

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM ITAJUBÁ-MG¹

THALES DANIEL DOS SANTOS FONSECA², LEOPOLDO UBERTO RIBEIRO JUNIOR³

¹ Apresentado no XII Seminário de Meio Ambiente e Energias Renováveis

² Engenheiro Civil pelo Centro Universitário de Itajubá- FEPI.

E-mail: Fonseca.thales@yahoo.com

³ Pesquisador do Núcleo de Pesquisa Integrada (NUPI) do Centro Universitário de Itajubá- FEPI.

E-mail: leopoldo_junior@yahoo.com.br

RESUMO

Os resíduos sólidos da construção civil impactam de forma negativa no meio ambiente pelo grande montante gerado, apesar de sua reciclagem ser possível, por isso este trabalho buscará demonstrar que a implantação de uma usina de reciclagem destes resíduos é viável economicamente. Para demonstrar o interesse econômico positivo gerado foram utilizados os métodos do payback, do valor presente líquido e da taxa interna de retorno. O empreendimento demonstrou valores positivos para a viabilidade, como o payback menor que 3 anos. A análise indicou uma taxa interna de retorno de 31,45%, consideravelmente maior que a taxa de atratividade mínima, assim como um valor presente líquido positivo, embasando a viabilidade do empreendimento. Conclui-se que o empreendimento é viável e gera um retorno considerável para o investidor, demonstrando que o investimento traz benefícios ambientais e financeiros.

Palavras-chave: Análise econômica, Sustentabilidade na construção, RCC.

TECHNICAL AND ECONOMICAL FEASIBILITY ANALYSIS OF THE DEPLOYMENT OF A CIVIL CONSTRUCTION SOLID WASTE RECYCLING PLANT IN ITAJUBÁ-MG

ABSTRACT

The civil construction solid waste creates great impacts on the environment because of the great volume generated, despite its recycling being possible, therefore this work wants to show the economic feasibility of this type of waste. To accomplish the analysis was used the payback method, the net present value method and the internal rate of return to evaluate the positive return of the investment. The investment project showed up as a viable, since the payback method appointed the return of the investment would occur in less than 3 years. This works concludes that the investment results in a positive and profitable return to the businessman.

Keywords: Economic analysis, Sustainability in civil construction, RCC.

INTRODUÇÃO

A construção civil impacta em cerca de 40 % da economia mundial e apresenta impacto ambiental proporcional, gerando grande volume de resíduos sólidos e alto consumo de matéria prima (ALMEIDA et al, 2015).

De acordo com Kawatoko e Silva (2015), os Resíduos Sólidos da Construção Civil - RCC, representam 65% do montante total de resíduos da cidade de campinas-SP, gerando 3000 ton/dia.

O agregado reciclado de RCC apresenta resultados satisfatórios e similares aos agregados naturais comumente utilizados em reforço de solo na execução de camadas de pavimentação (SILVEIRA e BORGES, 2015).

De acordo com Pinto (1999) a geração estimada de resíduos, para algumas cidades do país, varia de 0,23 a 0,76 toneladas por habitante, com valor médio de 0,51 ton/ hab/ano. Esta taxa de geração possibilita traçar um paralelo com a cidade de Itajubá, estimando de uma forma rápida e direta a geração de RCC de acordo com dados de população, encontrado como 96.020 habitantes, em 2015, resultando em 48970,20 ton/ano do resíduo.

A Política nacional de resíduos sólidos, instituída pela lei 12.305 de Brasil (2010) institui que os municípios brasileiros criem planos municipais de gestão de resíduo sólido para

que haja o acesso das prefeituras aos recursos da União, contendo, neste plano, funções além da reciclagem, a coleta seletiva, recuperação, tratamento e destinação final dos resíduos. Estimula também a preferencia por materiais reciclados, pelas prefeituras, a fim de diminuir impacto ambiental aliado à diminuição dos custos, priorizando também no destino dos resíduos sólidos à reciclagem em relação à disposição.

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade da implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil, com o intuito de mostrar a reciclagem como alternativa interessante para empreendedores, por meio do cálculo do tempo de retorno do investimento, do valor presente líquido gerado e da taxa interna de retorno, gerando atratividade em relação ao capital investido e o lucro fornecido. Este estudo é justificado pelo impacto evidente causado pela disposição dos resíduos da construção civil no meio ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Itajubá foi escolhido para o estudo. No município há um aterro para resíduos domésticos, enquanto que a destinação do RCC é de responsabilidade das empresas de coleta.

Caracterização dos resíduos

Para determinar a composição dos resíduos gerados no município foram escolhidas 3 caçambas localizadas em bairros aleatórios de Itajubá e coletadas 5 amostras de 18 litros de cada caçamba (TESSARO, SÁ, SCREMIN, 2012). O único critério para a coleta foi de que a caçamba estivesse em local de acesso liberado. Este método possibilita identificar a composição padrão do RCC do município.

As amostras de cada caçamba foram homogeneizadas, dando origem a uma amostra de 90 litros. As três amostras foram então submetidas ao processo de quarteamento, consistindo na separação em 4 partes e a escolha de duas partes cruzadas para serem submetidas a classificação, processo identificado na figura 1.



Figura 01- Amostra representativa- Representative sample

A classificação foi realizada por catação, consistiu na pesagem da amostra total e na separação em concreto e argamassa, cerâmica, solo e em outros materiais (madeira, metal, plástico e papel), como na figura 2.



Figura 02- classificação dos materiais- Materials classification

Estimativa de geração de resíduos

Foram identificadas 8 empresas de coleta de RCC na cidade, sendo que 2 apresentam aterro particular, enquanto que as demais descartam o material no aterro de uma empresa particular com o aterro licenciado.

Para realizar o levantamento da quantidade de RCC gerada no município foi realizado questionário padrão e visita às empresas coletoras do resíduo. O questionário indagou a cerca do volume das caçambas utilizadas, da quantidade média de caçambas coletadas diariamente e da destinação final do resíduo.

Análise econômica

Para o cálculo da análise econômica foi necessário estimar a quantidade de resíduos produzida no município, considerando que todo o resíduo produzido será beneficiado e vendido e terá um aumento de geração de 6% ao ano (TELÓ et al, 2011).

O beneficiamento dos resíduos necessita seguir uma classificação de acordo com seu material de origem e sua granulometria final, para que se enquadre nos padrões de brita, pedrisco, areia e bica corrida, sendo então utilizados os coeficientes de produção da usina escolhida, demonstrados no quadro 01.

Quadro 01- Coeficientes de produção da usina- Plant's coefficients of production

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3
Concreto	Areia	30%
	Pedrisco	25%
	Brita 1	15%
	Rachão	30%
Cerâmica	Bica corrida	100%

O valor de venda dos agregados reciclados foi definido pelo valor médio definido em pesquisa de mercado junto as usinas recicladoras próximas ao município e comparados com o preço médio de venda dos agregados naturais do município, observados no quadro 02.

Quadro 02- Comparação dos custos dos agregados naturais e reciclados- Natural and recycled aggregates costs comparison

Tipo	Custo médio do agregado natural (R\$)	Custo médio do agregado reciclado (R\$)
Areia	113,33	34,00
Pedrisco	170,00	41,67
Brita 1	178,33	40,00
Rachão	160,00	35,67

A análise econômica foi realizada de acordo com Santos e Pompeu (2014), por meio dos métodos de payback, valor presente líquido(VPL) e taxa interna de retorno(TIR), comparada com a taxa mínima de atratividade(TMA) de 8.47%, correspondente à inflação do ano de 2015.

Para a análise foi considerado os custos de implantação e os custo de operação, definidos no quadro 03, em conjunto com a entrada de caixa da usina, discutida nos resultados.

Quadro 03- Custos variáveis e fixos- Variable and fixed costs

Gastos operacionais por mês	Gastos de implantação fixos
Energia elétrica	Terreno
Água	Obras civis
Manutenção da usina	Limpeza e terraplanagem
Mão de obra	Retroescavadeira
Combustível retroescavadeira	Equipamentos da usina
Manutenção retroescavadeira	-

O custo de aquisição do terreno foi definido com pesquisa de mercado de acordo com a área definida e com o bairro desejado para o empreendimento.

Definição de instalações e equipamentos

O tipo de usina escolhido foi a fixa, por apresentar maior eficiência e maior qualidade dos agregados, de acordo com Sobral (2012), da marca maqbrit, modelo FA3/2, pois consegue suprir a reciclagem futura de RCC, demonstrada nos resultados da estimativa de geração.

Para o transporte de material foi definido o uso de retroescavadeira. Foram definidos os insumos para funcionamento da usina, com base no catalogo do fabricante e dispostos no quadro 04 (MAQBRIT, 2016).

Quadro 04- insumos para o funcionamento usina- Inputs for the plant's operation

Água(m ³ /d)	4,4
Energia(Kw/h)	39
Funcionários(H)	7
Manunção usina (% a.a)	10%

O local necessário para instalação foi definido com área de 1.000 m², localizado no bairro distrito industrial, devido as limitações da prefeitura municipal em relação a implantação de empreendimentos de alto impacto, limitados a esta região.

Para a infraestrutura da usina foram considerados: área de transbordo e triagem, área da instalação da usina, escritório e guarita com 30 m², delimitação do terreno por muros, área de manobra de veículos, áreas de estocagem de resíduos e de materiais beneficiados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos resíduos

A partir da classificação dos materiais foi possível definir a porcentagem de cada componente na amostra representativa e definido a média dos mesmos. A figura 03 mostra esses valores de porcentagem em cada componente, de forma gráfica.

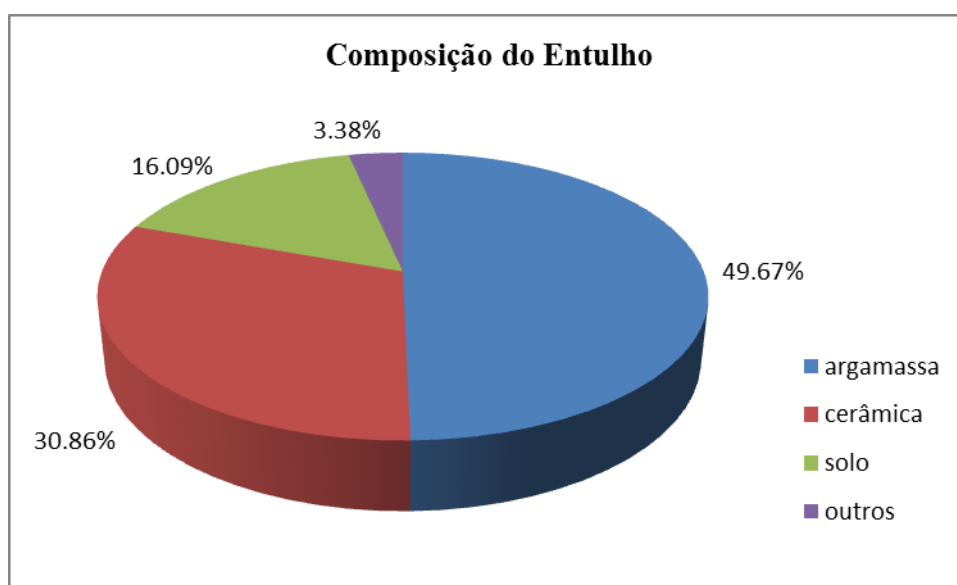


Figura 03- Gráfico de composição do RCC- RCC's chart of composition

Foi possível perceber que o RCC possui grande composição de produtos à base de cimento, como argamassa e concreto, seguido por materiais cerâmicos, como telhas, tijolos e azulejos. O solo foi composto por materiais muito finos para determinação da origem e sua separação.

Repara-se que plásticos, madeiras, papéis e metais estiveram presentes no resíduo, porem em quantidades reduzidas comparando com os demais componentes, justificando o agrupamento na categoria outros.

Estimativa de geração de resíduos

Com a aplicação do questionário às empresas coletoras de RCC foi possível perceber o uso de caçambas de 5 m³ por todas. Os valores informados de coleta por cada empresa são definidos no quadro 05.

Quadro 05 – volume de coleta de resíduos- Amount of collected waste

Empresa	Volume coletado (m ³ / dia)
Empresa A	25
Empresa B	30
Empresa C	20
Empresa D	35
Empresa E	-
Empresa F	10
Empresa G	30
Total	150

A empresa F não soube informar o valor de coleta das caçambas. A estimativa de geração por meio da visita as empresas é conferida no quadro 06.

Quadro 06- Volume estimado de geração de resíduos- Estimated volume of waste production

Geração diaria (m ³)	150
Geração annual (m ³)	54000
Massa especifica (kg/m ³)	1200
Geração diaria (kg)	180000
Geração anual (kg)	64800000
Geração diaria (ton)	180
Geração anual (ton)	64800
Geração por habitante (ton/ano)	0.67

Vale salientar que a análise foi realizada com base no ano de 2016 apenas, apesar de uma série histórica confiável ser preferida para análise, porém nota-se também que o

município e as empresas coletoras não realizam controle eficaz dos dados de geração e coleta de RCC.

Análise econômica

Para o cálculo da análise econômica foram levantados os custos fixos, referentes à implantação da usina, dispostos no quadro 07, em conjunto com os custos variáveis, operacionais.

Quadro 07- Custos de implantação da usina (R\$) – Plant's deployment costs

Tipo	Quantidade	Custo unitário(R\$)	Custo total(R\$)
Terreno (m ²)	10000	200	2000000
Obras civis(m ³)	89.91	670.36	60272.07
Terraplanagem(m ³)	3000	6.2	18600
Retroescavadeira(Un)	1	190000	190000
Usina(Un)	1	563000	563000
		Total	2831872

Os custos variáveis, referentes à operação da usina são observados no quadro 08.

Quadro 08- Custos operacionais anuais da usina (R\$)- Plant's operational yearly costs

Tipo	Consumo anual	Valor unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Consumo de água(m ³)	1161.60	9.42	10941.11
Geração de esgoto (m ³)	929.28	4.71	4376.91
Energia (Kw)	82368.00	0.82	67932.82
Colaboradores (R\$)	169092.24	-	169092.24
Manutenção retroescavadeira (R\$)	56300.00	-	56300.00
Manunteção usina (R\$)	19000.00	-	19000.00
Combustível retroescavadeira (l)	16896.00	3.08	51983.36
		Total	379626.44

Observa-se que o custo unitário do terreno utilizou o valor médio do m² do bairro distrito industrial. O custo unitário de execução das obras civis foi definido com base no preço do CUB/m² de R\$ 670,36 por m² considerando o padrão de construção de um galpão industrial. O preço da retroescavadeira e dos equipamentos que compõem a usina foram definidos em contato com os fabricantes CASE e MAQBRIT (2016), respectivamente. O preço da terraplanagem foi definido conforme a tabela SINAPI- Sistema Nacional de Pesquisa

de Custos e Índices da Construção Civil- de agosto de 2016, utilizando o valor médio de corte e aterro compensados, de R\$ 6,20 por m². O fluxo de caixa é indicado no quadro 09.

Quadro 09- Análise do fluxo de caixa do empreendimento- Investment's cash flow analysis

Ano	Investimento	Custo operacional	Receita	Fluxo de caixa	Payback
0	R\$ 2,831,872.07			-R\$ 2,831,872.07	R\$ 2,831,872.07
1		379626.44	1574679	R\$ 1,195,052.89	R\$ 1,636,819.18
2		379626.44	1669160	R\$ 1,289,533.65	R\$ 347,285.52
3		379626.44	1769310	R\$ 1,389,683.26	-R\$ 1,042,397.73
4		379626.44	1875468	R\$ 1,495,841.84	-R\$ 2,538,239.57
5		379626.44	1987996	R\$ 1,608,369.93	-R\$ 4,146,609.50

De posse dos dados econômicos foi possível realizar o cálculo da atratividade pelos métodos propostos, com os resultados indicados no quadro 10.

Quadro 10- Análise econômica por diferentes métodos- Different approaches to the economic analysis

Payback(anos)	2.37
TIR(%)	31.45%
TMA(%)	8.47%
VPL(R\$)	1,881,100.43

Nota-se que a atratividade se mostrou positiva pelos métodos, assim como o tempo de retorno foi identificado como relativamente curto, com payback menor que 3 anos. O investimento se mostrou de forma positiva e com retorno considerável.

CONCLUSÕES

De acordo com a análise econômica foi possível perceber que a implantação da usina é viável economicamente, já que apresenta um tempo de retorno (payback) menor que 3 anos.

Apresentou uma taxa interna de retorno expressivamente superior à taxa mínima de atratividade, indicando também a atratividade do empreendimento.

O valor presente líquido gerado pela análise demonstra uma atratividade positiva e afirma, junto aos demais indicadores a viabilidade do investimento.

Conclui-se que apesar da implantação de uma usina de reciclagem de RCC representar um alto custo de implantação e de operação, ela apresenta um alto retorno dos investimentos, além de beneficiar o descarte apropriado de resíduos.

A viabilidade do empreendimento indica que a adoção da reciclagem na indústria é interessante e aplicável. A implantação de novas usinas deste tipo geraria uma diminuição dos impactos ambientais gerados pelo setor, assim como uma inovação na construção civil.

Este estudo demonstrou que a implantação de usina de reciclagem de RCC pode gerar interesse, não apenas aos interessados em preservação ambiental, mas também aos empreendedores preocupados com o lucro do investimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. R. P. et al. Identificação e análise dos impactos ambientais gerados na indústria da construção civil. Informativo Técnico do Semiárido, Pombal, v. 9, n. 1, p. 39-46, 2015.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 3 ag. 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/112305.htm >. Acesso em 27 Mar. 2016.

KAWATOKO, I. E. S; SILVA, C. H. M. Propostas de conscientização ambiental para o descarte irregular de resíduos de construção civil no município de Campinas. Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET), Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 595-602, 2015.

MAQBRI. Usina de reciclagem de entulho, mai, 2016. Disponível em: < http://www.maqbri.com.br/usina_reciclagem_entulho3.html >. Acesso em: 22 mai. 2016.

PINTO, T. D. P. Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 189 f. tese (Doutorado em engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SANTOS, F. R; POMPEU, R. B. Logística reversa de resíduos da construção civil: uma análise de viabilidade econômica. Revista Tecnológica da Fatec Americana, Americana, v. 2, n. 1, p. 105-120, 2014.

SILVEIRA, L. R; BORGES, R. A. Uso de Materiais Alternativos para Melhoria de Solo na Pavimentação de Vias. E&S Engineering and Science, [s.l.] v. 5, n. 1, p. 73-82, 2015.

SOBRAL, R. F. C Viabilidade econômica de Usina de Reciclagem de resíduos da construção civil: estudo de caso da USIBEN, 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

TELÓ, A. R et al. Estudo de viabilidade econômico-financeira de implantação de uma empresa de processamento de resíduos da Construção Civil em Curitiba. Revista da FAE, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 148-163, 2011.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, [S.P.], 2012.