A	16
4.3.1 Tecnologias de reciclagem dos RCCs	19
4.4 USINAS DE RECEBIMENTO DE RCCS NO BRASIL	21
5 METODOLOGIA	25
5.1 MATERIAIS E MÉTODOS	25
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
6.1 EMPRESA A	30
6.2 EMPRESA B	34
6.3 CARACTERIZAÇÃO DO RCC PRODUZIDO NO MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA	38
7 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais importantes para o desenvolvimento econômico e social do país, pois ela além de necessitar de grande contingente de mão de obra, também possui significativa demanda de produtos e serviços. Com isso, quando a construção civil aumenta a sua produção, as empresas responsáveis pelo fornecimento de produtos e serviços para este setor também necessitam aumentar a produtividade, elevando o número de funcionários e a renda destes, que por consequência começam a consumir mais, intervindo positivamente na economia nacional.

Da mesma maneira que a construção civil é vista como setor fundamental para o desenvolvimento econômico do país, ela afeta de forma direta e significativa o meio ambiente. Para Roth e Garcias (2009, p. 114) esses danos ambientais são decorrentes do modelo de construção civil praticado no Brasil, que utiliza matéria-prima não renovável, consome grandes quantidades de energia, e é grande fonte geradora de resíduos oriundos de suas atividades.

Tendo em vista o grande volume de resíduos gerados pela indústria da construção e dos prejuízos ambientais causados por estes, iniciaram-se estudos sobre o tema que teve como resultado a Resolução CONAMA nº 307 (2002) que define estes resíduos e normaliza as suas principais questões. Com esta resolução passa-se a exigir dos municípios brasileiros a elaboração e implantação de um Plano Municipal de Gerenciamento dos Resíduos de Construção Civil, visando o cumprimento da legislação ambiental vigente no país (TESSARO; SÁ; SCREMIN, 2012, p. 122).

Com o intuito de minimizar os impactos ambientais causados pelos resíduos da construção civil (RCC) a Resolução CONAMA nº 307 os divide em classes A, B, C e D, para que desta forma estes recebam os cuidados adequados e a destinação apropriada. Segundo a resolução, os resíduos classe A são aqueles que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados, tais como resíduos oriundos de pavimentação, de edificações e de peças pré-moldadas (CONAMA, 2002).

A prática da reciclagem dos resíduos classe A tem o objetivo de reduzir o volume de resíduos da construção civil depositados em locais inadequados e promover a sua reutilização como forma de agregados em novas construções,

diminuindo a extração de matéria-prima e os danos gerados pela indústria da construção civil ao meio ambiente.

Para o gerenciamento correto dos RCCs é necessário que haja um diagnóstico dos resíduos gerados pelo município, e a realização deste trabalho tem como objetivo identificar alguns pontos de produção dos resíduos, as empresas responsáveis pela coleta, a taxa de geração destes, quantificar os resíduos da construção civil classe A que são produzidos no município de Ilha Solteira – SP e possibilitar que estes possuam o manejo adequado.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar os resíduos classe A da construção civil produzidos pelo município de Ilha Solteira – SP.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a quantidade de empresas no município que são responsáveis pela coleta de resíduos da construção civil.
- Acompanhar as empresas de coleta para realizar a análise visual dos RCCs e com isso quantificar o volume de resíduos classe A que é produzido pelo município de Ilha Solteira – SP.
- Verificar quais os tipos de equipamentos disponíveis no mercado para o gerenciamento dos resíduos e identificar o mais viável a ser utilizado pelo município de Ilha Solteira – SP.

3 JUSTIFICATIVA

O aquecimento da economia no país, e o crescimento no setor da construção civil nos últimos anos, implicaram no aumento do volume de resíduos da construção civil que de acordo com o SINDUSCON – SP (2012, p. 19) representam dois terços da massa de resíduos sólidos gerados nos municípios.

A quantidade de RCCs aliado com seu gerenciamento inadequado e a sua disposição irregular impactam o meio ambiente de maneira negativa, gerando a obstrução do sistema de drenagem urbano, assoreamento de córregos e rios, ocupação de vias e logradouros, degradação da paisagem e a contribuição para a proliferação de transmissores de doenças.

Os RCCs são classificados de acordo com a Resolução CONAMA nº 307 (2002) e esta separação define os resíduos classe A, que são maior parte em volume nos RCCs, como sendo passíveis de reciclagem e ou reutilização, como solos, tijolos, argamassa, concreto, cerâmica e telhas. Sendo assim, o beneficiamento destes, para a reutilização na forma de agregados, reduziria de forma significativa o volume total de RCC gerado pelo município de Ilha Solteira – SP, onde esses são depositados de maneira irregular.

Tendo em vista que o município em questão não apresenta o beneficiamento dos RCCs, dos danos causados por estes ao meio ambiente e da maior porcentagem em volume de resíduos classe A dentre eles, faz-se necessário buscar alternativas e tecnologias para a gestão correta dos resíduos classe A gerados pelo município.

No ano de 2008, o Brasil contava com apenas 36 usinas de recebimento de materiais oriundos da construção em funcionamento, sendo essas responsáveis pelo valor estimado de 3,6% de reciclagem dos RCCs produzidos no país (MIRANDA; ANGULO; CARELI, 2009, p. 65). Faz-se necessário buscar recursos tecnológicos de reciclagem para o melhor aproveitamento destes resíduos, reduzindo a extração de recursos naturais e diminuindo o consumo de energia para a fabricação de novos materiais.

Outra vantagem que a reciclagem de RCC traz ao município é a geração de novos empregos, pois haveria a necessidade de mão de obra para a separação e triagem dos resíduos. A prática do projeto de reciclagem também gera economia na

aquisição de agregados, pois o total de RCC classe A coletado seria transformado em matéria-prima, diminuindo os custos da prefeitura ao adquirir agregados que são utilizados em suas obras.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção é um dos setores econômicos que gera maior impacto ao meio ambiente e grande parte desses danos está diretamente ligado aos resíduos da construção civil (RCC), tanto pelo grande volume gerado, quanto pela sua deposição de maneira irregular. Segundo Souza et al. (2004, p. 34) os fatores que fazem a construção civil ser considerada grande geradora de resíduos é a sua ineficiência em alguns processos produtivos e o seu tamanho.

A Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabelece que:

Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha; (Resolução CONAMA nº 307, 2002).

Nunes (2004, p. 17) afirma que grande parte dos RCCs são considerados resíduos inertes, e segundo a ABNT NBR 10004:2004, estes, quando submetidos ao teste de solubilização, não tem nenhum de seus componentes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

Considerar o RCC como um resíduo inerte, atribui a este a ideia de baixa periculosidade, não dando assim a devida atenção a esses resíduos, que são gerados em volume expressivo, possuem vários pontos de disposição ilegal e entre eles são facilmente encontrados solventes, tintas e óleos; fatores estes que ocasionam sérios danos ao meio ambiente.

Com o intuito de reaproveitar e dar um destino correto aos RCCs e gerar menos impactos ambientais, o CONAMA separa os resíduos em classes A, B, C e D,

que diferem quanto à natureza dos materiais. A Resolução nº 307 (2002) as define como:

CLASSE A – Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, como por exemplo: solos provenientes de terraplanagem, componentes cerâmicos, argamassa e concreto.

CLASSE B – Resíduos recicláveis para outras destinações, como: papel, plástico, vidros, madeira, entre outros.

CLASSE C – Resíduos que não apresentam tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para a sua reciclagem.

CLASSE D – Resíduos perigosos oriundos do processo de construção civil, como: solventes, tintas, óleos, entre outros produtos nocivos à saúde.

4.2 IMPACTOS CAUSADOS PELOS RCCS

A indústria da construção civil no Brasil ainda é considerada um setor artesanal, necessitando de grande contingente de mão-de-obra e tendo destaque na economia nacional. Este setor é visto como alavanca para o desenvolvimento econômico e social do país, porém como reflexo desta atividade, os impactos negativos para o meio ambiente cresceram na mesma intensidade que o mercado da construção, tais como: extração de matéria prima, consumo de energia, poluição atmosférica e geração de resíduos (PIOVEZAN JÚNIOR, 2007, p. 17).

Os RCCs são provenientes de vários setores da construção civil, como a produção de materiais, atividades de canteiro, manutenção e demolição de obras; e estes acarretam transtornos ambientais, pois são gerados em grandes volumes, não apresentam deposição final correta em maior parte dos municípios brasileiros e pelo descompromisso dos geradores com o seu manejo.

O Guia do profissional em treinamento (2008, p. 36) estima que no Brasil a quantidade de resíduos gerados em novas construções é de 150 kg/m² de obra para o ano de 2008, enquanto Monteiro et al. (2001, p. 28) mostra que em países desenvolvidos esse valor já era inferior à 100 kg/m² no ano de 2001. Esse grande volume de RCC gerado em países como o Brasil, onde muitos municípios não apresentam Planos de Gerenciamento de RCC, acabam criando depósitos ilegais e

atraindo a disposição de outros Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), como móveis, eletrodomésticos, restos de matéria orgânica e entre outros; aumentando de forma significativa o volume de resíduos e trazendo riscos à saúde da população.

Segundo Pinto e Gonzáles (2005, p. 33) a destinação inadequada dos RCCs ocorre por falta de políticas públicas nas cidades e o descompromisso dos geradores de resíduos, ocasionando impactos ambientais como: obstrução de sistemas de drenagem urbana, degradação de áreas de mananciais e de proteção permanente, assoreamento de rios e córregos, ocupação de vias e logradouros, obstruindo a circulação de pedestres e degradando a paisagem urbana; proliferação de vetores de doenças, como roedores, insetos, aranhas e escorpiões; e riscos gerados pela disposição de resíduos nocivos a saúde, como os classe D.

Além dos impactos ao meio ambiente e à saúde da população, os RCCs também causam impactos econômicos, pois as prefeituras possuem custos mensais com o manejo destes resíduos. São gerados gastos públicos como o abastecimento dos automóveis necessários para a coleta dos entulhos, custos com a manutenção de máquinas e veículos; e despesas com o salário dos funcionários responsáveis pela coleta, transporte e deposição dos resíduos. Marques Neto (2009, p. 155) mostra em seu estudo que 69,70% dos municípios analisados possuem despesas mensais com combustível em torno de R\$ 10.000,00, o que é considerado um valor alto para municípios de pequeno porte. Porém quando estes municípios foram questionados sobre os gastos com a gestão dos RCCs, 45,46% destes não apresentavam gastos, demonstrando a falta de políticas públicas com relação a estes resíduos.

4.3 UTILIZAÇÕES DOS RESÍDUOS CLASSE A

Tendo em vista os danos causados ao meio ambiente pela geração de resíduos, tanto os da construção civil como os Resíduos Sólidos Urbanos e de outros setores da indústria, foi criado no início do século XXI o conceito dos 3 R's da sustentabilidade, que são ações práticas que visam estabelecer uma relação mais harmônica entre o consumidor e o meio ambiente.

Os 3 R's da sustentabilidade consistem em reduzir, reutilizar e reciclar, onde, reduzir é consumir menos produtos, optar pelos que gerem menos resíduos e possuam maior durabilidade; reutilizar é usar novamente para outros fins coisas que seriam depositadas no lixo; e reciclar significa reaproveitar os materiais através da transformação destes, por processos industriais ou artesanais, produzindo matéria-prima para novos produtos. Aplicando esses conceitos para o setor da construção civil, vê-se a necessidade de reduzir as perdas e desperdícios de materiais durante a execução de obras, reutilizar os resíduos provenientes de demolições para a realização de novas obras e a reciclagem dos RCCs.

Marques Neto (2009, p. 168) mostra em seu estudo a composição média de RCCs de alguns municípios do interior do estado de São Paulo. Analisando os resultados obtidos pelo autor pode-se perceber que o percentual dos resíduos classe A nos RCCs estão entre 55% e 95%. Tendo em vista que segundo a Resolução CONAMA nº 307 (2002), estes resíduos são passíveis de reutilização e reciclagem, o emprego dessas técnicas reduz significativamente o volume de RCCs depositados em aterros ou locais inapropriados, e diminui a extração de matéria-prima para a fabricação de novos produtos, visando amenizar os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil.

A reciclagem dos resíduos classe A consiste basicamente em transformar estes, que são provenientes de construções, reformas e demolições, em agregados que possam ser reaproveitados na forma de matéria-prima para atividades como: aterros; pavimentação primária de vias e estradas, normatizada pela ABNT NBR 15115:2004; produção de argamassas de assentamento e revestimento; e agregados para execução de concreto não estrutural, estabelecido pela norma ABNT NBR 15116:2004.

A prática da reciclagem vem sendo desenvolvida no Brasil, Piovezan Júnior (2007, p. 45) afirma que no estado de São Paulo existem empresas que produzem diferentes tipos de resíduos reciclados, como areia, pedrisco, brita e entre outros, utilizados para a produção de diversos materiais, como mostra o Quadro 1.

Produto	Características	Uso recomendado
<p>Areia Reciclada</p>  <p>Figura 1: Areia Reciclada Fonte: Urbem (2015)</p>	Material com dimensões máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, provenientes da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassa de assentamento de alvenaria de vedação, contrapiso, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
<p>Pedrisco Reciclado</p>  <p>Figura 2: Pedrisco Reciclado Fonte: Urbem (2015)</p>	Material com dimensões máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
<p>Brita Reciclada</p>  <p>Figura 3: Brita Reciclada Fonte: Urbem (2015)</p>	Material com dimensões máximas característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, provenientes da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagem.
<p>Brita Corrida</p>  <p>Figura 4: Brita Corrida Fonte: Urbem (2015)</p>	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil (blocos de concreto, resto de cerâmicas e etc.), livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm.	Obras de base e sub-base de pavimentação, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e nivelamento topográfico de terreno.
<p>Rachão</p>  <p>Figura 5: Rachão Fonte: Urbem (2015)</p>	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, provenientes da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagem e terraplagem.

Quadro 1 – Usos recomendados para os resíduos reciclados.

Fonte: Adaptado de Capello (2006).

Segundo Miranda, Angulo e Careli (2009, p. 65) a Prefeitura de Belo Horizonte utiliza agregados reciclados para a pavimentação desde 1994. No ano de 2005 as Prefeituras de São Bernardo do Campo e Mauá também passaram a utilizar esses agregados em obras para a manutenção de ruas não pavimentadas. Neste mesmo ano foram utilizados agregados reciclados como sub-base do Campus Zona Leste da USP, em São Paulo.

4.3.1 Tecnologias de reciclagem dos RCCs

A preocupação com o gerenciamento dos RCCs vem aumentando gradativamente e se consolidando como uma prática importante para o desenvolvimento sustentável, onde a reciclagem destes resíduos é fundamental para a sustentabilidade do setor da construção, com isso, a aplicação do programa de reciclagem dos RCCs visa promover a correção dos problemas ambientais causados pela disposição inadequada destes resíduos.

A prática da reciclagem depende da implantação de tecnologias em máquinas e equipamentos necessários para a realização das etapas do processo de reciclagem, que transformam o entulho em agregados. De acordo com Miranda, Angulo e Careli (2009, p. 65) os processos de reciclagem de RCCs em quase todas as usinas brasileiras são bem semelhantes, sendo estas compostas por: alimentador vibratório, transportadores de correia, britador de impacto ou mandíbula, eletroímã e peneira vibratória. Estas máquinas e equipamentos são descritas no Quadro 2.

Equipamentos	Descrição	Referência
<p data-bbox="368 271 635 297">Alimentador Vibratório</p>  <p data-bbox="316 490 657 517">Figura 6: Alimentador Vidratório</p>	<p data-bbox="788 271 1251 517">Equipamento de alimentação que proporciona fluxo constante e evita sobrecargas no sistema de britagem, permite a seleção manual dos resíduos e possui grelha para a retirada de materiais finos dando rendimento ao conjunto. Capacidade de alimentação: 1 - 6 m³/h</p>	<p data-bbox="1299 271 1406 331">Vegedry (2015)</p>
<p data-bbox="349 584 655 611">Transportador de Correia</p>  <p data-bbox="261 882 635 909">Figura 7: Transportador de Correia</p>	<p data-bbox="788 584 1251 920">Equipamento utilizado para o transporte de materiais, possui pés com rodas o que permite a sua movimentação e ajuste para a altura de descarga. Quando montado com correia de borracha, facilita o transporte de pedras, blocos e tijolos e quando montado em correia de PVC com impressão, propicia o transporte e agregados finos. Produção média: 10 m³/h</p>	<p data-bbox="1299 584 1406 645">Vegedry (2015)</p>
<p data-bbox="453 954 549 981">Britador</p>  <p data-bbox="331 1270 523 1296">Figura 8: Britador</p>	<p data-bbox="788 954 1251 1167">Sistema de britagem de resíduos classe A, que possibilita a fragmentação do material, equipamento móvel que pode ser trabalhado com alimentação manual ou constante. Produção média: 1,1 - 4 m³/h</p>	<p data-bbox="1299 954 1406 1014">Vegedry (2015)</p>
<p data-bbox="443 1323 560 1350">Eletroímã</p>  <p data-bbox="357 1509 571 1536">Figura 9: Eletroímã</p>	<p data-bbox="788 1323 1251 1503">O separador magnético foi elaborado para correias transportadoras e são utilizados para remover os metais presentes nos resíduos, não possuem custos com manutenção e não necessitam de energia elétrica.</p>	<p data-bbox="1315 1323 1394 1384">Alutal (2015)</p>
<p data-bbox="392 1570 612 1597">Peneira Vibratória</p>  <p data-bbox="268 1845 577 1872">Figura 10: Peneira Vibratória</p>	<p data-bbox="788 1599 1251 1688">Equipamento que classifica os grãos triturados de acordo com a sua granulometria.</p>	<p data-bbox="1315 1599 1394 1659">YLS (2015)</p>

Quadro 2 - Tecnologias para a reciclagem do RCC.

As máquinas e equipamentos utilizados no processo de reciclagem do RCC possuem valores de mercado elevados, porém em matéria publicada na Revista Limpeza Pública, Angulo (2009) mostra que alguns dos resíduos possuem tamanho inferior a 63 milímetros, e estes podem ser separados sem a etapa de britagem, através da separação manual dos materiais que não serão reaproveitados, seguidos do peneiramento. Esta prática reduz o valor do investimento necessário para montar uma usina de reciclagem em até 50% e gera uma economia de 80% com gastos de energia; tornando a construção da usina mais viável economicamente.

4.4 USINAS DE RECEBIMENTO DE RCCS NO BRASIL

A reciclagem dos RCCs se encontra de forma avançada nos países do hemisfério norte, segundo John e Agopyan (2003, p. 2), esta prática foi empregada na Europa após a segunda guerra mundial, oriunda da necessidade de remover os escombros e satisfazer a demanda por materiais de construção. Pinto (1999, p. 8) reforça que esses avanços surgiram da escassez de jazidas nessas regiões e da necessidade de solucionar problemas com o alojamento de resíduos sólidos, assim a reciclagem destes foi implantada e consolidou-se em vários países, como nos Estados Unidos, no Japão e na Europa Ocidental, em países como a França, Alemanha, Holanda, Dinamarca e Suíça; e alguns destes possuem índices de reciclagem entre 50% e 90% do RCC gerado (ANGULO, 2005, p.1).

No cenário nacional a reciclagem ainda é pouco expressiva, com percentual menor que 5% dos 65 milhões de toneladas de resíduos produzidos anualmente pelo setor da construção. O primeiro impulso para a reciclagem ocorreu em 2002, com a Resolução nº 307 do CONAMA (2002), através da criação de responsabilidades para todos os envolvidos no setor, como: geradores, transportadores, receptores e os municípios (CAPELLO, 2006).

Segundo Miranda, Angulo e Careli (2009, p. 63) até o ano de 2002, o Brasil contava com 16 usinas de reciclagem de resíduos classe A, e em 2008 esse número cresceu para pelo menos 47 usinas no país, das quais 51% são públicas e 49% privadas, estes dados estão representados no Gráfico 1; e para o mesmo período tem-se o valor de 36 usinas em instalação no país.

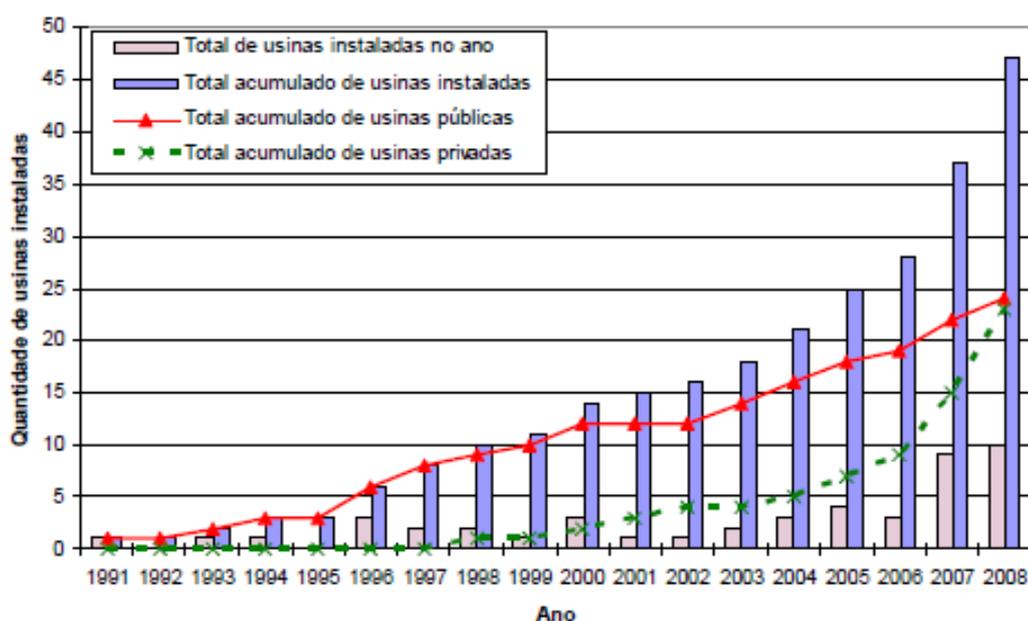


Gráfico 1 - Usinas de reciclagem de RCC inauguradas ao longo dos anos.

Fonte: Miranda; Angulo; Careli (2009).

Porém dentre as 47 usinas de reciclagem de RCC instaladas, 11 encontravam-se desativadas ou paralisadas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Usinas de reciclagem no país em novembro de 2008.

(continua)

Cidade	Propriedade	Instalação	Cap. (t/h)	Situação
São Paulo/SP	Prefeitura	1991	100	Desativada
Londrina/PR	Prefeitura	1993	20	Desativada
B. Horizonte/MG	Prefeitura	1994	30	Operando
B. Horizonte/MG	Prefeitura	1996	20	Operando
Ribeirão Preto/SP	Prefeitura	1996	30	Operando
Piracicaba/SP	Autarquia/Emdhap	1996	15	Operando
São José dos Campos/SP	Prefeitura	1997	30	Desativada
Muriaé/MG	Prefeitura	1997	8	Desativada
São Paulo/SP	ATT Base	1998	15	Desativada
Macaé/SP	Prefeitura	1998	8	Desativada
São Sebastião/DF	Adm. Regional	1999	5	Desativada
Socorro/SP	Irmãos Preto	2000	3	Operando
Guarulhos/SP	Prefeitura/Proguaru	2000	15	Operando
Vinhedo/SP	Prefeitura	2000	15	Operando

(conclusão)

Cidade	Propriedade	Instalação	Cap. (t/h)	Situação
Brasília/DF	Caenge	2001	30	Operando
Fortaleza/CE	Usifort	2002	60	Operando
Ribeirão Pires/SP	Prefeitura	2003	15	Desativada
Ciríaco/RS	Prefeitura	2003	15	Desativada
São Gonçalo/RJ	Prefeitura	2004	35	Paralisada
Jundiaí/SP	SMR	2004	20	Operando
Campinas/SP	Prefeitura	2004	70	Operando
São Bernardo do Campo/SP	Urbem	2005	50	Operando
São Bernardo do Campo/SP	Ecoforte	2005	70	Desativada
São José do Rio Preto/SP	Prefeitura	2005	30	Operando
São Carlos/SP	Prefeitura/Prohab	2005	20	Operando
B. Horizonte/MG	Prefeitura	2006	40	Operando
Ponta Grossa/PR	P. Gossa Amb.	2006	20	Operando
Taboão da Serra/SP	Estação Ecologica	2006	20	Operando
João Pessoa/PB	Prefeitura/Emlur	2007	25	Operando
Caraguatatuba/SP	JC	2007	15	Operando
Colombo/PR	Soliforte	2007	40	Operando
Limeira/SP	RL Reciclagem	2007	35	Operando
Americana/SP	Cemara	2007	25	Operando
Piracicaba/SP	Autarquia/Semae	2007	20	Operando
Santa Maria/RS	GR2	2007	15	Operando
Osasco/SP	Inst. Nova Agora	2007	25	Instalando
Rio das Ostras/RJ	Prefeitura	2007	20	Instalando
Brasília/DF	Caenge	2008	30	Operando
Londrina/PR	Kurica Ambiental	2008	40	Operando
São Luis/MA	Limpel	2008	40	Operando
São José dos Campos/SP	RCC Ambiental	2008	70	Operando
Pulínia/SP	Estre Ambiental	2008	100	Operando
Guarulhos/SP	Henfer	2008	30	Instalando
Barretos/SP	Prefeitura	2008	25	Instalando
São José dos Campos/SP	Julix - Enterpa	2008	25	Instalando
Petrolina/PE	Prefeitura	2008	25	Instalando
Itaquaquecetuba/SP	Entrec Ambiental	2008	40	Instalando

Fonte: Adaptado de Miranda; Angulo; Careli (2009).

Miranda, Angulo e Careli (2009, p. 65) mostram em seu estudo que se todas as usinas brasileiras desativadas estivessem em funcionamento, o valor do RCC reciclado seria de 4,5% do total produzido, contra 3,6% que é a estimativa do que efetivamente era reciclado no ano em questão. Este percentual é considerado baixo se comparado aos países do hemisfério norte, isso mostra que para o setor de

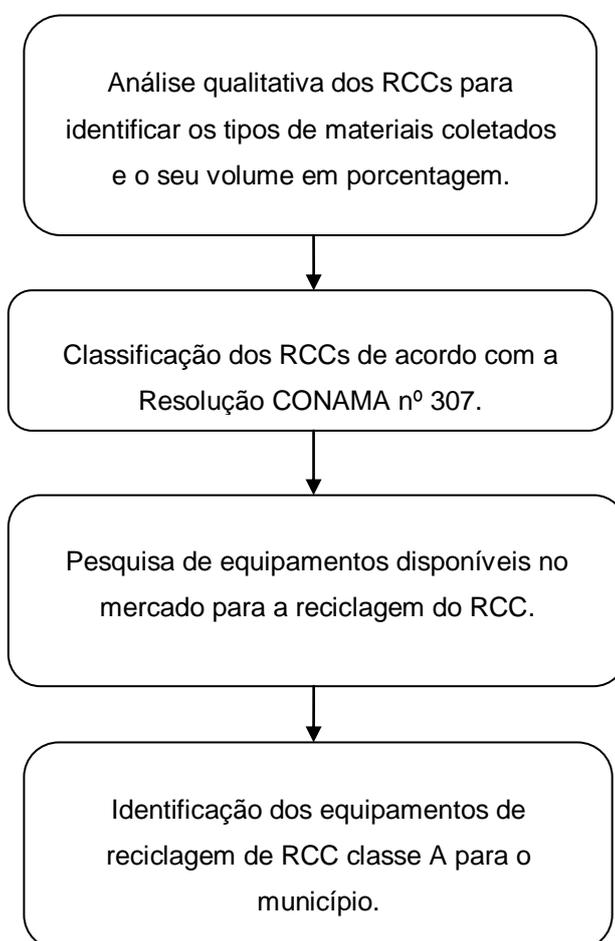
reciclagem de RCC se tornar expressivo no país, faz-se necessário à instalação de muitas outras usinas.

Com o intuito de que a gestão dos RCCs seja realizada de maneira correta, foram criadas normas a serem seguidas para que as usinas responsáveis por estes serviços operem de maneira segura, sem comprometimento do meio ambiente e das condições de trabalho dos operadores. Entre as normas estão, a NBR 15112:2004 que estabelece diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de RCC e resíduos volumosos; a NBR 15113:2004 que estabelece diretrizes para projetos, implantação e operação de aterros de RCC e resíduos inertes; e a NBR 15114:2004 que possui diretrizes para projetos, implantação e operação de áreas de reciclagem de RCC.

5 METODOLOGIA

5.1 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Ilha Solteira, situado no interior do estado de São Paulo, que de acordo com o IBGE (2010), possui a população estimada em 25.064 habitantes. O trabalho foi dividido em quatro etapas:



Fluxograma 1 - Etapas do trabalho.

O município de Ilha Solteira conta com 2 empresas privadas responsáveis pela coleta e o transporte de RCC, das quais ambas foram acompanhadas com o intuito de obter a quantidade de resíduo coletado e a composição dos tipos de

materiais presentes nos RCCs produzidos pelo município. Como não foram identificados estudos sobre a quantidade apropriada de caçambas a serem analisadas, optou-se para a pesquisa em questão, a coleta de dados de 35 caçambas de cada empresa, totalizando 70 caçambas.

No estudo realizado em campo, foram respondidas fichas que contam com dados referentes ao ponto de coleta do RCC, data, hora, a sua origem, o volume total de resíduos em cada caçamba analisada, e a composição percentual dos tipos de resíduos contidos nos entulhos. A ficha é ilustrada pela Figura 11.

FICHA DE ENTULHOS RECOLHIDOS PELA EMPRESA _____																																			
Data:		Hora:		Caçamba (nº):																															
Endereço:																																			
ORIGEM DOS RESÍDUOS																																			
Obras de Construções verticais e horizontais																																			
Reformas e Demolições																																			
DESCRIÇÃO DO RESÍDUO ANALISADO DA CAÇAMBA																																			
Volume (m³):																																			
COMPOSIÇÃO (%)																																			
Solo/ Areia		Concreto		Tijolo/ Argamassa																															
Pedra		Telha/ Cerâmica		Papel																															
Vidro		Plástico		Madeira																															
Telha Amianto		Móveis/ Ferro		Gramma/ galhos de árvore																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">Outros</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5">_____</td> </tr> </table>						Outros							_____						_____						_____						_____				
Outros																																			

Figura 11 - Ficha de entulhos recolhidos.

Fonte: Adaptado de Pereira (2014).

A composição percentual dos tipos de materiais presentes no entulho foi quantificada através da análise visual do RCC nas caçambas ainda cheias, para ter

uma prévia do tipo de material presente nas mesmas, e outra análise visual posterior ao descarte dos RCCs, tornando possível quantificar qualitativamente as porcentagens de cada tipo de material presente no entulho coletado, conforme as Figuras 12, 13 e 14 do Quadro 3.

Análise Quantitativa	Descrição
 <p data-bbox="383 896 782 940">Figura 12: Resíduos na caçamba.</p>	<p data-bbox="837 600 1332 694">Análise visual do resíduo anterior ao descarte, possibilitando identificar os tipos materiais que serão depositados.</p>
 <p data-bbox="383 1254 782 1299">Figura 13: Descarte do entulho.</p>	<p data-bbox="837 958 1332 1019">Acompanhamento ao descarte do entulho.</p>
 <p data-bbox="383 1612 782 1657">Figura 14: Resíduos depositados.</p>	<p data-bbox="837 1317 1332 1411">Análise visual dos resíduos depositados, identificando o volume de cada tipo de material presente na caçamba.</p>

Quadro 3 – Análise quantitativa dos resíduos.

A partir dos dados coletados, fez-se a média dos mesmos, tendo assim a composição média dos tipos de materiais coletados por cada empresa. Possibilitando identificar a quantidade em porcentagem desses resíduos e classificá-

los de acordo com a Resolução CONAMA nº 307 (2002), separando-os em classes A, B, C e D.

Posteriormente, foi realizada a média das classes de resíduos coletados pelas duas empresas, obtendo-se a porcentagem das classes de resíduos gerados pelo município. Após identificar a porcentagem de resíduo classe A e conhecendo a geração mensal de RCC produzido no município, pôde-se estimar a quantidade de resíduo classe A gerado pela cidade, em m³/ano, m³/mês e m³/hora.

Por último, foram realizados levantamentos bibliográficos e pesquisas de mercado para conhecer valores e optar por equipamentos de reciclagem que se enquadrem e atendam as necessidades do município.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para analisar a composição dos resíduos da construção civil gerados pelo município de Ilha Solteira, foram acompanhadas as 2 empresas que são responsáveis pela coleta e descarte dos RCCs. Nesta análise foram extraídos dados de 70 caçambas de entulho, sendo 35 caçambas de cada uma das empresas, e a composição dos materiais destas serão detalhados a seguir.

6.1 EMPRESA A

A estimativa de RCC coletado pela empresa A encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade de RCC coletados pela empresa A.

Empresa A	
Volume da caçamba (m ³)	3
Fluxo de caçambas ao mês	240
Coleta de RCC (m ³ /mês)	720
Coleta de RCC (t/dia)	28,8

Adotada massa específica do RCC de 1,2 t/m³ (PINTO, 1999).

Através da análise visual dos RCCs contidos nas 35 caçambas acompanhadas e do preenchimento das fichas de entulho, pôde-se obter os dados da Tabela 3, contendo as caçambas de 1 à 12; Tabela 4, com as caçambas 13 à 24 e Tabela 5 com as caçambas 25 à 35. Os dados das amostras foram divididos em três tabelas para a melhor visualização dos resultados.

Tabela 5 - Resultados da análise qualitativa dos RCCs.

Caçambas (nº)	Composição (%)										
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Solo/ Areia	20	-	-	-	10	-	-	-	50	78	20
Concreto	3	10	-	90	30	-	25	13	25	14	5
Tijolo/ Argamassa	2	25	10	-	-	100	50	44	13	3	14
Pedra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Telha/ Cerâmica	-	20	52	10	-	-	-	-	-	-	-
Papel	39	15	10	-	10	-	20	12	5	4	40
Vidro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plástico	15	5	5	-	2	-	-	1	2	-	15
Madeira	20	20	15	-	5	-	-	15	2	1	-
Telha de Amianto	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Móveis/ Ferro	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1
Grama/ Galhos	1	-	5	-	43	-	5	15	-	-	2
Lata de Tinta	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3
Gesso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

O preenchimento das fichas de entulho demonstra os percentuais estimados dos principais resíduos encontrados nas caçambas recolhidas pela empresa A, com esses dados é possível saber a composição média dos tipos de materiais presentes nos RCCs coletados, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Composição média do RCC coletado pela empresa A.

(continua)

Composição média do RCC (%)	
Solo/ Areia	23,02
Concreto	21,01
Tijolo/ Argamassa	22,69
Pedra	-
Telha/ Cerâmica	6,14
Papel	12,17
Vidro	0,07
Plástico	5,06
Madeira	4,77
Telha de Amianto	0,11

(conclusão)

Composição média do RCC (%)	
Móveis/ Ferro	0,23
Grama/ Galhos	4,06
Lata de Tinta	0,21
Gesso	0,06
Isopor	0,26
Alumínio	0,14
TOTAL	100

Com a composição média dos materiais presentes no RCC coletado, estes resíduos podem ser separados e classificados de acordo com a Resolução CONAMA nº 307, conforme o Gráfico 2.

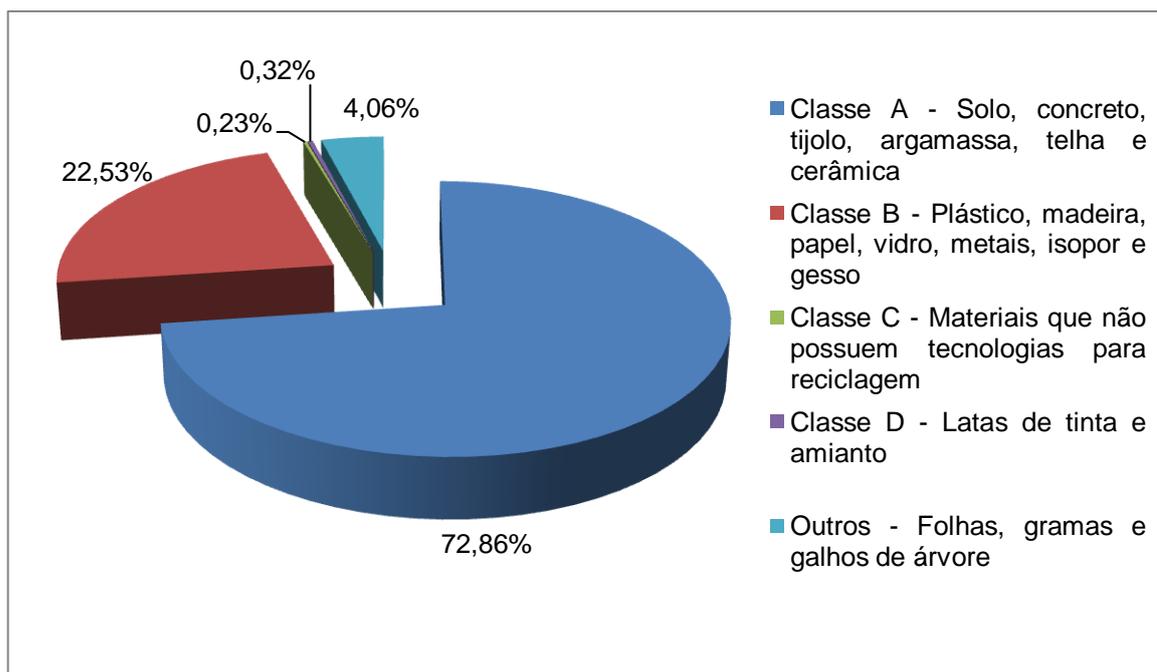


Gráfico 2 - Distribuição percentual da composição dos RCCs da empresa A.

Como pode ser observado no Gráfico 2, 72,86% do volume do RCC coletado pela empresa A corresponde aos resíduos classe A; 22,53% são resíduos classe B; 0,23% são classe C e 0,32% são materiais nocivos à saúde, nomeados classe D.

Observou-se a presença de matéria orgânica como folhas, gramas e galhos de árvore que representam 4,06% do volume total do RCC analisado.

6.2 EMPRESA B

A estimativa de RCC coletado pela empresa B encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Quantidade de RCC coletados pela empresa B.

Empresa B	
Volume da caçamba (m ³)	3
Fluxo de caçambas ao mês	150
Coleta de RCC (m ³ /mês)	450
Coleta de RCC (t/dia)	18

Adotada massa específica do RCC de 1,2 t/m³ (PINTO, 1999).

Com a análise visual dos RCCs contidos nas 35 caçambas acompanhadas da empresa B, e do preenchimento das fichas de entulho, tem-se os dados da Tabela 8, contendo as caçambas de 1 à 12; da Tabela 9, com as caçambas 13 à 24 e da Tabela 10 com as caçambas 25 à 35. Os dados das amostras foram divididos em três tabelas para a melhor visualização dos resultados.

Tabela 8 - Resultados da análise qualitativa dos RCCs.

(continua)

Caçambas (nº)	Composição (%)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Solo/ Areia	-	40	-	20	-	-	10	48	5	-	74	85
Concreto	40	20	20	70	9	79	11	25	25	-	15	-
Tijolo/ Argamassa	57	3	65	2	80	0,5	20	-	64	-	10	15
Pedra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Telha/ Cerâmica	-	5	-	-	5	-	-	5	-	90	-	-
Papel	-	12	-	5	-	7	20	20	3	-	-	-
Vidro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plástico	-	2	-	-	3	2	20	-	-	-	-	-

Tabela 10 - Resultados da análise qualitativa dos RCCs.

Caçambas (nº)	Composição (%)										
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Solo/ Areia	5	15	-	-	88	30	-	-	89,5	80	71,8
Concreto	-	10	-	-	-	3	15	-	10	20	20
Tijolo/ Argamassa	94,5	40	2	36	7	1	80	-	-	-	3
Pedra	-	-	-	-	-	19,7	-	-	-	-	-
Telha/ Cerâmica	-	5	-	20	-	-	5	100	0,5	-	-
Papel	0,5	20	13	15	-	7	-	-	-	-	5
Vidro	-	-	20	-	-	0,3	-	-	-	-	-
Plástico	-	7	58	6	-	20	-	-	-	-	-
Madeira	-	2	7	3	3	10	-	-	-	-	0,2
Telha de Amianto	-	-	-	15,5	-	-	-	-	-	-	-
Móveis/ Ferro	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Gramma/ Galhos	-	1	-	-	2	3	-	-	-	-	-
Lata de Tinta	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
Gesso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopor	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
Alumínio	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
Pneu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tecido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Espuma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

O preenchimento das fichas de entulho demonstram os percentuais estimados dos materiais encontrados nas amostras recolhidas, com esses valores é possível saber a composição média dos tipos de resíduos presentes nos RCCs coletados, conforme a Tabela 11.

Tabela 11 - Composição média do RCC coletado pela empresa B.

(continua)

Composição média do RCC (%)	
Solo/ Areia	29,72
Concreto	17,47
Tijolo/ Argamassa	28,09
Pedra	0,56
Telha/ Cerâmica	7,59
Papel	5,99
Vidro	0,58

(conclusão)

Composição média do RCC (%)	
Plástico	4,11
Madeira	1,96
Telha de Amianto	0,73
Móveis/ Ferro	1,06
Grama/ Galhos	1,34
Lata de Tinta	0,3
Gesso	0,03
Isopor	0,23
Alumínio	0,11
Pneu	0,01
Tecido	0,06
Espuma	0,06
TOTAL	100

Com a composição média dos materiais, estes resíduos podem ser separados e classificados de acordo com a Resolução CONAMA nº 307, ordenando-os em classes A, B, C e D, conforme o Gráfico 3.

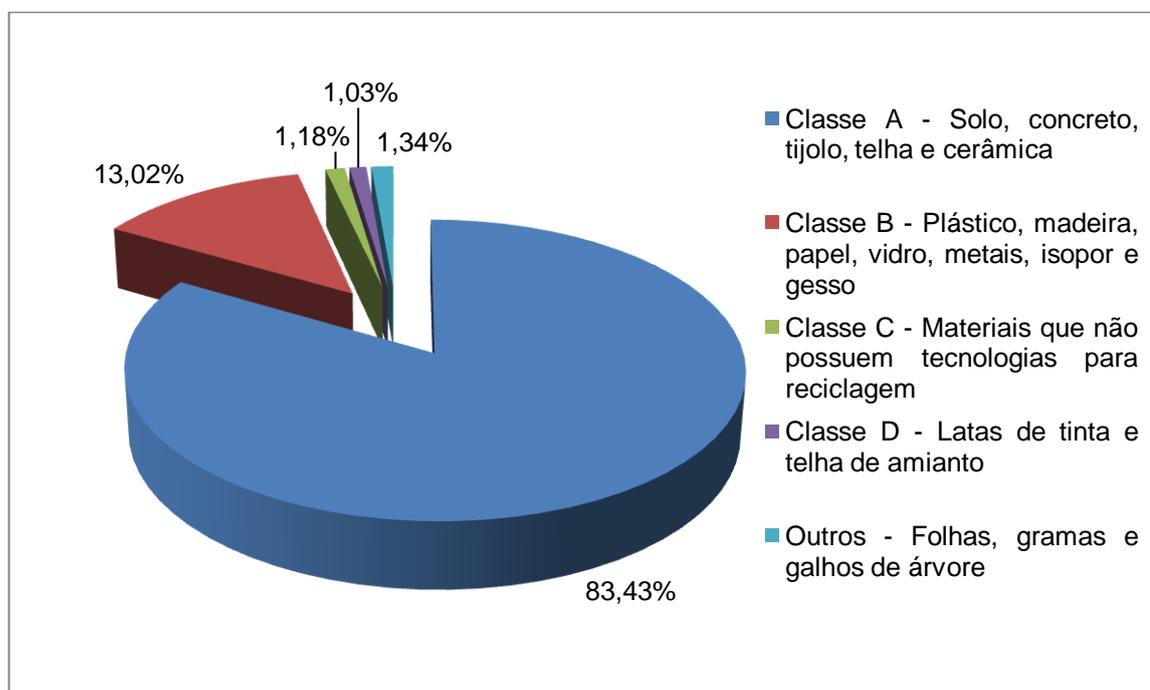


Gráfico 3 - Distribuição percentual da composição dos RCCs da empresa B.

Como os dados do Gráfico 3, observa-se que 83,43% do volume do RCC corresponde aos resíduos classe A; 13,02% são classe B; 1,18 % são resíduos classe C e 1,03% são classe D. Verifica-se a presença de matéria orgânica como folhas, gramas e galhos de árvore, que representam 1,34% do volume total de RCC da amostra de caçambas acompanhadas.

6.3 CARACTERIZAÇÃO DO RCC PRODUZIDO NO MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA

Com a estimativa de RCCs coletados pelas empresas A e B, pode-se presumir a quantidade de 1.170 m³/mês de resíduos da construção civil produzidos pelo município de Ilha Solteira, tendo assim, uma geração *per capita* aproximada de 1,87 kg/hab.dia, como mostra a Tabela 12.

Tabela 12 - Quantidade de RCC coletados no município.

Ilha Solteira	
Coleta de caçambas/mês	390
Geração de RCC (m ³ /mês)	1.170
Geração de RCC (t/dia)	46,8
População (IBGE, 2010)	25.064
Geração <i>per capita</i> (kg/hab.dia)	1,87

Adotada massa específica do RCC de 1,2 t/m³ (PINTO, 1999).

O Gráfico 4 representa a caracterização dos RCCs do município segundo a Resolução CONAMA nº 307, os dados apresentados foram obtidos através da média da composição dos resíduos coletados pelas empresas A e B.

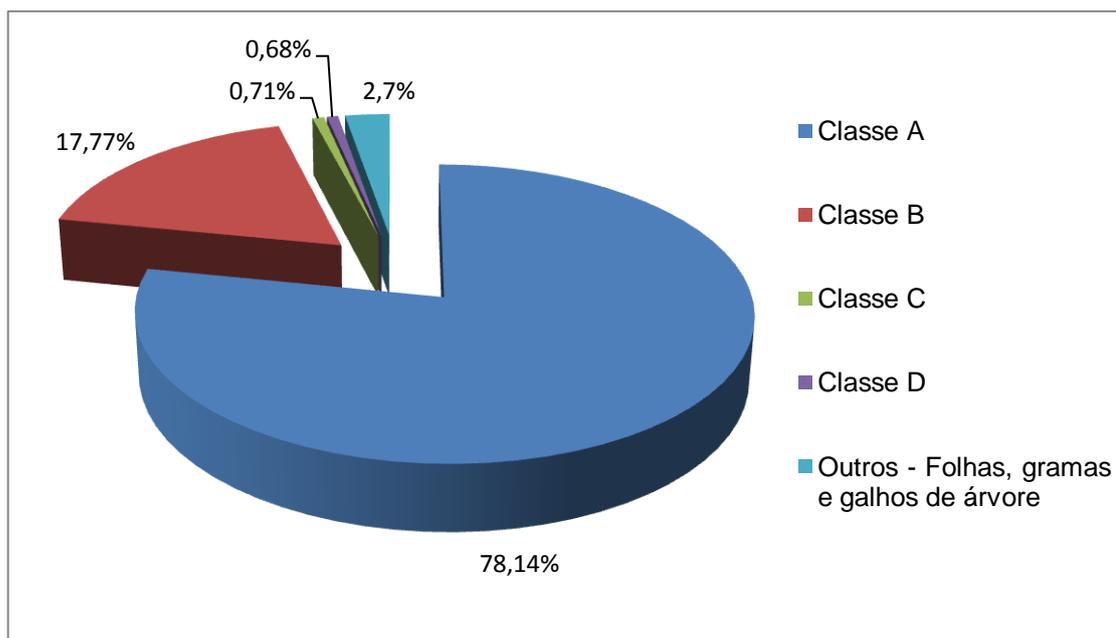


Gráfico 4 - Distribuição percentual da composição dos RCCs de Ilha Solteira.

O Gráfico 4 ilustra a composição das amostras de RCCs coletadas no município de Ilha Solteira, dos quais cerca de 78,14% são resíduos classe A; 17,77% são resíduos classe B; 0,71% são classe C e 0,68% são resíduos classe D. Dentre os resíduos pode-se observar a presença de matéria orgânica, como folhas, gramas e galhos de árvore, sendo estes cerca de 2,7% do RCC analisado.

Sabendo que a geração mensal de RCC do município é de aproximadamente 1.170 m³ e que 78,14% desse valor corresponde aos resíduos classe A, pode-se estimar a geração de RCC classe A em m³/ano, m³/mês e m³/hora, estes valores estão demonstrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Quantidade gerada de resíduo classe A.

Resíduos Classe A	
Porcentagem presente no RCC	78,14%
Geração em m ³ /ano	10.970,88
Geração em m ³ /mês	914,24
Geração em m ³ /hora	1,73

Portanto, com os valores apresentados na Tabela 13, e através de pesquisas e levantamentos bibliográficos a respeito das máquinas e equipamentos responsáveis pela reciclagem dos resíduos da construção civil, tem-se que são necessários para o processo de reciclagem, equipamentos como: alimentador vibratório, transportadores, britador, eletroímã e peneira vibratória.

Com o intuito de determinar o orçamento da instalação de uma usina de reciclagem de RCC que atenda as necessidades do município, e sabendo, através do estudo realizado, que a produção de entulho classe A em Ilha Solteira é de aproximadamente 1,73 m³/hora, encontrou-se disponível em mercado um conjunto de equipamentos com produção de 2 m³/hora, que transforma o entulho em três frações de material reciclado.

O fabricante do conjunto de equipamentos para reciclagem apresenta a produção da máquina equivalente a 24 horas de funcionamento, portanto a produção de entulho do município, gerado em m³/hora, foi calculada com o mesmo parâmetro. Para o estudo, não foram considerados gastos em relação à energia elétrica e mão-de-obra necessária para o funcionamento de uma usina de reciclagem. Porém, esses custos devem ser levados em consideração e orçados pela prefeitura do município, optando por uma quantidade viável de horas de funcionamento da usina.

O orçamento para o ano de 2014 e os equipamentos que compõem o conjunto de reciclagem são mostrados na Tabela 14 e na Figura 15.

Tabela 14 - Conjunto de equipamentos para a reciclagem do RCC.

Equipamento	Quantidade	Preço (un)
Alimentador	1	R\$ 18.000,00
Transportador (500x4)	1	R\$ 9.000,00
Britador	1	R\$ 46.800,00
Transportador (400x4)	3	R\$ 8.700,00
TOTAL		R\$ 99.900,00

Fonte: Vegedry (2014).



Figura 15 - Conjunto para a reciclagem de RCC

Fonte: Vegedry (2014).

Para a instalação de uma usina de reciclagem, também devem ser avaliados os gastos com a infraestrutura do local, sendo considerados custos com o terreno, a construção do galpão, as edificações administrativas e a mão-de-obra necessária para a execução.

E ainda, com as pesquisas realizadas e através de dados bibliográficos, pôde-se saber que é possível reduzir os gastos na implantação de uma usina de reciclagem, pois alguns resíduos classe A possuem tamanho inferior a 63 milímetros, sendo assim, estes podem ser reciclados sem a etapa de britagem, sendo necessário apenas a separação manual dos materiais que não serão reciclados e o peneiramento, resultando em produtos como areia reciclada e pedrisco reciclado, o que simplifica o processo de reciclagem e pode torná-lo até 50% mais econômico.

Tendo em vista que a geração de resíduos classe A do município de Ilha Solteira equivale à 10.970,88 m³/ano e utilizando o conjunto de equipamentos descrito acima, para transformar o entulho em material reciclado, torna-se possível reutilizar os resíduos classe A na forma de agregados. Esta reutilização pode ocorrer na execução de camadas de pavimentação, estabelecido pela norma ABNT NBR 15115:2004; na produção de argamassas de assentamento e revestimento; e na execução de concreto não estrutural, como blocos de alvenaria e meios-fios, normatizado pela ABNT NBR 15116:2004.

Segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (2015), a malha rodoviária brasileira é de aproximadamente 1.700.000 quilômetros, dos quais apenas 203.000 quilômetros são asfaltados, o que demonstra a grande carência neste setor. A utilização dos resíduos reciclados como base e sub-base de pavimentação trás vantagens econômicas na sua aplicação, o que promove o aumento de vias pavimentadas, principalmente as de baixo volume de tráfego. Em análise ao estudo de Motta (2005), verifica-se que o agregado reciclado é de uso promissor em pavimentação e que o município de São Paulo obteve uma economia de 18% no valor de execução de uma base de pavimentação com agregado reciclado, em comparação ao uso do agregado convencional.

Em relação aos danos ambientais, Pinto (1999) resalta em seu estudo que alguns impactos causados pelos resíduos da construção civil são plenamente visíveis, mas que dificilmente estes podem ser quantificados e ter o custo historiado. A reciclagem do RCC é vista como uma alternativa para reduzir os danos ambientais causados pela indústria da construção civil, visando diminuir o volume expressivo dos resíduos, sua destinação irregular, e promovendo a reutilização destes como matéria-prima em novas obras, o que reduz a extração de recursos naturais.

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

A análise visual das amostras de caçambas das 2 empresas responsáveis pela coleta dos resíduos, mostra que o RCC produzido pelo município de Ilha Solteira apresenta grande volume de resíduos classe A em sua composição, sendo estes responsáveis pelo valor aproximado de 78,14% do volume das caçambas de entulho estudadas.

A Resolução CONAMA nº 307 define os resíduos classe A como sendo passíveis de reciclagem e reutilização, e como pôde ser analisado em estudo, estes apresentam um volume expressivo entre os RCCs gerados pelo município. Sendo assim, concluí-se que a reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos classe A traria benefícios econômicos e ambientais à cidade, que economizaria na compra de materiais de construção para obras da prefeitura, evitaria que estes resíduos fossem depositados de maneira ilegal e pouparia a extração de recursos naturais.

Sendo a geração de RCC do município de aproximadamente 1.170 m³/mês e sabendo que 78,14% desse valor corresponde aos resíduos classe A, pôde-se concluir que a produção de RCC classe A equivale à 1,73 m³/hora. Sendo assim, para realizar a reciclagem dos RCCs, a prefeitura poderá optar por equipamentos de reciclagem que tenham a produção média próxima a esta quantidade de entulho classe A gerada.

Em relação aos gastos com a obtenção de equipamentos de reciclagem, conclui-se que a prefeitura pode optar pela compra de máquinas e equipamentos de pequeno porte, avaliados no valor de R\$ 99.900,00. E também devem ser considerados os custos com o terreno e a infraestrutura do local, como o galpão e as edificações administrativas.

Porém, outra conclusão é que se o município não quiser inicialmente dispor desse valor, é possível iniciar o projeto de reciclagem com valor reduzido, pois os resíduos que possuem tamanho inferior a 63 milímetros não necessitam de britagem para a sua reciclagem, sendo necessário apenas a separação manual dos materiais que não serão reciclados e o peneiramento. Dessa forma, o processo de reciclagem torna-se mais simples e econômico, pois reduz o valor inicial do investimento com a

compra de equipamentos e economiza com energia elétrica, tornando essa uma alternativa de reciclagem de baixo custo.

Conclui-se também que a indústria da construção civil brasileira requer mudanças no seu processo construtivo e no seu caráter ambiental, visando diminuir o volume de resíduos gerados pelo setor e promovendo o conceito dos 3 R's da sustentabilidade, fazendo com que a indústria da construção civil não só reduza os seus resíduos, como também os reutilize e os recicle.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Apresentação.**

Disponível em:

<<http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4890/Apresentacao.html>>. Acesso em: 27 out. 2015.

ALUTAL CONTROLES INDUSTRIAIS. **Produtos para cerâmica.** Disponível em:

<<http://alutal.com.br/ceramica/br/produtoDetalhe/separador-magnetico-sm-1000>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

ANGULO, Sérgio C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos.** 2005. 167 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** Resíduos Sólidos – Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112:** Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. 1 ed. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113:** Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. 1 ed. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114:** Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. 1 ed. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. 1 ed. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e reparo de concreto sem função estrutural. 1 ed. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 17 de jul. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 06 mai. 2015.

CAPELLO, Giuliana. Entulho vira matéria-prima. **Téchne**, São Paulo, ed. 112, jul. 2006. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo287081-1.aspx>>. Acesso em: 09 mai. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/populacao.php?lang=_PT&codmun=352044&search=sao-paulo|ilha-solteira|infograficos:-evolucao-populacional-e-piramide-etaria>. Acesso em: 01 jun. 2015.

JOHN, Vanderley M.; AGOPYAN, Vahan. Reciclagem de resíduos da construção. In: SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, 2003, São Paulo. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/228600228_Reciclagem_de_resduos_da_construo>. Acesso em: 20 mai. 2015.

MARQUES NETO, José da C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15)**. 2009. 629 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MIRANDA, Leonardo F. R.; ANGULO, Sérgio C; CARELI, Élcio D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

MONTEIRO, José H. P. et al. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

MOTTA, Rosângela dos S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. 2005. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

NUNES, Kátia R. A. **Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição**. 2004. 276 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

Outro destino para o entulho. **Limpeza Pública**, São Paulo, ABLP, 2009, nº 72.

PEREIRA, Diogo D. de A. **Estudo sobre os resíduos da construção civil (RCC) no município de Mamborê-PR**. 2014. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

PINTO, Tarcísio de P; GONZÁLES, Juan L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília: CAIXA, 2005. 196 p.

PINTO, Tarcísio de P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PIOVEZAN JÚNIOR; Gilson T. A. **Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria**. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

Resíduos sólidos: gerenciamento de resíduos da construção civil: guia do profissional em treinamento: nível 2. Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 68 p.

ROTH, Caroline das G; GARCIAS, Carlos M. Construção civil e a degradação ambiental. **Desenvolvimento em Questão**, Rio Grande do Sul, ano 7, n. 13, p 111-128, jan. 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

SINDUSCON/SP – Sindicato da indústria da construção civil do estado de São Paulo. **Resíduos da construção civil e o estado de São Paulo**. São Paulo, 2012.

SOUZA, Ubiraci E. L. et al. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n.4, p. 33-46, out./dez. 2004.

TESSARO, Alessandra B; SÁ, Jocelito S de; SCREMIN, Lucas B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr. 2012.

URBEM TECNOLOGIA AMBIENTAL. **Produtos**. Disponível em:
<<http://www.urbem.com.br/principal.htm>>. Acesso em: 05 out. 2015.

VEGEDRY MAQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Catálogo**. Rolândia, PR, 2014. 10 p.

VEGEDRY MAQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Produtos**. Disponível em:
<<http://www.vegedry.com.br/index.php>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

YLS. **Trituradores de entulho**. Disponível em: <<http://yls.net.br/trituradores3.html>>.
Acesso em: 30 mai. 2015.