



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



FÁBIO HENRIQUE FREDERICO

**CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL DE RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL DO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ, RONDÔNIA**

Ji-Paraná

2014

FÁBIO HENRIQUE FREDERICO

**CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL DE RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL DO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ, RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Margarita Maria Dueñas Orozco

Ji-Paraná

2014

Frederico, Fábio Henrique

F852c Caracterização e potencial de reciclagem dos resíduos de
2014 construção civil do município de Ji-Paraná, Rondônia / Fábio Henrique
Frederico; orientadora, Margarita Maria Dueñas Orozco .-- Ji-Paraná,
2014

48 f. : 30cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental. –
Universidade Federal de Rondônia, 2014

Inclui referências

1. Engenharia ambiental. 2. Construção civil – Eliminação de resíduos.
3. Resíduos sólidos – Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.).
4. Resíduos sólidos - Reciclagem. 5. Resíduos sólidos – Gestão
ambiental - Rondônia. I. Orozco, Margarita Maria Dueñas.
II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU 628.4.036(811.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL DE RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ, RONDÔNIA.

AUTOR: FÁBIO HENRIQUE FREDERICO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* Ji-Paraná, no dia 14 de fevereiro de 2014.

Prof. João Gilberto Ribeiro de Souza
Universidade Federal de Rondônia

Profa. Nara Luisa Reis de Andrade
Universidade Federal de Rondônia

Profa. Margarita Maria Dueñas Orozco
Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 14 de fevereiro de 2014.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Gilberto Fernandes Frederico e minha mãe Martha Politi Fernandes Frederico, pelos esforços dedicados para que eu chegasse até aqui, aos meus irmãos Willian Leandro Frederico e Leila Luiza Frederico pelos momentos de descontração, amizade e apoio por todo o percurso. A minha namorada Jéssica da Silva Linhares pelo companheirismo e paciência nos momentos difíceis e também todas as ocasiões especiais vividas juntos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guiado até este momento e pelas bênçãos recebidas. Senhor obrigado por cada momento vivido.

Agradeço aos meus pais por todo apoio e amor incondicional oferecido, pelo exemplo de honestidade e retidão em toda vida, aos esforços dedicados para oferecer uma boa qualidade de vida e as oportunidades que a mim puderam oferecer.

A minha namorada pelo carinho e compreensão por toda essa trajetória, pelo exemplo de humildade e dedicação e pelo apoio para realização dos sonhos construídos juntos.

Aos professores pelos conhecimentos transmitidos, em especial a minha orientadora Prof. Margarita Orozco e aos Prof. João Gilberto e Alex Mota pela contribuição e disposição para realização deste trabalho.

Aos colegas de classe, que dividiram os momentos de dificuldade e felicidades vivenciados. Em especial aos colegas da Turma 2011, Enaldo, Alan Junior, Fagner, José Paulo e Janderson pela contribuição e esforço dedicados na realização deste trabalho.

A todos, Muito obrigado!

Nasceste no lar que precisavas, Vestiste o corpo físico que merecias, Moras onde melhor Deus te proporcionou, de acordo com teu adiantamento. Possuis os recursos financeiros coerentes com as tuas necessidades, nem mais, nem menos, mas o justo para as tuas lutas terrenas.

Teu ambiente de trabalho é o que elegeste espontaneamente para a tua realização. Teus parentes, amigos são as almas que atraístes, com tua própria afinidade. Portanto, teu destino está constantemente sob teu controle.

Tu escolhes, recolhes, eleges, atraís, buscas, expulsas, modificas tudo aquilo que te rodeia a existência. Teus pensamentos e vontades são a chave de teus atos e atitudes... São as fontes de atração e repulsão na tua jornada vivência.

Não reclames nem te faças de vítima. Antes de tudo, analisa e observa. A mudança está em tuas mãos. Reprograme tua meta, busque o bem e viverás melhor.

"Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim".

Francisco Cândido Xavier

RESUMO

O crescimento da indústria da construção civil é de grande importância para a manutenção e sustentação da economia brasileira, contribuindo com 5,7% do PIB do país. Entretanto, essa expansão traz com ela a grande geração de resíduos, sendo os resíduos da construção responsáveis por 50% dos resíduos sólidos urbanos gerados. Nesse contexto, verifica-se a importância de destinar estes resíduos de forma adequada para minimizar a degradação do meio ambiente. Expressiva parcela dos resíduos gerados na construção civil pode ser reaproveitada ou reciclada. O presente estudo faz uma estimativa dos resíduos de construção civil (RCC) gerados no município de Ji-Paraná/RO, bem como da sua composição gravimétrica, classificação e por fim demonstra seu potencial de reciclagem. Assim sendo, estes levantamentos, podem subsidiar a elaboração de um plano eficiente para gerenciamento dos RCC do município. A quantificação dos resíduos foi baseada nos alvarás emitidos pela Secretaria Municipal de Planejamento e também pelo movimento de carga das empresas coletoras privadas. A composição gravimétrica foi realizada através do processo de identificação e segregação dos resíduos coletados, a partir desses dados foi possível classificar e indicar o potencial de reciclagem dos resíduos conforme a Resolução CONAMA 307/2002. O município de Ji-Paraná apresentou uma geração de 97,4 t/dia de RCC. Através da classificação foram encontrados resíduos pertencentes a todas as classes, todavia, os da Classe A representaram, expressivos 97% do total. O estudo mostrou que 99,35% dos resíduos gerados em Ji-Paraná podem ser reciclados ou reutilizados. Podendo-se concluir, desta forma, a relevância de uma gestão eficiente dos resíduos de construção e demolição em conjunto com a conscientização da sociedade sobre sua importância, bem como, investimento em usinas de reciclagem de RCC e aterros específicos para que estes resíduos não degradem o ambiente.

Palavras-chave: RCC, RCD, classificação de resíduos, gerenciamento de resíduos.

ABSTRACT

The growth of civil construction is of great importance for the maintenance and support of the Brazilian economy. It contributes 5.7% of the Brazilian's GDP. However this expansion contributes a great generation of waste which are responsible for 50% of municipal solid waste generated. What justifies the importance of the disposal of waste appropriately to minimize environmental degradation. Significant portion of the waste generated in construction can be reused or recycled. The present study is an estimate of construction waste (RCC) generated in the municipality of Ji-Paraná/RO, even as its gravimetric composition, classification and finally shows its potential for recycling. This survey, can support the development of an efficient plan for RCC management in the municipality. Quantification of residues was based on permits issued by the Municipal Planning Department and also the movement of cargo from private companies collecting. The gravimetric composition was performed through the identification and segregation of waste collected, from these data it was possible to classify and indicate the potential for recycling of waste according to CONAMA Resolution 307/2002. Ji-Paraná presented a generation of 97.4 t / day of RCC. By classifying residues were found belonging to all classes, however, the Class A represented significant 97% of total waste. The study showed that 99,35% of the waste generated in Ji-Paraná can be recycled or reused. It may be concluded how relevant is the efficient management of construction and demolition waste, awareness of society about its importance, investment in recycling plants RCC, and specific landfill so that these residues do not degrade the environment.

Keywords: RCC, RDC, classification of waste, waste management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Utilização de RCC para aterrar lotes localizados em áreas inundáveis.....	23
Figura 2 - Disposição de RCC as margens de um córrego.....	24
Figura 3 - Mapa de localização do município de Ji-Paraná.....	25
Figura 4 - Etapa de peneiramento.	28
Figura 5 - Balança mecânica com capacidade para 300 kg.....	28
Figura 6 - Percentual de caçambas analisadas em Ji-Paraná – RO durante 30 dias em 2013.	33
Figura 7 – Práticas realizadas com o RCC de Ji-Paraná.	34
Figura 8 - Carrinho contendo pedras e carrinho contendo terra, após processo de peneiramento..	36
Figura 9 - Caçambas contendo caliça retida e caliça peneirada.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de geração de RCC em alguns países.....	15
Tabela 2 - Estimativa de geração de RCC em novas construções em alguns municípios brasileiros... ..	17
Tabela 3 - Composição dos RCC em alguns municípios brasileiros.....	18
Tabela 4 - Datas de realização da composição gravimétrica.....	28
Tabela 5 - Média mensal de caçambas coletadas pelas empresas privadas em Ji-Paraná, 2013.....	32
Tabela 6 - Discriminação da origem das caçambas.....	32
Tabela 7 - Caracterização dos resíduos provenientes de obras novas no município de Ji-Paraná – RO em 2013. (Três caçambas analisadas).	35
Tabela 8 - Caracterização dos resíduos provenientes de reformas e demolições no município de Ji-Paraná – RO em 2013. (Cinco caçambas analisadas).	37
Tabela 9 - Composição gravimétrica dos resíduos gerados no município de Ji-Paraná – RO em 2013.	38
Tabela 10 - Composição dos resíduos de construção e demolição da cidade de Salvador/BA.....	39
Tabela 11 - Classificação dos resíduos gerados no município de Ji-Paraná – RO em 2013.....	40
Tabela 12 - Destinação adotada para os resíduos gerados no município de Ji-Paraná – RO, com base na Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002).....	41

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 RESÍDUOS SÓLIDOS	14
1.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	14
1.2.1 Aspectos físicos dos RCC	16
1.3 RECICLAGEM.....	18
1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS RELATIVOS AOS RCC	21
1.4.1 Benefícios potenciais da reciclagem	21
1.4.2 Impactos ambientais e sanitários da disposição irregular de RCC.....	22
2 MATERIAIS E MÉTODOS	25
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
2.2 ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	26
2.3 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	27
2.4 CLASSIFICAÇÃO E POTENCIAL DE RECICLAGEM DOS RCC.....	29
2.5 DIFICULDADES PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RCC.....	31
3.1.1 Estimativa da geração a partir das atividades construtivas licenciadas.....	31
3.1.2 Estimativa da geração a partir do movimento de cargas dos agentes coletores	31
3.2 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RCC	35
3.3 CLASSIFICAÇÃO	39
3.4 POTENCIAL DE RECICLAGEM	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE A – Ficha de controle entregue nas empresas coletoras.	48

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil está em crescente expansão desde 2004, quando houve incentivo ao investimento em obras de infraestrutura e moradia (Programa de Aceleração do Crescimento e Minha casa, minha vida), em especial para região norte e nordeste com a construção das Usinas de Santo Antônio e Jirau em Rondônia e a Refinaria de Abreu e Lima em Pernambuco (DIEESE, 2011). Esse crescimento atualmente representa 5,7% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, chegando a movimentar em sua cadeia produtiva R\$ 349,4 bilhões de reais em 2012, além de possuir 8,4% dos ocupados no Brasil (DIEESE, 2012).

Por outro lado, toda essa expansão da construção civil gera uma grande carga de resíduos que devem ser destinados de forma correta. Nesse sentido, há uma preocupação com a destinação dos resíduos de construção civil (RCC), pois estes são gerados em grande escala e estão presente em todo ambiente em que se encontre ocupação humana. Neste contexto, John (2000) descreve que “de maneira geral o impacto ambiental da construção civil é proporcional a sua tarefa social”.

Estudos apontam que mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no Brasil são provenientes da construção civil (IBGE, 2010). Segundo ABRELPE (2011) foram coletadas 106.549 toneladas de RCC no Brasil, sendo 3.903 toneladas (3,6%) pertencentes à região Norte. Uma maneira de se reduzirem os danos que esses resíduos causam ao ambiente é a implantação de usinas de reciclagem, mas, segundo Miranda (2013) em pesquisa realizada para a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição, existem apenas cerca de 310 usinas de reciclagem de RCC no país. A mesma pesquisa agora com 112 usinas, apontou que 80% destas pertencem à iniciativa privada. Este fato pode ser

explicado em detrimento das dificuldades encontradas na burocracia envolvidas nas verbas públicas, dificuldade de encontrar pessoal técnico preparado para operar a usina, demora na reposição de peças defeituosas ou desgastadas e possível perda de interesse da administração pública, principalmente quando há mudança de gestão (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI, 2009). Isso é fruto de uma política lenta, que despertou o interesse acerca do meio ambiente tardiamente. Reflexo disto pode ser a Lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que só foi decretada no ano de 2010.

A reciclagem além de ser uma eficiente alternativa para a destinação dos resíduos de construção civil é também foco de vários estudos que demonstram o poder de reciclagem desses resíduos, dos quais podemos citar o Programa de Habitação de São Carlos S/A (PROHAB, 2013) que recicla fragmentos cerâmicos, blocos de concreto, lajes, pisos, argamassas, tijolos, entre outros produtos que são posteriormente utilizados em artefatos de concreto, argamassa e concreto não estrutural, pavimentação e recuperação de estradas rurais, controle da erosão e fundações.

Nos países europeus a utilização de agregados reciclados não acontece apenas em pavimentação de vias, concretos reciclados já estão sendo utilizados no concreto armado de casas residenciais, em portos marítimos e até em concretos de alta resistência (VIEIRA; DAL MOLIN, 2004). O mesmo autor acrescenta que no Brasil é necessário transpor barreiras legais, de regulamentação, educacionais e tecnológicas, pois o setor da construção civil é um tanto conservador, dificultando a aceitação de produtos que contenham resíduos em composição.

Além da reciclagem, existem outras formas de mitigação dos impactos gerados pelos resíduos de construção civil, um bom exemplo, é o desempenhado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP), que implantou o Programa de Gestão Ambiental de Resíduos em Canteiro de Obras. Segundo Vasconcellos Neto; Campos; Sarrouf (2005) coordenadores da equipe técnica, o programa tinha o desafio em conciliar a atividade produtiva da Construção Civil com ações que conduzam ao desenvolvimento sustentável consciente. Dentro os objetivos do Programa podem-se destacar: treinamento e capacitação das pessoas envolvidas, redução do desperdício, promover a segregação dos materiais para reutilização no próprio canteiro, encaminhar os resíduos para reciclagem ou dar destinação adequada, melhorar as condições de limpeza do canteiro contribuindo para maior organização da obra, diminuição dos acidentes de trabalho, entre outros benefícios inerentes ao processo. Os resultados apresentaram vários aspectos positivos como: aperfeiçoamento da

logística da obra, mudança de cultura, melhoria da imagem da empresa, redução de custos dos processos.

Desta forma, destaca-se a importância de programas e campanhas de conscientização para que os envolvidos no ramo da construção civil possam melhorar suas técnicas de trabalho e assim gerar benefícios ao meio ambiente, bem como benefícios econômicos.

Atualmente o município de Ji-Paraná, em Rondônia, vem passando por um momento de grande desenvolvimento com a abertura de novos loteamentos e residenciais para moradias, instalação de grandes empresas, construção de um Batalhão do Exército, além das várias obras civis de ampliação e ordenamento de ruas e avenidas, bem como a expansão da área urbana onde já se cogita a formação de um terceiro distrito.

Segundo Carvais (2011), a cidade de Ji-Paraná não possui adequado gerenciamento dos RCC, depositando-os muitas vezes em áreas irregulares, utilizando áreas de bota-foras inadequadas, afetando em vários pontos a qualidade do ambiente urbano.

Somente em agosto de 2012 foi lançado o relatório final do Plano Municipal de Saneamento Básico, que contempla o serviço de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos da cidade. No entanto, pouca coisa mudou, pois ainda não existe um sistema de coleta seletiva e os resíduos continuam sendo destinados para o aterro controlado municipal. A cidade conta com uma Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis, mas, os resíduos de construção civil não estão inclusos nos materiais por eles coletados.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo caracterizar e determinar o potencial de reciclagem dos resíduos de construção civil do município.

Os objetivos específicos desejam ainda:

- a) estimar a geração dos resíduos de construção civil no município de Ji-Paraná;
- b) realizar a composição gravimétrica;
- c) classificar estes resíduos;
- d) estimar a parcela destes resíduos que podem ser reciclados.

1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A norma NBR 10004/2004, define resíduos sólidos como sendo, resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades antrópicas, incluídos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água.

Os resíduos podem ser classificados envolvendo a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação desses constituintes com listagem de resíduos cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. Dessa maneira a citada norma classifica os resíduos em:

Resíduos Classe I-Perigosos- São aqueles que apresentam periculosidade em função das suas propriedades físicas, químicas ou infecto contagiosas.

Resíduos Classe II, Não Perigosos- São os resíduos produzidos em restaurantes (restos de comida), madeira, materiais têxteis, resíduos de minerais não metálicos, areia de fundição, bagaço de cana, etc. São excluídos os resíduos contaminados por substâncias tóxicas ou que apresentem características de periculosidade.

Resíduos Classe II-A – Não Inertes- Aqueles que não se enquadram nas especificações de Classe I ou Classe II B. Podem ter propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos Classe II-B – Inertes- Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados superiores aos padrões de potabilidade da água.

Importante mencionar que os resíduos que serão objeto desta pesquisa (os Resíduos de Construção Civil) estão classificados, em sua maioria, como resíduos inertes.

1.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

São os resíduos provenientes de construções, reformas e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação de terrenos, tais como: tijolos, concreto, solo, areia. Também são chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA 307, 2002,

p. 2). Os RCC também são comumente chamados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) ou de entulho.

Com a criação Resolução nº. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), foram estabelecidas diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão destes resíduos, classificando-os em quatro diferentes classes:

Classe A – resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (tijolo, concreto, etc);

Classe B – resíduos reutilizáveis / recicláveis para outras indústrias (plástico, papel, etc);

Classe C – resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias viáveis que permitam sua reciclagem (gesso e outros) e;

Classe D – resíduos perigosos (tintas, solventes, etc), ou contaminados (de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros).

Estimativas de geração destes resíduos apontam índices mundiais variáveis, como apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa de geração de RCC em alguns países.

Países	Geração de resíduos (kg/hab.ano)
Suécia	136 – 680
Holanda	820 – 1300
EUA	463 – 584
Itália	600 – 690
Japão	785
Brasil	230 - 760

Fonte: PIOVEZAN JUNIOR, 2007.

Os valores encontrados na Tabela 1 apresentam valores distintos devido à localização de cada país, sendo alguns localizados na faixa equatorial e outros mais próximos aos polos. Essa localização influencia fortemente nas características construtivas, variando o material utilizado nessas obras, além das técnicas construtivas aplicadas serem diferentes.

Conforme o levantamento feito pelo IBGE (2010) em diversas cidades brasileiras os Resíduos de Construção Civil representam cerca de 50% de todos os resíduos sólidos urbanos. Merecem, pois, uma atenção especial quanto ao seu manejo e disposição. Há inúmeras maneiras de reaproveitar os resíduos gerados na construção civil, só que este processo sofre

influência de vários outros fatores que podem alterar a qualidade do material a ser reciclado, nesse sentido, ressalta-se a importância da correta execução das práticas de segregação e acondicionamento para que o resíduo produzido não perca as características necessárias para ser reciclado.

A segregação dos RCC consiste na separação dos resíduos a partir da sua composição, com a finalidade de classificá-los segundo seu potencial de reutilização, evitando a mistura de resíduos incompatíveis e melhorando a qualidade para recuperação e reciclagem (GALBIATI, 2005).

O acondicionamento se dá através da escolha de recipientes adequados de acordo com as seguintes características: material compatível, estanque, resistência física, durabilidade e compatibilidade com o equipamento de transporte (IBAM, 2001).

A disposição final, segundo a resolução CONAMA 307 (2002, p. 2) será realizada em aterros de,

resíduos da construção civil que é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos de construção civil Classe “A” no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

Desta forma, as etapas anteriormente citadas devem ser realizadas a fim de obter um melhor aproveitamento do material para reciclagem, contribuindo para a eficácia do gerenciamento dos resíduos e minimizando os problemas ambientais (SANTOS, 2008).

1.2.1 Aspectos físicos dos RCC

Uma metodologia desenvolvida por Pinto (1999) e também aplicada por Corneli (2009) para quantificar a geração de resíduos de construção civil de um Município, baseia-se no número de licenças expedidas para novas construções, e no número de coletas de RCC realizadas pelas empresas públicas e privadas. Esta metodologia possibilita uma estimativa da geração de RCC para um município.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de cinco municípios em relação a provável geração de resíduos em novas construções.

Tabela 2 - Estimativa de geração de RCC em novas construções em alguns municípios brasileiros.

Municípios	Dados		
	Taxa de geração de resíduos (kg/m ²)	Provável geração de resíduos em edificações formais	
		(t/dia)	(t/ano)
Santo André (1993/1996)	150	477	148.932
São José R. Preto (1993/1996)	150	244	76.075
São José Campos (1993/1995)	150	201	62.784
Jundiaí (1993/1996)	150	364	113.525
Ribeirão Preto (1993/1995)	150	577	179.967

Fonte: Pinto (1999).

A composição dos resíduos da construção civil caracteriza-se por ser bastante heterogênea, esta também, vai depender do grau de desenvolvimento da indústria da região em que se encontra (CORNELI, 2009).

Segundo Pinto (1999), a composição dos resíduos nas diversas localidades depende das tradições construtivas e dos locais de coleta da amostra, e que estas evidenciam que independente da localidade existe uma boa parcela de resíduos recicláveis. Segue na Figura 3 a composição dos RCC em diversas localidades.

Tabela 3 - Composição dos RCC em alguns municípios brasileiros.

Composição %	São Paulo BRITO (1999)	Salvador CARNEIRO et al. (2001)	Ribeirão Preto ZORDAN (1997)
Concreto	8	53	21
Argamassa	24	--	37
Materiais Cerâmicos	33	15	23
Solos	30	21	--
Materiais orgânicos	1	4	--
Outros	4	7	19

Fonte: SALAME (2012).

O peso específico aparente é o peso do lixo solto em função do volume sem que haja qualquer compactação é expresso em kg/m^3 e sua determinação é importante para o dimensionamento de equipamentos e instalações (IBAM, 2001). O peso específico varia dentre os autores encontrados, podendo ter entre 1100 a 1400 kg/m^3 (CORNELI, 2009; CARNEIRO et al, 2004; RAMOS, 2007).

O teor de umidade representa a quantidade de água presente no lixo, em razão do seu peso. Este parâmetro pode variar em função das estações do ano e da incidência de chuvas, variando em torno de 40 a 60% (IBAM, 2001).

1.3 RECICLAGEM

Em termos gerais, “a reciclagem de materiais refere-se ao aproveitamento de substâncias que, já tendo sido empregadas na constituição de um produto, são novamente utilizadas (também num tempo posterior) para a fabricação de outro” (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, 1999, p. 25).

Os resíduos urbanos são um dos maiores problemas ambientais na atualidade, hoje a economia é baseada na produção e no consumo exagerado, fazendo com que ocorra enorme geração de resíduos, por causa dos excessos de incorporação de embalagens, desperdício de matéria prima e pouca ou quase nenhuma aplicação de tecnologias de reutilização e reciclagem (MORAES, 2008).

Grippi (2001) comenta que os estudiosos da reciclagem estão cada vez mais preocupados com a quantidade de resíduo que diariamente é enviada desnecessariamente aos

aterros sanitários tecnicamente ditos, pois, como é sabido pelas estatísticas, grande parte dos municípios brasileiros, operam com verdadeiros e vergonhosos lixões.

O mercado da reciclagem pode trazer, para o Brasil, reflexos socioeconômicos relacionados diretamente com a melhoria da qualidade de vida da população. De acordo com Spinacé; De Paoli (2005), cerca de US\$ 160 bilhões/ano são movimentados no setor da reciclagem, além de empregar 1,5 milhões de pessoas.

Comparativamente a países do primeiro mundo, a reciclagem de resíduos no Brasil como material de construção é ainda tímida, com a possível exceção da intensa reciclagem praticada pelas indústrias de cimento e de aço (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001). Quanto à reciclagem, do ponto de vista econômico, segundo Calderoni (1997), não reciclar significa deixar de auferir rendimentos da ordem de bilhões de reais todos os anos. Segundo o mesmo autor, a economia de matéria-prima constitui o principal fator de economia, seguida da economia de energia elétrica.

John (2000) descreve que as experiências de reciclagem que obtiveram sucesso no Brasil, são aquelas que apresentam evidentes benefícios econômicos, que são o caso das latas de alumínio, que possuem alto custo de matéria prima e de produção a partir da bauxita, o que fez com as indústrias desenvolvessem estratégias para a reciclagem desse material. O autor ainda acrescenta que o “papel, sucata de aço, escória de alto-forno, entre outros, apresentam também vantagens econômicas bastantes evidentes”.

A reciclagem de Resíduos de Construção Civil, segundo a Resolução CONAMA nº 307 (2002, p. 2) “é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação”.

Jadovski (2005) realizou uma pesquisa de suma importância para os interessados pelo setor de reciclagem de RCC, nesta, ele estuda a viabilidade econômica de usinas de reciclagem, propõe inúmeras alternativas construtivas, analisando a geração de RCC envolvida, a finalidade de uso dos agregados, a capacidade de operação, área requerida, custo de implantação, operação e manutenção, e equipamentos necessários. Além de estimar a viabilidade econômica de implantação dessas usinas tanto pelo setor público como privado. A partir dos resultados, o estudo verificou a viabilidade econômica para usinas com capacidade a partir de 30 t/h para empresas públicas e 40 t/h para empresas privadas. O autor ainda acrescenta que devido à falta de conhecimento do mercado consumidor e a baixa cultura de utilização desses materiais, se faz necessário adoção de algumas medidas como: campanha de esclarecimento ao público leigo; cursos, palestras e Works-shops para utilização de agregados reciclados para profissionais envolvidos; e treinamento da mão-de-obra da construção civil.

O estudo realizado por Pinto (1999) contribuiu amplamente para o debate nacional sobre a gestão dos RCC no país, apresentando os problemas decorrentes da falta de informações sistematizadas sobre os RCC nos documentos técnicos, que dão suporte à concepção e à implementação de planos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em geral. O autor apresenta também a estimativa das taxas de geração de RCC no país, a partir de dados empíricos coletados numa pesquisa de campo em 10 cidades brasileiras, além de descrever os impactos negativos sobre o meio ambiente urbano e para as economias locais decorrentes do atual modelo de gestão ou abordagem corretiva. Como alternativa a esse modelo hegemônico, Pinto (1999) sugere o que ele definiu por abordagem de gestão diferenciada, focada na reciclagem sustentável dos RCC, na adoção de medidas de prevenção à geração; recuperação ou reutilização eficiente, a baixo custo, dos resíduos gerados; conscientização e responsabilidade ambiental; além de participação de todos os agentes, públicos e privados.

Para John (2000) a reciclagem de RCC no Brasil é bastante tímida e pouca desenvolvida, exceto pela indústria cimenteira e de aço, o autor comenta que o país ainda encontra outros problemas sociais e econômicos que fazem com que as discussões a cerca do desenvolvimento sustentável fique em segundo plano.

O Brasil, em face dos países mais desenvolvidos, já implanta em algumas de suas obras o sistema de reaproveitamento dos RCC no próprio local de geração. Neste sistema é possível produzir agregados mais simples, os quais podem ser inseridos na produção de base de vias ou até mesmo, produzir agregados de maior qualidade que podem ser inseridos na produção de concreto (PINTO, 1999). O referido autor também descreve que a qualidade dos agregados produzidos depende da sofisticação do processo de produção, sendo assim, processos mais sofisticados geram produtos de maior qualidade.

Outros fatores são discutidos por Ângulo; Zordan; John (2001, p. 3), que dizem, “como qualquer outra atividade, a reciclagem também pode gerar resíduos, cuja quantidade e características também vão depender do tipo de reciclagem escolhida”. Os autores também comentam que estes novos resíduos podem não ser simples como aqueles que foram reciclados, ou ainda se tornarem ainda mais agressivos ao meio ambiente e ao homem. E ainda, relatam a pouca importância dada aos estudos de avaliação de risco a saúde que os materiais reciclados podem apresentar, pois, tanto os novos usuários como os próprios trabalhadores das indústrias recicladoras estão suscetíveis ao contato com elementos nocivos ao corpo humano.

Uma pesquisa inovadora foi realizada por Vedroni (2007), que realizou um experimento para verificar a possibilidade da utilização de resíduos de construção civil reciclados no reenterro de valas (valas para distribuição de canalizações de água e esgoto) e revitalizações de pavimentos do município de Piracicaba/SP. Depois de uma série de experimentos como resistência, plasticidade, grau de compactação, testes de contaminação dos resíduos, entre outros, ficou comprovada a possibilidade de utilizar o RCC reciclado para o preenchimento de valas, bem como revitalização de pavimentos. Também foi constatada a possibilidade de diminuição em 6% no consumo de cimento utilizado, sem comprometer os valores de compressão.

1.4 ASPECTOS AMBIENTAIS RELATIVOS AOS RCC

1.4.1 Benefícios potenciais da reciclagem

Para John (1999) a principal contribuição da reciclagem está na preservação dos recursos naturais que são substituídos por materiais reciclados aumentando ainda mais a vida útil das reservas naturais e contribuindo para a preservação da fauna e flora.

A reciclagem também permite a redução no consumo de energia. Pinto (1999) relata que a reciclagem pode aumentar a vida útil dos aterros, pois a geração de RCC chega a ser 50% da produção de resíduos urbanos, ainda que só a diminuição destes não deixe de causar alterações ao meio ambiente em que foi construído. Outro benefício encontrado é a diminuição da emissão de poluentes, nos quais vários estudos apontam que a reciclagem gera menor percentual de poluição do que o processo de produção de vários produtos (JOHN, 1999).

Em 1996, a indústria cimenteira brasileira ao adotar a reciclagem maciça de cinzas volantes e escórias granuladas de alto forno básicas, reduziu a geração de CO₂ em 29% e economizou 28% de combustível (YAMAMOTO et al., 1997).

Assim, deve-se perseguir a redução do desperdício de materiais, energia e água, pois tal enfoque acarreta uma sequência de benefícios ao meio ambiente como: a redução dos materiais extraídos do mesmo; a redução dos materiais descartados nos aterros de inertes, prolongando assim a vida útil destes aterros; a redução do consumo de energia incorporada à construção civil; a redução do consumo de água; e a redução das emissões atmosféricas (CYBIS e SANTOS, 2000).

Da mesma forma, John (1999) diz que “a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável na construção civil permite vislumbrar uma série de diferentes metas ambientais” dentre as quais podem ser citadas:

- a) preservação das matérias primas naturais;
- b) redução no consumo de energia;
- c) economia de água;
- d) proteção do meio ambiente natural;
- e) redução do desperdício e da geração de resíduos e seu impacto ambiental;
- f) melhoria da qualidade do ambiente construído.

Por fim, observa-se que medidas sustentáveis juntamente com a reciclagem dos RCC podem trazer benefícios, os quais são essenciais para minimizar todo o impacto que é gerado pela incessante indústria da construção civil.

1.4.2 Impactos ambientais e sanitários da disposição irregular de RCC

O setor de construção civil é responsável por grande parcela da geração de resíduos urbanos atualmente, e toda essa carga de resíduos pode ser danosa ao meio ambiente e a sociedade caso não receba uma disposição adequada (CORNELI, 2009). Os impactos gerados pela má gestão destes resíduos são inúmeros e geram desde o desequilíbrio ambiental até mesmo problemas sociais.

Assim, Corneli (2009) elenca vários impactos que são comumente encontrados em locais de disposição de RCC, dos quais podem ser citados:

- a) comprometimento do tráfego de pedestres e veículos;
- b) atração de outros tipos de resíduos;
- c) poluição atmosférica e visual;
- d) degradação do sistema natural;
- e) prejuízos sociais e desvalorização das áreas de entorno;
- f) multiplicação de vetores e doenças;
- g) danos ao patrimônio público;
- h) comprometimento da drenagem urbana;
- i) assoreamento de córregos.

É evidente o comprometimento do tráfego de pedestres e veículos gerados pela disposição de RCC em passeios e vias urbanas, estes ainda, fazem com que outros tipos de resíduos também sejam ali depositados, que em certos casos são caracterizados por resíduos domésticos. Os resíduos domésticos são compostos por restos de alimentos e outros produtos que atraem animais e insetos que são vetores de doenças. Também se pode citar o comprometimento da drenagem urbana que acaba sendo afetada pela parcela de material que é carregada pela água da chuva provocando sérios danos ao sistema.

O descarte de RCC nos centros urbanos também é causa de poluição atmosférica devido à movimentação das cargas que os transportam, bem como a poluição visual que se desencadeia pela quantidade e variedade de resíduos depositados de forma irregular. Da mesma forma, ocorrem os prejuízos sociais, a desvalorização das áreas de entorno e os danos ao patrimônio público, que por sua vez, em vários casos fazem a limpeza desses locais com dinheiro público, pois não consegue identificar a autoria da disposição irregular.

A destinação inadequada também pode provocar danos aos ecossistemas naturais, pois é recorrente encontrar despejos juntos a matas e locais arborizados dos centros urbanos. Outro local de ocorrência no qual se tem um grande impacto são as beiras de rio e córregos (Figura 1 e 2), que acabam sendo assoreados, perdendo parte de sua biodiversidade, chegando a provocar inundações nos centros urbanos.



Figura 1 - Utilização de RCC para aterrar lotes localizados em áreas inundáveis.
Fonte: O autor, tomada em 18/12/2013 em Ji-Paraná.



Figura 2 - Disposição de RCC as margens de um córrego.

Fonte: O autor, tomada em 18/12/2013 em Ji-Paraná.

Sendo assim, pode-se observar que a grande maioria destes impactos geram gastos públicos com a remoção de resíduos dos locais irregulares, tratamento de enfermidades, controle de vetores e recuperação das áreas degradadas. Nesse sentido, percebe-se que estes gastos poderiam ser evitados com a adoção de práticas corretas par a disposição dos resíduos, e até mesmo ser revertidos em outros benefícios para a sociedade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo compreende a zona urbana do município de Ji-Paraná, Rondônia, localizado na porção central do estado. Segundo o censo realizado em 2010 o município alberga uma população de 116.610 habitantes, com estimativa de 128.000 habitantes em 2013 (IBGE, 2010).

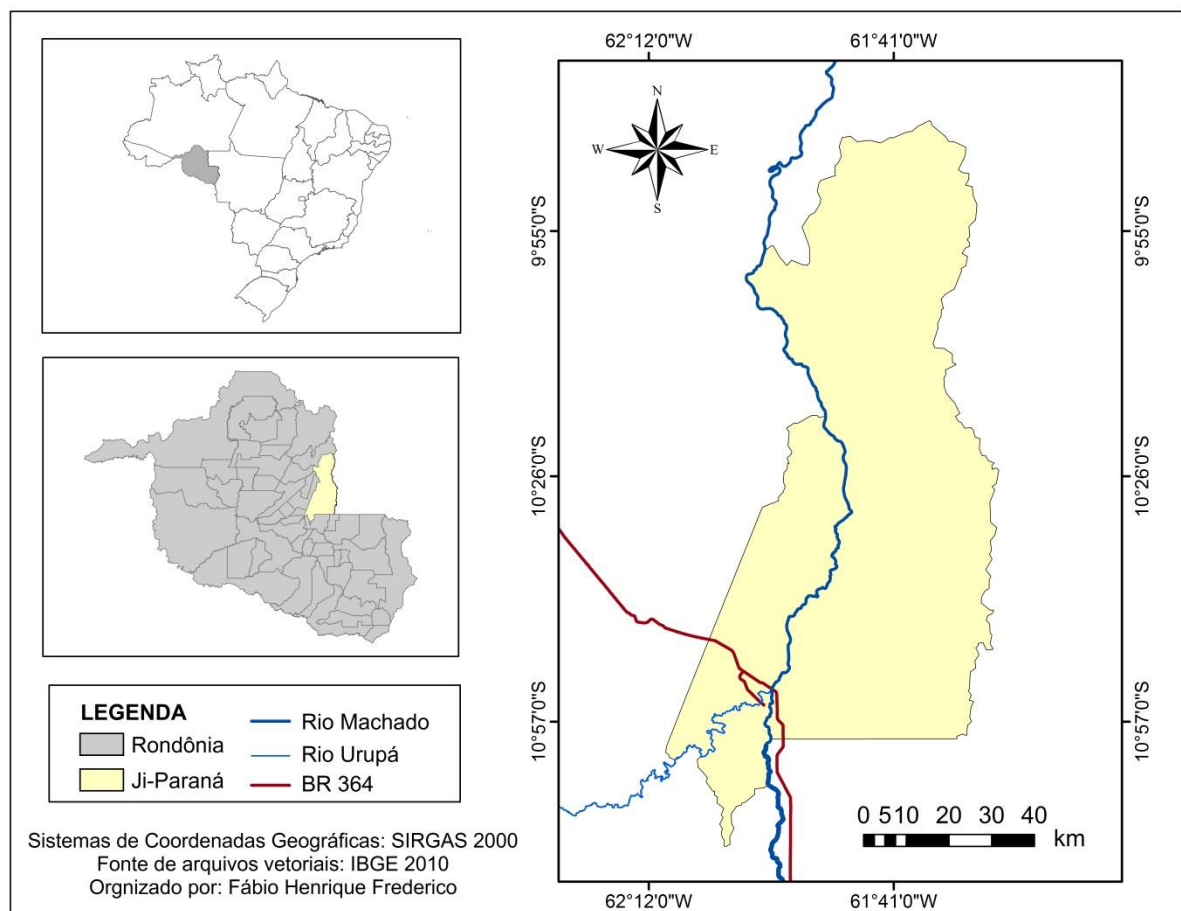


Figura 3 - Mapa de localização do município de Ji-Paraná.

Ji-Paraná é a segunda maior cidade do estado em número de habitantes, atrás apenas da capital Porto Velho, e devido a sua localização central no estado é responsável por grande fluxo populacional, além de ser considerada um polo industrial e comercial para os municípios que estão em seu entorno. Das atividades econômicas desenvolvidas destacam-se

a criação de bovinos com 319.452 cabeças, a ordenha de leite produzindo aproximadamente 30 mil litros de leite/dia e o cultivo de café com 827 toneladas/ano (IBGE, 2006).

A cidade está inserida na bacia do rio Machado, e os rios Machado e Urupá compõem a parte urbana do município.

2.2 ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

A metodologia foi baseada no estudo realizado por Corneli (2009) no município de Campo Mourão - PR e Pinto (1999) nas cidades de Santo André, São José do Rio Preto, São José dos Campos, Ribeirão Preto, Jundiaí e Vitória da Conquista, em que o cálculo da geração de RCC teve como referência o número de alvarás de construção emitidos, para que fosse levantada a quantidade de RCC provenientes de obras novas; e o movimento de cargas das empresas coletoras privadas, sendo que para este parâmetro foi considerado apenas a parcela de RCC proveniente de reformas e demolições, pois a parcela proveniente das coletas de obras novas já está sendo contabilizada nos alvarás emitidos de obras novas, assim, evita-se uma sobreposição destes valores.

O número de alvarás de construção foi disponibilizado pela Secretaria de Planejamento Municipal – SEPLAM, e as empresas coletoras privadas foram levantadas através do cadastro de empresas junto à Prefeitura. A partir disto, com a quantidade de alvarás emitidos e a respectiva metragem dessas obras, pode-se estabelecer a quantidade de m² construídos em um ano no município. Esse valor é multiplicado por 96 kg/m² (valor encontrado na metodologia de Corneli (2009) que estabelecem a quantidade média de resíduos gerados em 1m² de construção), assim, chegamos ao valor estimado da quantidade de RCC gerados a partir dos alvarás emitidos.

O movimento de cargas foi estabelecido através de ficha de controle (Apêndice A) aplicada por período de 1 mês, em cada uma das empresas cadastradas junto à prefeitura, onde estas registraram a quantidade de caçambas estacionárias recolhidas no período e também qual a origem da mesma, podendo ser de obras novas, reformas e demolições ou outros (limpezas de terrenos, terra bruta).

Para estabelecer a geração a partir dos movimentos de cargas, foi utilizado o número de caçambas estacionárias registradas pelas empresas, em seguida, adotou-se o volume de 4,5 m³ por caçamba e multiplicou esse valor por 1.200 kg/m³ (massa específica dos RCC), assim, obtém-se o valor estimado da quantidade de RCC gerados a partir do movimento de cargas.

2.3 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

A composição gravimétrica dos RCC foi baseada em estudo realizado por Bernardes et al. (2008), que consiste, primeiramente, no levantamento de informação sobre a origem das caçambas, que podem ser de obras novas, reforma/demolição e outros. Posteriormente, realiza-se a segregação dos materiais (concreto, tijolo, argamassa, madeira, aço, plástico, papel, gesso, etc.) para pesagem, identificando-se assim, a quantidade de cada material encontrado.

A realização desta pesquisa contou com a colaboração das cinco empresas coletoras de resíduos de construção civil (que se encontram regularizadas ante a prefeitura). Entretanto, para a segregação foi selecionada apenas uma empresa para fornecer as caçambas, pois esta atua por toda a cidade diversificando de maneira satisfatória a origem dos resíduos. Previamente, identificou-se a origem das caçambas; após a identificação, as mesmas eram despejadas integralmente na área de transbordo de umas das empresas, onde se realizava a separação manual do material. Também foi utilizada uma peneira com abertura de aproximadamente sete mm (Figura 4) para a separação dos finos de argamassa e tijolos dos materiais de menor granulometria, como também separar as pedras da terra. Outros equipamentos como carrinho de mão e pás foram utilizados para o manuseio do resíduo.

Após a etapa de segregação e identificação dos resíduos, estes foram quantificados através de pesagem em balança do tipo mecânica, com capacidade de 300 kg (Figura 5). Devido às dificuldades encontradas e a dependência de colaboração das empresas coletoras, foram realizadas análises de apenas oito caçambas, sendo três provenientes de obras novas e cinco de reforma ou demolição. Estas caçambas eram entregues de forma aleatória pela empresa, onde se teve o cuidado de não trabalhar com mais de uma caçamba de uma mesma obra. As datas de realização da composição gravimétrica estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Datas de realização da composição gravimétrica.

Data	Origem da caçamba	Quantidade
26 e 27/10/2013	Reforma/demolição	1
2 e 3/11/2013	Obra nova	1
9/11/2013	Obra nova	2
15/11/2013	Reforma/demolição	3
23/11/2013	Reforma/demolição	1
Total	--	8

**Figura 4** - Etapa de peneiramento.

Fonte: O autor, tomada em 02/11/2013.

**Figura 5** - Balança mecânica com capacidade para 300 kg.

Fonte: O autor, tomada em 02/11/2013.

2.4 CLASSIFICAÇÃO E POTENCIAL DE RECICLAGEM DOS RCC

A classificação e determinação do potencial de reciclagem são dependentes da composição gravimétrica dos resíduos, realizada anteriormente. Assim, após a etapa de composição gravimétrica, procedeu-se à classificação dos materiais conforme a Resolução N° 307 do CONAMA (BRASIL, 2002).

Para determinação do potencial de reciclagem, ou seja, a parcela de resíduos que apresenta potencial para ser reciclada, também se utilizou a classificação dos materiais conforme a Resolução N° 307 do CONAMA (BRASIL, 2002).

2.5 DIFICULDADES PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO

Para a realização da composição gravimétrica dos RCC neste estudo foi necessário grande apoio externo. A balança utilizada na pesagem foi emprestada por uma empresa de beneficiamento de grãos, pois a Universidade ainda não possuía tal equipamento. A referida empresa só pôde emprestar a balança nos finais de semana e feriados, pois a mesma só possui uma balança não podendo emprestá-la em horário comercial. Para cada dia que era realizada a composição gravimétrica era necessário que a balança fosse transportada para o local de transbordo da empresa, e esse transporte foi causa de maior morosidade em toda a pesquisa, pois a Universidade não conta com motorista para poder dirigir o carro e os professores nem sempre estão disponíveis para tal tarefa. Além da balança ser um objeto de grande dimensão (1,35 m de altura), esta não pode ser transportada em outra posição que não seja na vertical, fazendo com que ela só pudesse ser transportada em veículos com carroceria.

Já para a realização da composição gravimétrica, era necessária mão-de-obra, no entanto, a universidade não conta com verba para apoio a trabalhos de conclusão de curso, sendo assim esta mão-de-obra foi substituída pelo apoio dos colegas universitários. Este apoio não foi facilmente concedido, pois os colegas tiveram que trocar seus finais de semana de descanso e atividades particulares, por uma atividade bastante braçal e árdua, que foi a segregação e pesagem dos resíduos.

Outro ponto dificultoso para a pesquisa foi a obtenção das caçambas de entulhos, pois, as empresas relataram que revendem o material coletado para terceiros, que por sua vez utilizam este material para aterrar terrenos mais baixos ou até mesmo em ruas com más condições. Dessa forma, a disponibilização desse material para a realização da pesquisa poderia ser motivo de perdas econômicas para empresa. Assim, ocorreram vários episódios

em que a empresa se comprometeu que iria disponibilizar certo número de caçambas e posteriormente essas caçambas não estavam no local combinado, frustrando e atrasando a realização da pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RCC

3.1.1 Estimativa da geração a partir das atividades construtivas licenciadas

Segundo os dados repassados pela Secretaria de Planejamento de Ji-Paraná, foram emitidas 1.700 (mil e setecentas) licenças de construção no período de 01.09.2012 a 30.09.2013, perfazendo o total de 2.440.000 m² (dois milhões, quatrocentos e quarenta mil). Conforme Corneli (2009) a “taxa de geração de resíduos de construção é de aproximadamente 96 quilos por metro quadrado construído”. A mesma autora acrescenta que cerca de 15% das obras podem não apresentar cadastro junto a prefeitura, sendo consideradas obras informais. Desta forma temos:

Total de obras: 2.440.000 m²/ano + 15%: 2.806.000 m²/ano

Total: 2.806.000 m²/ano * 0,096 t/m²: 269.376 t/ano.

269.376 t/ano / 365 dias/ano: 738 t/dia

Portanto, a estimativa de geração de RCC para o município de Ji-Paraná, a partir do registro de obras novas é de 738 t/dia.

3.1.2 Estimativa da geração a partir do movimento de cargas dos agentes coletores

A estimativa foi baseada no movimento de cargas coletoras no Município. A Prefeitura Municipal não disponibiliza este serviço de coleta de resíduos para a população, sendo assim, o movimento de cargas no Município é proveniente apenas das empresas coletoras privadas. Ji-Paraná conta com cinco empresas coletoras, as quais utilizam caçambas que variam entre 4 e 5 m³, dessa forma, foi adotado a capacidade de 4,5 m³ por caçamba. O registro do movimento de cargas foi realizado no período de um mês. Segue na Tabela 5 o registro das cinco empresas.

Tabela 5 - Média mensal de caçambas coletadas pelas empresas privadas em Ji-Paraná, 2013.

Empresas	Quantidade mensal média de caçambas transportadas (unidade)	Quantidade média	
		(m ³ /mês)	(m ³ /dia)
A	148	666	25,6
B	426	1.917	73,7
C	122	549	21,1
D	86	387	14,8
E	8	36	1,4
Total	790	3.555	136,7

Fonte: O autor.

Considerando a geração de 3.555 m³/mês que equivalem a 136,7 m³/dia e adotando-se uma massa específica de 1.200 kg/m³ obtém-se uma geração de 164 t/dia. Segue na Tabela 6 a discriminação da origem das caçambas.

Tabela 6 - Discriminação da origem das caçambas.

Empresas	Origem das caçambas			Total (unidades)
	Obras Novas	Reformas e demolições	Outros	
A	17	40	91	148
B	124	148	154	426
C	18	52	52	122
D	30	34	22	86
E	0	6	2	8
Total	189	280	321	790

Fonte: O autor.

A partir dos dados da Tabela 5 e 6, as coletas provenientes de reformas e demolições, apresentaram 58,2 t/dia o que equivale 35,49% das caçambas recolhidas. Os registros ainda apontaram uma geração de 39,2 t/dia para as caçambas provenientes de obras novas que resulta em 23,90% das caçambas recolhidas, e para as caçambas da classe outros obteve uma

geração de 66,6 t/dia que correspondem a 40,61% dos resíduos recolhidos pelas empresas coletoras. Conforme a metodologia proposta foi considerada somente a parcela de caçambas oriundas de reformas e demolições. A Figura 6 esquematiza os valores encontrados.

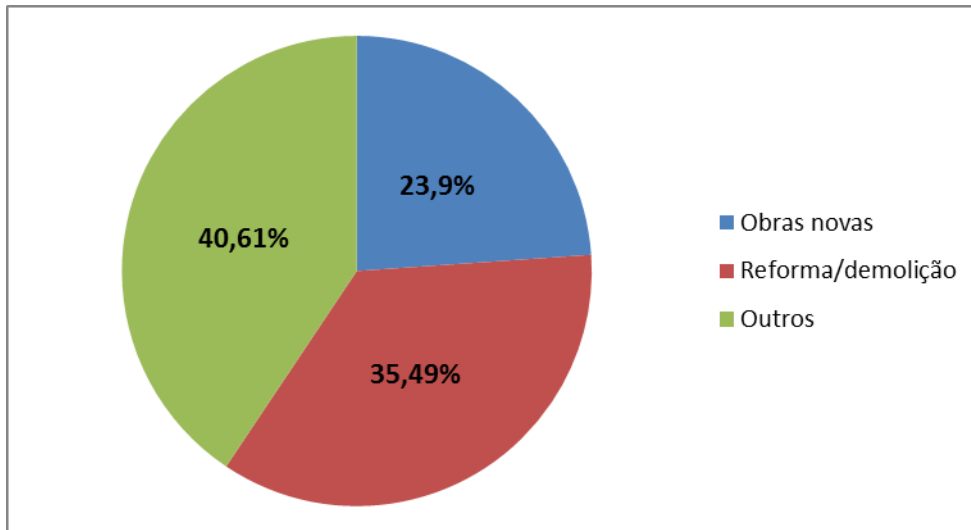


Figura 6 - Percentual de caçambas analisadas em Ji-Paraná – RO durante 30 dias em 2013.

Ao analisar os dados levantados junto à Prefeitura e às empresas coletoras de resíduos, pôde-se observar que o valor encontrado através dos alvarás emitidos (863,38 t/dia) demonstrou ser bastante expressivo se comparado ao encontrado por Corneli (2009) na cidade de Campo Mourão que obteve uma geração de 29 t/dia. Visto que no momento da pesquisa a cidade de Campo Mourão contava com cerca de 80 mil habitantes, e atualmente Ji-Paraná conta com aproximadamente 116 mil habitantes, os valores encontrados ainda demonstram que a geração de resíduos em Ji-Paraná está bem acima do esperado. Isso se deve ao fato que os valores fornecidos pela Secretaria de Planejamento Municipal para os números de alvarás emitidos para obras novas, incluem todo o montante de obras desenvolvidas no Município, desde construção de casas, prédios, pavimentação de ruas, galerias, pontes e qualquer outro tipo de construção, fazendo com que esse valor seja superestimado, pois, é sabido que os aspectos construtivos destas inúmeras construções geram diferentes quantidades e características de resíduos.

Portanto, a metodologia realizada em Campo Mourão obteve números mais coerentes devido à cidade possuir um banco de dados discriminando o tipo de cada obra realizada, podendo estas, ser buscadas separadamente, contribuindo para a pesquisa. Diferentemente de Ji-Paraná que não possui um banco de dados organizado, contendo apenas um número total das obras do município.

Desta forma, para não superestimar os resíduos gerados no Município escolheu-se trabalhar com os valores encontrados junto ao levantamento das empresas coletoras, sendo assim, a estimativa de geração de RCC para o município de Ji-Paraná é o resultado da soma dos valores das caçambas provenientes de obras novas (39,2 t/dia) e de reformas/demolição (58,2 t/dia) registrados pelas empresas privadas coletoras, perfazendo um valor de 97,4 t/dia.

Ressalta-se ainda que este valor pode ser maior, visto que é comum visualizar na cidade carrinhos de tração animal fazendo o transporte desses resíduos, além de que muitos moradores utilizam os resíduos para fazerem tapa buracos, e conserto de ruas não pavimentadas que são danificadas pelas águas pluviais.

Durante a realização da pesquisa, ao entrar em diálogo com os proprietários e trabalhadores das empresas coletoras foi possível verificar algumas práticas realizadas por essas empresas. Estas práticas estão descritas no fluxograma da Figura 7.

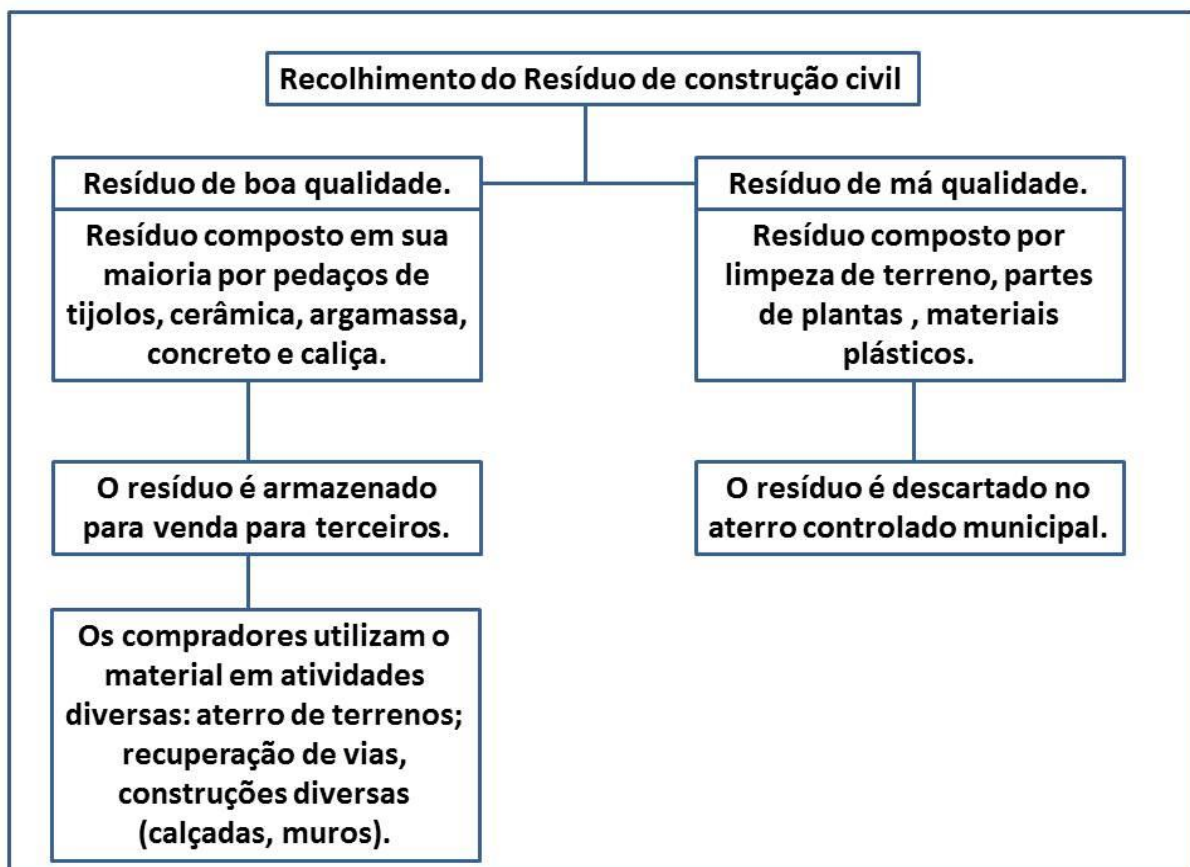


Figura 7 – Práticas realizadas com o RCC de Ji-Paraná.

3.2 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RCC

Para a determinação da composição gravimétrica foram analisadas oito caçambas, dentre essas, três de obras novas e cinco de reforma e demolição. A composição das amostras analisadas está descrita nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Caracterização dos resíduos provenientes de obras novas no município de Ji-Paraná – RO em 2013. (Três caçambas analisadas).

Resíduos	Massa (kg)	%
Concreto	1.494,5	14,53
Argamassa	242	2,35
Tijolo	271	2,63
Madeira cerrada	50	0,48
Papel	37	0,35
Cerâmica	68,5	0,66
Plástico, PVC e sacos	79,5	0,77
Ferro, fios e arames	76	0,73
Material agregado	918	8,92
Terra	3.016,5	29,33
Pedra	633	6,15
Caliça retida	1.980	19,25
Caliça peneirada	1.296	12,60
Gesso	110,5	1,07
Material orgânico e galhos	89	0,86
Total	10.282	100

Fonte: O autor.

Conforme exposto na Tabela 7, o descarte de terra (Figura 8) se destaca chegando a quase 30% da massa total dos resíduos oriundos de obras novas, isso se deve ao fato de que no início de obras ocorre a etapa de nivelamento do terreno e do contra piso.



Figura 8 - Carrinho contendo pedras e carrinho contendo terra, após processo de peneiramento..
Fonte: O autor, tomada em 02/11/2013.

Outros resíduos que tiveram destaque foram o concreto, a calça peneirada e a calça retida (pó ou fragmentos de argamassa, tijolos e outros materiais, Figura 9), chegando a 45% do total de resíduo gerado. Estes resíduos normalmente são encontrados em menor quantidade, pois são característicos de obras de reforma e demolição, entretanto, isto pode variar em função das técnicas construtivas aplicadas.

Comparando os valores encontrados por Bernardes et al. (2008) para resíduos provenientes de obras residenciais novas na cidade de Passo Fundo - RS, destacou-se a quantidade de tijolos descartados chegando a 27% do total, seguido pela argamassa com 21,3% e os finos de argamassas com 17,1%. Os valores encontrados em Passo Fundo diferenciam-se dos encontrados em Ji-Paraná pelo fato dos municípios estarem em regiões distintas, fazendo com que as práticas construtivas sejam diferentes e as características das obras também variem.



Figura 9 - Caçambas contendo caliça retida e caliça peneirada.

Fonte: O autor, tomada em 02/11/2013.

A composição das amostras de resíduos provenientes de reformas e demolição segue na Tabela 8.

Tabela 8 - Caracterização dos resíduos provenientes de reformas e demolições no município de Ji-Paraná – RO em 2013. (Cinco caçambas analisadas).

Resíduos	Massa (kg)	%
Concreto	728	3,22
Argamassa	3.254	14,43
Tijolo	2.292	10,16
Madeira cerrada	170	0,75
Papel	40	0,17
Plástico, PVC e sacos	35	0,15
Ferro, fios e arames	20	0,08
Material agregado	671	2,97
Terra bruta	40	0,17
Caliça retida	9.484	42,07
Caliça peneirada	5.272	23,38
Telha de amianto	90	0,39
Cerâmica	460	2,04
Total	22.543	100

Fonte: O autor

Analisando as caçambas oriundas de reformas e demolição (Tabela 8) destacou-se a geração da calça, perfazendo mais de 60% do resíduo gerado, isso se deve ao fato de a calça ser um material proveniente da quebra e destruição de paredes e pisos, fato que realça e confirma os valores encontrados para os resíduos gerados em reformas e demolição. Os tijolos e argamassas juntos chegaram a uma proporção de 25% da geração de resíduos.

Comparando os resultados encontrados por Bernardes et al. (2008) para resíduos provenientes de reformas e demolição na cidade de Passo Fundo – RS, sobressaiu-se os valores de argamassa, tijolo e concreto, com 25,4%, 24,5% e 20,4% respectivamente. Dessa forma, entendendo que a calça é proveniente da quebra da argamassa, tijolo e outros materiais, ocorre uma aproximação nos valores encontrados nos resíduos de Ji-Paraná, que indicaram que mais de 60% dos resíduos gerados a partir de reformas e demolição eram compostos pela calça.

Analisando de forma geral a composição dos resíduos de construção civil de Ji-Paraná, descreve-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição gravimétrica dos resíduos gerados no município de Ji-Paraná – RO em 2013.

Resíduos	Massa (kg)	%
Concreto	2.222,5	6,77
Argamassa	3.496	10,65
Tijolo	2.563	7,80
Madeira cerrada	220	0,67
Papel	77	0,23
Plástico, PVC e sacos	114,5	0,34
Ferro, fios e arames	96	0,29
Material agregado	1.589	4,84
Terra bruta	3.056,5	9,31
Pedra	633	1,92
Calça retida	11.464	34,92
Calça peneirada	6.568	20,00
Telha de amianto	90	0,27
Gesso	110,5	0,33
Material orgânico e galhos	89	0,27
Cerâmica	528,5	1,61
Total	32.825	100

Fonte: O autor

Em estudo realizado por Carneiro et al. (2000 apud LEITE, 2001), verifica-se a composição dos resíduos gerados no município de Salvador/BA, cujo resultado pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Composição dos resíduos de construção e demolição da cidade de Salvador/BA.

Resíduos	%
Concreto e argamassa	53
Cerâmica vermelha	9
Cerâmica branca	5
Solo e areia	22
Plástico	4
Rochas naturais	5
Outros	2
Total	100

Fonte: Carneiro et al (2000 apud LEITE, 2001).

Analisando a composição dos resíduos gerados nos municípios de Ji-Paraná e Salvador podemos perceber uma semelhança nos dados, destacando-se a geração de concreto, da argamassa e da cerâmica vermelha em Salvador, e em Ji-Paraná a calça que é um material composto de argamassa, cerâmica e tijolos.

3.3 CLASSIFICAÇÃO

A partir da realização da composição gravimétrica dos resíduos, foi possível identificar os diversos materiais descartados na construção civil, permitindo a classificação dos resíduos conforme a Resolução N° 307 de 2002 do CONAMA (BRASIL, 2002). A Tabela 11 demonstra a classificação realizada.

Tabela 11 - Classificação dos resíduos gerados no município de Ji-Paraná – RO em 2013.

Resíduos	Massa (kg)	Classificação (CONAMA 307)
Concreto	2.222,5	A
Argamassa	3.496	A
Tijolo	2.563	A
Madeira cerrada	220	B
Papel	77	B
Plástico, PVC e sacos	114,5	B
Ferro, fios e arames	96	B
Material agregado	1.589	A
Terra bruta	3.056,5	A
Pedra	633	A
Caliça retida	11.464	A
Caliça peneirada	6.568	A
Telha de amianto	90	D
Gesso	110,5	C
Material orgânico e galhos	89	B
Cerâmica	528,5	A
Total	32.825	--

Fonte: O autor.

Dentre os materiais encontrados, a maior parte classifica-se como recicláveis segundo a Resolução 307 do CONAMA, são estes os da Classe A, que podem ser reinseridos na construção civil como agregado, e os da Classe B, que são resíduos que podem ser reciclados para outras destinações como, plástico, papel, madeira e outros. Os resíduos de Classe A representaram, expressivos 97% do total dos resíduos e os Classe B apenas 1,81%. Foi também encontrado o gesso, material que ainda não possui tecnologia viável que possibilite sua reciclagem, sendo este, pertencente à Classe C. Para a Classe D, foi identificado dentre os resíduos apenas as telhas de amianto, material que contém resíduo perigoso em sua formação, o qual já foi comprovado que pode provocar vários tipos de câncer e a asbestose (CAPELOZZI, 2001).

Em pesquisa realizada por Bernades et al. (2008) no município de Passo Fundo, foram encontrados valores aproximados aos de Ji-Paraná, com 94,8% dos resíduos pertencentes a Classe A, 3,1% a Classe B, 2,1% a Classe C e nenhum resíduo da Classe D.

3.4 POTENCIAL DE RECICLAGEM

O potencial de reciclagem foi estabelecido a partir do número de materiais que poderiam receber como destinação final o processo de reciclagem, esta destinação foi fundamentada segundo a Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002) Na Tabela 12 segue os materiais e sua respectiva destinação.

Tabela 12 - Destinação adotada para os resíduos gerados no município de Ji-Paraná – RO, com base na Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002).

Resíduos	Destinação	%
Concreto	Reciclagem	6,77
Argamassa	Reciclagem	10,65
Tijolo	Reciclagem	7,80
Madeira cerrada	Recicláveis para outras destinações	0,67
Papel	Recicláveis para outras destinações	0,23
Plástico, PVC e sacos	Recicláveis para outras destinações	0,34
Ferro, fios e arames	Recicláveis para outras destinações	0,29
Material agregado	Reciclagem	4,84
Terra bruta	Reciclagem	9,31
Pedra	Reciclagem	1,92
Caliça retida	Reciclagem	34,92
Caliça peneirada	Reciclagem	20,00
Telha de amianto	Armazenamento/aterro industrial	0,27
Gesso	Criar aterro específico	0,33
Material orgânico e galhos	Aterro sanitário	0,27
Cerâmica	Reciclagem	1,61
Total		100

Fonte: O autor.

Conforme a resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002), 97,82% dos resíduos gerados em Ji-Paraná seguiria para um processo de reciclagem para posteriormente serem utilizados como agregados e outros 1,53% seguiriam para reciclagem em outras destinações. Do restante dos resíduos, os quais representam 0,87%, estes devem ser destinados a aterros específicos ou serem armazenados. Dessa forma, destaca-se que Ji-Paraná apresenta 99,35% dos resíduos gerados na construção civil com potencial de reciclagem, seja como agregado ou em outras áreas de aplicação. Valores próximos foram encontrados por Bernardes et al. (2008) na cidade de Passo Fundo – RS, onde mais de 94% dos resíduos gerados poderiam ser reciclados ou reaproveitados.

Sendo assim, esse valor evidencia a importância da implantação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos que conte com um sistema de coleta seletiva, centro de triagem e reciclagem e aterros necessários para a disposição final, além da conscientização da população sobre a importância desses resíduos e os malefícios que eles podem causar se mal gerenciados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo contribui como passo inicial para o adequado gerenciamento de resíduos de construção civil em Ji-Paraná, uma vez que traz dados quantitativos dos resíduos de construção civil como: geração de 97,4 toneladas por dia, e a composição gravimétrica que aponta que 99,35% dos RCC gerados em Ji-Paraná possuem potencial de reciclagem, conforme a destinação prevista na Resolução CONAMA N° 307.

Assim, o estudo aponta que o Município deixa de explorar economicamente cerca de 96 toneladas por dia de RCC que poderiam estar gerando renda, além do benefício na mitigação dos impactos negativos sobre o meio ambiente.

Estes dados reforçam a necessidade da implantação de um Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Construção Civil, que preveja a destinação adequada para estes resíduos, explorando inclusive o seu potencial de reutilização como agregado na construção civil. Há também os RCC potencialmente recicláveis em outros setores, como nas indústrias de vidro, de metais, de madeira e de plástico.

Para que melhorias possam ocorrer é necessária atuação efetiva por parte dos órgãos públicos, incentivando medidas preventivas, como projetos de educação ambiental para a população, conscientizando os trabalhadores da construção civil da importância do manuseio adequado desses resíduos, para que seja possível a futura reutilização e reciclagem. Desta forma, estas medidas contribuirão para a manutenção da qualidade do meio ambiente natural.

REFERÊNCIAS

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4, 2001, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Ibracon, 2001.

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2011.

BERNADES, A.; THOMÉ, A.; PRIETTO, P.D.M.; ABREU, Á. G. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, jul./out. 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Brasília: Diário Oficial da União, 2002.

BRASIL. Norma Brasileira nº 10.004 de 2004. Classificação dos resíduos, em perigosos e não perigosos. Brasília, 2004.

CALDERONI, S. **Os Bilhões Perdidos no Lixo. Humanitas**, São Paulo, 1997. Disponível em: < http://www.superinteressante.com.br/superarquivo/2002/conteudo_227704.shtml > Acesso em: 20 Ago. de 2013.

CAPELOZZI, V. L. **Asbesto, asbestose e câncer: critérios diagnósticos**. J Pneumol, v. 27, n. 4, 2001.

CARNEIRO, F. P.; MELO, A. B.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B.; GUSMÃO, A. D.; SOUZA, P. C. M. Os resíduos da construção civil na cidade do Recife. In: XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção. **Anais...** Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de nov. 2004. p. 5318 - 5325.

CARVAIS, W. A. **Cenário da gestão dos resíduos da construção civil no município de Ji-Paraná – RO**. Ji-Paraná: UNIR, 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2011.

CORNELI, V. M. **Análise da gestão de resíduos de construção e demolição no município de Campo Mourão/Paraná**. Maringá. UEM. 2009. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana). Universidade Estadual de Maringá. 2009.

CYBIS, L.F; SANTOS, C.V.J. **Análise do ciclo de vida (ACV) aplicada à indústria da construção civil - estudo de caso.** In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre/RS, 2000.

DIEESE. Estudo Setorial da Construção Civil, N. 56, Abril de 2011. São Paulo: 2011.

DIEESE. Estudo Setorial da Construção Civil, N. 65, Maio de 2013. São Paulo: 2012.

GALBIATI, A. F. **O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e a Reciclagem.** UFMS. 2005.

GRIPPI, S. **Lixo, reciclagem e sua história: guia para as prefeituras brasileiras.** Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

IBAM. **Gestão integrada de resíduos sólidos:** Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Manual de gerenciamento. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010.** Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_rondonia.pdf > Acesso em: 01 Set. 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006.** Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=110012&search=rondonia|jiparana> > Acesso em: 01 Set. 2013.

JADOVSKI, I. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição.** Porto Alegre: UFRGS, 2005. Dissertação (Profissionalizante em Engenharia). Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo: USP, 2000. Tese (Livre docência). Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2000.

JOHN, V. M. Panorama sobre a reciclagem de resíduos da construção civil. **Revista limpeza pública.** Ed. 53. Out. 1999.

LEITE, M. B. **Avaliação das propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. Tese (Doutor em Engenharia). Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Escola de Engenharia. 2001.

MACHADO, F. M.; FREITAS, F. A. M.; SILVA, L. M. C.; SANTOS R. R. D.; FERREIRA, R. H. **Plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos da construção civil de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2008.

MIRANDA, L. F. R. Relatório 1. Pesquisa Setorial 2013 ABRECON. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil**. 2013

MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, S. C.; CARELI, A. 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. ISSN 1678-8621.

MORAES, L. D.; **Aspectos relevantes da potencialidade e da aplicabilidade da reciclagem de resíduos sólidos na construção civil**. Ijuí: UNIJUI, 2008. Monografia (Bacharel em Engenharia civil). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Departamento de Tecnologia. 2008.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro; ABES, 1999.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo: USP, 1999. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. 1999.

PIOVEZAN JUNIOR, G. T. A. **Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria**. Santa Maria: UFSM, 2007. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Centro de Tecnologia Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2007.

PROHAB. **Usinas de reciclagem**. Disponível em: < <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/usina-de-reciclagem.html> > Acesso em: 18 Nov. de 2013.

RAMOS, B. F. **Indicadores de qualidade dos resíduos da construção civil do município de Vitória-ES**. Vitória: UFES, 2007. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo. 2007.

SALAME, A. **Reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil no estado de Rondônia – estudo de caso no município de Vilhena**. Ji-Paraná: UNIR, 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2012.

SANTOS, A. N. **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no município de Petrolina (PE)**. Recife: UNICAP, 2008. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Engenharia Civil. 2008

SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. A tecnologia de reciclagem de polímeros. **Química Nova**. Vol. 28, No. 1, 65-72, 2005.

VASCONCELLOS NETO, F. A.; CAMPOS, A. A.; SARROUF, L. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil**. A experiência do SindusCon-SP. São Paulo. 2005.

VEDRONI, J. W. **Estudo de caso sobre a utilização do RCD (resíduos de construção e demolição) em reaterros de valas nos pavimentos de Piracicaba SP**. Campinas: Unicamp, 2007. Dissertação. (Mestrado). Mestre em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiente. 2007.

VIEIRA, D. L.; DAL MOLIN, D. C. C. Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 47-63, out./dez. 2004. ISSN 1415-8876

YAMAMOTO, J.K. *et al.* Environmental impact reduction on the production of blended portland cement in Brazil. **Environmental Geosciences**, v.4, n°4, 1997, p. 192-206.

APÊNDICE A – Ficha de controle entregue nas empresas coletoras.

