

**ENTAC2006**

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PRODUZIDOS EM FLORIANÓPOLIS-SC

Monique Petry da Rosa (1); Norberto Hochheim (2)

(1) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
hochheim@ecv.ufsc.br

(2) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
moniquepetry@terra.com.br

RESUMO

A redução e a adequada destinação dos resíduos gerados pela indústria da construção civil são medidas urgentes e extremamente necessárias. Além das pressões ambientais, impostas pelos graves impactos ecológicos, sociais e econômicos produzidos por esses resíduos; existe também, no Brasil, a obrigação legal imposta pela Resolução número 307 do Conselho Nacional do Meio-Ambiente (CONAMA), que estabelece o adequado tratamento a ser dado aos resíduos da construção civil (RCC). Embora se recomende prioritariamente a redução e a reutilização dos RCC, a produção desses resíduos é uma realidade inevitável e que exige sério enfrentamento por parte de governos e geradores. Para tanto, é necessária, dentre outras medidas, a instalação de usina para reciclar os RCC produzidos em um ou mais municípios. O presente estudo analisa a viabilidade econômico-financeira e os benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem dos RCC gerados no município de Florianópolis. A avaliação econômico-financeira, conduzida com base no modelo proposto pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), envolve o delineamento do fluxo de caixa do empreendimento, seguido do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Tempo de Recuperação do Capital Descontado. A avaliação dos benefícios ambientais, por sua vez, utiliza como critérios a conservação de recursos naturais e a preservação de áreas de aterramento. A análise dos dados da pesquisa é apresentada de forma predominantemente quantitativa. Com base neste estudo é possível concluir que a reciclagem de resíduos da construção civil é viável sob os aspectos econômico-financeiro e ambiental.

Palavras-chave: resíduos da construção civil, reciclagem, análise de viabilidade

ABSTRACT

The reduction and the adequate destination of construction and demolition (C&D) debris are important and extremely necessary measures. In Brazil, in addition to the environmental pressures imposed by the serious ecological, social, and economical impacts produced by this kind of waste; there is the legal obligation entailed by the Resolution number 307 of the National Environment Board (CONAMA), which establishes the adequate treatment to be given to the C&D debris. Although it is recommend, preferably the reduction and the re-use of the C&D debris, the rubble generation is a fact that cannot be avoided and demands serious action by the government and those who produce them. For that, it is necessary, among other procedures, the implementation of a C&D debris recycling plant to process the rubble generated in every municipality or group of cities. This report analyses the economical and financial feasibility and the environmental benefits of the implementation of a C&D debris recycling unit in the city of Florianópolis. The economical and financial evaluation is founded on the conception of the project cash flow; followed by the calculation of the Net Present Value (NPV), the Internal Rate (IRR) and the Pay-back Period. The assessment of the environmental benefits utilizes two criteria: the conservation of the natural resources and the preservation of landfill area. From this study it is possible to conclude that the C&D debris recycling is feasible under economical and environmental aspects.

Key words: construction and demolition debris, recycling, feasibility analysis

1 INTRODUÇÃO

1.1 Resíduos da construção civil (RCC)

Resíduo da Construção Civil (RCC) é todo o entulho originado de obras de construção, reforma, manutenção e remoção de estruturas e infra-estruturas da construção civil; além do material resultante da preparação e da escavação de terrenos (CONAMA, 2002; EPA, 2002). A composição dos RCC é variável, estando condicionada às características da indústria construtiva e das matérias-primas empregadas em cada região (ZORDAN, 2005). De uma maneira geral, entretanto, pode-se afirmar que as cargas desses resíduos normalmente são compostas por tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, papéis, podas de vegetação e outros (CONAMA, 2002; EPA, 2002).

Calcula-se que o montante de RCC gerado na maioria das grandes cidades do mundo seja igual ou superior à massa de resíduos domiciliares. O grande volume desses materiais representa um sério problema para os municípios, especialmente para aqueles que não possuem preparo e estrutura para lidar com esse tipo de resíduo (JOHN, AGOPYAN, 2003). A inexistência de sistemas adequados de gestão de RCC frequentemente leva ao descarte clandestino desses resíduos na beira de estradas, em terrenos desocupados e nas margens de cursos d'água, a chamada disposição irregular. Essa prática resulta no surgimento de problemas sanitários, ambientais, sociais e econômicos, como proliferação de vetores nocivos à saúde, enchentes, interdição parcial de vias, desvalorização econômica de áreas, poluição visual, desconforto para do solo e das águas (GÜNTER *apud* KAMIKAWA et al, 2003; PINTO, 2001). Para remover RCC e outros resíduos acumulados inapropriadamente, o poder público assume gastos que podem variar entre 5,4 e 14,8 dólares por tonelada, dependendo do município e da técnica de recolhimento (PINTO *apud* JOHN e AGOPYAN, 2000). Quando dispostos em aterros de inertes, os RCC podem apresentar sérios riscos de acidentes e contaminação ambiental. Para reduzir esses riscos, os instrumentos de normalização dos aterros têm se tornado cada vez mais exigentes, o que, via de regra, determina a cobrança ou aumenta o valor das taxas de disposição (JOHN e AGOPYAN, 2000). moradores e contaminação

Para reduzir os problemas associados à produção e ao descarte de RCC na natureza, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) aprovou, no ano de 2002, a Resolução número 307: Gestão dos Resíduos da Construção Civil. Essa resolução estabelece medidas a ser adotadas por geradores de entulhos e governos municipais¹ a fim de que os impactos ambientais produzidos pelos RCC sejam reduzidos (CONAMA, 2002). Dentre essas medidas destacam-se a minimização, a reutilização e a reciclagem dos RCC por parte dos grandes geradores e, pelas Prefeituras municipais, a gestão das pequenas cargas de entulho e a regulamentação, a orientação, a fiscalização e o controle das ações dos geradores (CONAMA, 2002). O pleno cumprimento da Resolução do CONAMA pressupõe a elaboração de planos de gestão por Prefeituras e geradores, além da instalação de estruturas de recebimento, triagem, reciclagem de RCC e outras. Para desenvolver essa estrutura física e administrativa, gestores de RCC têm à sua disposição orientações técnicas, legais e respaldo financeiro fornecido pela Caixa Econômica Federal. As orientações estão agrupadas em um Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil, que expõe em termos práticos as disposições da Resolução número 307 do CONAMA e as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas que concernem aos RCC. Dentre as medidas e ações previstas na resolução do CONAMA para reduzir os impactos adversos produzidos pelos RCC, este artigo aborda a reciclagem desses resíduos.

¹ Neste artigo, a palavra “municípios”, quando relacionada aos municípios brasileiros, incluirá também o Distrito Federal

1.2 A reciclagem dos resíduos da construção civil

A reciclagem, assim como os métodos de redução e reutilização de resíduos, é uma das alternativas técnicas para o enfrentamento dos problemas gerados pelo descarte de lixo no meio-ambiente. Reciclar significa trazer de volta ao ciclo ou, em outras palavras, representa o processo de transformar resíduos em novos recursos (SHAW, 2005). Na indústria da construção civil, esse conceito se traduz na transformação de resíduos de concreto, asfalto, cerâmicas e outros tipos de RCC em materiais passíveis de utilização.

Em muitos casos, os RCC podem ser reciclados e empregados na própria obra que os originou. Ainda assim, acredita-se que a existência de usinas de reciclagem seja indispensável ao sucesso de qualquer projeto municipal de gestão desses resíduos. Essas usinas podem atuar como alternativa complementar para a destinação dos entulhos (nos casos em que os geradores possuem condições de separar, reciclar e/ou reaproveitar parte dos resíduos gerados na obra) ou como única opção disponível para o apropriado processamento dos RCC (BORGOYNE, 2005).

Tradicionalmente, os programas de reciclagem de RCC em usinas envolvem o beneficiamento da parcela mineral desses resíduos e seu posterior emprego como sub-base de pavimentos ou como agregados na produção de concreto não-estrutural (VÁZQUEZ, 2001). Em termos gerais, esse processo, quando realizado em centrais de reciclagem, envolve as seguintes etapas (NUNES, 2004): (a) seleção dos materiais recicláveis e retirada de contaminantes; (b) trituração por equipamentos apropriados (com possível classificação) e (c) encaminhamento dos agregados reciclados. Do ponto de vista técnico, as possibilidades de processamento dos RCC e a qualidade do material produzido variam conforme a composição do entulho. Esta é determinada pela origem dos resíduos e pelo tratamento que lhes foi dispensado no sentido de eliminar possíveis contaminantes (VÁZQUEZ, 2001; JOHN e AGOPYAN, 2000). Assim, o material reciclado pode receber desde as destinações mais simples, como o aterramento de áreas, até as mais complexas, como a produção de concreto estrutural (VÁZQUEZ, 2001).

Os benefícios da reciclagem dos RCC são amplos e se estendem pelos planos ambiental, econômico e social, atingindo a todos os agentes que de alguma maneira se relacionam com o setor construtivo: governos, geradores de resíduos, empreiteiros e sociedade de maneira geral. Esses benefícios incluem o aumento do período de vida útil dos aterros; o arrefecimento dos problemas de saneamento público e contaminação ambiental; a redução dos custos de limpeza urbana e gestão de aterros; e a redução dos impactos ambientais relacionados à exploração de jazidas naturais e ao processamento e transporte dos materiais de construção industrializados; dentre outros (ÂNGULO, 2001; JOHN, 2001; ZORDAN, 2005; EPA, 2002; CARNEIRO et al., 2001).

O manejo e a gestão adequados dos RCC, que necessariamente envolvem a reciclagem desses resíduos em usina específica, além de ser obrigatórios perante a legislação brasileira, também o são sob o aspecto ambiental. Não obstante, a maioria das municipalidades do país, como é o caso de Florianópolis, ainda não dispõe de quaisquer planos que incentivem a redução, orientem o manejo ou facilitem a adequada destinação RCC. Acredita-se que a implantação de uma usina para reciclar os RCC produzidos em Florianópolis seja parte indispensável de um plano de gestão que atenuar os problemas ambientais, sociais e econômicos causados pelas disposições inadequadas de RCC no município. Entretanto, a implantação dessa usina não pode ocorrer sem a prévia realização de um planejamento apropriado, com avaliação de sua viabilidade econômico-financeira e benefícios ambientais. Essa avaliação é o escopo deste artigo.

1.3 Objetivo

O objetivo deste artigo é verificar a viabilidade econômico-financeira e os benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem dos resíduos da construção civil produzidos no município de Florianópolis.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Procedimentos técnicos utilizados

Para atingir os objetivos propostos, o estudo valeu-se de pesquisa bibliográfica, documental e de análises de experiências de reciclagem de RCC realizadas em outras localidades. Os dados utilizados foram essencialmente secundários. As principais fontes pesquisadas foram livros, dissertações, publicações periódicas, material disponível em páginas da Internet, dados comerciais e fontes internas da Superintendência de Limpeza Urbana do município de Belo Horizonte.

Os dados que não se encontravam disponíveis à primeira-mão foram obtidos através de contato pessoal, telefônico ou por meio de correspondências eletrônicas trocadas com indivíduos aptos a fornecê-los.

2.2 Método de análise dos dados

Para realizar o estudo das experiências de reciclagem de RCC em outras localidades, elegeram-se o Programa de Correção das Disposições Clandestinas e Reciclagem de Entulho, da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte e o Parque Ecológico de Reutilização / Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição, gerenciado por uma empresa privada nos Estados Unidos. Além da análise das experiências citadas, este estudo levantou as características dos RCC produzidos em Florianópolis e avaliou o sistema de manejo e gestão desses resíduos no município. Tais informações foram extraídas do estudo de Xavier (2001): “Subsídios para tomada de decisão visando melhoria do gerenciamento do resíduo urbano em Florianópolis/SC: enfoque no resíduo da construção civil”. A pesquisa de Xavier, o estudo das experiências americana e de Belo Horizonte e o Manual de Manejo e Gestão dos Resíduos da Construção Civil, lançado pela Caixa Econômica Federal, foram os principais subsídios utilizados no delineamento da usina de reciclagem de RCC para o município de Florianópolis.

A análise de viabilidade econômico-financeira foi conduzida com base no modelo de análise engendrado pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO, 1987). A avaliação dos benefícios ambientais, por sua vez, utilizou como critérios a conservação de recursos naturais e a preservação de áreas de aterro.

A análise dos dados da pesquisa, excetuando-se a avaliação do potencial de conservação de recursos naturais, foi realizada de forma predominantemente quantitativa.

3 ANÁLISE DE EXPERIÊNCIAS DE RECICLAGEM REALIZADAS EM OUTRAS LOCALIDADES

Para que se pudessem obter dados e parâmetros para delineamento usina de reciclagem de RCC, optou-se pela análise de duas experiências bem-sucedidas de projetos nessa área. A primeira dessas experiências foi o Programa de Correção das Disposições Clandestinas e Reciclagem de Entulho, implantado e gerenciado pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (MG). Esse programa foi uma das primeiras iniciativas brasileiras voltadas ao manejo e à gestão adequados dos RCC. Suas eficiência e eficácia o levaram a uma posição de destaque no âmbito nacional e internacional, tendo recebido prêmios e sido apontado por revistas, programas de telejornalismo e publicações científicas como um modelo a ser seguido por Prefeituras de todo o país (PAULICIS apud CUNHA et al., 2004; TRIGUEIRO, 2004; ZORDAN, 1997). O segundo modelo analisado foi o Parque Ecológico de Reutilização / Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição, concebido e gerenciado por uma empresa privada nos Estados Unidos. Ambos os projetos foram avaliados de maneira holística, embora ênfase tenha sido dada à reciclagem dos RCC, objeto deste estudo.

3.1 Modelo de gestão dos resíduos da construção civil em Belo Horizonte, MG

O Programa de Correção das Disposições Clandestinas e Reciclagem de Entulho, que integra o Programa de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos do município de Belo Horizonte, é composto por duas usinas de reciclagem de RCC (Estoril e Pampulha) e 23 Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes de Entulho (URPVs) (SLU, 2005). Uma terceira usina encontra-se em fase de implantação e vem sendo estudado o local para a instalação da quarta unidade de processamento (SLU, 2005).

Também fazem parte do programa ações complementares de recuperação de áreas degradadas; apoio a transportadores de resíduos e orientação e fiscalização de agentes envolvidos.

3.1.1 Unidades de recebimento de pequenos volumes de entulho (URPVs)

As URPVs são centros de captação, classificação e direcionamento de RCC e outros resíduos volumosos (podas de vegetação, móveis, pneus, eletrodomésticos e outros). Nas 23 URPVs instaladas em Belo Horizonte, moradores ou transportadores cadastrados podem entregar cargas de até 2m³ por dia (o equivalente a 10 tambores de 200 litros). No ano de 2003, essas unidades receberam 38.531m³ de entulho, os quais foram entregues por diferentes tipos de transportadores.

O entulho entregue nas URPVs é classificado e armazenado em caçambas estacionárias específicas para cada categoria de material. Uma vez lotadas, as caçambas são recolhidas com caminhão poliguindaste e direcionadas para aterro sanitário ou uma das estações de reciclagem de RCC, dependendo das características do material (SLU, 2005).

3.1.2 Estações de reciclagem de RCC

As estações (usinas) de reciclagem de RCC são locais onde se realiza a triagem, a classificação, o processamento dos resíduos e a produção de agregados e artefatos. As usinas de Estoril e Pampulha receberam, em 2003, um volume de 127.679m³ de entulhos, perfazendo uma média de 385m³ diários². Na estação de Estoril, o volume de contaminantes removidos em 2003 foi de 2.521m³, ou seja, cerca de 6% do volume total recebido naquela instalação.

As instalações que integram o Programa de Correção das Disposições Clandestinas e Reciclagem de Entulho são estabelecidas em áreas públicas, sendo operadas pela Prefeitura Municipal. As usinas de Estoril e Pampulha são responsabilidade das Secretarias Regionais de Serviços Urbanos e a Estação que será instalada na BR-040 ficará a encargo da Secretaria Municipal de Limpeza Urbana (SLU, 2005).

3.1.3 Programas complementares

Além das estruturas de captação e manejo de RCC, o projeto de Belo Horizonte compreende três sub-programas: (1) o de Comunicação e Mobilização Social; (2) o Sub-Programa de Fiscalização e (3) o de Recuperação de Áreas Degradadas. Esses sub-programas ajudam a dar consistência e sustentabilidade ao sistema de manejo e gestão dos RCC no município.

3.1.4 Investimento para a implantação e despesas de operação do programa de reciclagem em Belo Horizonte

O investimento realizado na instalação da primeira usina de reciclagem de Belo Horizonte, em 1994, foi de R\$100.000,00 (valor não corrigido pela inflação). A segunda usina, implantada em 1996, custou R\$190.000,00 aos cofres municipais (SLU, 2005). Os custos totais de funcionamento do programa de Belo Horizonte, que incluem a reciclagem dos resíduos, a gestão e a operação dos sub-programas complementares, foram de R\$1.080.966,90 no ano de 2003 (SLU, 2005). Excluindo-se do total de gastos do programa os valores despendidos com a operação dos sub-programas complementares, os gastos relacionados com o funcionamento das usinas de reciclagem foi de R\$1.062.063,21 no ano de 2003.

Com a implantação do Programa de Correção das Disposições Clandestinas e Reciclagem de Entulho, o município de Belo Horizonte obteve benefícios expressivos. Num diagnóstico realizado no ano de 1993, quando o programa foi desenvolvido, foram constatadas 134 áreas de disposição clandestina no município, das quais eram coletados 425m³ de material a cada dia. Com a implantação do programa, os gastos incorridos no gerenciamento dos RCC caíram de 18 para 10 dólares por tonelada (ZORDAN, 1997). Além disso, o emprego de material reciclado nas obras municipais fez com que as despesas com a compra de matérias-primas fossem reduzidas. Segundo Marcílio Rezende, coordenador do Programa de Reciclagem de Resíduos, no ano de 2003 foram produzidas 116 mil toneladas de material

² Considerando-se 254 dias úteis no ano.

reciclado pelas usinas, o que representou uma economia de 870 mil reais (25%) na compra de materiais pela Prefeitura (TRIGUEIRO, 2004).

3.2 Modelo privado de gestão dos RCC na Califórnia, Estados Unidos

O Parque Ecológico de Reutilização / Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição, concebido pela empresa californiana Raisch Products, reúne empresas que processam diferentes tipos de RCC em um único local. Sob a gestão da Raisch Products, as empresas de reciclagem e reutilização alugam uma área do Parque e processam de forma independente seus materiais-alvo, cada qual valendo-se de conhecimentos, experiências e métodos próprios (RIDGLEY, 1998).

Dentre as empresas instaladas no Parque Ecológico, existem recicladoras de madeira, negócios de recuperação de materiais para reaproveitamento e outras. Todos os integrantes do Programa compartilham recursos e participam em conjunto do lançamento de propagandas. O projeto também dispõe de uma equipe de vendas e marketing, a qual trabalha ativamente com empreiteiros e agências governamentais em busca de novos usuários finais para seus produtos (RAISCH PRODUCTS, 2005; RIDGLEY, 1998).

Os resíduos reciclados ou recuperados pelas empresas do Programa Raisch são comercializados em uma seção de reuso dentro do próprio Parque. Essa seção consiste basicamente numa casa de suprimento de material de construção usado, onde empreiteiros locais podem adquirir matérias-primas a preço reduzido (BARIS et al, 2002; RAISCH PRODUCTS, 2005).

O objetivo primário da Raisch, através da gestão do Parque Ecológico, é evitar que pelo menos 60% dos RCC produzidos na comunidade onde ele está instalado sejam depositados em aterros de inertes (RIDGLEY, 1998). Para tanto, o Programa dispõe de um projeto educacional intensivo dirigido aos geradores de lixo, os quais são instruídos a reduzir os RCC na fonte (RAISCH PRODUCTS, 2005). Os resíduos que inevitavelmente são produzidos são encaminhados para o Parque Ecológico, cujas instalações são capazes de lidar com até 5.000 toneladas de material por dia (BERRY apud BARIS et al, 2002).

O Programa Raisch tem se mostrado vantajoso para os empreiteiros locais, o Governo Municipal e a comunidade. Para os empreiteiros, o programa oferece um único local para a destinação de praticamente todo o tipo de RCC e a aquisição de materiais a um preço reduzido, o que diminui as despesas com matérias-primas e transporte (RAISCH PRODUCTS, 2005). Para o Governo Municipal e os moradores, os benefícios do Parque vão além da redução de resíduos outrora depositados em aterros de inertes. O Programa Raisch provê uma série de serviços à comunidade, como treinamento e colocação profissional, reabilitação de jovens drogados e infratores, desenvolvimento de projetos educacionais e outros serviços que atendem a demandas da comunidade onde está inserido (RIDGLEY, 1998).

4 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DOS RCC PRODUZIDOS NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS

4.1 Caracterização da usina

O estudo retratado no presente artigo admitiu que o processo de reciclagem na usina de Florianópolis envolverá a classificação e a trituração dos RCC para a produção de agregados, não sendo projetada a produção de artefatos. A capacidade produtiva foi calculada em 278 toneladas diárias. Projetou-se o valor médio de comercialização dos agregados gerados na usina de Florianópolis em R\$12,00 por tonelada. Assim sendo, calculou-se que a receita bruta anual da empresa com a venda de agregados reciclados será de R\$1.017.026,88 anuais. Para atrair o envio de cargas de resíduos para a usina de reciclagem, não se considerou a cobrança de taxas de disposição.

O programa de produção considerou que a usina de reciclagem apenas atingirá seu potencial total no quarto ano de funcionamento. Nos três primeiros anos, considerou-se que a produção será de, respectivamente, 70%, 80% e 90% da capacidade da empresa.

4.2 Investimento inicial total

A totalidade dos valores despendidos com a instalação da usina de reciclagem de Florianópolis foi avaliada com base em valores estimados para a aquisição do terreno, a compra de móveis, utensílios e equipamentos e a execução de obras para a implantação da usina, conforme demonstra a tabela a seguir.

Tabela 1 – Investimento inicial total

<i>Item</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Terreno	373.244,46
Obras de engenharia civil	129.743,92
Móveis, utensílios e equipamentos	996.101,34
Pré-produção	23.743,23
Capital de Giro	113.522,94
<i>Total</i>	<i>1.636.355,89</i>

4.3 Financiamento da usina de reciclagem

A análise de viabilidade da usina de reciclagem delineada para o município de Florianópolis partiu do princípio de que o empreendimento possuirá caráter privado e obterá financiamento da Caixa Econômica Federal (CEF). A modalidade de financiamento considerada neste estudo é um programa destinado à concessão de recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) a projetos vinculados ao manejo de RCC.

Para empresas privadas, o financiamento da CEF limita-se a 75% do valor do investimento inicial. O pagamento das prestações é realizado com base no Sistema Francês de Amortização (Sistema PRICE).

Sendo o valor avaliado para o investimento inicial da usina de reciclagem de Florianópolis igual a R\$1.499.089,72 (excluídos os custos de pré-produção e o capital de giro), assumiu-se a realização de um empréstimo de R\$1.124.317,29 (75% do valor do investimento). O prazo de carência considerado na análise foi de 6 meses e o período para o pagamento do empréstimo, de 120 meses (10 anos).

Somadas, as taxas incidentes sobre o financiamento são de 12% ao ano. A taxa efetiva mensal é 1% ao mês. Por não ter sido aplicada nas demais etapas do estudo de viabilidade, a correção monetária foi desconsiderada do cálculo do financiamento. Conjeturou-se que o valor das prestações mensais será de R\$17.123,05.

4.4 Despesas fixas e variáveis

O cálculo das despesas totais da usina de Florianópolis, que resultou em R\$454.091,75 por ano, levou em consideração gastos com recursos humanos, outras despesas fixas (serviços de vigilância, etc.) e despesas variáveis (material de consumo, telefone e fornecimento de água e energia elétrica), como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2 - Total de despesas anuais

<i>Item</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Recursos humanos	163.133,90
Outras despesas fixas	141.575,38
Despesas variáveis	149.382,47
<i>Total</i>	<i>454.091,75</i>

4.5 Avaliação econômico-financeira

A avaliação econômico-financeira foi realizada com base em um fluxo de caixa delineado para um período de 15 anos. Considerou-se que, após esse período, o valor residual da usina de reciclagem será de R\$ R\$629.053,67.

A determinação da taxa de desconto utilizada no cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) levou em consideração a taxa de juros Selic acumulada no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005 (19,06%), descontada a inflação do mesmo período (aproximadamente 1,22% pelo índice IGP-M) e a alíquota do Imposto de Renda (15%). Assim sendo, a taxa líquida após o Imposto de Renda foi de aproximadamente 15%. A essa taxa, somou-se uma taxa de risco de 5%, obtendo-se uma taxa de desconto igual a 20% ao ano.

A avaliação econômico-financeira foi realizada através do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Tempo de Recuperação do Capital Descontado. No fluxo de caixa **sem financiamento**, o VPL foi de R\$108.232,86. Isso significa que o investimento é financeiramente viável para uma taxa de desconto de 20% ao ano. A Taxa Interna de Retorno, de 21%, reafirma a viabilidade do investimento. O Prazo de Recuperação do Capital Descontado foi de 13 anos. O fluxo de caixa **com financiamento** mostrou-se igualmente viável nos três métodos de análise. O VPL foi de R\$371.095,29, a TIR, de 30% e o Tempo de Recuperação do Capital Descontado, de 8 anos. Embora ambas as alternativas (sem e com financiamento) tenham se revelado viáveis, a segunda opção mostrou-se mais vantajosa sob o ponto de vista do investidor privado.

A análise de sensibilidade, que considerou o fluxo de caixa com financiamento, previu a ocorrência de dois cenários pessimistas: (a) uma redução de 5% no uso da capacidade produtiva e (b) um aumento de 10% no total de despesas fixas e variáveis. No primeiro caso, o VPL foi reduzido para R\$209.758,58 e a TIR, para 25%. O Tempo de Recuperação do Capital Descontado foi estendido para 11 anos. No segundo cenário pessimista, o VPL foi de R\$138.187,06, a TIR, 23% e o Tempo de Recuperação do Capital Descontado, de 13 anos. Em ambas as situações, o investimento manteve-se viável sob o ponto de vista financeiro.

Avaliando-se a variação do VPL em função da alteração da taxa de desconto, constatou-se que, num intervalo de 15% a 22%, o fluxo de caixa **sem financiamento** manteve-se viável para taxas de até 21%. O fluxo de caixa **com financiamento**, de outro lado, conservou-se viável em todo o intervalo.

5 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS GERADOS PELA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA PARA RECICLAR OS RCC PRODUZIDOS EM FLORIANÓPOLIS

Dada a inexistência, no município de Florianópolis, de programas de manejo e gestão de RCC nos moldes do previsto pela Resolução número 307 do CONAMA, avalia-se que os principais benefícios trazidos pela implantação de uma usina de reciclagem nesse município resumir-se-iam à preservação de áreas de aterramento e à conservação de recursos naturais.

5.1 Preservação de áreas de aterramento

Como foi apresentado anteriormente, estimou-se que a usina de reciclagem dos RCC gerados em Florianópolis terá capacidade de processar 70.612,00 toneladas de resíduos por ano. Considerando-se o programa de produção da empresa (para o qual foi projetada a utilização de 70% da capacidade da usina em seu primeiro ano de funcionamento, 80% no segundo, 90% no terceiro e 100% nos demais períodos), calculou-se que, após os 15 anos de vida útil do empreendimento, terão sido processados 977.704,57m³ de RCC. Posto de outra maneira, durante seu período de vida útil, a usina de reciclagem delineada neste estudo poderá evitar a disposição de 977.704,57m³ de entulhos da construção civil em aterros ou locais impróprios do município de Florianópolis e regiões vizinhas.

Xavier (2001) apontou que o único aterro de inertes do município de Florianópolis, localizado no Bairro Saco Grande, possui área de 48.000m² e capacidade para receber até 279.000m³ de material. A partir do confronto desses valores com a quantidade estimada de resíduos processados na usina delineada, constatou-se que, durante os 15 anos de sua operação, a empresa poderá preservar 168.207,24m² de área que, de outra maneira, precisaria servir à disposição de entulhos. A título de comparação, o espaço preservado representa cerca de 61% do somatório da área das 73 praças públicas localizadas no município de Florianópolis. Essa área é suficiente para a construção de pouco

mais de 25 praças públicas com 6.665m² (equivalente à área da Praça XV de Novembro, localizada no centro de Florianópolis)³.

5.2 Conservação de recursos naturais

Dada a possibilidade de utilizar agregados reciclados em substituição a agregados naturais oriundos de jazidas em diferentes obras de construção civil (como execução de sub-base e base na pavimentação de vias, construção de drenos e camadas drenantes, produção de blocos, etc.), considerou-se que a operação da usina de reciclagem de Florianópolis pode reduzir uma parcela significativa dos impactos ambientais adversos produzidos pela prática da extração mineral.

Em geral, a mineração produz grande quantidade de poluição e resíduos, provoca a alteração das condições do solo, das águas e da vegetação; gera conflitos com moradores de áreas circunvizinhas e produz outros impactos ambientais adversos (UNEP, 2003, EPA, 2002; FARIAS, 2002).

Tendo em vista os efeitos ambientais negativos inerentes à atividade de mineração para a geração de agregados naturais, considerou-se que o beneficiamento de RCC para a produção de agregados reciclados pode contribuir para a redução do uso excessivo do solo, da extração de recursos naturais finitos, da poluição atmosférica e do desmatamento.

6 CONCLUSÕES

A cada vez mais expressiva quantidade de resíduos da construção civil produzida em áreas urbanas e a inadequação de seu descarte e/ou aproveitamento, criam uma equação perversa com resultados extremamente impactantes nas esferas ambiental, social e econômica. Para o enfrentamento dessa situação têm surgido pressões para que a indústria da construção civil altere práticas culturalmente estabelecidas. No Brasil, tais pressões são exercidas essencialmente através de normas técnicas e atos governamentais, dentre os quais se destaca a Resolução número 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): Gestão dos Resíduos da Construção Civil.

Para que as diretrizes preventivas e mitigadoras previstas nessa Resolução sejam atendidas, é indispensável, dentre outras medidas, a instalação de usina para reciclar os RCC produzidos em um ou mais municípios. Este estudo se propôs a verificar a viabilidade econômico-financeira e os benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem dos RCC gerados no município de Florianópolis. Com base neste estudo é possível concluir que a reciclagem de resíduos da construção civil é viável sob os aspectos econômico-financeiro e ambiental.

7 REFERÊNCIAS

BARIS, Mackenzie et al. **Industrial Symbiosis in New Haven Harbor**: English Station West 2001. Yale F&ES Bulletin. New Haven, n 106, p. 413 . 438, fev. 2002. Disponível em <http://www.yale.edu/environment/publications/bulletin/106pdfs/106english_station_west.pdf> Acesso em 4 maio 2005

CONAMA . CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Resolução n. 307**, de 05 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>> Acesso em 10 out. 2004.

EPA . United States Environmental Protection Agency. Building for the future. **Waste Wise Update**. Washington, n.16, fev. 2002. Disponível em <<http://www.epa.gov/epaoswer/nonhw/reduce/wstewise/pubs/wwupda16.pdf>> Acesso em 6 mar. de 2005.

FARIAS, Carlos E.G. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2002.

³ Com base em dados disponibilizados pela FLORAN e o Gabinete de Planejamento da Prefeitura Municipal de Florianópolis (PMF, 2005)

JOHN, Vanderley M.; AGOPYAN, Vahan. **Reciclagem de resíduos da construção**. In: Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos, 2000, São Paulo, SP. Disponível em <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho/fatos%20e%20números.htm>> Acesso em 9 nov. 2003

JOHN, Vanderley M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. In: CARNEIRO, A.P.; BRUM, I. A. S; Cassa, J. C. S. (org.). Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA, Caixa Econômica Federal, 2001.

KAMIKAWA, Miriam Yoshie et al. **Potencial de reciclagem dos resíduos de construção e demolição**. In: Encontro Tecnológico de Engenharia Civil e Arquitetura, 4º, 2003, Maringá, PR. Anais... Maringá: UEM, 2003. (cd-room).

NUNES, Kátia Regina Alves. **Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2004. 275 p.

PINTO, Tarcísio de P. **Gestão dos resíduos de construção e demolição em áreas urbanas: da ineficácia a um modelo de gestão sustentável**. In: CARNEIRO, A.P.; BRUM, I. A. S; Cassa, J. C. S. (org.). Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA, Caixa Econômica Federal, 2001.

PMF . Prefeitura Municipal de Florianópolis. **Perfil de Florianópolis**. Disponível em <<http://www.pmf.sc.gov.br/index.php?link=perfil>> Acesso em 31 out. 2005.

RAISCH PRODUCTS. **Raisch Products Construction and Demolition Reuse / Recycling Ecological Park: zero waste. is it a reality or just a dream?** Disponível em <<http://www.raischproducts.com/NewsStand3.htm>> Acesso em 4 mai. 2005.

RIDGLEY, Heidi. Riding the C&D wave in California. **Waste Age**, Estados Unidos, v. 6, n. 29, p. 108 . 115, jun. 1998.

SLU . Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte. **O manejo e a reciclagem de entulho em Belo Horizonte** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <mrezende@pbh.gov.br> em 21 nov. 2005.

SLU . Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte. **Programa de reciclagem de entulho: perguntas frequentes** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <mrezende@pbh.gov.br> em 21 nov. 2005.

TRIGUEIRO, André (diretor). **Cidades e soluções 1**. Brasil, documentário, 20 min., cor, 2004.

UNEP . UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Sustainable building and construction: facts and figures**. UNEP Industry and Environment , Japão, v. 26, n. 2-3, p. 5-8, set. 2003. Disponível em <<http://www.uneptie.org/media/review/vol26no2-3/005-098.pdf>> Acesso em 05 set. 2004.

UNIDO - Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial. **Manual de preparação de estudos de viabilidade industrial**. São Paulo: Atlas, 1987. 286p.

VÁZQUEZ, Enric. **Introdução**. In: CARNEIRO, A.P.; BRUM, I. A. S; Cassa, J. C. S. (org.). Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA, Caixa Econômica Federal, 2001.

XAVIER, Luciana Lopes. **Subsídios para tomada de decisão visando melhoria do gerenciamento do resíduo urbano em Florianópolis/SC: enfoque no resíduo da construção civil**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis. 156p.

ZORDAN, Sérgio E. **A utilização do entulho como agregado, na produção do concreto**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) . FEC, Departamento de Hidráulica e Saneamento, UNICAMP, Campinas. 140p.

ZORDAN, Sérgio E. **Entulho da indústria da construção civil.** Disponível em <[www.reciclagem.pcc.usp. br/entulho_ind_ccivil.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/entulho_ind_ccivil.htm)> Acesso em 25 fev. 2005.