

# Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem

## Quantification of the Construction and Demolition Waste and Study the Feasibility of Deploying Recycling Plant

### RESUMO

O setor de construção civil tem intensificado suas atividades e aumentado a geração de resíduos sólidos. Foi realizada a estimativa de Resíduos da Construção Civil (RCC) e estudo de viabilidade de implantação de Usina de Triagem e Reciclagem (URE) no município de Criciúma. O volume obtido pelo método indireto foi de 145,65 t/dia. O estudo de viabilidade foi realizado para uma URE com capacidade de 25 t/h, sendo considerada a metodologia de Jadovski (2005) para estimar custos de implantação, operação e manutenção. A quantidade de resíduo a ser reciclado foi estimada em 80% gerando uma receita bruta anual de R\$ 702.635,94. Foi aplicada a Taxa Interna de Retorno (TIR) em intervalos de 8, 10 e 15 anos, e resultaram em TIR de 12,40%, 16,57% e 21,21% ao ano, respectivamente, indicando viabilidade econômica para instalação da URE.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos, Construção Civil, Usina de Reciclagem

### ABSTRACT

The construction industry has intensified its activities and increased the generation of waste that causes environmental degradation. This research has made the estimate of generation of construction and demolition waste (CDW) and a feasibility study for implementation of sorting and recycling plant in the Criciúma municipality. The estimate is made by direct and indirect methods and found a period of 10 years. The volume obtained by the indirect method was 145.65 t / day. The feasibility study was conducted to a plant with capacity of 25 t/ h and applying the methodology of Jadovski (2005) have raised the costs of deployment, operation and maintenance. The amount of waste being recycled was estimated at 80% of collected waste generating gross revenue of R\$ 702,635.94. From the net values calculated by discounting the initial investment and applying the Internal Rate of Return for 8, 10 and 15 years have led to the IRR's of 12.40% years, 16.57% pa and 21.21% per annum respectively. The calculated internal rates of return indicate that there is economic viability for the RP considering the return periods of 8, 10 and 15 years.

**KEYWORDS:** *Waste, Construction, Recycling Plant*

**Afrodite da Conceição Fabiana Cardoso**

Engenheira Ambiental pela UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, SC, Brasil  
afroditecardoso@gmail.com

**Sérgio Luciano Galatto**

Professor do Dpto de Engenharia Ambiental da UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense e Pesquisador do IPAT - Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. Mestre em Ciências Ambientais pela UNESC. Criciúma, SC, Brasil  
sga@unesc.net

**Mario Ricardo Guadagnin**

Professor da UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense, no Departamento de Engenharia Ambiental. Mestre em Geografia pela UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Criciúma, SC, Brasil  
mrg@unesc.net

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem se observado um aumento populacional e a expansão das cidades refletindo no crescimento intensificado do setor de construção civil. A questão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) tem sido amplamente discutida no Brasil pela alta taxa de geração, representando cerca de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados (MARQUES NETO, 2005). Os estudos sobre caracterização e quantificação dos RCC's no Brasil iniciaram em meados de 1980. Na década 1990 começaram ensaios sobre reciclagem e atualmente existem inúmeras usinas de triagem e reciclagem muitas controladas pelas municipalidades como aponta Pinto (1999).

De forma geral, os RCC's são vistos como resíduos de baixa periculosidade, tendo como principal impacto o grande volume gerado. Contudo, nesses resíduos também são encontrados materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças (KARPINSKI, 2009).

De acordo com o Art. 13 da Lei nº 12.305/2010, os resíduos de construção civil (RCC's) são aqueles gerados nas construções, em reformas, em reparos e em demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. São definidos e classificados em quatro classes pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002, em função do seu potencial para serem reciclados ou reutilizados.

A Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define os resíduos de construção civil como "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, caliças ou metralha (BRASIL, 2002)".

Para Hamassaki (2000), o resíduo de construção civil ou "entulho" é um "conjunto de fragmentos ou restos de tijolos, concreto, argamassa, aço, madeira e outros provenientes do desperdício na construção, reforma ou demolição de estruturas".

A Resolução 307/2002 do CONAMA, ainda classifica os RCD da seguinte forma (BRASIL, 2002):

**Classe A** - São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

**Classe B** - São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, gesso e outros;

**Classe C** - São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis

que permitam a sua reciclagem/recuperação;

**Classe D** - São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, telhas de amianto e outros.

Os principais instrumentos legais referentes aos RCC's são: as Resoluções CONAMA nº 307/2002, 348/2004, 431/2011, as Normas Técnicas Brasileiras nº15112/2004, nº15113/2004, nº15114/2004, nº15115/2004, nº15116/2004, a Lei 12305/2010 que institui a política nacional de resíduos sólidos e o decreto regulamentador nº 7404/2010.

Na grande maioria dos municípios, a maior parte dos RCC's é depositada em bota-foras clandestinos, nas margens de rios e córregos ou em terrenos baldios. A deposição irregular de entulho ocasiona proliferação de vetores de doenças, entupimento de galerias e bueiros, assoreamento de córregos e rios, contaminação de águas superficiais e poluição visual (OLIVEIRA, 2008). Para Sjostrom (1996) apud John (2000), além da poluição visual, contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo, o setor de construção civil absorve cerca de 14% a 50% dos recursos naturais.

Os RCC's no Brasil não representam grandes riscos ambientais em razão de suas características químicas e minerais serem semelhantes aos agregados naturais e solos. Entretanto, podem apresentar outros tipos de resíduos como óleos de maquinários utilizados na construção, pinturas e asbestos de telhas de cimento amianto (ÂNGULO, 2000, apud KARPINSKI, 2007).

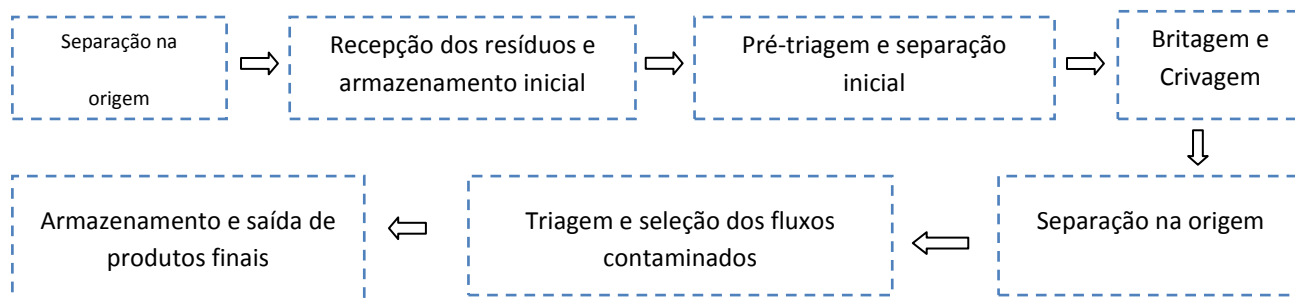


Figura 1 - Fluxograma do processo de reciclagem de RCC

Segundo dados apresentados pela Câmara Brasileira da Indústria de Construção (CBIC, 2010), o setor de construção civil têm crescido nos últimos anos e se observa uma tendência de aumento no período de 2003 a 2010, fomentado pelo crescimento dos créditos habitacionais, estabilização da taxa de juros e efeitos positivos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (IBGE, 2008). No estado de Santa Catarina se observa o crescimento deste setor principalmente quando se acompanha o aumento do consumo de cimento Portland de 0,23% de 2008 para 2009. O município de Criciúma apresenta três construtoras na lista das 100 maiores do Brasil e o setor de construção tem grande relevância social pela absorção da mão de obra com menor qualificação na região (PINTO, 2010).

Os RCC's são provenientes das diferentes origens sendo que 75% são gerados em atividades informais, contribuindo para disposição irregular, causando problemas de ordem ambiental, econômica e social (GUERRA, 2009).

Em Criciúma estes resíduos são coletados e transportados por empresas terceirizadas que os depositam em aterros e áreas de bota-fora (RODRIGUES, 2006). O principal problema causado pelo RCC's é decorrente da disposição irregular

sem os requisitos ambientais mínimos exigidos. Um estudo realizado por Pico e Réus (2011), identificou 103 áreas de bota fora ao longo do município de Criciúma, evidenciando a necessidade de medidas mais eficazes no gerenciamento dos RCC's bem como uma maior fiscalização. É importante ressaltar que o Art. 10 da Resolução CONAMA nº 307/2002 apresenta orientações para disposição dos resíduos Classes A, B, C e D.

Uma das soluções para os problemas com os RCC's é à reciclagem, que no Brasil, data desde 1980 onde se iniciaram estudos sistematizados (Pinto, 1999). Assim, o estudo para viabilização de uma URE em Criciúma, considerou uma planta fixa composta por equipamentos transportadores, de redução e britagem e cortinas de separação. O processo de reciclagem obedece às etapas apresentadas na Figura 1 baseados em proposta elaborada por Pereira *et al.* (2004).

A análise de viabilidade de usinas de reciclagem é fundamental para definição do processo dimensional e configuração da central.

Este trabalho tem por objetivo estimar a geração dos RCC's no município de Criciúma durante o período de 2001 a 2010 empregando métodos direto e indireto, além de um estudo de

viabilidade econômico para implantação de uma Usina de Triagem e Reciclagem (URE) dos resíduos da construção civil.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a estimativa de geração dos RCC's no município foram utilizados métodos indiretos e diretos. O método indireto foi desenvolvido por Pinto (1999) e leva em consideração a geração de 150 kg de resíduo por cada metro quadrado de área construída, sabendo-se que cada metro cúbico de resíduo contém 1,2 toneladas de entulho. O produto da área construída, pela taxa de geração é a provável geração de resíduo. Os dados sobre a área construída foram obtidos na prefeitura municipal de Criciúma. É importante destacar que no método indireto, Marques Neto (2005) considera a média dos últimos quatro anos, afirmando que este dado representa melhor a variação na taxa de geração.

O método direto considera a movimentação de cargas efetuadas pelos prestadores de serviço. Por meio de entrevistas não estruturadas efetuadas aos prestadores de serviço foram obtidas informações sobre o número de caçambas, volume diário e mensal, local de disposição e perspectivas do setor.

O pré-dimensionamento da Usina de Triagem e Reciclagem

Tabela 1 - Licenças para Construção e Provável Geração de Resíduos em Criciúma de 2001 a 2010

| Informações  | ANOS     |           |          |          |          |          |          |          |          |          |
|--|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|  | 2001     | 2002      | 2003     | 2004     | 2005     | 2006     | 2007     | 2008     | 2009     | 2010     |
| Área licenciada para construção (1000 m <sup>2</sup> /ano) | 221,19   | 204,74    | 169,69   | 214,21   | 391,35   | 293,24   | 265,83   | 263,55   | 322,27   | 449,52   |
| Taxa de geração de resíduos (0,15 t/m <sup>2</sup> )       | 0,15     | 0,15      | 0,15     | 0,15     | 0,15     | 0,15     | 0,15     | 0,15     | 0,15     | 0,15     |
| Provável geração anual de Resíduos (t/ano)                 | 33.292,8 | 30.710,95 | 25.454,6 | 32.132,8 | 58.703,5 | 43.987,1 | 39.875,1 | 39.532,9 | 48.340,5 | 67.428,1 |
| População (1.000.000,00 habitantes) <sup>(1)</sup>         | 6        | 95        | 2        | 8        | 7        | 8        | 5        | 9        | 6        | 5        |
| Provável geração diária de Resíduos (t/dia) <sup>(2)</sup> | 170,42   | 170,42    | 170,42   | 170,42   | 185,52   | 185,52   | 185,5    | 185,5    | 188,6    | 192,2    |
| Provável geração por Habitante Dia (kg/hab*dia)            | 138,72   | 127,96    | 106,06   | 133,89   | 244,60   | 183,28   | 166,15   | 164,72   | 201,42   | 280,95   |
|  | 0,81     | 0,75      | 0,62     | 0,79     | 1,32     | 0,99     | 0,90     | 0,89     | 1,07     | 1,46     |

<sup>(1)</sup> Dados retirados do censo do IBGE (2011); <sup>(2)</sup> Considerando 20 dias úteis/mês.

foi efetuado tendo em conta os levantamentos efetuados por Jadovski (2005) e por Stolz (2008). Foram observados os custos de implantação, operação e manutenção da URE. A análise de viabilidade foi efetuada considerando a Taxa Interna de Retorno (TIR) proposta por Casarotto Filho e Kopittke (2000) e Brito (2006). Esta taxa requer o cálculo da taxa que zera o valor presente dos fluxos de caixa das alternativas. Os investimentos com TIR superior a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) são considerados rentáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram organizados e apresentados em etapas sequenciais possibilitando facilitar a compreensão das informações levantadas.

### Resultados da Estimativa Indireta de Geração dos RCC's

Analisando a evolução das licenças para construção (Tabela 1) com os dados obtidos na Prefeitura Municipal de Criciúma (2011), observa-se que em 2003 foi registrado o menor índice com

apenas 169.697,45 m<sup>2</sup> de área construída licenciada, enquanto que em 2010 foram licenciadas cerca de 449.520, 97 m<sup>2</sup>. Para efetuar os cálculos de taxa de geração foi utilizado o indicador obtido por Pinto (1999) de geração de 0,15 t/m<sup>2</sup>. Pode-se observar que as licenças para construção aumentaram em mais de 200%, considerando o período de 2003 a 2010, provavelmente resultante do aumento de créditos habitacionais e das novas políticas de habitação.

Entre o período de 2001 a 2010, foi registrado um crescimento de 102,53% de área construída licenciada. Em contrapartida observa-se um aumento de 11,35% na população do município nesse mesmo intervalo (2001 a 2010). A área total licenciada para construção de 2001 a 2010 é aproximadamente de 2.796.391,743 m<sup>2</sup>. A geração de RCC's no período analisado apresentou uma média de 145,65 t/dia (método indireto).

Com relação à estimativa diária de geração de resíduos de construção civil, Lauritzen (1998) apud por Jonh (2000) apresenta dados da Europa com variação entre 2,08 a 3,19 kg/hab\*dia. Pinto (1999) propõe para o Brasil uma variação de 0,80 a 2,64 kg/hab\*dia. Em Criciúma, os dados referentes à

estimativa de geração diária de resíduos da construção civil apontam variação entre 0,62 e 1,46 kg/hab\*dia. Este valor é inferior aos valores indicados na Europa, porém, mais próximo aos apresentados por Pinto (1999) para algumas cidades brasileiras. A média da geração per capita em 10 anos é de 0,96 kg/dia e está dentro do intervalo considerado para as cidades Brasileiras.

Para confirmação dos volumes de resíduos de construção civil, foram comparadas as áreas licenciadas para construção e as áreas correspondentes ao Habite-se. Tendo como base os dados obtidos junto ao Departamento de Patrimônio Físico Territorial do município e considerando a taxa estimada por Pinto (1999) de geração de 0,15 t/m<sup>2</sup> são apresentados na Tabela 2 os cálculos efetuados para a obtenção das estimativas de geração diária e anual considerando neste caso o Habite-se. Foram considerados o mesmo número de habitantes e a taxa de geração por área.

A estimativa de geração de resíduos da construção civil pelo Habite-se foi menor nos anos 2001 e 2005, e maior em 2010. Comparando os valores anuais com os obtidos na análise das áreas

Tabela 2 - Habite-se de Construção e Provável geração em Criciúma de 2001 a 2010

| Informações  | ANOS      |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | 2001      | 2002      | 2003      | 2004      | 2005      | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      |
| Habite-se (1000 m <sup>2</sup> /ano)                       | 911,43    | 154,74    | 159,51    | 134,30    | 117,19    | 142,32    | 150,53    | 154,88    | 144,43    | 244,18    |
| Taxa de geração de resíduos (0,15 t/m <sup>2</sup> )       | 0,15      | 0,15      | 0,15      | 0,15      | 0,15      | 0,15      | 0,15      | 0,15      | 0,15      | 0,15      |
| Provável geração anual de Resíduos (t/ano)                 | 13.671,43 | 23.210,47 | 23.926,74 | 20.145,27 | 17.577,80 | 21.348,22 | 22.579,59 | 23.232,29 | 21.663,85 | 36.626,26 |
| População (1000.000 habitantes) <sup>(1)</sup>             | 170,42    | 170,42    | 170,42    | 170,42    | 185,52    | 185,52    | 185,5     | 185,5     | 188,6     | 192,2     |
| Provável geração diária de Resíduos (t/dia) <sup>(2)</sup> | 56,96     | 96,71     | 99,69     | 83,94     | 73,24     | 88,95     | 94,08     | 96,80     | 90,27     | 152,61    |
| Provável geração por Habitante Dia (kg dia/habitante)      | 0,33      | 0,57      | 0,58      | 0,49      | 0,39      | 0,48      | 0,51      | 0,52      | 0,48      | 0,79      |

(1) Dados retirados do censo do IBGE (2011); (2) Considerando 20 dias úteis/mês.

licenciadas para a construção, verifica-se uma maior quantidade de resíduos em 2010, porém os menores volumes anuais diferem para 2005.

Analisando os dados da geração anual obtidos das áreas licenciadas para construção (Tabela 1) em Criciúma observa-se que são superiores aos dados obtidos pelo Habite-se (Tabela 2). O volume de resíduos obtidos das licenças de

construção deveria ser aproximado ao volume do cálculo do Habite-se, no entanto, observa-se que a área solicitada para a construção (449,51 x 1000 m<sup>2</sup>/ano) em 2010 é efetivamente superior a área licenciada pelo Habite-se (244,18 x 1000 m<sup>2</sup>/ano), no mesmo ano. É importante frisar que o município de Criciúma não possui áreas licenciadas para aterros de resíduos de construção civil.

Analisando os dados obtidos se observa que o Habite-se é inferior às licenças, sendo que em 2010, foi o período de maior concessão de licenças, com uma diferença de 45,7% entre as licenças de construção e as de habite-se. A diferença menor entre as licenças de construção e de Habite-se foi em 2003, com 6%. A Figura 2 compara as licenças de construção com o Habite-se.

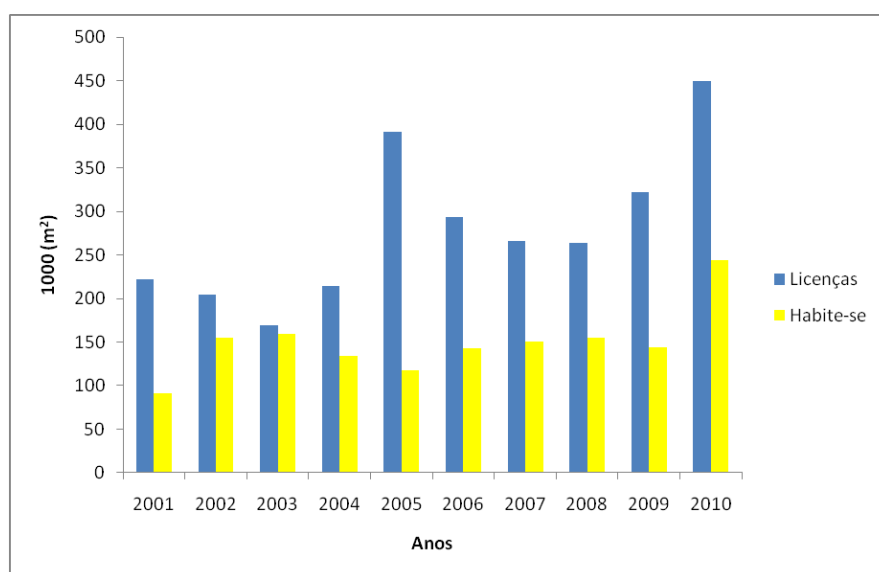


Figura 2 - Comparativo das Licenças para Construção e Habite-se no período de 2001 a 2010, em Criciúma, SC.

Tabela 3 - Movimentação de Cargas das Empresas Coletoras de Entulho.

| Itens  | Beneton | Cascão | Tele Entulho | Entulhão | Caçambão | Total |
|--|---------|--------|--------------|----------|----------|-------|
| Total de caçambas                            | 50      | 50     | 50           | 75       | 70       |       |
| Volume (m <sup>3</sup> )                     | 5       | 5      | 5            | 5        | 5        |       |
| Nº de caçambas dia                           | 7       | 7      | 7            | 10       | 10       |       |
| Nº de caçambas mês <sup>(1)</sup>            | 160     | 160    | 160          | 240      | 140      |       |
| Volume diário estimado (m <sup>3</sup> /dia) | 35      | 35     | 35           | 50       | 50       | 205   |
| Volume mensal estimado (m <sup>3</sup> /mês) | 800     | 800    | 800          | 1200     | 700      | 4300  |

<sup>(1)</sup> Número de caçambas considerando 24 dias do mês com meio período nos sábados

As diferenças encontradas podem ser atribuídas ao fato de que, por um lado as construções não foram efetivadas, ou por outro lado, as construções podem ter sido efetivadas, porém não foram registradas evitando os impostos associados ao Habite-se.

No período de 2001 a 2010 foi registrada no município uma área construída de 1.493.212,80 m<sup>2</sup>. A média da geração anual neste período foi de 22.398,19 toneladas e a geração diária foi de 93,33 toneladas.

### Resultados da Estimativa Direta de Geração dos RCC's

A estimativa direta da geração de resíduos da construção civil considerou a movimentação de cargas efetuadas por empresas responsáveis pelos serviços de coleta. Em Criciúma existem cinco empresas que atuam no município e outros municípios no entorno: Entulho e Transporte Ltda., da qual fazem parte as empresas Beneton, Cascão e Tele-Entulho, que possuem um escritório Virtual e cerca de 150 caçambas, no total; Entulhão e Caçambão.

Em função do movimento de carga realizado nas cinco empresas coletoras foi possível estimar a capacidade de remoção de resíduos de construção civil (Tabela

3). O valor de aluguel de uma caçamba varia entre R\$ 80,00 a R\$ 140,00 no prazo máximo de três dias estacionado.

De acordo com Pinto (1999), um (1) m<sup>3</sup> de resíduo da construção civil corresponde a 1,2 toneladas. Considerando os valores apresentados na Tabela 3, a capacidade de movimentação das empresas é de 246 t/dia e 5.160 t/mês. A estimativa de geração de RCC's pelo método indireto apontou o valor de 145,65 t/dia.

É importante observar que as caçambas muitas vezes apresentam resíduos de diferentes classes, como resíduos de Classe A misturados com Classe B, inclusive com os perigosos e domiciliares.

### Resultados do Pré-dimensionamento

Os equipamentos necessários ao funcionamento da URE possuem uma capacidade nominal de 25 t/h. Em virtude da capacidade de produção da usina foram escolhidos os equipamentos: Britador de impacto; Tremonha de alimentação; Transportador de correia, Peneira vibratória; transportador de correia; Sistema antipó; Bica de transferência; Peneira vibratória apoiada; Imã permanente. As máquinas e veículos necessários ao funcionamento da

URE foram escolhidos em função da capacidade da usina ser inferior a 30 t/h seguindo as orientações de Jadovski (2005).

Os valores apresentados na Tabela 4 foram obtidos mediante pesquisas de mercado para obtenção dos preços de aquisição e transporte dos equipamentos, (MAQBRI, 2011), cotação de equipamentos de proteção individual (PROTESHOP, 2011), estimativas orçamentárias (IPAT, 2011) e consulta a órgãos oficiais (CASAN;CELESC, 2011). Após obtenção destes valores foram calculados os percentuais conforme metodologia de Jadovski (2005) e Stolz (2008).

Os custos apresentados não contemplam a aquisição nem o aluguel do terreno que deveria possuir 7.250 m<sup>2</sup>, uma vez que nas simulações efetuadas por Jadovski (2005) essas opções se mostraram inviáveis. Para este projeto a compra da área acima representaria um acréscimo de 25,63% nos custos de implantação do empreendimento. Em caso de aluguel de um terreno o custo de R\$ 30.450,00 anuais seria somado ao custo de operação. Referente à compra de máquinas e veículos (retroescavadeira e caminhão basculante) ocorreria um acréscimo de 41% no custo de implantação e conseqüentemente

Tabela 4 - Custos de implantação, Operação e Manutenção

| Custos              | Item                                    | Valor (R\$)  |
|---------------------|---|--------------|
| Implantação         | Aquisição e Instalação dos Equipamentos | 558.555,00   |
|                     | Terraplanagem, Contêncões e Obras Civis | 82.569,00    |
|                     | Licenciamento Ambiental                 | 66.093,93    |
| Sub-Total (R\$)     |   | 707.217,93   |
| Operação            | Mão de Obra e Leis Sociais              | 133.675,08   |
|                     | Equipamentos de Proteção Individual     | 1.439,16     |
|                     | Aluguel de Máquinas e Veículos          | 309.129,60   |
|                     | Insumos                                 | 43.888,32    |
|                     | Despesas Administrativas                | 3.600,00     |
| Sub-Total (R\$/Ano) |   | 491.732,16   |
| Manutenção          | Manutenção dos Equipamentos             | 14.571,00    |
|                     | Sub-Total (R\$/Ano)                     | 14.571,00    |
| Total (R\$)         |   | 1.213.521,09 |

Obs: Dados de custo obtidos junto aos fornecedores de equipamentos

um acréscimo de 59,71% no custo da manutenção.

### Resultados da Análise de Viabilidade Econômica

A quantidade de agregado reciclado foi estimada em 80% da quantidade de resíduo recolhido, conforme metodologia de Marques Neto (2005) obteve-se valor de R\$ 3.252,94 toneladas/mês. Considerando o preço médio de R\$ 18,00 do agregado reciclado serão arrecadados R\$ 58.552,99 mensalmente com a venda do produto.

Para análise do investimento foi aplicada a Taxa Interna de Retorno (TIR) que deve ser superior a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) estipulada em 12% pelo Banco Central para o ano de 2011. Em caso de TIR inferior a TMA o projeto é inviável (SOUZA E CLEMENTE, 1997, apud JADOVSKI, 2005).

Foram efetuados cálculos para os períodos de retorno de 8, 10 e 15 anos, conforme Figura 3. A TMA utilizada foi de 12% a.a para o cálculo da TIR. Para a correção das despesas e custos foi utilizada a taxa básica da economia brasileira (Taxa Média Selic, 2011) de 12% a.a aplicada a partir do 2º ao 15ºano. Os cálculos foram efetuados no software Excel após inserção dos dados de entrada (custos de implantação, operação, manutenção

e receita bruta anual) conforme efetuado por Stolz (2008).

Observando a TIR para os períodos de 8, 10 e 15 anos, verifica-se que a TIR é maior que a TMA, portanto o empreendimento é rentável. Os cálculos efetuados para períodos inferiores a 8 anos apresentaram uma TIR inferior aos 12% da TMA, o que os torna não rentáveis, ou seja, em função do montante investido e da receita líquida anual, o investimento retornará a partir do oitavo ano. O

Pesquisas realizadas por Jadovski (2005), para um período 20 anos com a TMA de 12% apresentam uma variação na TIR de 12,4% a 29%, considerando as opções de compra e/ou aluguel do terreno e aluguel de máquinas e veículos. O período de retorno do investimento apresentado por Dal Pont (2008) considerando a opção aluguel e de compra de uma retroescavadeira foi de dois anos, porém a receita bruta foi obtida somando a receita da venda do

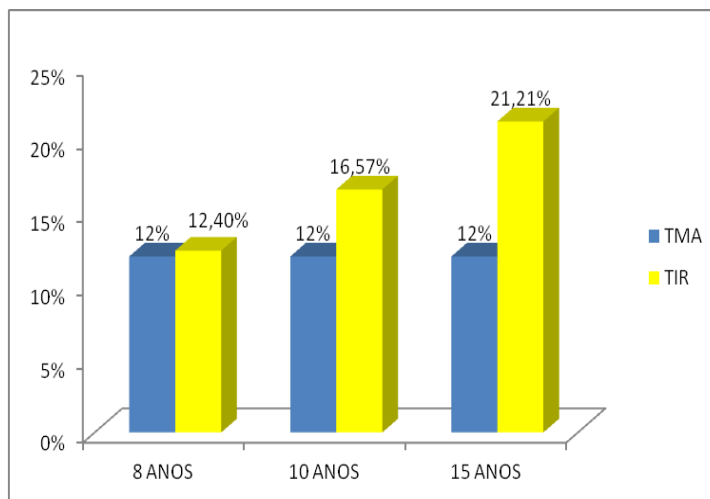


Figura 3: Comparativo da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e da Taxa Interna de Retorno (TIR)

período de retorno de 15 anos apresentou à maior TIR, conforme observado por Stolz (2008), que indica que com o aumento período de retorno, aumenta a taxa de desconto.

agregado reciclado e a arrecadação com a disposição do resíduo em aterro.

A análise de viabilidade no presente estudo considerou apenas a venda do agregado

reciclado. Assim, se fosse optado por cobrar pelo recebimento dos resíduos, haveria aumento na receita bruta, impostos e receita líquida. Por exemplo, se fosse cobrado apenas 50% do valor aplicado pela Santech empresa prestadora de serviços de Aterro Sanitário localizada em Içara - SC (R\$ 25,00/tonelada) para destinação dos resíduos haveria um aumento na arrecadação anual de R\$ 487.941,00.

## CONCLUSÃO

O estudo dos RCC's no município de Criciúma permitiu a compreensão da dinâmica e revelou a existência de inúmeras áreas de disposição irregular, conforme estudo apresentado por Picolo e Reus (2011), o que demonstra o não cumprimento da Resolução CONAMA 307/2002 e do Termo de Ajustamento de Condutas firmado em 2009 entre a Promotoria Pública de Defesa do Meio Ambiente, o Poder Público Local, o SINDUSCON e os prestadores de serviços de coleta de resíduos de construção civil.

Os serviços de coleta e transporte dos RCC's no município são realizados por empresas terceirizadas que depositam, geralmente, em áreas de bota fora, a maioria destas sem licenças ambientais. Este fato se deve a falta de fiscalização dos órgãos competentes, além dos altos custos com a disposição em aterro industrial.

Os resultados do volume de RCC's estimados pelo método indireto, no período de 10 anos, apontou a média de 145,65 t/dia em Criciúma, enquanto que o método direto foi 246 t/dia. Em função da estimativa de RCC's gerados em Criciúma, estimou-se uma produção de 3.252,94 t/mês ou 163 t/dia. Nesse estudo optou-se por dimensionar uma usina de triagem e reciclagem com capacidade de processar 25 t/h. É reconhecida que a reciclagem de RCC's é de grande

importância ao desenvolvimento regional, uma vez que contribui para a produção de agregado reciclado, conservação de reservas naturais de areia e brita e redução de áreas de bota fora irregulares.

O estudo de viabilidade realizado para a usina com capacidade de 25 t/h, utilizando o método da Taxa Interna de Retorno, indicou que o retorno do investimento ocorrerá a partir do oitavo ano, tornando-o mais rentável nos anos seguintes. De modo geral, as TIR's calculadas mostram-se viabilidade econômica desta usina nos três períodos de retorno analisados.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas/ ABNT NBR 15112 de 30 de Julho de 2004. Dispõe sobre Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Brasília, 30 de junho de 2004.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas/ ABNT NBR 15113 de 30 de Julho de 2004. Dispõe sobre Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Brasília, 30 de junho de 2004.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas/ ABNT NBR 15114 de 30 de Julho de 2004. Dispõe sobre Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Brasília, 30 de junho de 2004.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas / ABNT NBR 15115 de 30 de Julho de 2004. Dispõe sobre Resíduos sólidos da Construção civil - Agregados

reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Brasília, 30 de junho de 2004.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas / ABNT NBR 15116 de 30 de Julho de 2004. Dispõe sobre Resíduos sólidos da Construção civil - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Brasília, 30 de junho de 2004.

BRASIL. Lei nº 12305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2 de agosto de 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em 01/02/2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de Julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República**. Brasília/DF 17 de Julho de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 21 Fev. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 348 de 5 de Julho de 2002. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. **Diário Oficial da República**. Brasília/DF, 2004. Disponível em: [www.mma.gov.br/conama](http://www.mma.gov.br/conama). Acesso em: 02 Ago. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 431 de 24



de Julho de 2011. Altera o art. 3o da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.

**Diário Oficial da República**, Brasília 25 de julho de 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em 21/02/2011.

BRASIL. Decreto Nº 7.404, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 dez. de 2010. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm). Acesso em: 21 ago 2011.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília 03 ago. de 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 07 ago. de 2011.

BRITO, Paulo. **Análise e Viabilidade de Projetos de Investimento**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 100 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO - CBIC. **Dados do Setor de Construção Civil**. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/files/pesquisa/2009/paic2009.pdf> Acesso em 10/03/2011.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITCKE, B.H. **Análise de investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão e Estratégia Empresarial**. 9ª Edição. São Paulo: Editora Atlas, 458p. 2000.

DAL PONT, Cristiane Bardini. Caracterização dos Resíduos de Construção e Demolição Depositados em Aterro Industrial e Estudo da Viabilidade de Implantação e Operação de uma Usina de Beneficiamento. **Monografia de conclusão do curso em Engenharia Ambiental**. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2008. 82f.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa anual da indústria da construção**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/paic/2008/comentario.pdf> Acesso em 10/03/2011.

GUERRA, Jaqueline de Souza. **Gestão de resíduos da construção civil em obras de edificações**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Pernambuco. Recife, 2009. 105 f.

HAMASSAKI, Luiz Tsuguio. Processamento do lixo – Reciclagem de Entulho. In: D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES, 2000. Cap. 4, p. 179-189.

JADOVSKI, Iuri. **Diretrizes Técnicas e Econômicas para Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição**. 2005. 180 f. Tese (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.

JOHN, Wanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113 f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

KARPINSKI, Luisete Andreis. **Proposta de gestão de resíduos da construção civil para o município de**

**Passo Fundo-RS**. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

KARPINSKI, Luisete Andreis et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163 p.

MARQUES NETO, José da Costa. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil**. São Carlos: Rima, 2005. 162 p.

OLIVEIRA, Edielton Gonzaga, **Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição: Estudo de Caso da RESOLUÇÃO 307 DO CONAMA**. 2008. 114 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) UFG – GOIÁS.

PEREIRA, L. H. P, JALALI, S, AGUIAR, B. **Viabilidade Econômica de uma Central de Tratamento de Resíduos de Construção e Demolição**. 2004. 11p. Disponível em: [https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/2596/1/Beja\\_BA.pdf](https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/2596/1/Beja_BA.pdf). Acesso em: 02/03/2011.

PICOLO, Mario; RÉUS, Fernando. Cadastro de áreas de bota fora na AMREC, In: **Diagnóstico, gestão e utilização de agregados reciclados de construção e demolição (C&D) da Associação dos Municípios da Região Carbonífera - AMREC: uma visão científica e tecnológica do entulho como matérias-primas recicladas na inovação de materiais de construção**. Criciúma. 2011. (Projeto FAPESC no prelo).

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.189f.

PINTO, Felipe Godoy Costa. **Construção civil faz de Criciúma uma referência no setor em Santa**

Catarina. **Liderança empresarial.**  
CRICIÚMA/SC. N° 27. p 20. 2010.  
Disponível em:  
<[http://www.acicri.com.br/revista.php?conteudo\\_cod=2178](http://www.acicri.com.br/revista.php?conteudo_cod=2178)>. Acesso em 02 mar. 2011.

RODRIGUES, Thais Almeida.  
**Diagnóstico de resíduos de construção civil e demolição no município de Criciúma, SC.** Proposta para o plano integrado de gerenciamento. Monografia de conclusão de curso em Engenharia Ambiental. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2006. 162 f.

STOLZ, Carina Mariane. Viabilidade Econômica de Usinas de Reciclagem de RCD: Um Estudo de Caso para IJUÍ/RS. 2008. 99 f. **Monografia de conclusão do curso em Engenharia Civil.** Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Recebido em: fev/2012  
Aprovado em: mar/2014