

Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

FÁBIO JOSÉ ESGUÍCERO

**ANÁLISE ECONÔMICA E AMBIENTAL NA IMPLANTAÇÃO DE UMA
USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO – ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE
LENÇÓIS PAULISTA**

Bauru (SP)

2010

FÁBIO JOSÉ ESGUÍCERO

**ANÁLISE ECONÔMICA E AMBIENTAL NA IMPLANTAÇÃO DE UMA
USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO – ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE
LENÇÓIS PAULISTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Jair Wagner de Souza Manfrinato

Bauru (SP)

2010

DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO

UNESP - BAURU

Esguícero, Fábio José.

Análise econômica e ambiental na implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição - Estudo de caso no Município de Lençóis Paulista / Fábio José Esguícero, 2010.

128 f.

Orientador: Jair Wagner de Souza Manfrinato

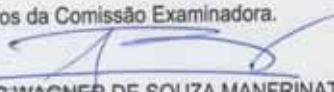
Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Produção, Bauru, 2010.

1. Reciclagem. 2. Análise econômica e ambiental. 3. RCD. 4. Construção civil. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Produção. II. Título.

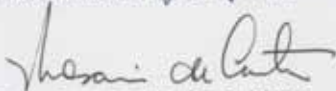


ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE FÁBIO JOSÉ ESGUÍCERO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 05 dias do mês de julho do ano de 2010, às 09:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-graduação da FEB, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JAIR WAGNER DE SOUZA MANFRINATO do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. ALCIDES LOPES LEAO do(a) Departamento de Recursos Naturais / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu, Profa. Dra. ROSANI DE CASTRO do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de FÁBIO JOSÉ ESGUÍCERO, intitulado "ANÁLISE ECONÔMICA E AMBIENTAL NA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. JAIR WAGNER DE SOUZA MANFRINATO


Prof. Dr. ALCIDES LOPES LEAO


Profa. Dra. ROSANI DE CASTRO

DEDICATÓRIA

*À minha adorável esposa Elaine pelo apoio
incondicional desde o início desta caminhada e
principalmente pela compreensão
e companhia nos momentos mais difíceis.*

*À minha querida mãe por ensinar a importância
dos valores que dignificam a vida do homem.*

AGRADECIMENTOS

À DEUS pela vida maravilhosa e feliz que me proporciona.

Ao Professor e orientador Dr. Jair Wagner de Souza Manfrinato, pelos ensinamentos e apoio desde o início desta caminhada.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia da UNESP.

Aos amigos e alunos do Mestrado pela amizade proporcionada.

Aos amigos e Funcionários da Prefeitura Municipal de Lençóis Paulista e principalmente ao Diretor Antônio da Silveira Correa pelo apoio.

Ao amigo e companheiro de trabalho da Prefeitura, amigo e parceiro de Mestrado, além de colega na docência na Faculdade, o Prezado Benedito Luis Martins (o Dito) pelos conselhos e colaboração desde o início até a conclusão do mestrado.

Aos antigos Professores do curso de Economia da Instituição Toledo de Ensino (ITE) os senhores Prof. Dr. Sérgio Augusto Lunardelli Furchi e Prof. Dr. Ângelo Catanêo pelo incentivo e por despertar o interesse pela pesquisa científica desde os primeiros anos da graduação.

RESUMO

O setor de construção civil é gerador de elevados volumes de resíduos em toda sua cadeia produtiva. A geração de resíduos inicia-se na extração dos recursos naturais passando pelo processo produtivo até o descarte dos rejeitos durante o ciclo de vida de seus produtos, ocasionando uma série de problemas ambientais para a sociedade e os municípios. Em função do problema exposto, este trabalho apresenta um estudo de caso no Município de Lençóis Paulista através de um projeto de investimento público na instalação de uma usina de reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (RCD), com o objetivo de resolver a problemática da disposição final destes resíduos. Foram determinadas as estimativas da geração do RCD, bem como a caracterização dos mesmos a fim de verificar o potencial para reciclagem. Posteriormente, foram identificados os recursos e equipamentos necessários à instalação da usina para em seguida obter os resultados sobre a viabilidade econômica e ambiental do projeto. Verificou-se que o projeto é viável, pois análise econômica identificou o Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 545.286,81 e a Taxa Interna de Retorno de 15,02%, superior à Taxa Mínima de Atratividade (TMA). O prazo de recuperação do investimento é obtido após o sétimo ano no caso do payback simples e após o décimo primeiro ano no caso do payback descontado. Os benefícios ambientais possibilitam ao Município uma forma ambientalmente correta na disposição final dos resíduos de construção, evitando a geração de problemas de saúde pública com o descarte final dos RCD, e permitindo a reutilização dos agregados reciclados utilizados nas obras de construção civil da Prefeitura.

Palavras chave: Reciclagem; Análise econômica e Ambiental; RCD; Construção civil.

ABSTRACT

The civil construction sector generates residue throughout its production chain, whether in the extraction of natural resources, in the production process or even in the disposal of waste during the life cycle of its products, causing social and environmental problems for cities. As a result of this problem, this work presents a case study in the Lençóis Paulista city through a project of public investment in setting up a recycling plant for the Construction and Demolition Residue (CDR), in order to solve the problem of disposal of these wastes. Were determined estimates of the generation of the CDR and the characterization of these to verify the potential for recycling. Subsequently, were identified the resources and equipment needed to install the plant to then get the results on the economic and environmental viability of the project. The project was determined to be feasible, since economic analysis identified the Net Present Value (NPV) of R\$ 545,286.81 and the Internal Rate of Return of 15.02%, higher than the Minimum Rate of Attractiveness (MRA). The period of investment recovery is obtained after the seventh year in the case of simple payback and after the eleventh year for the discounted payback. The environmental benefits enable the municipality in an environmentally correct disposal of construction waste, avoiding the generation of public health problems with the final disposal of CDR through the reuse of recycled aggregates used in construction work in City Hall.

Key Words: Recycling; Economic and environmental feasibility; CDR, civil construction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Atividade dos 5 estágios de ACV	25
Figura 2: Comparativo do crescimento real do PIB brasileiro x crescimento do PIB da construção civil no período 1998 a 2008	33
Figura 3: Nível de formalidade e informalidade das empresas e empregos estabelecidos no setor da construção civil no ano 2003	35
Figura 4: Evolução histórica da participação da indústria cimenteira na geração Nacional de CO ₂	37
Figura 5: Fluxograma do processo de reciclagem de RCD	51
Figura 6: Pátio de recepção de entulho.....	52
Figura 7: Recepção de entulho – São Carlos	52
Figura 8: Pátio de recepção de entulho da Usina de Reciclagem de Rio Preto	52
Figura 9: Alimentador vibratório abastecido por máquina pá carregadeira	53
Figura 10: Grelha para peneiramento de solos em alimentador.....	53
Figura 11: Britador de mandíbulas.....	54
Figura 12: Britador de impacto	54
Figura 13: Separador magnético usina de reciclagem de São José do Rio Preto	56
Figura 14: Transporte de RCD triturado para depósito de brita corrida	56
Figura 15: Malha para peneiramento e definição granulométrica	57
Figura 16: Peneira vibratória e depósito de agregados reciclados	57
Figura 17: Areia e pedra brita 1 reciclados.....	59
Figura 18: Pedra brita 1 e brita corrida.....	59
Figura 19: Blocos produzidos com resíduos de demolição e modelo de residência ..	60
Figura 20: Tubos para galeria de águas pluviais, lajotas sextavadas e postes	60
Figura 21: Guias, meio fio e bancos	61
Figura 22: Produção de piso intertravado com utilização de agregado reciclado.....	61

Figura 23: Produção de piso ornamental com utilização de agregado reciclado.....	61
Figura 24: Construção de base de pavimento com a utilização de RCD reciclado....	63
Figura 25: Asfalto aplicado sobre base preparada com RCD reciclado	63
Figura 26: Fluxo de caixa	67
Figura 27: Localização do Município de Lençóis Paulista (SP)	76
Figura 28: Composição média mensal dos resíduos sólidos domiciliares	78
Figura 29: Coleta seletiva e transporte de materiais recicláveis.....	78
Figura 30: Lotes de RCD utilizados para retirada de amostras	81
Figura 31: Amostras de RCD coletadas para análise.....	82
Figura 32: Separação e pesagem das amostras de RCD	83
Figura 33: Composição média diária do RCD (m ³)	90
Figura 34: Volume mensal estimado da geração de RCD (m ³)	91
Figura 35: Nova composição mensal da geração de RCD (m ³)	92
Figura 36: Comparativo da composição percentual de RCD no Município	92
Figura 37: Comparativo da geração média diária de RCD classe A e RSD.....	94
Figura 38: Comparativo do volume de RCD classe A	97
Figura 39: Composição diária de RCD disponível para reciclagem.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Impactos ambientais da extração de minérios para produção de agregados	38
Quadro 2: Impactos ambientais na atividade de extração de areia em curso d'água	39
Quadro 3: Classificação do RCD estabelecida pela Resolução 307/02 CONAMA	49
Quadro 4: Características dos principais britadores utilizados em usinas de reciclagem.....	55
Quadro 5: Produção de agregados reciclados	58
Quadro 6: Benefícios ambientais gerados com a reciclagem de RCD	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Participação da construção civil na Formação Bruta do Capital Fixo brasileiro (FBCF) no período 2002 a 2008 (Valor em milhões de reais)	34
Tabela 2: Taxa de geração de resíduo sólido domiciliar municipal em função do número de habitantes.....	40
Tabela 3: Estimativas (volume em toneladas ao dia) da geração de RCD de alguns Municípios brasileiros, conforme metodologia proposta por Pinto (1999)	42
Tabela 4: Estimativas Internacionais do Volume de RCD	43
Tabela 5: Gerenciamento de RCD em Países Europeus	46
Tabela 6: Estimativas de retorno do investimento do equipamento X:.....	74
Tabela 7: Principais Indicadores do Município de Lençóis Paulista.....	76
Tabela 8: Levantamento do número de caçambas depositadas (30 dias).....	89
Tabela 9: Volume de RCD desmembrado	91
Tabela 10: Classificação das amostras de RCD de acordo com grupo de resíduo ...	95
Tabela 11: Comparativo da taxa de geração de RCD em t/habitante/ano e demais municípios	99
Tabela 12: Variáveis: investimento inicial, economias e custos	100
Tabela 13: Resultados da análise econômica	102
Tabela 14: Resultados da análise de sensibilidade	104
Tabela 15: Cálculo da variância e desvio padrão do projeto.....	106

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Problema de Pesquisa	16
1.2 Hipóteses	16
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 Justificativa	17
1.5 Estrutura da Dissertação	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Exploração Ambiental	20
2.1.1 Economia e Meio Ambiente	21
2.1.2 Recursos Naturais e Ambientais	22
2.1.3 Economia dos Recursos Naturais	22
2.1.4 Desenvolvimento Sustentável	23
2.2 Resíduos Sólidos Urbanos	26
2.2.1 Classificação dos Resíduos Sólidos.....	26
2.2.2 Resíduos Sólidos Urbanos	28
2.2.3 Reciclagem de Resíduos	29
2.3 Importância Econômica da Construção Civil	31
2.3.1 Impactos da Cadeia Produtiva da Construção Civil no Meio Ambiente	35
2.3.2 Extração de Pedra	37
2.3.3 Extração de Areia.....	38
2.3.4 Impactos Ambientais na Disposição Final dos Resíduos da Construção Civil	39
2.4 Estimativas da Geração de RCD	40
2.5 Reciclagem dos RCD	44
2.5.1 Histórico	44
2.5.2 Panorama Internacional da Reciclagem de RCD	45
2.5.3 Experiência Brasileira na Reciclagem dos RCD	48
2.5.4 Classificação dos RCD.....	48
2.5.5 Unidades de Reciclagem de RCD	50
2.5.5.1 Recepção do Entulho	51

2.5.5.2 Alimentador Vibratório	53
2.5.5.3 Britagem.....	54
2.5.5.4 Separação Magnética de Ferrosos.....	55
2.5.5.5 Peneiramento e Definição de Granulometria	56
2.6 Utilização de Agregado Reciclado na Construção Civil.....	57
2.6.1 Agregado Reciclado	58
2.6.2 Blocos de Concreto para Vedação	59
2.6.3 Artefatos de Cimento.....	60
2.6.4 Argamassa	62
2.6.5 Pavimentação	62
2.6.6 Normatização Técnica na Utilização de Agregados Reciclados	63
3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA E FINANCEIRA.....	66
3.1 Fluxo de Caixa	66
3.2 Prazo de Recuperação do Capital Investido	67
3.3 Valor Presente Líquido (VPL)	69
3.4 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	71
3.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)	71
3.6 Análise de Sensibilidade	72
3.7 Análise de Risco do Projeto	73
4 METODOLOGIA	75
4.1 Metodo de Pesquisa.....	75
4.2 Caracterização da Unidade de Estudo.....	75
4.3 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município.....	77
4.4 Coleta de Dados	79
4.4.1 Estimativas da Geração de RCD no Município.....	79
4.4.2 Classificação dos RCD Através das Amostras	81
4.4.3 Análise dos Indicadores Econômicos	83
4.4.3.1 Investimento Inicial.....	84
4.4.3.2 Economias Geradas pelo Projeto	86
4.4.3.3 Custos Envolvidos no Projeto.....	86
4.4.4 Análise dos Benefícios Ambientais.....	87
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
5.1 Estimativa da Geração de RCD no Município.....	89

5.2 Classificação dos RCD por Amostras	95
5.3 Análise Econômica do Projeto	100
5.3.1 Investimento Inicial.....	101
5.3.2 Economias Geradas pela Reciclagem de RCD	101
5.3.3 Custos de Produção.....	101
5.3.3.1 Análise da Viabilidade Econômica.....	102
5.3.3.2 Payback Simples e Payback Descontado	103
5.3.3.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)	103
5.3.3.4 Valor Presente Líquido (VPL).....	103
5.3.3.5 Análise de Sensibilidade Econômica	104
5.3.3.6 Análise de Risco Econômico do Projeto.....	105
5.4 Análise dos Benefícios Ambientais	106
5.4.1 Reciclagem e Reutilização dos RCD	107
5.4.2 Correta Disposição Final dos RCD	109
6 CONCLUSÕES.....	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXOS.....	121

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é geradora de elevados volumes de resíduos sólidos em toda sua cadeia produtiva. O setor é responsável pela extração de recursos naturais não renováveis, gerando grande consumo de energia desde a exploração de jazidas até o transporte dos materiais.

A geração de resíduos continua com o desperdício na execução dos empreendimentos seja particular, de interesse comercial ou público, gerando problemas quanto à correta disposição desses resíduos.

Em função do setor da construção civil exercer grande influência na atividade econômica nacional, configura-se um problema de gestão ambiental e econômica para a sociedade e os municípios, com poucas alternativas práticas (geralmente em grandes metrópoles) e carente de estudos técnicos científicos nas localidades de médio e pequeno porte no Brasil. Assim, faz-se necessário encontrar soluções que minimizem tal problema gerando um equilíbrio ambiental e econômico apropriado.

O desenvolvimento da prática de reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) apresenta-se como alternativa de minimização do problema quanto ao pós-consumo dos materiais empregados na construção civil.

Apesar do número restrito de usinas de reciclagem de RCD no País, o Brasil possui normas técnicas que atestam a utilização dos resíduos reciclados, transformando-os em agregado (areia, pedra e pedrisco), podendo estes retornar a cadeia produtiva da indústria da construção civil, na forma de pavimentos, blocos e artefatos de concreto gerando benefícios econômicos e ambientais para a sociedade.

Desta forma, este trabalho teve por objetivo realizar a análise econômica e ambiental de uma usina de reciclagem de RCD a ser instalada pelo poder público municipal da cidade de Lençóis Paulista localizada na Região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, subsidiando a forma de solução da problemática da disposição final destes resíduos.

Inicialmente foi realizada a estimativa da geração de RCD no Município e posteriormente, foram pesquisados os recursos físicos, financeiros e operacionais

necessários para instalação dessa usina de reciclagem dando ênfase também às variáveis ambientais.

Com a referida estimativa, foi possível analisar os ganhos econômicos e ambientais que um investimento desta natureza poderá proporcionar ao Município, com destaque para a preocupação com a correta disposição dos RCD e à necessidade da preservação dos recursos naturais promovendo o desenvolvimento sustentável.

1.1 Problema de Pesquisa

É viável sob o ponto de vista econômico e ambiental a instalação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição a ser realizada pelo poder público Municipal na cidade de Lençóis Paulista com o intuito de resolver a questão da disposição final destes resíduos?

1.2 Hipóteses

Os elevados volumes de resíduos da construção e demolição gerados no município e a demanda pelo material reciclado agregam benefícios que economicamente viabilizam a implantação da Usina.

Mesmo que os resultados da análise não apresentem resultados economicamente viáveis, os benefícios ambientais gerados com a reciclagem dos resíduos da construção e demolição tornam viável a instalação da usina.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar os benefícios econômicos e ambientais da Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição a ser instalada pelo poder público Municipal da cidade de Lençóis Paulista localizada na Região Centro-Oeste do Estado de São Paulo.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para se alcançar o objetivo geral, a pesquisa se desenvolveu através dos seguintes objetivos específicos:

- a) Obter a estimativa da geração dos RCD do Município para posterior dimensionamento da unidade de reciclagem;
- b) Classificar os resíduos por amostras de acordo com a classificação do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA);
- c) Analisar os indicadores econômicos descritos no projeto para determinação dos benefícios financeiros;
- d) Avaliar de forma qualitativa os benefícios ambientais com a instalação da usina para o Município de Lençóis Paulista.

1.4 Justificativa

Quando monitorado pelo poder público, observa-se freqüentemente, que o RCD é destinado a aterros especiais sem apresentação de técnicas e investimentos que viabilizem a reciclagem dos mesmos, impedindo assim que eles retornem a cadeia produtiva. Sem monitoramento, estes resíduos são depositados em locais clandestinos gerando problemas de saúde pública, além da poluição ambiental, enchentes e assoreamento de rios e córregos.

A apresentação de um projeto de instalação de uma Usina de Reciclagem de RCD proporciona aos municípios uma opção para minimização dos problemas ambientais gerados pelos RCD e para sua correta disposição final, corroborando com a resolução 307/02 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que proíbe a disposição dos RCD em aterros sanitários.

Além disso, a Resolução CONAMA 307/02 visa destinar o maior volume possível de resíduos à reciclagem e reutilização a fim de propor uma solução sustentável e ambientalmente correta para o problema.

Concomitante a esta solução, o poder público se beneficia economicamente na aquisição de matéria prima para suas obras, com a compra de agregados: areia e brita (pedra), que podem ser utilizados com qualidade comparável aos agregados naturais.

O entulho reciclado pode ser reaproveitado na construção de obras públicas e na fabricação de artefatos de concreto que poderão ser utilizados em obras como construções de escolas, praças, jardins e casas populares, gerando economia de recursos públicos.

Tendo em vista a necessidade de adequação a resolução 307/02 do CONAMA, este trabalho tem como campo de pesquisa o Município de Lençóis Paulista localizado na Região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, onde o poder público Municipal pretende instalar uma usina de reciclagem de RCD que está inserido no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PGIRSU) já existente no Município.

Assim sendo, buscou-se analisar os benefícios econômicos e ambientais na reciclagem de RCD no Município, sendo que esta análise servirá de auxílio teórico e científico para o poder público Municipal solicitar recursos financeiros para construção da usina de reciclagem junto aos órgãos na esfera Estadual e Federal, como Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Caixa Econômica Federal e outros órgãos de financiamento.

A pesquisa propicia também conhecimento para fins de avaliação de projetos econômico-ambientais, por parte do setor público podendo servir de parâmetro para outros Municípios de pequeno porte.

1.5 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação foi dividida em seis capítulos sendo apresentados da seguinte forma:

O primeiro capítulo trata da introdução sobre o trabalho, além de apresentar a delimitação sobre o tema, o problema de pesquisa, a hipótese, os objetivos e a justificativa.

O segundo capítulo faz uma revisão bibliográfica procurando apresentar os principais conceitos e temas correlacionados com o tema resíduos da construção civil dando ênfase aos seguintes tópicos:

- a) Recursos naturais e exploração ambiental;
- b) Importância econômica da construção civil e seus impactos no meio ambiente;
- c) Resíduos sólidos urbanos;
- d) Geração, classificação e reciclagem de RCD;
- e) Revisão dos métodos de avaliação econômica.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia e as técnicas de pesquisa utilizadas na dissertação.

O quarto capítulo apresenta os resultados e discussões com o levantamento estatístico da geração de RCD no Município de Lençóis Paulista e principalmente a análise econômica e ambiental do projeto de instalação da usina de reciclagem.

O quinto capítulo trata das conclusões finais atendendo aos objetivos propostos no trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo elenca os temas relacionados à questão dos resíduos de construção e demolição através de uma revisão bibliográfica que se inicia com a exploração dos recursos naturais até a geração de resíduos urbanos com destaque para a problemática dos resíduos da construção civil e a necessidade de seu correto gerenciamento.

A revisão bibliográfica aborda também as experiências em nível nacional e internacionais referentes à reciclagem e reutilização dos RCD, desde o processo produtivo até a produção de materiais que utilizam matéria prima proveniente do resíduo reciclado.

2.1 Exploração Ambiental

Durante grande parte da história, a atividade humana de produção caracterizou-se pela infinita exploração dos recursos naturais e ambientais sem a devida preocupação com seu esgotamento ou escassez. Tal exploração está associada ao modelo de produção linear em que os bens são concebidos, projetados, construídos, utilizados e após sua vida útil, são acumulados no meio ambiente, no ar, água e grandes lixões através dos resíduos industriais (CURWELL, 1998).

Esta lógica de exploração dos recursos naturais e ambientais é válida tanto para os bens duráveis e não duráveis, desenvolvendo-se no sentido de que os recursos naturais disponíveis são infinitos e que a natureza é capaz de absorver todo resíduo gerado pelo processo de produção (LIDDLE, 1994).

De acordo com Kohler (2003) dentre os fatores que mais exercem influência nas questões ambientais, destacam-se o crescimento populacional, o uso não controlado e indiscriminado dos recursos naturais, as desordenadas migrações populacionais, a simplificação dos ecossistemas e conseqüentemente a perda da biodiversidade.

Para Philippi Jr. et al. (2004), o ser humano é um ser citadino e sua característica mais marcante do modo de vida do homem moderno é a sua concentração em grandes cidades e destas irradiando idéias, filosofias, práticas e modismos para núcleos populacionais menores. Este desenvolvimento gera demanda por insumos cada vez maiores gerando impactos no meio ambiente, seja

na extração de recursos naturais, ou no descarte final dos produtos e serviços consumidos.

Para Kamogawa (2003), os bens naturais e ambientais fornecem ao homem os recursos para prover suas necessidades e o seu desenvolvimento configurando assim um relacionamento positivo. Essa relação passa a ser negativa quanto às externalidades e pressões provocadas por esta relação de exploração sendo traduzida em degradação e exploração do meio ambiente. O autor destaca também que tais externalidades e pressões são exercidas tanto de forma individualmente quanto coletivamente, sendo agravada com o crescimento populacional.

2.1.1 Economia e Meio Ambiente

A raiz do estudo da economia como ciência é a questão da escassez e riqueza. De forma mais aprofundada, a economia é utilizada como forma de gerir a questão ilimitada dos desejos e necessidades humanas em conflito com a oferta de recursos disponíveis que são escassos para atender esta ilimitada demanda (ROSSETTI, 2003).

Em função da problemática da demanda ilimitada por recursos ambientais utilizados como forma de suprir a necessidade humana, a economia ambiental surgiu como ramificação da ciência econômica para estudar a relação entre produção e os recursos naturais. Desta forma, as ferramentas e o referencial teórico da economia são utilizados para obter a maximização da demanda com o mínimo de recursos possíveis (MOURA, 2006).

Para Calderoni (2004), a economia ambiental focaliza a questão da escassez (ou riqueza) dos recursos ambientais. Considera que ao longo do tempo o homem ignorou o fato de que os recursos ambientais eram escassos, sendo que o ar, água, os rios e oceanos, o solo e o subsolo, os minérios, as espécies vegetais e animais, os ecossistemas, a estratosfera eram chamados pelos economistas de bens livres. Destaca ainda que a partir do momento que a humanidade passa a perceber que os recursos ambientais são insuficientes para suprir de forma infinita, e por futuras gerações a sua demanda, e que essa necessidade de exploração pode colocar em risco a própria sobrevivência do homem na terra, nesse momento, o meio ambiente passa a fazer parte dos estudos da economia com destaque para o capital natural.

Os economistas classificam como “capital natural” os recursos ambientais e naturais da terra, ou seja, os bens ambientais. Na atividade econômica são utilizados recursos naturais em grande escala como minérios, petróleo, madeira, água, pesca, etc (MOURA, 2006).

2.1.2 Recursos Naturais e Ambientais

A definição de recurso pode ser estabelecida como algo que é útil e possui valor na condição em que se encontra na natureza (antes de passar por um processo de produção). Os recursos são por conceito escassos, sendo que no meio ambiente podem ser encontrados dois tipos de recursos: os recursos naturais e ambientais.

Os recursos naturais são aqueles que possuem valor e tem utilidade na forma em que se encontram na natureza, sendo necessário passar por um processo de produção, como captação, extração e transformação junto com outros fatores de produção como terra, trabalho e capital (RANDALL, 1987 apud KAMOGAWA, 2003).

Recursos ambientais são conhecidos por sua utilidade na forma que são encontrados na natureza, gerando utilidade para o homem sem passar por processo de produção, não sendo consumíveis, apenas utilizáveis, como exemplo um parque ecológico (RANDALL, 1987 apud KAMOGAWA, 2003).

2.1.3 Economia dos Recursos Naturais

Para Amazonas (2001), a economia de recursos naturais foi elaborada para tratar dos aspectos da extração e exaustão dos recursos naturais ao longo do tempo. O autor destaca ainda que, se um estoque de recursos naturais pode ser extraído hoje ou preservado para extração futura, a questão da utilização dos mesmos fica resumida a um problema de alocação intertemporal de sua extração a ser determinada com base na maximização dos ganhos obtidos com a extração do recurso ao longo do tempo, determinando-se assim, o nível ótimo ou a taxa ótima de extração.

Para Ribeiro (1998) quando o processo produtivo extrai da natureza recursos renováveis ou não, e quando são consumidos ou devolvidos de forma deteriorada no meio ambiente, afetam negativamente o patrimônio natural, via redução de água potável, qualidade do ar, diminuição de terras habitáveis ou

cultiváveis, restringindo desta forma, a condição de vida das gerações futuras e até mesmos da presente, tendo como agravante a extinção total dos recursos disponíveis.

De acordo com Romeiro (2004) apud Machion (2006), os mecanismos fundamentais que garantem a ampliação indefinida dos limites ambientais ao crescimento econômico são principalmente os de mercado (insumos materiais e energéticos). Para os recursos ambientais transacionados no mercado, a escassez crescente de determinado recurso redundaria no aumento de seu preço, o que, por sua vez, induziria à introdução de inovações que permitissem poupá-lo através de sua substituição por outro recurso mais abundante.

A escassez dos recursos é agravada pelo modelo de produção e consumo predominantes nas sociedades industrializadas, caracterizadas pela irracionalidade quanto ao conceito de desenvolvimento sustentável, com grande rapidez na troca de matéria e energia, com uso ilimitado de recursos naturais e conseqüentemente agravando a questão ambiental (BARREIRA, 2005).

2.1.4 Desenvolvimento Sustentável

Na antiguidade, os sistemas econômicos e o processo de produção não afetavam de forma significativa o meio ambiente. Com a explosão demográfica e o advento do desenvolvimento tecnológico, oriundo da revolução industrial fomentados pelo aumento do consumo, a atividade econômica passou a influenciar de forma direta os ecossistemas provocando as alterações ambientais.

Frente a esta questão, a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, organismo ligado às Nações Unidas, nos anos 1980, criou o conceito de “desenvolvimento sustentável” através do relatório denominado de “Nosso Futuro Comum”. No entanto, este trabalho que difundiu esta vertente do desenvolvimento é evolutivo de uma série de trabalhos internacionais anteriores como a Conferência de Estocolmo da ONU em 1982, e do Clube de Roma que publicou em 1980 o texto “limites do crescimento” (JOHN, 2000).

A Conferência sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas (RIO 92) consolidou através da AGENDA 21, a visão de que o desenvolvimento sustentável demanda a preservação de recursos naturais de maneira a garantir para

as gerações futuras, iguais condições de desenvolvimento e a igualdade entre as gerações ou igualdade intragerações (LIDDLE, 1994).

Desta forma, o desenvolvimento sustentável é classificado como sendo desenvolvimento que busca satisfazer as necessidades da geração presente sem comprometer a possibilidade de satisfazer as necessidades das gerações futuras (CALDERONI, 2004).

Diante deste conceito, as questões ambientais e seus reflexos deixam de ser vistos apenas como um problema de ordem natural e relacionada apenas ao ecossistema, passando agora a ser abordado em relação ao modelo de desenvolvimento econômico, criando a discussão e o debate da escolha do modelo que considere a minimização dos impactos ambientais.

O conceito de desenvolvimento sustentável está ligado em primeiro lugar ao uso racional dos recursos evitando-se desperdícios. Posteriormente, o desenvolvimento de tecnologias destinadas à maior eficiência produtiva com a substituição de recursos esgotáveis por materiais de maior eficiência, como por exemplo, os polímeros e a fibra de carbono. Outro exemplo verificado é a produção de energia limpa como os bicomcombustíveis em substituição ao combustível fóssil (MOURA 2006).

Kohler (2003) destaca que as preocupações ambientais envolvidas nas cadeias produtivas dos mais diversos setores estão associadas ao fato da sociedade passar a repensar o modelo de crescimento econômico baseado na exploração desordenada dos recursos naturais, redirecionando os rumos deste crescimento, surgindo o conflito em o crescimento descontrolado e a preservação dos recursos naturais, produzindo mudanças de comportamento de natureza técnica e comportamental no homem e na sociedade.

Em função da consolidação dos quesitos do desenvolvimento sustentável, novas tecnologias de gestão estão sendo desenvolvidas, dentre elas a Análise de Ciclo de Vida (ACV), que visa a minimização da emissão de gases tóxicos e da geração de resíduos aliado a maior eficiência dos produtos desde a extração da matéria-prima até o descarte dos resíduos conforme observado na Figura 1, onde são apresentados os 5 estágios de ACV.

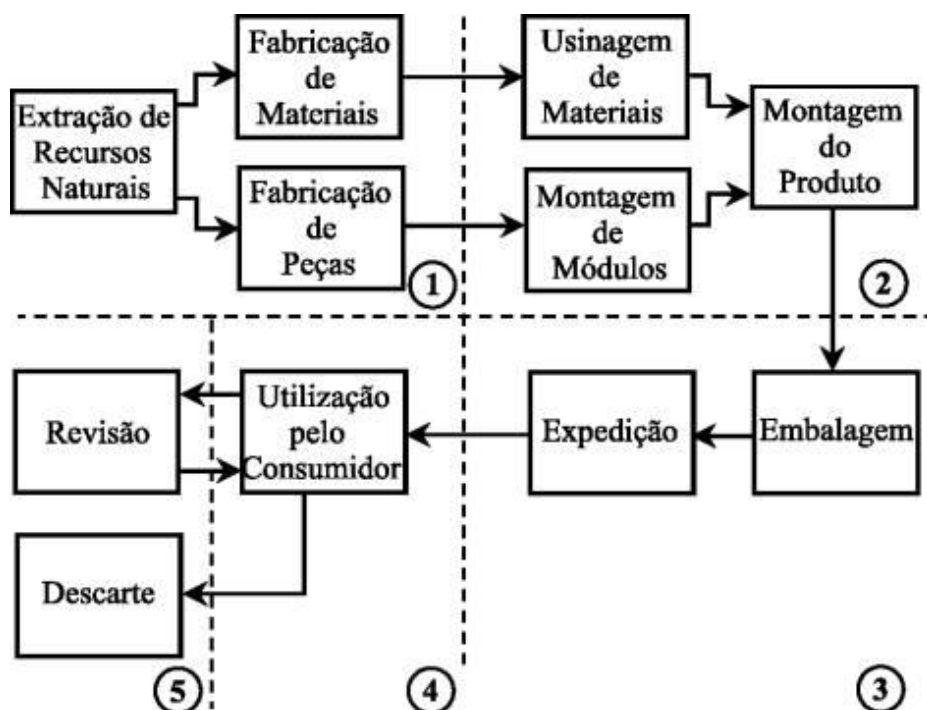


Figura 1: Atividade dos 5 estágios de ACV

Fonte: Ribeiro et al. (2005)

Para que se dê início a uma Avaliação de Ciclo de Vida de um produto, um fluxograma do processo é construído, especificando todos os fluxos de material e energia que entram e saem do sistema. Esta avaliação procura identificar e quantificar as atividades e os impactos causados ao meio ambiente pelo produto em análise.

O estágio 1 compreende a aquisição de matéria prima (extração de recursos naturais), o que pode incluir, por exemplo, o plantio de árvores ou a extração de petróleo. No estágio 2, a matéria prima é processada gerando o produto manufaturado. Na etapa seguinte (3) ocorre a embalagem e o transporte, que podem ou não ser de responsabilidade do fabricante. Na etapa 4 ocorre a utilização pelo consumidor e finalmente a última fase (5), representada pelo descarte ou a reciclagem (RIBEIRO et al., 2005).

A Análise do Ciclo de Vida do produto pode ser considerada um avanço em relação ao desenvolvimento sustentável, pois sua abordagem não contempla apenas o descarte final dos produtos, mas sim, toda a cadeia produtiva do mesmo, e conseqüentemente, os resíduos gerados em todo processo

2.2 Resíduos Sólidos Urbanos

Diante do processo de transformação dos recursos naturais, desde sua extração, passando pelo processo produtivo até o consumo final dos bens produzidos, tem-se a geração de considerável volume de resíduos e rejeitos, sendo que os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) configuram-se como problema de grande ordem a ser resolvido pela sociedade perante a questão do desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos naturais.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas através da NBR 10004/2004 define os resíduos sólidos como sendo resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços de varrição. A norma inclui ainda os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água que exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

2.2.1 Classificação dos Resíduos Sólidos

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, seus constituintes, características e a comparação destes constituintes com a listagem de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, insumos e o processo que lhe deu origem.

A NBR 10004/04 apresenta a classificação para os resíduos sólidos:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos com a seguinte subclassificação:
 - resíduos classe II A – Não inertes.
 - resíduos classe II B – Inertes.

Para que o resíduo seja considerado perigoso ou Classe I, basta que o mesmo apresente alguma das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, tendo como exemplo

lâmpadas fluorescentes, pós e fibras de amianto, baterias veiculares e óleos lubrificantes usados (CRQ-IV, 2008).

Os resíduos Classe II A não inertes, são aqueles que não apresentam as propriedades observadas nos resíduos de Classe I, e podem apresentar propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Seus exemplos mais simples são os restos de alimentos, papel, plásticos polimerizados, borrachas e resíduos de madeira (CRQ-IV, 2008).

Resíduos Classe II B, são resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que submetidos ao teste de solubilização não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões definidos na norma NBR 10006 (WIENS, 2008). Como exemplo, os resíduos cerâmicos e de argamassa (CRQ-IV, 2008).

Para Espinosa e Tenório (2004) e Carolino (2002) os resíduos sólidos, também apresentam classificação quanto a sua origem:

a) Domiciliares: resíduos originados da rotina diária das residências. São constituídos por restos de alimentos, produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens contendo ainda alguns resíduos que podem ser tóxicos como: tintas, solventes, pesticidas, repelentes, baterias, pilhas, frascos de aerossóis e lâmpadas fluorescentes entre outras;

b) Comerciais: resíduo originado das diversas atividades comerciais e de serviços, tais como, supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares, restaurantes, etc. O lixo destes locais contém uma fração preponderante de papel, plásticos, embalagens diversas e resíduos de asseio dos funcionários e clientes, como papel toalha, papel higiênico etc.

c) Público: são os resíduos originados dos serviços de limpeza pública urbana, incluído todos os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de praias, de galerias, de córregos, de terrenos, restos de podas de árvores, de limpeza de áreas de feiras livres, constituídos por restos de vegetais diversos, embalagens, etc.

d) Serviços de Saúde e Hospitalar: constituem os resíduos sépticos, ou seja, que contêm ou podem conter germes patogênicos. São produzidos em ambientes

tais como: hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde etc.

e) Portos, Aeroportos, Terminais rodoviários e ferroviários: os resíduos descartados nesses locais podem conter germes patogênicos trazidos de outras cidades ou países, como restos de alimentos e de higiene pessoal.

f) Industrial: envolve variedade muito grande de produtos químicos e são classificados em três categorias: comuns, perigosos e de alta periculosidade. Devem ser manuseados ou dispostos adequadamente, segundo critérios e normas dos órgãos que controlam o meio ambiente, pois podem apresentar riscos à saúde.

g) Agrícola: lixo resultante das atividades pecuárias e agrícolas: embalagens de agrofármacos, adubos, restos de colheita, esterco etc.

h) Entulho: lixo proveniente de construção civil: restos de obras, solos e de escavações etc.

2.2.2 Resíduos Sólidos Urbanos

A concentração populacional nas áreas urbanas e o conseqüente aumento no consumo de bens e serviços causaram grande impacto na geração de RSU. Aliados a estes fatores, estão a falta de cultura da redução do desperdício e conscientização de grande parcela da população quanto a disposição final destes resíduos.

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) compreendem todos os resíduos sólidos gerados num aglomerado urbano, excetuados os resíduos de saúde, industriais e dos portos, aeroportos e zonas de fronteira e ainda aqueles estabelecidos em legislação específica de responsabilidade exclusiva de seu gerador (ABELPRE, 2008).

A geração de resíduos é hoje um dos maiores problemas enfrentados pela civilização moderna, sendo que a falta de locais para sua disposição e as técnicas cada vez mais onerosas para seu tratamento, estão gerando o que pode ser chamado de “colapso do lixo” (BARREIRA, 2005).

Dados da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2009) indicam que em 2008 o total de RSU chegou a 169.659

toneladas, deste total 54,9% (93.142 toneladas) passaram por processo de disposição final adequada e 44,1% (76.517 toneladas) não apresentaram disposição final adequada, deixando eminente a problemática quanto a gestão dos RSU.

2.2.3 Reciclagem de Resíduos

Segundo a Abelpre (2008), a reciclagem tem se consolidado como importante técnica de tratamento dos resíduos sólidos. Apesar do número de municípios que apresentam programa de coleta seletiva (atividade vital para a reciclagem) não ser expressivo, o volume de materiais reciclados no País é dos maiores do mundo, e na reciclagem de alumínio, o Brasil é maior reciclador do planeta.

Reciclagem é o processo de transformação dos resíduos, o qual envolve a alteração das propriedades físicas, químicas, físico-químicas ou biológicas para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos (ABELPRE, 2008).

A reciclagem é uma forma de tratamento de resíduos que se destaca pelo fato de poupar a extração de recursos minerais e energéticos, além de reaproveitar material, reduzir o passivo ambiental e impulsionar um setor específico da economia, a reciclagem tem um importante componente social que é proporcionar emprego para uma parcela carente da população no processo da coleta pós-consumo dos resíduos.

Tenório e Espinosa (2004) destacaram a importância da reciclagem do alumínio, que permite uma economia de 95% na energia, quando comparado ao processo de produção deste material com matéria-prima mineral (bauxita), sendo que em cada tonelada de alumínio produzido pelo processo de reciclagem, economiza-se cerca de 6 toneladas de bauxita. Os autores descreveram ainda, que para cada tonelada produzida com matéria-prima virgem, são produzidas também duas toneladas de lama vermelha, um resíduo industrial altamente poluente.

Wiebeck (1997) apud Rolim (2000) resume as vantagens da reciclagem:

- preservação de recursos naturais;
- redução do volume de resíduos a transportar, tratar e dispor;
- diminuição da carga poluente enviada ao meio ambiente;

- aumento da vida útil dos locais de disposição de resíduos (aterro sanitário e aterro industrial);
- redução de custo de gerenciamento dos resíduos, com menores investimentos em instalações de tratamento e disposição final;
- redução da poluição, contaminação ambiental e dos problemas de saúde pública e social decorrentes;
- criação de empregos ou aproveitamento de mão de obra (catadores, por exemplo) em melhores condições de trabalho;
- possibilidade de participação da população no processo de separação, levando ao conhecimento dos problemas (educação ambiental e conscientização em relação a sua responsabilidade).

Estimativas do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) mostram que o Brasil movimenta em torno de R\$ 3 bilhões por ano com a reciclagem de pós-consumo, incluindo apenas cinco grandes grupos de materiais, como plásticos, papel, papelão, vidro e borracha, sendo que as estimativas apontam que o Brasil poderia gerar cerca de R\$ 5 bilhões por ano nesta atividade.

Um dos motivos para o Brasil não ter alcançado seu potencial de crescimento neste setor é alta volatilidade observada entre a oferta e a demanda pelos materiais:

A volatilidade da oferta e demanda devido a pequena escala do setor de reaproveitamento e seus altos custos de triagem e estocagem é um dos fatores restritivos à expansão do setor e responsável pela sua marcante tendência a concentração e verticalização. Observa-se que existe uma estrutura oligopsônica desde o sucateiro atacadista até a indústria recicladora. [...] frequentemente estão integradas a grandes empresas produtoras de matéria-prima virgem, e por tanto, com forte poder de mercado. Esta concentração do setor deve-se, em parte, a outras políticas setoriais de fomento aos investidores de matéria-prima virgem subsidiada, tanto na forma privada como estatizada. Caso típico é o setor de petroquímica para o plástico, do siderúrgico para o alumínio e aço e o de celulose para o papel (BRUSADIN, 2003, p. 103).

Em função do problema exposto, a atividade da reciclagem necessita receber incentivos principalmente tributários e financeiros, permitindo que mais produtores possam operar neste mercado, diminuindo a concentração e a volatilidade do mesmo.

A reciclagem não pode ser apenas classificada como ação importante para a questão ambiental, mas sim, que seja considerado o sentido econômico, desde sua coleta até a comercialização e reutilização dos materiais processados. Rolim (2000) destaca que para o sucesso econômico e financeiro da atividade de reciclagem devem ser observados os seguintes pressupostos:

- existência de demanda de mercado para o resíduo;
- proximidade da fonte geradora com o local onde será reciclado o material;
- volume de material disponível;
- custo de separação, coleta, transporte, armazenamento e preparação do resíduo antes do processamento;
- custo de processamento e transformação do resíduo em novo produto;
- existência de demanda de mercado para o produto resultante da reciclagem;
- existência de tecnologia (processo) para efetuar a transformação do resíduo;
- características e aplicação do produto resultante.

Alguns mercados estão em estágio mais avançado em relação à introdução de matéria-prima reciclada, como é o caso do alumínio, aço e plásticos. Outros resíduos necessitam de apoio e desenvolvimento de pesquisas para que sua demanda seja estendida, como exemplo, os resíduos de construção civil.

2.3 Importância Econômica da Construção Civil

A atividade econômica da construção civil exerce influência significativa na economia brasileira principalmente pelo fato de gerar empregos (direto e indireto), renda e estar presente em todas as classes e perfil de consumo da sociedade, seja nas pequenas, médias ou grandes moradias até na infra-estrutura urbana.

É grande consumidora de produtos dos outros segmentos industriais, com uma ampla cadeia produtiva. Como exemplo, pode-se citar o consumo de areia, da atividade extrativa mineral e aço da siderurgia.

Para Kureski et al. (2008) as principais características da indústria da construção civil brasileira são:

a) altamente intensiva na geração de emprego, predominando a utilização de mão-de-obra de baixa qualificação, cabendo ao emprego formal pequena participação no total de trabalhadores ocupados no setor;

b) apresenta demanda fortemente dependente da evolução da renda interna e das condições creditícias;

c) possui reduzido coeficiente de importação com elevada utilização de matérias-primas nacionais;

d) níveis de produtividade e competitividade bastante aquém do padrão existente nos países desenvolvidos, especialmente nos aspectos tecnológicos e de gestão, refletindo a existência de inúmeras ineficiências produtivas no setor;

e) apresenta problemas diversos quanto à padronização e ao cumprimento de normas técnicas, observando-se elevados percentuais de não-conformidade técnica dos materiais e componentes da construção civil principalmente habitacional.

O setor da construção civil tem papel fundamental na consolidação da sustentabilidade do crescimento de um país, pois em cenários extremos de desaquecimento da atividade econômica, o setor apresenta extrema capacidade de absolver as políticas de estímulos e incentivos, que tem por finalidade o fortalecimento do mercado interno e conseqüentemente elevar os níveis de investimento aquecendo a demanda e a economia como um todo.

No caso do Brasil, a importância desta indústria pode ser observada quando analisados o desempenho do Produto Interno Bruto (PIB) e o comportamento do setor da construção civil. Conforme ilustrado na Figura 2, a partir de 2003, o setor experimentou expressivo crescimento, interrompido no ano 2005, voltando a crescer de forma consistente a partir de 2006, apresentando taxa de crescimento de 8% em 2008, patamar superior ao crescimento do PIB observado neste ano (CIBC, 2008).

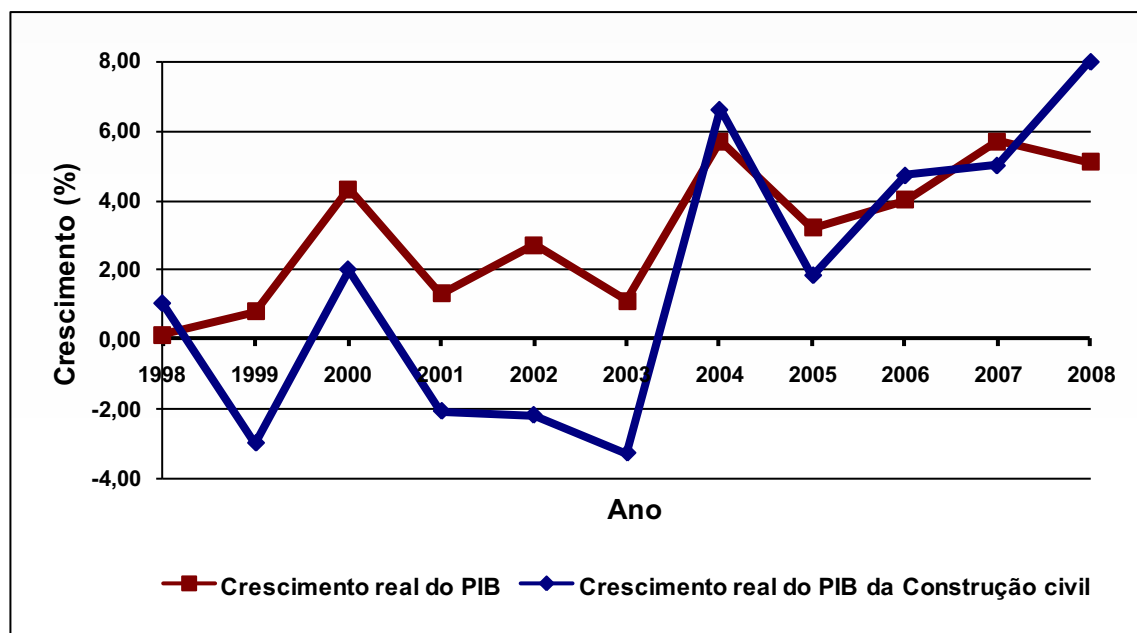


Figura 2: Comparativo do crescimento real do PIB brasileiro x crescimento do PIB da construção civil no período 1998 a 2008
Fonte: CIBC (2008)

Para Furletti et al. (2008) um conjunto de fatores permite explicar este crescimento podendo ser destacados:

- melhora do ambiente de negócios
- estabilidade econômica
- elevação da massa real de salários e do emprego formal
- formalização de programas de investimento como o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC.

Somam-se a estes fatores, os incentivos fiscais, como exoneração de IPI e aumento do crédito para compra de materiais de construção, e ampliação do volume de crédito e prazo para financiamento habitacional.

Ao longo dos últimos anos, foi adotada uma série de medidas voltadas para a melhoria da segurança jurídica no âmbito dos negócios imobiliários, das garantias, da perenidade e aumento dos recursos, e por fim, da previsibilidade das principais variáveis que afetam a decisão de investimento e consumo dos produtos da construção (FURLETTI et al, 2008).

Outra maneira de identificar a importância da construção civil é sua relação com a Formação Bruta do Capital Físico (FBCF) Nacional, item este responsável pelos investimentos fixos que determinam em grande parte a capacidade e os limites de crescimento de uma economia. A Tabela 1 descreve o comportamento do PIB da FBCF e a participação da construção civil em relação ao mesmo.

Apesar da queda da participação da construção civil em relação à FBCF a partir do ano 2006, é nítida a importância deste setor da economia em relação ao montante de investimentos gerados no País, estando em média sempre próximo a 40% de todos os recursos investidos na economia brasileira.

Tabela 1: Participação da construção civil na Formação Bruta do Capital Fixo brasileiro (FBCF) no período 2002 a 2008 (Valor em milhões de reais)

Ano	PIB (milhões reais)	FBCF (milhões reais)	FBCF / PIB (%)	FBCFcc* (milhões reais)	FBCFcc / FBCF (%)
2002	1.477.822	242.161	16,4	115.753	47,8
2003	1.699.948	259.715	15,3	111.158	42,8
2004	1.941.498	312.517	16,1	128.444	41,1
2005	2.147.239	342.237	15,9	142.371	41,6
2006	2.369.797	389.328	16,4	154.174	39,6
2007	2.597.611	455.213	17,5	172.071	37,8
2008	2.889.719	548.757	19,0	207.430	37,8

Fonte: Anuário estatístico MDIC (2009)

*FBCFcc: Formação Bruta do Capital Fixo na Construção Civil

Os números da Tabela 1 deixam evidente a importância na construção civil na economia brasileira, sendo que estes números poderiam ser mais expressivos se este setor não apresentasse como característica o problema da informalidade.

A questão da informalidade pode ser observada quanto ao número de empresas e empregos estabelecidos na construção civil, uma vez que estes apresentam grande contingente de estabelecimento e trabalhadores que operam no mercado informal, dificultando a exatidão dos levantamentos relacionados à construção civil (SINDUSCON, 2005).

O SINDUSCON (2005) alerta ainda que o número de empresas e trabalhadores informais representa uma fração bem superior ao total de empresa e

trabalhadores formais estabelecidos no setor, sendo que esta diferença pode ser observada na Figura 3, onde o SINDUSCON destaca a situação da informalidade no ano 2003.

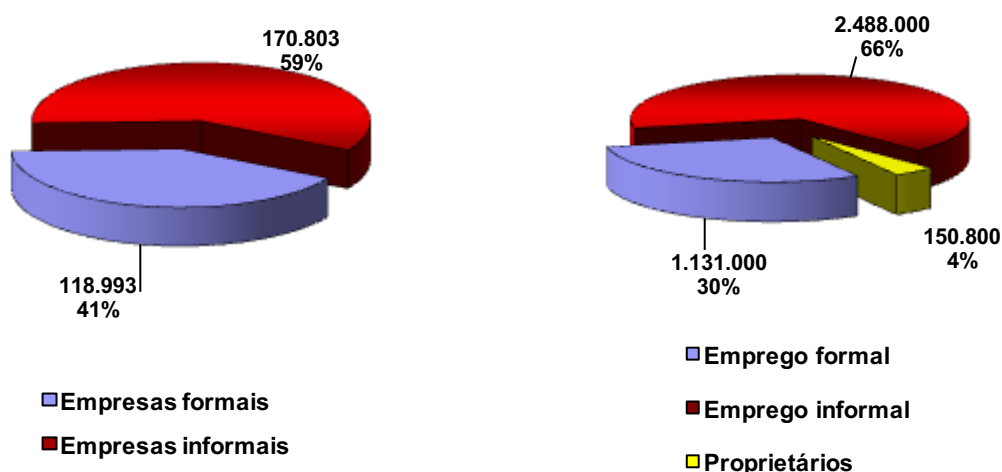


Figura 3: Nível de formalidade e informalidade das empresas e empregos estabelecidos no setor da construção civil no ano 2003

Fonte: Sinduscon (2005)

Nota-se que no ano 2003, cerca de 289.796 empresas estavam ligadas ao setor da construção, sendo que apenas 41% (118.993 estabelecimentos) eram empresas legalmente constituídas e 59% (170.803 estabelecimentos) operaram na informalidade.

No mesmo ano, o número total de postos de trabalho no setor foi de 3,77 milhões, sendo que o segmento formal, representado pelos trabalhadores com carteira assinada foi de apenas 30%, e os trabalhadores considerados como proprietários das obras 4%. Em contra partida, os trabalhadores que atuaram na informalidade representou 66% do total dos postos de trabalho (2,48 milhões de trabalhadores) evidenciando o nível de informalidade na construção civil.

2.3.1 Impactos da Cadeia Produtiva da Construção Civil no Meio Ambiente

Toda atividade da cadeia de construção civil é geradora de consideráveis impactos ambientais, seja na extração dos recursos naturais (durante seu processamento e beneficiamento), no transporte e na geração de resíduos na fase de construção, reforma ou demolição dos empreendimentos.

Em função da dimensão dos bens produzidos na construção civil, estes são provavelmente os maiores consumidores de recursos naturais da atividade econômica. A precisão das estimativas de consumo dos recursos empregados na construção civil é difícil de ser alcançada, sendo que estimativas para alguns países são apresentadas por John (2000, p. 16):

Para SJÖSTRÖM 1996, a construção civil consome entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta. No Japão estimou-se que a construção civil consumiu em 1995 cerca de 50% dos materiais que circularam na economia (KASAI, 1998). Este valor permite estimar um consumo de 9,4 ton/hab.ano de materiais de construção. O DETR (1998) estima que a construção no Reino Unido consome 6 ton/hab.ano e 250 milhões a 300 milhões de toneladas/ano de agregados. Para MATOS e WAGNER (1999), o consumo de agregados na construção civil nos Estados Unidos é de 7,5 ton/hab.ano. O consumo de mais de 2 bilhões de toneladas representa cerca de 75% dos materiais consumidos na economia norte-americana.

O autor destaca ainda que o consumo de agregados como pedra e areia no Brasil pode ser estimado em função do volume de cimento portland produzido anualmente. O volume é de 35 milhões de toneladas e assumindo que o cimento é misturado ao agregado na proporção de 1:6 em massa, estima-se que o volume de agregados consumidos no País chegue a 210 milhões de toneladas ano, somente na produção de concretos e argamassa. A produção destes agregados gera impactos que alteram a vegetação nas proximidades das minas de extração e nos cursos dos rios onde há extração de areia.

Outro impacto causado pela construção civil no meio ambiente é emissão de gases como o CO₂ gerado durante o processo de produção do cimento portland. Em função da crescente utilização deste produto ao longo dos anos a emissão de CO₂ tem apresentado expressivo aumento sendo que o volume de CO₂ emitido pela indústria cimenteira em relação ao total de CO₂ gerado no Brasil entre os anos 1930 e 2000 pode ser observado na Figura 4:

De acordo com a evolução apresentada no gráfico, o maior índice de emissão de CO₂ foi no ano 1980. Neste período, a indústria produtora de cimento foi responsável por 8% do volume total de CO₂ emitido no País.

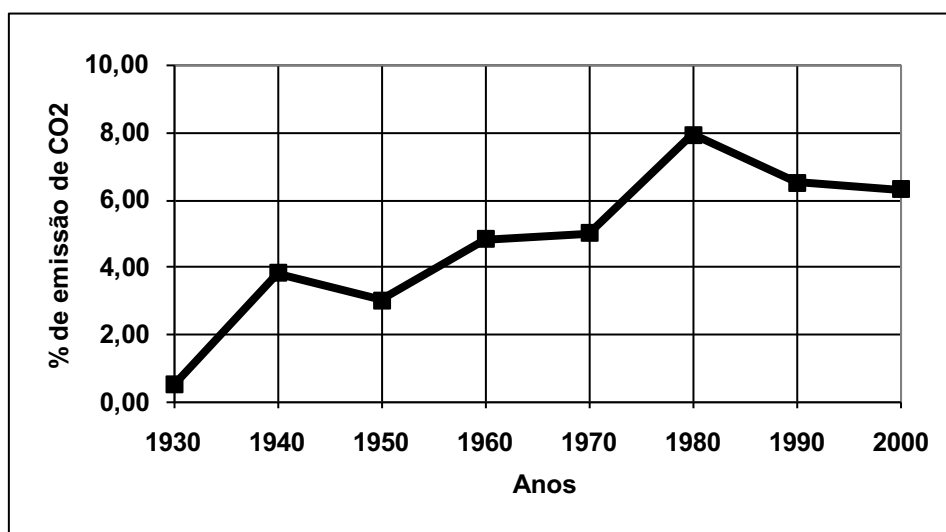


Figura 4: Evolução histórica da participação da indústria cimenteira na geração nacional de CO₂

Fonte: Adaptado de John (2000)

A emissão de CO₂ é observada também na fabricação de cal, devido a calcinação de calcário onde é liberado grande quantidade de CO₂. A produção de uma tonelada de cal hidratada libera aproximadamente 785 kg de CO₂ (YAMAMOTO et al. 1997 apud JOHN 2000).

2.3.2 Extração de Pedra

Nas empresas que beneficiam recursos minerais para beneficiamento de agregados da construção civil como pedra e pedrisco, os efeitos ambientais estão associados, de modo geral, às diversas fases de exploração destes bens, como à abertura da cava, (retirada da vegetação, escavações, movimentação de terra e modificação da paisagem local), ao uso de explosivos no desmonte de rocha (sobre pressão atmosférica, vibração do terreno, lançamento de fragmentos, fumos, gases, poeira, ruído), ao transporte e beneficiamento do minério (geração de poeira e ruído), afetando os meios como água, solo e ar, além da população local (BACHI, 2006 et al.).

Os impactos ambientais decorrentes da exploração de jazidas para obtenção dos agregados utilizados na construção civil são apresentados no Quadro 1.

Na fase inicial de exploração das minas que compreende a remoção da cobertura superficial, a fauna e a flora local são totalmente movidas, impactando a vegetação nativa, pois esta é totalmente destruída.

FASE	IMPACTOS
Remoção da Cobertura Superficial	Esgotamento de recurso natural Alteração da paisagem, fauna e flora local Modificação e destruição da vegetação nativa
Explosão das Minas	Risco de danos às construções nas proximidades Poluição sonora e do ar
Abertura de Novas Vias de Acesso à Mina	Comprometimento de recursos naturais Comprometimento de águas superficiais
Drenagem das Minas	Geração de efluentes Aporte de sedimentos para fluxos de água
Transporte do Minério	Emissão de gases

Quadro 1: Impactos ambientais da extração de minérios para produção de agregados da construção civil

Fonte: Adaptado de Bacci et al. (2006)

Os recursos naturais são impactados também pela abertura das vias de acesso às minas exploradas e durante a fase de drenagem destas, ocorrendo a geração de efluentes nocivos aos fluxos de água localizados na região explorada.

Ainda com relação ao processo de extração dos agregados, são emitidos gases que geram poluição ambiental a exemplo do CO₂, principalmente na fase de transporte dos agregados, realizado por veículos pesados que aceleram a emissão destes poluentes.

2.3.3 Extração de Areia

A areia ao lado da pedra e do cimento é um produto essencial para o desenvolvimento dos empreendimentos construtivos. Assim, independente da região e do processo de construção, a areia é utilizada em grande escala demandando ampla exploração dos meios naturais para sua extração. Os principais impactos ambientais da extração de areia que em cerca de 90% é realizada em curso d'água estão de forma resumida, apresentados no Quadro 2.

Lelles et al. (2005) destaca também que devido ao fator custo de transporte, a localização das áreas de extração de areia concentra-se cada vez mais nas proximidades dos centros urbanos, sendo este um fator de conflito em relação à

identificação e licença de novas áreas para funcionamento da atividade de extração de areia.

IMPACTOS
Contaminação do curso d'água causado pelos resíduos, óleos, graxas e lubrificantes gerados pelos equipamentos utilizados na extração
Alteração da calha original dos cursos d' água, em virtude do uso de equipamentos de extração de areia nos leitos dos rios
Possibilidade de interferência na velocidade e direção do curso d'água, tendo em vista a eliminação de bancos de sedimentos presentes nos leitos dos rios
Indução a uma instabilidade do solo nos ambientes ribeirinhos, tendo em vista a concentração de operações nestes para a extração de areia
Redução espacial do "habitat" silvestre por ocasião da erradicação da cobertura vegetal nativa nas áreas destinadas à instalação das estruturas de extração
Influência na fauna aquática, ocasionado pela geração de turbulência no curso d'água durante o processo de extração
Comprometimento da vida aquática devido à diminuição da produtividade global do seu ecossistema
Impacto visual, associado às instalações das estruturas, ao processo de retirada da vegetação e estocagem da areia
Diminuição da possibilidade de usos múltiplos da água, tendo em vista o aumento da sua turbidez e possibilidade de sua contaminação

Quadro 2: Impactos ambientais na atividade de extração de areia em curso d'água
Fonte: Lelles et al. (2005)

Cerca de 2.000 empresas se dedicam à extração de areia no país, na grande maioria pequenas empresas, sendo que 60,0% produzem menos de 10.000 t/mês, 35,0% entre 10.000 e 25.000 t/mês e 5,0% mais que 25.000 t/mês. Ressalta-se que o produto mineral possui baixo valor econômico, sendo que até 2/3 do seu preço é derivado do custo de transporte (LELLES et al. 2005).

2.3.4 Impactos Ambientais na Disposição Final dos Resíduos da Construção Civil

A disposição irregular dos entulhos em terrenos e áreas abertas pode causar acúmulo de vetores transmissores de doenças nocivos à população, gerando um

ônus para o órgão público e os municípios, com fiscalização e tratamento das doenças causadas pelos vetores.

De acordo com Pinto (1999) os principais impactos causados pela disposição irregular dos RCD são:

- a) assoreamento de córregos e rios;
- b) entupimento de galerias e bueiros;
- c) degradação de áreas urbanas;
- d) proliferação de escorpiões, aranhas e roedores que afetam a saúde pública.

A geração em escala de RCD nos centros urbanos contribui ainda para o esgotamento dos aterros, pois em algumas localidades, estes resíduos são dispostos de maneira irregular junto aos aterros sanitários. Quando dispostos em aterros sem controle ou qualquer tipo de triagem, os RCD classe D (como tintas e solventes) podem contaminar o lençol freático colocando em risco a segurança ambiental (ZORDAN, 1997; GALIVAN; BERNOLD 1994; SYMONDS, 1999 apud ÂNGULO, 2005).

2.4 Estimativas da Geração de RCD

Os métodos de mensuração e estimativas dos RCD encontrados na literatura apresentam grande disparidade, dificultando a escolha por um método consistente. Ao contrário dos RCD as estimativas da geração de Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) são bem difundidas, sendo o número de habitantes de um Município ou localidade, a principal variável para estas estimativas conforme se observa na Tabela 2.

Tabela 2: Taxa de geração de resíduo sólido domiciliar municipal em função do número de habitantes

População (milhares de habitantes)	Produção de lixo (kg/habitante/ano)
Até 100	0,4
100 a 200	0,5
200 a 500	0,6
Maior que 500	0,7

Fonte: Cetesb (2001) apud Espinosa e Tenório (2004)

Buenrostro et al. (2001) afirmaram que variáveis socioeconômicas como grau de desenvolvimento e atividade econômica predominante, devem ser levadas em consideração na localidade em estudo para estimativas da geração dos resíduos.

Basicamente, os RSD são divididos em lixo orgânico, materiais recicláveis – papel, plástico, sucata de ferro e vidro e os rejeitos. Quanto aos RCD a dificuldade já é latente no momento de se decidir o que pode fazer parte da classificação e composição dos RCD.

Para Levy (2007) a composição básica dos RCD pode variar em função dos sistemas construtivos, isto é, o nível de tecnologia e mão de obra empregada na região de estudo e também a disponibilidade da matéria prima, com variação em função dos recursos naturais a serem explorados nas jazidas.

As estimativas internacionais apresentam certa diferença entre as estimativas observados no Brasil. Chen et al. (2006) estimou que os RCD de Hong Kong representam cerca de 42% do total dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Huang et al. (2002) indica que este índice situa-se entre 15% e 20% dos RSU em Taiwan. Para Bossink e Brouwers (1996) apud Huang et al. (2002) os RCD em todo o mundo são estimados entre 13% e 29% do total de RSU.

Em nível nacional, John e Agopyan (2000) estimam que a massa de RCD gerados nos Municípios é igual ou maior que a massa dos resíduos domiciliares. Os autores destacam a variabilidade de fontes de um mesmo país em função do exposto acima, sendo que alguns autores consideram as escavações de solo como RCD e outros não.

As estimativas de Lanzelloti et al. (2004) são ainda maiores, apontando o volume de resíduos da construção como sendo até duas vezes maior que o lixo domiciliar. Marques (2005) apud Wiens (2008) estima que para cada tonelada de lixo urbano recolhido, duas toneladas de entulhos são coletadas. A geração desses resíduos acontece principalmente nas obras civis que incluem construção e demolição, terraplanagens e manutenção (especialmente nos serviços públicos de recape, saneamento, energia e telefonia).

A discrepância observada nas estimativas se mostra mais evidente por Wiens (2008) na comparação dos RSD x RCD. Para a autora, diversos estudos

apontam variação no volume de RCD entre 1,5 e 4,05 vezes o volume de RSD, sendo o volume em média 2,51 vezes maior.

Em função da falta de dados sistematizados para estimativas sobre a geração de entulho, Pinto (1999) propôs uma metodologia para estimar o volume de RCD nos centros urbanos. Na Tabela 3 tem-se o diagnóstico de alguns Municípios Brasileiros em que foi utilizada a metodologia desenvolvida por Pinto (1999) para as estimativas da geração de RCD.

Tabela 3: Estimativas (volume em toneladas ao dia) da geração de RCD de alguns Municípios brasileiros, conforme metodologia proposta por Pinto (1999)

Municípios/ano	População (mil)	Volume de de RCD proveniente de novas edificações (A)	Volume de RCD proveniente de ampliação e demolição (B)	Volume de RCD proveniente de áreas irregulares (C)	Volume total de RCD (A+B+C)	Geração de RCD Taxa em toneladas/ habitante/ ano
São José dos Campos (1995)	539	201,0	184,0	348,0	733,0	0,47
Ribeirão Preto (1995)	505	577,0	356,0	110,0	1043,0	0,71
Santo André (1997)	649	477,0	536,0	-	1013,0	0,51
São José do Rio Preto (1997)	359	244,0	443,0	-	687,0	0,66
Jundiaí (1997)	323	364,0	348,0	-	712,0	0,76
Vitória da Conquista (1997)	262	57,0	253,0	-	310,0	0,40
Uberlândia (2000)	501	359,0	359,0	241,0	959,0	0,68
Guarulhos (2001)	1073	576,0	732,0	-	1.308,0	0,38
Diadema (2001)	357	137,0	240,0	81,0	458,0	0,40
Piracicaba (2001)	329	204,0	416,0	-	620,0	0,59

Em relatório desenvolvido em conjunto com o IPT e a Caixa Federal (2005), o autor utilizou três indicadores para mensurar o volume de RCD dos Municípios apresentados na Tabela 3:

a) emissão de alvarás emitidos pela Prefeitura no caso de novas construções;

b) volume de RCD transportados de reformas e demolições através de pesquisa junto às empresas coletoras de entulho;

c) levantamento quantitativo do volume de RCD removido pela Prefeitura em áreas de disposição irregulares dos entulhos.

Após o levantamento do volume total de RCD gerado diariamente, o autor realizou uma estimativa anual, e em seguida, determinou a taxa de geração de RCD por habitante ao ano, através da divisão do volume anual de resíduos pelo número de habitantes de cada município.

A geração de RCD estimada variou entre 0,38 e 0,76 toneladas por habitante ao ano, sendo que a média foi de 0,56 toneladas/habitante/ano. O município que apresentou menor taxa de geração de RCD foi Guarulhos e com maior taxa foi verificada na cidade de Jundiaí.

As estimativas internacionais também apresentam como característica grande variação no volume de RCD. Na Tabela 4 observam-se as estimativas para diversos países com volume gerado em kg/habitante/ano apresentando faixa de valores mínimos e máximos.

Tabela 4: Estimativas Internacionais do Volume de RCD

PAÍS	Volume kg/habitante/ano	Fonte
Suécia	136 - 680	TOLSTOY et al. (1998)
Holanda	820 - 1300	LAURITZEN et al. (1998)
EUA	463 -584	EPA et al. (1998)
UK	880 - 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
Bélgica	735 - 3359	LAURITZEN (1998); EU (1999)
Dinamarca	440 - 2010	LAURITZEN (1998); EU (1999)
Itália	600 - 690	LAURITZEN (1998); EU (1999)
Alemanha	963 - 3658	LAURITZEN (1998); EU (1999)
Japão	785	KASAI (1998)
Portugal	325	PINTO (1999)

Fonte: John (2000)

Países como Bélgica e Alemanha apresentaram grande variação entre a estimativa mínima e a máxima do RCD, sendo que na Bélgica a estimativa tem variação entre 735 e 3.359 kg/habitantes/ano. No caso da Bélgica a variação ficou

entre 963 e 3658 kg/habitante/ano, evidenciando a dificuldade em obter estimativas precisas.

Chen (2006) estimou a geração de RCD para Hong Kong em 7.621 toneladas/dia entre os anos 1998 e 2003, sendo que a média é de 350 kg por habitante/ano.

2.5 Reciclagem dos RCD

2.5.1 Histórico

A construção civil é uma das atividades mais antigas de que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade, foi executada de forma artesanal, gerando como subproduto grande quantidade de entulho mineral. A geração de entulho despertou a atenção dos construtores já na época da edificação das cidades do Império Romano, e dessa época datam os primeiros registros de reutilização de resíduos minerais da construção civil na produção de novas obras. (LEVY, 2007)

Levy (2007) destaca que a primeira aplicação significativa de entulho reciclado só foi registrada após o final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades européias. Elas tiveram seus edifícios totalmente demolidos, e o entulho resultante foi reciclado para produção de agregados visando atender à demanda e escassez na época. Concomitante à questão da escassez de recursos observada durante o período da Segunda Guerra Mundial a correta disposição dos RCD, a reciclagem e reutilização dos resíduos passam a despertar importância com destaque para a conscientização e a preocupação quanto à utilização dos recursos naturais.

Para Bagnati et al. (2004) até os anos de 1950, a indústria da construção civil não se preocupava com a questão do esgotamento dos recursos não renováveis utilizados ao longo de toda sua cadeia de produção e, muito menos, sobre os custos e prejuízos causados pelo desperdício de materiais e destino dados aos rejeitos produzidos nesta atividade.

Somente nos anos 90 durante o encontro da RIO 92, onde criou-se a “AGENDA 21”, evento este realizado com o intuito de despertar e desenvolver a conscientização ambiental frente ao desenvolvimento econômico mundial é que

aparecem as primeiras iniciativas realmente focadas no conflito da exploração da natureza pela cadeia produtiva da construção civil (ANGULO et al., 2001).

No conteúdo das discussões sobre a “AGENDA 21”, nasceu o movimento denominado de construção sustentável, que visava o aumento das oportunidades ambientais para as gerações futuras que consistia em uma estratégia ambiental com visão holística. Fundamenta-se na redução da poluição, na economia de energia e água, na minimização da liberação de materiais perigosos no ambiente, na diminuição da pressão de consumos sobre matérias primas naturais, no aprimoramento das condições de segurança e saúde dos trabalhadores, e na qualidade e custo das construções para os usuários finais (BAGNATI et al., 2004)

A partir de então, ficou evidente a conscientização do impacto ambiental provocado pelas atividades da construção civil, desde a extração dos recursos naturais nas jazidas, seu beneficiamento na indústria de transformação, e a geração de resíduos durante a fase de construção e demolição dos empreendimentos.

Dada a crescente demanda por insumos oriundos do setor de construção civil e a necessidade de novas formas de obtenção de matéria-prima que contribuam para o desenvolvimento sustentável, desenvolveu-se a técnica da reciclagem de RCD, que permite a reutilização e retorno dos resíduos da construção civil no processo produtivo (ÂNGULO et al., 2001)

Levy (2007, p.1629) evidencia como a questão da reciclagem de RCD colabora com a questão do desenvolvimento sustentável na construção civil:

A crescente preocupação com as questões ambientais relacionadas ao modelo de desenvolvimento econômico tradicional tem levado países e empresas a repensarem na forma de utilização dos recursos naturais e o reaproveitamento de resíduos. Hoje, são cada vez mais comum a reciclagem e o reuso de resíduos oriundos da construção civil e de outras indústrias, para produção de componentes a serem utilizados na própria indústria da construção civil.

2.5.2 Panorama Internacional da Reciclagem de RCD em Países Europeus

Vários fatores são responsáveis pela prática difundida da atividade de reciclagem de RCD nos países desenvolvidos e suas principais razões relacionam-se à escassez de recursos naturais utilizados na construção civil e à dificuldade na obtenção de áreas para sua disposição final dos resíduos.

No ano 2001 Hong Kong gerou cerca de 14 milhões de toneladas de resíduos de construção civil, sendo que 78% deste volume foi destinado a valas para preenchimento e 21,4% destinado a aterros, o que levou autoridades locais a intensificar os incentivos à reciclagem e recuperação destes resíduos a fim de aumentar a vida útil dos locais de disposição final dos resíduos (TAM, 2009).

O apoio do poder público e a taxação sobre a utilização de matéria prima virgem empregada nos empreendimentos construtivos são também significantes para o desenvolvimento da indústria de reciclagem.

Em países mais desenvolvidos, a preocupação ambiental inicia-se já no processo construtivo das edificações. Os empresários responsáveis pelos empreendimentos são responsáveis pelo destino dos resíduos, no entanto, os governos freqüentemente procuram influenciar estas decisões através de regulamentos e instrumentos econômicos (BOHONE, 2008). Na Europa, trata-se de uma atitude cultural sendo que na Holanda existem mais de quarenta usinas de reciclagem de entulho (ESPINOSA e TENÓRIO, 2004).

A Tabela 5 apresenta o volume de RCD bem como o percentual de reciclagem de RCD em alguns países europeus:

Tabela 5: Gerenciamento de RCD em Países Europeus

País	Geração de RCD (em milhões t/ano)	Taxa de reciclagem de RCD (%)	Taxa de RCD destinado a aterro
Alemanha	59	17	83
Reino Unido	30	45	55
França	24	15	85
Itália	20	9	91
Espanha	13	< 5	> 95
Países Baixos	11	90	10
Bélgica	7	87	13
Áustria	5	41	59
Portugal	3	< 5	> 95
Dinamarca	3	81	19
Grécia	2	< 5	> 95
Suécia	2	21	79
Finlândia	1	45	55
Irlanda	1	< 5	> 95

Fonte: Kourmpanis et al. (2008)

Nota-se que nos Países Baixos, na Dinamarca e na Bélgica a taxa de volume destinado à reciclagem está em torno de 90%, evidenciando o nível de desenvolvimento e cultura da indústria de reciclagem consolidada nesta região.

Copenhague na Dinamarca recicla 25% do entulho de demolição. Como o país tem escassez de material granulado, existe um incentivo indireto à reciclagem, que é a sobretaxa de 10% sobre o valor dos agregados granulares naturais. Essa prática favorece a reciclagem que é feita pelas próprias mineradoras (ESPINOSA e TENÓRIO, 2004).

A Irlanda é outro caso típico de país Europeu que sobretaxa a utilização de matéria prima virgem como forma de incentivo a utilização de agregado reciclado (DURAN et al., 2006).

Nos Estados Unidos a reciclagem de RCD é realizada a mais de trinta anos para produzir agregados artificiais para compor base e sub-base de pavimentos. Há também a reciclagem de edificações, com o reaproveitamento de madeira e compensados amplamente utilizados naquele país.

O Governo do estado da Califórnia nos Estados Unidos criou uma série de incentivos governamentais a fim de promover e consolidar a indústria da reciclagem dos resíduos da construção civil. Este apoio governamental envolveu aspectos econômicos e ambientais como regulação e apoio ao mercado dos materiais reciclados e a rigidez na política de fiscalização da disposição final dos resíduos. Leigh e Patterson (2005) destacam os principais pontos desta política de incentivo:

- Priorizar e promover o contrato e a compra dos materiais reciclados em obras públicas;
- Criação de projetos pilotos com a utilização de matéria prima secundária (reciclada) em substituição à matéria-prima virgem;
- Divulgação da utilização destes materiais no setor privado;
- Desenvolvimento de projetos educacionais com ênfase no impacto positivo gerado pelo consumo de agregados reciclados;
- Descontos ao consumidor final de matéria prima reciclada;
- Linha de empréstimos financeiros para instalação das recicladoras;

- Incentivos fiscais às empresas recicladoras;
- Incentivos a coleta seletiva de RCD na fonte geradora;
- Auxílio na formação de nichos de mercado;
- Redução nos custos de produção;
- Pesquisa e desenvolvimento da triagem dos resíduos;
- Investimento em novas tecnologias e equipamentos;
- Desenvolvimento de normas de padrão e qualidade;
- Capacitação de mão-de-obra para a indústria da reciclagem e reutilização;
- Simplificar os processos de licenciamento das recicladoras.

2.5.3 Experiência Brasileira na Reciclagem dos RCD

Atualmente no Brasil existem várias usinas de reciclagem sendo a maioria administrada pelas respectivas Prefeituras e algumas pela iniciativa privada. Os resultados ambientais e econômicos têm sido favoráveis apesar da dificuldade e cultura do descarte irregular dos RCD.

Angulo et. al (2001) destaca a importância das usinas brasileiras sob o ponto de vista tecnológico e ambiental, mas alerta para o fato de que elas não solucionam o problema de forma global, pois os resíduos não são constituídos somente de minerais não metálicos, favoráveis à produção de agregado. Eles contêm metais ferrosos e não-ferrosos e madeira, entre outros resíduos.

O autor destaca ainda que a classificação e a garantia de qualidade ainda não estão desenvolvidas e os procedimentos e equipamentos empregados nas usinas afetam as características dos agregados reciclados: composição, teor de impurezas, granulometria, forma e resistência. Esta variabilidade afeta o desempenho final na reutilização dos RCD reciclados.

2.5.4 Classificação dos RCD

A constituição dos rejeitos da construção civil é heterogênea e dependente das características de cada construção e do grau de desenvolvimento da indústria em uma determinada região. Normalmente, é composto por uma mistura de brita,

areia, concreto, argamassa, tijolos cerâmicos e blocos de concreto, restos de madeira, caixas de papelão, ferro e plástico.

Estes resíduos são classificados, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, como resíduos sólidos inertes – resíduos de Classe II B. A classificação dos materiais, em suma, pode variar segundo a obra que lhes deu origem.

A resolução 307 de 05 de Julho de 2.002 do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA) normatiza o processo de gestão dos resíduos de construção civil, classificando-os e estabelecendo suas relações econômica, social e ambiental:

Considerando a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes de reciclagem de resíduos da construção civil; e considerando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental, resolve: Art.1º Estabelecer critérios e procedimentos para os resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a amenizar os impactos ambientais[...].

De acordo com a norma estabelecida os resíduos seguem a classificação observada no Quadro 3:

CLASSE A	CLASSE B
Resíduos reutilizáveis ou recicláveis para utilização como agregado proveniente de Construção, demolição, reformas e reparos em obras de infra-estrutura e edificações Ex: Tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, solos e peças pré-moldadas	Resíduos destinados a outros tipos de reciclagem: Ex: Plástico, papel/papelão, metais e vidros
CLASSE C	CLASSE D
Resíduos em que não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem. Ex: Gesso	Resíduos classificados como perigosos ou contaminantes. Ex: Tintas, solventes, óleos, reformas e reparos em clínicas radiológicas e instalações industriais

Quadro 3 Classificação do RCD estabelecida pela Resolução 307/02 CONAMA

Para Agopyan e John (2008) os resíduos de construção são constituídos de uma ampla variedade de produtos que podem ser classificados em:

- a) Solos, resultantes de escavações;
- b) Materiais cerâmicos como rochas naturais, concreto, argamassas a base de cimento e cal, resíduos de cerâmica vermelha como tijolos e telhas, cerâmica branca, especialmente a de revestimento, cimento-amianto, gesso – pasta e placa e o vidro;
- c) Materiais metálicos como aço para concreto armado, latão e chapas de aço galvanizado, etc.;
- d) Materiais orgânicos como madeira natural ou industrializada, plásticos diversos, materiais betuminosos, tintas e adesivos, papel de embalagem, restos de vegetais e outros produtos de limpeza de terrenos.

2.5.5 Unidades de Reciclagem de RCD

Os equipamentos necessários à operação de uma recicladora são semelhantes aos de atividades de mineração com as devidas adaptações.

As unidades de reciclagem e beneficiamento de RCD mais conhecidas como Usinas de Reciclagem de RCD apresentam basicamente em seu fluxo de atividades:

- a) Recepção do entulho;
- b) Separação dos resíduos Classe A e Classe B, sendo que os resíduos classe A seguem para o processo de reciclagem;
- c) Britagem
- d) Separação magnética de ferrosos
- e) Peneiramento
- f) Estocagem dos materiais reciclados

Basicamente a operação de reciclagem de RCD é configurada de acordo com o fluxograma identificado na Figura 5:

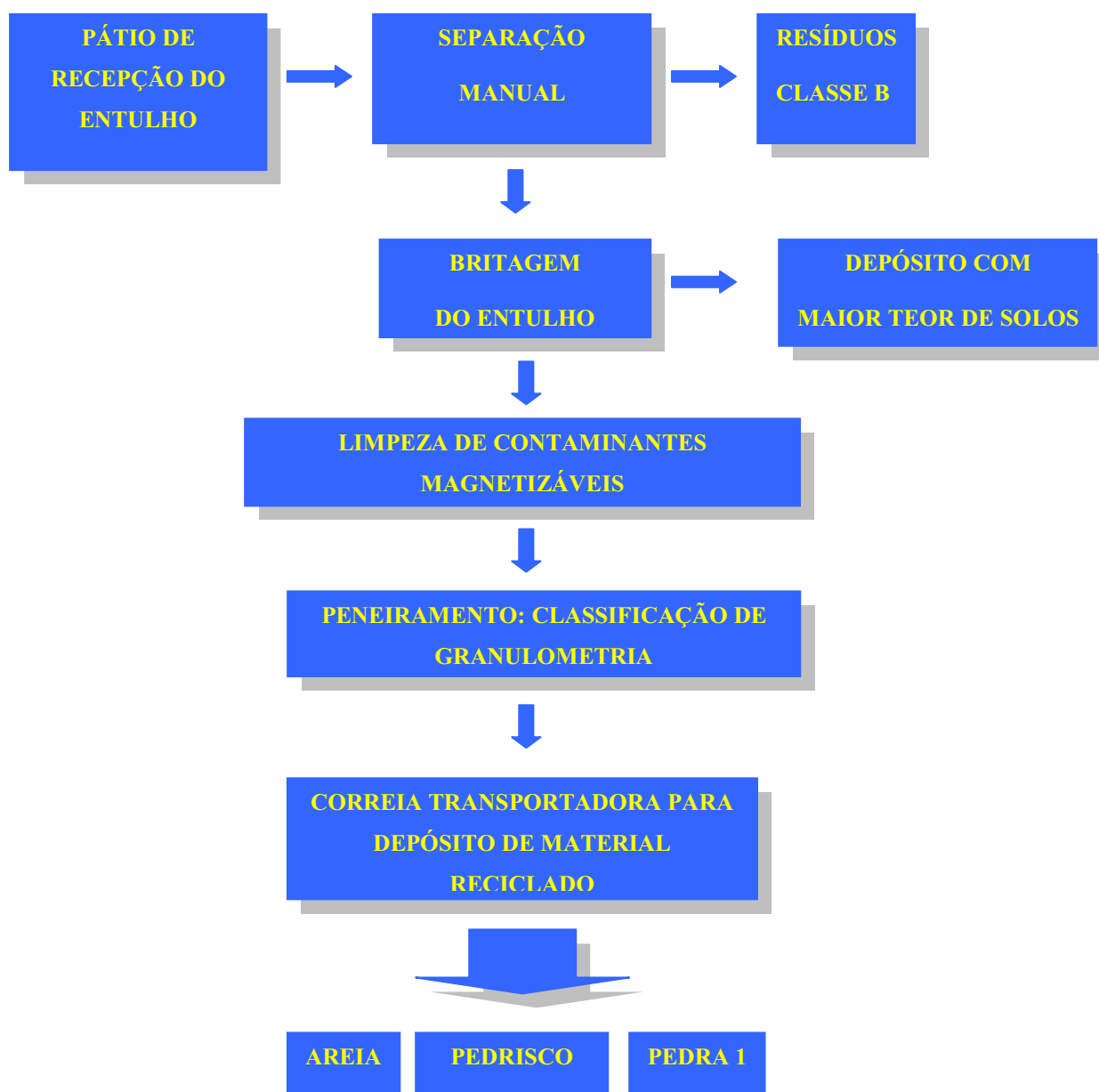


Figura 5: Fluxograma do processo de reciclagem de RCD
 Fonte: Adaptado de Lanzelloti et al. (2004)

2.5.5.1 Recepção do Entulho

O primeiro processo nas Usinas de reciclagem é o recebimento dos resíduos no pátio de recepção de entulho. Este pátio é necessário para armazenar os RCD trazidos pelas empresas que fazem o transporte do entulho desde o ponto de coleta até a usina (Figura 6).

No momento de recepção das caçambas na Usina as mesmas já devem passar por uma pré-seleção visual para determinação de sua predominância antes

de seu descarregamento. Assim as caçambas com volume predominante de blocos de concreto ou produtos cerâmicos (Figura 7) devem ser descarregadas em local separado das caçambas com maior teor de solos (Figura 8).

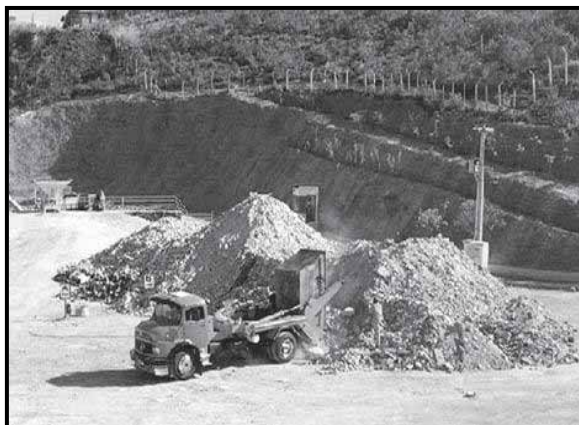


Figura 6: Pátio de recepção de entulho
Estoril Belo Horizonte – MG
Fonte: SINDUSCON-MG (2005)



Figura 7: Recepção de entulho – São Carlos

A pré separação visual é importante para facilitar a separação dos resíduos classe A dos demais resíduos, separação esta que é realizada de forma manual para obtenção de um melhor agregado reciclado.



Figura 8: Pátio de recepção de entulho da Usina de Reciclagem de
São José do Rio Preto (predominância de solos)
Fonte: (Autor, 2009)

O pátio de recepção do entulho deve ter ainda espaço suficiente para possibilitar a operação de separação dos resíduos classe A dos demais resíduos que não passarão pelo processo de reciclagem.

2.5.5.2 Alimentador Vibratório

Através de uma máquina pá carregadeira os resíduos classe A são transportados para um alimentador vibratório. Nesta fase os resíduos com maior teor de solos já passam por um processo de peneiramento através de uma grelha instalada no alimentador vibratório (Figura 9). O solo que sofreu peneiramento é transportado por uma esteira até o depósito de solos reciclados. Mas a função principal do alimentador vibratório é abastecer o britador que fará a trituração dos resíduos (Figura 10).



Figura 9: Alimentador vibratório abastecido por máquina pá carregadeira na usina de reciclagem de São José do Rio Preto
Fonte: (Autor, 2009)



Figura 10: Grelha para peneiramento de solos em alimentador vibratório na usina de reciclagem de São Carlos
Fonte: Autor (2009)

2.5.5.3 Britagem

O processo mais significativo durante a fase de reciclagem dos RCD é a britagem. A britagem é a atividade de produção caracterizada pela trituração dos RCD transformando-os em partículas de menor volume com variadas dimensões.

Apresentam como configuração mais usual o sistema de britagem de mandíbulas e de impacto. Nas usinas de reciclagem que operam com sistema de britagem de mandíbulas, os RCD são esmagados, porém sem redução significativa de suas partículas, sendo necessário a rebitagem em caso de necessidade de partículas com dimensão ou tamanho menor (Figura 11).

Nas usinas que operam com britador de impacto (Figura 12) a britagem dos RCD ocorre através do choque de martelos maciços fixados por um rotor e pelo choque com placas fixas, produzindo assim partículas de menor tamanho ou dimensão (BARROS, 2005).



Figura 11: Britador de mandíbulas

Fonte: Buttler (2003)



Figura 12: Britador de impacto

Fonte: Zenith (2009)

Algumas Usinas de reciclagem apresentam também britadores do tipo cone e moinhos de rolo. O Quadro 4 apresenta as principais características dos britadores utilizados nas unidades de reciclagem de RCD.

Equipamento	Processo	Características
Britador de mandíbula	O material chega à câmara de britagem, onde é literalmente mastigado por mandíbulas	Agregados graúdos. Apresentam distribuição granulométrica ideal para a produção de concretos estruturais.
Cone de britagem	O material chega à câmara de britagem, onde é esmagado contra as paredes de um cone O material utilizado na alimentação deve ter sido previamente britado	Agregados graúdos Equipamento ideal para utilizar como britador secundário para processar material com diâmetro máximo inferior a 200 mm
Moinhos de martelos rotativos ou britador de cilindros	O material é conduzido, por uma correia transportadora, até a câmara de britagem, onde será literalmente esmagado	Agregados miúdos. São equipamentos raramente utilizados, pois só produzem material de granulometria fina.
Britadores de impacto	Após atingir a câmara de britagem, sofre sucessivos impactos, por martelos que giram permanentemente.	Agregados graúdos. São equipamentos utilizados para obtenção de agregados com granulometria ideal para aplicação em obras rodoviárias. São menos sensíveis aos materiais que não podem ser britados, como as barras de aço da armação.
Moinhos de rolo	O material é depositado manualmente na câmara de britagem, onde, por esmagamento, é transformado em areia com a granulometria desejada.	Os agregados miúdos produzidos nesse equipamento têm granulometria controlada em função do tempo de moagem. O processo de moagem e produção de argamassa é simultâneo.

Quadro 4: Características dos principais britadores utilizados em usinas de reciclagem
Fonte: Levy (1997) apud Cunha (2007)

2.5.5.4 Separação Magnética de Ferrosos

Após a britagem, os RCD passam por separação magnética acoplada à esteira transportadora dos materiais triturados. Através de um ímã tipo esteira os resíduos ferrosos são separados para não contaminar os resíduos a serem peneirados para uso como agregado. (Figura 13):



Figura 13: Separador magnético usina de reciclagem de São José do Rio Preto

2.5.5.5 Peneiramento e Definição de Granulometria

Após a etapa de britagem, os RCD são transportados por esteiras com a possibilidade de obtenção de dois tipos de produtos finais. Se a opção de utilização dos resíduos for destinada à pavimentação, ou seja, utilização em base de asfalto, o material a ser produzido será do tipo “brita corrida”.

Para obtenção deste material o RCD já britado não passa por peneiramento final, sendo transportado diretamente para o depósito de brita corrida, apresentando granulometria heterogênea. Este processo pode ser observado na Figura 14.



Figura 14: Transporte de RCD triturado para depósito de brita corrida usina de reciclagem de São José do Rio Preto e São Carlos

Se a opção pela utilização do RCD reciclado for o emprego como agregado para construção civil, ou seja, pedra, pedrisco e areia, o material já britado é transportado por esteiras até uma peneira vibratória.

A função da peneira vibratória é definir a granulometria do agregado desde o de maior dimensão até o mais fino. Salienta-se que neste momento o material ideal a ser peneirado é o proveniente da britagem de concretos, ou seja, material cinza. O funcionamento da peneira é ilustrado nas Figuras 15 e 16.



Figura 15: Malha para peneiramento e definição granulométrica
Fonte: Autor (2009)



Figura 16: Peneira vibratória e depósito de agregados reciclados
Fonte: Autor (2009)

2.6 Utilização de Agregado Reciclado na Construção Civil

Em nível de Brasil, diversas pesquisas elaboradas dão suporte à produção e à utilização de concreto com agregado reciclado do ponto de vista técnico e econômico. Ainda de acordo com essas pesquisas as aplicações consideradas

ideais para tal finalidade seriam: pavimentos rodoviários, concretos com ou sem fins estruturais e a produção de elementos pré-moldados para indústria de construção civil. (LEITE, 2001; JOHN, 2000; SANTOS, 2007 apud LEVY, 2007, p.1633).

2.6.1 Agregado Reciclado

A forma mais simples de utilização dos RCD reciclados é na forma de agregados para construção civil. Agregados são fragmentos de rochas, popularmente denominados “pedras” e “areias”. Estes fragmentos ou agregados com tamanho e propriedades adequadas são utilizados nas mais diversas obras de infra-estrutura civil, como edificações, pavimentação e barragens (FARIAS e PALMEIRA, 2007).

Durante a fase de reciclagem os RCD são classificados de acordo com sua origem e dimensão (D), gerando pelo menos 5 tipos de subprodutos apresentados no Quadro 5, sendo possível substituir em determinadas obras o agregado natural (pedra ou areia) pelo agregado reciclado ilustrado nas Figuras 17 e 18.

Produto	Características
Areia	D máx < 4,8 mm Provém de blocos de concreto demolido
Pedrisco	D máx < 6,3 mm Provém de blocos de concreto demolido
Pedra Brita 1 ou 2	D máx < 39 mm Provém de blocos de concreto demolido
Brita Corrida	D máx < 63,0 mm Provém de resíduos de Construção civil
Rachão	D máx < 150,0 mm Provém de resíduos de Construção civil

Quadro 5: Produção de agregados reciclados
Fonte: Levy (2007)



Figura 17: Areia e pedra brita 1 reciclados
Fonte: D' Lucca (2005) apud Levy (2007)



Figura 18: Pedra brita 1 e brita corrida

2.6.2 Blocos de Concreto para Vedação

No Brasil pode-se observar alguns casos de obras produzidas com blocos de concreto fabricados a partir de resíduos da construção. Um exemplo é a construção do edifício Torre Almirante nos anos 2003 a 2004 no Rio de Janeiro.

Com a demolição de um antigo esqueleto de um prédio de nove pavimentos que produziram cerca de 5.000 m³ de entulho, os resíduos foram transformados em 600.000 blocos de 14x14x39 cm e utilizados na construção de 600 casas populares, conforme ilustrado na Figura 19 (CAMPANILI, 2005 apud LEVY, 2007).

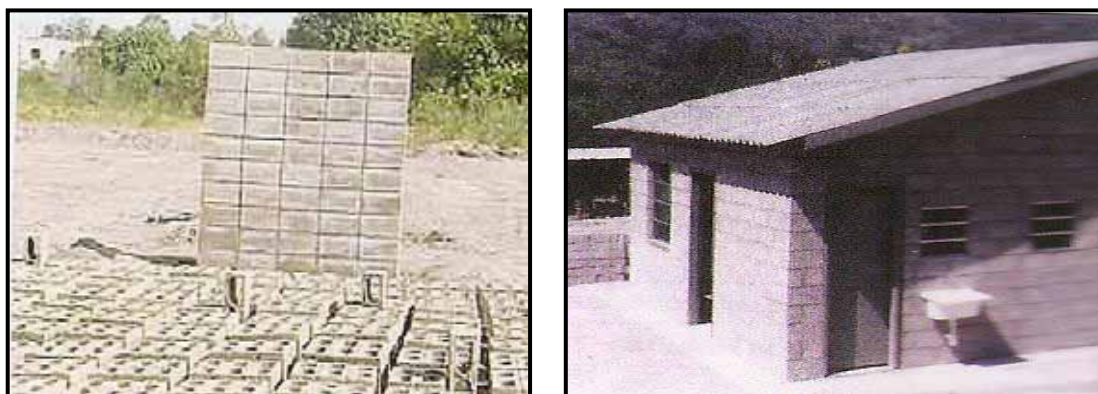


Figura 19: Blocos produzidos com resíduos de demolição e modelo de residência construída com blocos produzidos a partir de agregados reciclados
Fonte: Campanili (2005) apud Levy (2007)

2.6.3 Artefatos de Cimento

Outra possibilidade de utilização de resíduos da construção civil é na fabricação de produtos para obras de infra-estrutura como construção de tubos para galeria de águas pluviais, guias para meio-fio, lajotas sextavadas, mourões e ornamentos para praças e áreas de lazer.

A Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto mantém junto às instalações da Usina de Reciclagem de Entulho uma Fábrica de artefatos de cimento onde são utilizadas partes dos agregados reciclados pela Usina. Após a produção dos artefatos, os mesmos são utilizados em obras do município, atendendo as diversas secretarias como Obras, Meio Ambiente e Educação, gerando economia na compra dos agregados. Os materiais obtidos são ilustrados nas Figuras 20 e 21.



Figura 20: Tubos para galeria de águas pluviais, lajotas sextavadas e postes



Figura 21: Guias, meio fio e bancos

Na usina de Reciclagem de São Carlos, os agregados reciclados são adicionados aos agregados naturais para produção de materiais utilizados em obras de infra-estrutura, conforme ilustrado nas Figuras 22 e 23.



Figura 22: Produção de piso intertravado com utilização de agregado reciclado na usina de reciclagem de RCD no Município de São Carlos



Figura 23: Produção de piso ornamental com utilização de agregado reciclado na usina de reciclagem de RCD do Município de São Carlos

2.6.4 Argamassa

De acordo com Levy (2007), nos anos 90, a substituição de agregados miúdos naturais por agregados reciclados foi usual na produção de argamassas para assentamento de alvenaria e até mesmo em argamassas para revestimento, caindo em desuso ao longo dos anos.

Para Miranda (2000) apud Levy (2007), o maior problema da utilização de RCD em argamassa é a quantidade de agregados finos, superior a 30%. Esse elevado teor de finos exige o aumento da quantidade de água para manter a consistência da argamassa, favorecendo o surgimento de trincas e fissuras.

2.6.5 Pavimentação

A utilização de agregados reciclados na forma de base e sub-base de asfaltos apresenta as características mais simples de reutilização dos resíduos reciclados, sendo aplicado na forma de brita corrida.

Este processo apresenta menor uso de tecnologia implicando menores custos, além de utilizar todos componentes da fração mineral dos resíduos sem a necessidade de separação prévia e em grandes quantidades. Há também economia de energia, pois o resíduo pode ser aplicado na obra a ser pavimentada com granulometria maior sem a necessidade de maior trituração.

A Prefeitura Municipal de Uberlândia no Interior do Estado de Minas Gerais já utiliza RCD reciclado como brita corrida em algumas obras de pavimentação, sendo que o material reciclado foi utilizado durante a fase de execução da base e sub-base do pavimento antes de receber a camada final de asfalto.

Tal experiência apresentou resultados satisfatórios principalmente quanto aos testes de resistência do pavimento, levando a Prefeitura do Município de Uberlândia a incluir em seus processos licitatórios a opção de utilização dos RCD reciclados em suas obras de pavimentação. As Figuras 24 e 25 apresentam obra com trecho de 880 metros onde a Prefeitura utilizou os RCD na fase de preparação da base asfáltica:



Figura 24: Construção de base de pavimento com a utilização de RCD reciclado como brita corrida no Município de Uberlândia-MG
Fonte: Dias et al. (2007)



Figura 25: Asfalto aplicado sobre base preparada com RCD reciclado na forma de brita corrida no Município de Uberlândia-MG.
Fonte: Dias et al. (2007)

2.6.6 Normatização Técnica na Utilização de Agregados Reciclados

O emprego de instrumentos legais possibilita o interesse de mercados para os produtos reciclados a exemplo de Países em desenvolvimento. Na década de 1990, os Estados Unidos criaram leis para regulamentar a disposição correta dos RCD sendo que mineradoras investiram no mercado de reciclagem adicionando aos agregados naturais os agregados reciclados.

Segundo empresários do setor de reciclagem nos Estados Unidos, apesar do investimento inicial na atividade ser alto, o retorno é rápido, e o marketing dos

sistemas de reciclagem aumentou 1.000% durante a década de 1980. O resultado positivo do mercado de reciclagem nos países do Norte está diretamente relacionado às legislações, fiscalizações e Poder Judiciário eficiente (ZORDAN, 1997 apud CUNHA, 2007).

O Brasil é um dos poucos países que contam com a aprovação de normas técnicas específicas para utilização de agregados reciclados. Entre os anos 2003 e 2004, através de estudos realizados pelo Comitê Técnico para o Meio Ambiente do Instituto Brasileiro do Concreto (CT-MAB IBRACON) e o Grupo de Estudos sobre Agregados Reciclados do Sinduscon-SP foi elaborado texto base que deu origem às normas técnicas aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) referente à operação de reciclagem e uso dos agregados (LEVY, 2007).

Cunha (2007) apresenta as normas técnicas aprovadas pela ABNT, bem como os procedimentos referentes ao manejo dos RCD válidas a partir de 2004:

- **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15112.** Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: regulamenta os requisitos necessários para projeto, implantação e operação de ATTs, classificando os resíduos da construção civil em classe A, B, C e D; estabelece as condições de implantação quanto ao isolamento, identificação, equipamentos de segurança, sistemas de proteção ambiental e condições para pontos de entrega de pequenos volumes; determina as condições gerais para projeto e as condições de operação.

- **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15113.** Resíduos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação: estabelece as condições de implantação fornecendo critérios para localização, acessos, isolamento e sinalização, iluminação e energia, comunicação, análise de resíduos, treinamento, proteção das águas subterrâneas e superficiais, as condições gerais para projeto e as condições de operação.

- **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15114.** Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: regulamenta as condições de implantação com os critérios para localização, isolamento e sinalização, acessos, iluminação e energia, proteção das

superfícies, preparo da área de operação, as condições gerais para projeto e condições de operação.

• **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15115.** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos: a norma trata de estabelecer critérios para a execução das camadas de pavimentação com agregados reciclados, apresentando os requisitos que os materiais e equipamentos devem obedecer para execução das camadas, assim como o seu controle tecnológico.

• **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15116.** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos: estabelece os requisitos para o emprego do agregado reciclado destinado à obra de pavimentação viária e obra que utilize o concreto sem função estrutural.

3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA E FINANCEIRA

A decisão da aceitação de um projeto de investimento ou escolha da melhor alternativa pode ser estabelecida a partir da análise de indicadores econômicos e financeiros.

Tais indicadores possibilitam ao gestor ou aos profissionais envolvidos no projeto, a análise da geração de valor para a empresa ou a instituição em que o empreendimento será desenvolvido.

Os indicadores são frutos dos cálculos financeiros dos desembolsos realizados com a expectativa de obtenção de benefícios futuros. Para Lapponi (2007), estes desembolsos podem ser realizados em ativos tangíveis como a compra de terreno, construção de prédios e aquisição de equipamentos. Neste caso, o objetivo de um investimento poderá ser o lançamento de uma nova planta para produção de um novo bem ou a ampliação da capacidade instalada. Destaca ainda que os desembolsos financeiros podem ser realizados em ativos intangíveis como pesquisa, desenvolvimento e treinamento de pessoal.

Para Assaf Neto (2005, p. 305) os métodos quantitativos de análise econômica de investimento podem ser classificados em dois grandes grupos:

Os que não levam em conta o valor do dinheiro no tempo e os que consideram essa variação por meio do critério do fluxo de caixa descontado. Em razão do maior rigor conceitual e da importância das decisões de longo prazo, dá-se atenção preferencial para os métodos que compõem o segundo grupo. Em verdade, a avaliação de um ativo é estabelecida pelos benefícios futuros esperados de caixa trazidos a valor presente mediante uma taxa de desconto que reflete o risco de decisão. Exceção é geralmente feita, no entanto, ao método do tempo de retorno do investimento (período de payback), o qual, apesar de ser formalmente enquadrado no primeiro grupo, tem grande importância decisória e permite ainda, seu cálculo em termos de valor atualizado.

3.1 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa é o elemento utilizado em grande escala pelos administradores ou gestores para visualização e projeção dos fluxos financeiros da empresa ao longo de um determinado período.

Para Gitman (1997), na análise de projetos de novos investimentos é de extrema importância a consideração do fluxo de caixa “incremental”, pois este

considera os fluxos de caixa adicionais, ou seja, entradas ou saídas esperados, como resultado de um investimento inicial proposto.

Para Lapponi (2007) o fluxo de caixa de um novo projeto não deve ser formado com o lucro líquido periódico, pois este lucro inclui despesas sem desembolsos a exemplo do item depreciação de ativos.

No fluxo de caixa devem participar estimativas do próprio projeto, como custo ou investimento inicial, as receitas ou economias além dos correspondentes custos. Este fluxo de caixa pode ser denominado como fluxo de caixa livre ou fluxo de caixa do projeto, conforme sua estrutura ilustrada na Figura 26.

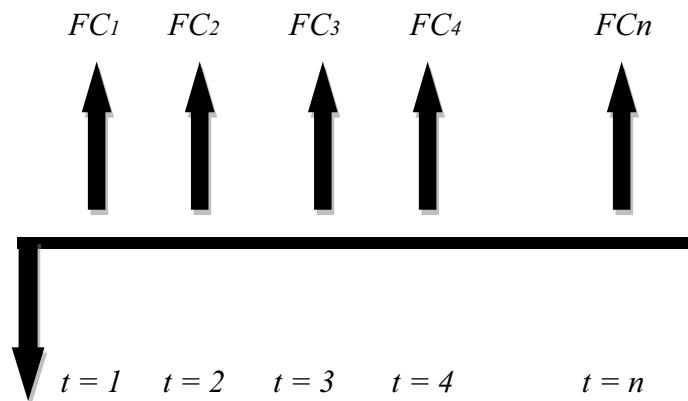


Figura 26: Fluxo de caixa
Fonte: Adaptado de Lapponi (2007)

Onde:

FC_0 = Fluxo de caixa no instante zero ou investimento inicial

FC_n = Valor de fluxo de caixa ao longo dos períodos

t = Períodos

3.2 Prazo de Recuperação do Capital Investido

O Prazo de recuperação do capital investido pode ser obtido por um indicador conhecido como *payback*. Este indicador apresenta o período de tempo necessário para a empresa recuperar o capital investido no projeto, sendo na maioria dos projetos de longo prazo calculado em anos.

Esta alternativa pressupõe inicialmente a definição de um limite de tempo máximo para retorno do investimento. Após a definição deste prazo, é analisado o fluxo de recursos previstos no projeto, comparando o montante de capital a ser investido com as projeções dos resultados futuros.

Neste ponto o payback permite verificar o período onde o saldo do projeto tornou-se zero (expressão 3), sendo que análise desse indicador permite ao tomador de decisão verificar se aceita ou rejeita o projeto em função do tempo alcançado.

$$Payback = \frac{I}{L} \quad (3)$$

Sendo:

Payback = Prazo de recuperação do capital investido

I = Investimento inicial

L = Lucro médio por período

Gitman (1997) destaca os prós e contras do emprego do método payback, sendo um de seus principais pontos positivos a facilidade de cálculo:

“[...] Ele é atraente porque considera fluxos de caixa ao invés de lucros contábeis e também porque leva em certa consideração, implicitamente, a época de ocorrência dos fluxos de caixa. Por ser uma medida de risco, muitas empresas usam o período de payback como critério básico de decisão ou como complemento de as técnicas de decisão mais sofisticadas”.

O autor destaca como ponto negativo do emprego do payback o fato de não ser considerado o fator tempo em relação ao valor do capital:

“[...] Essa abordagem falha ao deixar de considerar integralmente o fator tempo no valor do dinheiro. Ao medir a rapidez com que a empresa recupera seu investimento inicial, ela leva em consideração apenas implicitamente a época de ocorrência dos fluxos de caixa. Outra deficiência é que não reconhece os fluxos de caixa que ocorrem após o período de payback”.

Para suprir a deficiência do método *payback* em relação ao valor do dinheiro no tempo, pode-se utilizar outro indicador de prazo de recuperação do capital chamado de *payback* descontado.

Neste caso os fluxos futuros de caixa são descontados a uma taxa de desconto ou a própria Taxa Mínima de Atratividade (TMA), trazendo os fluxos a valor presente para depois proceder com o cálculo do número de períodos necessários à recuperação do capital inicial.

Para proceder à aceitação do projeto em relação ao *payback* descontado, pode-se ainda recorrer a comparação deste *payback* em relação ao chamado tempo de tolerância para recuperação do capital investido, sendo este o número de períodos máximo que o investidor ou gestor do projeto espera obter o retorno do capital investido (LAPPONI, 2007).

3.3 Valor Presente Líquido (VPL)

Por considerar explicitamente o valor do dinheiro no tempo, o Valor Presente Líquido (VPL) ou Valor Atual Líquido (VAL) é considerado uma técnica sofisticada de análise de projetos amplamente utilizada pelos tomadores de decisão em análise de investimentos.

Bruni e Fonseca (2005), destacam a importância da utilização deste indicador:

“[...] Esta recomendação está fundamentada no fato de que o VPL considera o valor temporal do dinheiro (um recurso disponível hoje vale mais do que amanhã, porque pode ser investido e render juros), não é influenciado por decisões menos qualificadas (preferências do gestor, métodos de contabilização, rentabilidade da atividade atual), utiliza todos os fluxos de caixa futuros gerados pelo projeto, refletindo toda a movimentação de caixa. Além disso, permite uma decisão mais acertada quando há dois tipos de investimentos, pois, ao considerar os fluxos futuros a valores presentes, os fluxos podem ser adicionados e analisados conjuntamente, evitando a escolha de um mau projeto só porque está associado um bom projeto”.

O VPL desconta os fluxos de caixa da empresa a uma taxa especificada, sendo que tal taxa pode ser chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade ou custo de capital (GITMAN, 1997). A expressão 4 representa o cálculo do VPL.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - I \quad (4)$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido

FC_t = Fluxo de caixa no momento t

k = Taxa de desconto

I = Investimento inicial

Lapponi (2007) acrescenta que o VPL é o lucro extra gerado pelo projeto depois de recuperar e remunerar o custo inicial em função da taxa requerida de desconto. Para o autor a decisão em aceitar um projeto é definida comparando-se o VPL com valor de referência zero sendo:

a) Se $VPL > 0$, o investimento inicial será recuperado e remunerado com a taxa requerida k . O projeto criará valor para a empresa ou organização medido na data inicial pelo VPL. Sendo o VPL maior que zero, o projeto poderá ser aceito.

b) Se $VPL < 0$, o investimento inicial não será recuperado nem remunerado em função da taxa requerida k . Neste caso, o projeto deverá ser rejeitado porque sua aceitação causará decréscimo no valor da empresa.

c) Se $VPL = 0$, indica que o investimento inicial será recuperado e remunerado à taxa exigida mas não acrescentará valor para a empresa.

Para determinação do cálculo de VPL, é necessário a utilização de uma taxa k (taxa de desconto) também conhecida como Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

3.4 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros, ou seja, uma proposta de investimento para ser atrativa, deve render no mínimo esta taxa. Outro enfoque dado a TMA é que ela deve ser o custo de capital investido na proposta em questão, ou ainda, o custo de capital da empresa mais o risco envolvido em cada alternativa de investimento (MONTEVECHI; PAMPLONA, 2006). Basicamente a TMA, deve incorporar os seguintes itens:

a) Custo de capital do negócio, ou seja, levar em consideração o custo de financiamento ou das fontes de recursos a serem empregadas no projeto;

b) Custo de oportunidade, neste caso o valor que a organização ou empresa deixará de receber caso opte por outros investimentos em detrimento do projeto em estudo. Moura (2006) define o custo de oportunidade como sendo equivalente à perda que o capital investido sofre por estar aplicado ao projeto e não estar aplicado em outras modalidades de investimentos como caderneta de poupança, renda fixa ou ações;

c) A taxa de lucro desejada;

d) Taxa de risco associada ao projeto;

e) Taxa de inflação esperada.

3.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)

O método de taxa interna de retorno (TIR) representa a taxa de desconto que iguala em determinado momento (geralmente usa-se a data de início do investimento – momento zero), as entradas e saídas previstas de caixa. (ASSAF NETO, 2005 p. 309).

Para Gitman (1997, p. 330):

A Taxa Interna de Retorno é definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa ao investimento inicial referente a um projeto. A TIR em outras palavras, é a taxa de desconto que faz com que o VPL de uma oportunidade de investimento iguale-se a zero.

Para Gitman a TIR iguala a zero o VPL através da seguinte expressão:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - I \quad (5)$$

Sendo:

FC_t = Fluxo de caixa no momento t

I = Investimento inicial

TIR = Taxa Interna de Retorno

O resultado da TIR deve ser comparado à taxa de desconto do projeto ou a TMA, sendo que para aceitação do projeto, a TIR deve ser maior que a TMA, significando que os itens que compõe a TMA como custo de oportunidade, taxa de inflação e lucro foram superados.

De acordo com Lapponi (2007), Bruni E Fonseca (2005) a consistência do projeto quando analisado pela TIR é dado em função das seguintes situações:

- a) Se $TIR > TMA$, o custo inicial será recuperado e remunerado com a taxa desejada, e o projeto criará valor para a empresa, logo o projeto deve ser aceito;
- b) Se $TIR = TMA$, o projeto é indiferente;
- c) Se $TIR < TMA$, o custo inicial não será recuperado nem remunerado pela taxa desejada, devendo neste caso optar pela rejeição do projeto.

3.6 Análise de Sensibilidade

As variáveis de entrada ou saída de recursos nos projetos de investimento podem apresentar significativas variações ao longo de seu desenvolvimento, sendo que o resultado dos indicadores utilizados na avaliação do projeto é suscetível a estas variações.

Estas variações podem ser avaliadas através da Análise de Sensibilidade, que tem por objetivo apresentar o grau de impacto que a variação de uma determinada estimativa (como por exemplo, os custos) pode exercer no resultado econômico do projeto.

As variáveis que determinam os fluxos de caixa de um projeto são baseadas em uma distribuição de probabilidade em vez de serem conhecidas com certeza. A análise de sensibilidade é uma técnica que indica quanto o VPL mudará em resposta a determinada alteração em uma variável de entrada enquanto outros fatores permanecem constantes (BRIGHAM et al., 2001, p. 487).

Hirschfeld (2000, p. 386) define o objetivo da análise de sensibilidade:

A análise de sensibilidade tem por finalidade auxiliar na tomada de decisão ao se examinarem eventuais alterações de valores, como do valor presente líquido, do valor uniforme líquido, do valor futuro líquido ou de outro qualquer valor representativo de um fluxo de caixa produzidas por variações nos valores dos parâmetros componentes.

Gitman (1997) define a análise de sensibilidade como uma abordagem comportamental para avaliar o risco a qual usa inúmeras alternativas de retorno possíveis para obter uma percepção da variabilidade entre os resultados. O Autor destaca a utilização de faixas de variações a fim de verificar estas variabilidades:

Um método comum envolve a estimativa dos retornos pessimistas (piores), dos mais prováveis (esperados) e dos otimistas (os melhores) relativos a um dado ativo. Nesse caso o risco do ativo pode ser medido por uma faixa, a qual é encontrada subtraindo-se os resultados pessimistas (os piores) dos resultados otimistas (os melhores). Quanto maior for a faixa para um dado ativo, maior é a variabilidade, ou risco que ele apresenta (GITMAN, 1997 p. 205).

3.7 Análise de Risco do Projeto

As previsões de fluxo de caixa dos projetos de investimentos são realizadas em função de estimativas sendo que tais estimativas apresentam um nível de incerteza quanto a estas previsões.

As variáveis como receitas, custos e volumes envolvidos no projeto podem ser estimadas com base em valores históricos ou de forma subjetiva, existindo assim a possibilidade e o risco destes valores pré-determinados não ocorrerem, afetando o resultado final da análise econômica e financeira.

Em virtude do componente de risco, as estimativas de retorno são construídas através de probabilidades de forma a estimar o grau de incerteza. Como exemplo, pode-se proceder à análise de retorno do projeto de investimento no Equipamento X, conforme descrição dos valores na Tabela 6:

Tabela 6: Estimativas de retorno do investimento do equipamento X:

Investimento	Retorno	Probabilidade
Equipamento X	R\$ 35.000,00	15%
	R\$ 25.000,00	35%
	R\$ 10.000,00	50%

Andrade (2004) define o risco de projeto como uma estimativa do grau de incerteza existente no processo de tomada de decisão, ou seja, encontrar uma estimativa do risco envolvido. É a probabilidade de haver variações nos resultados previstos não importando se essas variações são para mais ou para menos.

O autor ainda acrescenta que o maior problema no caso da análise de risco, é a estimativa das probabilidades, já que muitas vezes o gestor do projeto se vê diante de um problema inteiramente novo. O autor acrescenta que as principais considerações do risco em projetos de investimento podem assim ser estabelecidas:

- a) Exigir um período de retorno de capital menor para projetos de retorno mais arriscados;
- b) Aplicação de critérios lógicos de decisão em condições de incerteza que permitem a escolha da alternativa que forneça o maior retorno ou a menor perda esperada, segundo o enfoque que deu origem ao critério;
- c) Utilização da TMA acrescida de valor correspondente ao risco do investimento, de modo que, quanto maior o risco do projeto, mais elevada a taxa utilizada para cálculo do valor presente (ANDRADE, 2004).

4 METODOLOGIA

Este capítulo aborda a metodologia empregada no trabalho, elucidando os métodos de pesquisa empregados com destaque para a fase de coleta e tabulação dos dados a fim de atender os objetivos geral e específico da dissertação.

4.1 Método de Pesquisa

Para atingir o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho, a técnica de pesquisa empregada foi o **estudo de caso**, sendo a unidade de estudo de desenvolvimento foi Município de Lençóis Paulista.

Esta cidade foi escolhida como unidade de estudo em função da Prefeitura deste Município apresentar a necessidade de um projeto que contemple as variáveis envolvidas na instalação de uma Usina de Reciclagem de RCD para resolver a problemática da disposição final destes resíduos.

Quanto aos objetivos a pesquisa enquadra-se na forma de **exploratória**, pela necessidade de levantamento bibliográfico, como fonte para entendimento do estado da arte relacionado ao tema reciclagem de resíduos, e as experiências observadas que possam colaborar com os objetivos desta pesquisa.

Em relação à forma de abordagem do problema trata-se de pesquisa **quantitativa**, pois para proceder aos levantamentos da geração de RCD e análise dos resultados econômicos e ambientais, são empregados recursos e métodos da estatística e engenharia econômica.

A pesquisa apresenta-se como **aplicada** do ponto de vista de sua natureza, pois de acordo com Menezes e Silva (2005), os conhecimentos adquiridos em pesquisas aplicadas estão intimamente direcionados à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Tais problemas específicos no caso desta pesquisa envolvem a definição e apresentação de indicadores econômicos e ambientais oriundos da reciclagem de RCD no Município de Lençóis Paulista.

4.2 Caracterização da Unidade de Estudo

Conhecida como cidade do livro o Município de Lençóis Paulista foi fundado em 28 de abril de 1858, localizando-se na região centro-oeste do estado de São

Paulo, na microrregião de Bauru (Figura 27) e distante a 300 Km da capital São Paulo. Em uma área de 803,86 km², possui uma população de 63.314 habitantes, (IBGE, 2009), sendo prioritariamente urbana.



Figura 27: Localização do Município de Lençóis Paulista (SP)
Fonte: Wikipédia (2009)

A indústria é a base econômica do Município com destaque para produção de açúcar, álcool, celulose, refino de óleo, alimentos e estruturas metálicas. Na agricultura destaque para a cultura da cana-de-açúcar e madeira. No setor de serviços o comércio apresenta constante crescimento, além de contar com três escolas técnicas e uma faculdade. A Tabela 7 apresenta os principais indicadores do Município de Lençóis Paulista:

Tabela 7: Principais Indicadores do Município de Lençóis Paulista

Indicador	Valor	Ano referência
Densidade demográfica	78,24	2009
Taxa geométrica de crescimento da população (2000/2009) em % a.a.	1,51	2009
Grau de urbanização	97,67	2009
Taxa de natalidade (Por mil habitantes)	14,17	2008
Taxa de mortalidade infantil (Por mil nascidos)	10,24	2008
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	0,813	2000
PIB per capita	R\$ 26.006,47	2007
Participação do PIB no Estado (%)	0,171	2007

Fonte: Seade (2010)

4.3 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município

A fim de criar normas e procedimentos referentes à gestão de resíduos urbanos, o Município de Lençóis Paulista implantou no ano 2001 seu Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (PGIRSU) através da Diretoria de Agricultura e Meio Ambiente.

O Município conta com uma Usina de reciclagem e compostagem de lixo fundada pela Prefeitura Municipal em 1993, mas até o ano 2000 a mesma operou alternadamente sendo administrada pelo poder público e através de terceirização, sendo que suas instalações permaneceram por vários anos sucateadas com pouca utilização da capacidade instalada, devido a falta de investimentos.

A partir de 2001, com o PGIRSU a Usina foi reativada e passou a receber novos investimentos que ampliaram sua capacidade de produção. Neste período, a Prefeitura criou um projeto denominado “Cidade Limpa e Solidária” que foi premiado em um concurso promovido pela Caixa Econômica Federal e Ministério das Cidades entre as dez melhores práticas locais de desenvolvimento sustentável.

Este projeto contemplou a reestruturação da Usina de Reciclagem e a implantação da coleta seletiva realizada em parceria com uma cooperativa de catadores denominada COOPRELP (Cooperativa de Reciclagem de Lençóis Paulista) e ADEFILP (Associação dos Deficientes Físicos de Lençóis Paulista).

Além de realizar a coleta seletiva, a COOPRELP passou a realizar o trabalho de triagem dos resíduos domiciliares na Usina de Reciclagem, possibilitando a criação de vagas para cerca de 60 cooperados que são ex-catadores de rua e entraram para formalidade.

Esta parceria foi aprovada através da Lei Municipal 3258/2003 que permitiu aos cooperados operarem as instalações da Usina de Reciclagem da Prefeitura. A renda dos cooperados é proveniente da receita da venda dos materiais recicláveis, sendo realizado o rateio por horas trabalhadas.

Com a parceria e o PGIRSU o Município tornou-se referência na gestão de resíduos sólidos domiciliares recebendo pesquisadores e servidores de várias localidades do País a fim de conhecer o projeto.

Antes do PGIRSU os resíduos domiciliares eram aterrados quase que na sua totalidade, e entre os anos 2003 e 2008, apenas 34,2% tiveram este destino. A Figura 28 apresenta a composição dos resíduos domiciliares:

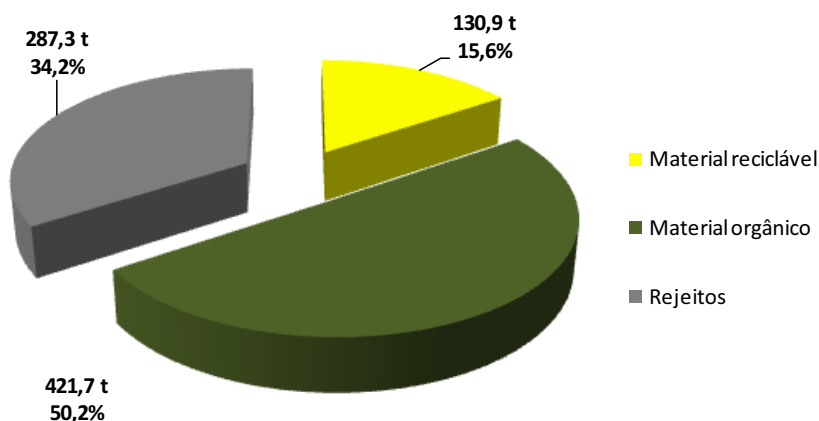


Figura 28: Composição média mensal dos resíduos sólidos domiciliares no Município de Lençóis Paulista (Volume em toneladas)
Fonte: Martins et al. (2007)

Mensalmente o Município gera 840,0 toneladas de resíduos domiciliares, sendo que deste total 130,9 toneladas são recicláveis separados e comercializados pelos cooperados, como papel, plástico, sucata e vidro. Deste total, 40,0 toneladas são provenientes da coleta seletiva que atende 100% do Município, sendo que esta operação pode ser observada na Figura 29.



Figura 29: Coleta seletiva e transporte de materiais recicláveis
Fonte: PMLP (2007)

Até o ano 2008, a Usina operava o processo de compostagem, em 2009 este processo foi temporariamente suspenso devido a falta de mão de obra, pois devido a crise econômica mundial iniciada em Setembro de 2008, os materiais recicláveis sofreram drástica redução de seu valor, sendo que vários cooperados

desligaram-se da cooperativa neste período impedindo a continuidade deste processo.

O PGIRSU e a parceria com os cooperados contemplam ainda a coleta de óleo usado de cozinha e a trituração de galhos oriundos da poda de árvores de vias públicas.

Os RCD são depositados em um bolsão de entulho e os caçambeiros fiscalizados pela Prefeitura.

4.4 Coleta de Dados

4.4.1 Estimativa da Geração de RCD no Município

Antes do dimensionamento dos investimentos necessários à instalação da usina de reciclagem de RCD e de sua avaliação econômica, se fez necessário a identificação do volume de RCD gerado pelo Município. A seguir são descritos os métodos utilizados para obtenção das estimativas do RCD.

Pinto (1999) aponta como metodologia para levantamento do volume de RCD em uma localidade as informações obtidas nas seguintes fontes:

- Volume transportado pelas empresas de caçambeiros coletores de entulho;
- Volume calculado em função da área através da emissão de alvarás de construção emitidos pelas Prefeituras.

Estes métodos já foram explicados anteriormente, mas ambos não serão empregados neste trabalho em virtude dos seguintes motivos:

- Possibilidade de distorção das informações cedidas pelas empresas coletores de entulho;
- Os alvarás emitidos consideram novas construções, não computando as demolições.

Em virtude destes fatores, o método adotado neste trabalho foi o de observação individual por um servidor da Diretoria de Agricultura e Meio Ambiente no bolsão de entulho Municipal, local este utilizado pelas empresas de caçambeiros coletores de entulho para disposição dos RCD.

Este método foi utilizado em função da fiscalização das empresas de caçambeiros pela Prefeitura que garante que todos RCD são destinados ao bolsão de entulho (ESGUÍCERO et al. 2008).

Esta observação possibilitou o levantamento do volume de resíduos dispostos neste local. O levantamento foi realizado durante 30 dias das 07:00 às 18:00 horas, horário de funcionamento do local.

O responsável pelo levantamento anotou em uma ficha diária (**Anexo VI**) a quantidade de veículos que adentravam no local e seu volume. O volume foi classificado de acordo com a dimensão padrão das caçambas sendo:

- 3 metros cúbicos;
- 4 metros cúbicos;
- 5 metros cúbicos;
- 15 metros cúbicos – caminhão basculante

Como observado por Pinto (1999), os resíduos dispostos como oriundos de construção civil tem como característica sua heterogeneidade. Para amenizar este problema e a fim de obter o real volume de resíduos que poderiam ser reutilizados como agregado reciclado o levantamento foi realizado obedecendo a 7 classificações distintas:

- **Entulho** – Caçambas com predominância de resíduos da construção Classe A, como argamassa, concreto e materiais cerâmicos;
- **Solo** – Caçambas com predominância de solos provenientes de escavação ou aterro;
- **Madeira** – Caçambas com predominância de resíduos como poda de árvores e madeira em geral;
- **Papel/sucata/plástico** – Caçambas com predominância de resíduos Classe B;
- **Entulho/madeira** - Caçambas que não possibilitaram a classificação predominante de entulho classe A ou madeira, devido sua heterogeneidade;

- **Entulho/solo** - Caçambas que não possibilitaram a classificação predominante de entulho classe A ou solo, devido sua heterogeneidade;

- **Solo/madeira** - Caçambas que não possibilitaram a classificação predominante de resíduos de madeira ou solo devido sua heterogeneidade;

A classificação entre as classes citadas foi realizada de forma visual após a descarga realizada pelos veículos, levando em consideração a predominância de determinado resíduo.

4.4.2 Classificação dos RCD Através das Amostras

Esta etapa do trabalho tem o objetivo de classificar os RCD no Município de Lençóis Paulista tendo como base as classes de resíduos apresentadas pela resolução 307/2002 do CONAMA.

É importante destacar que a análise foi realizada a partir de amostras retiradas da porção de RCD com predominância de entulho Classe A com maior potencial para reciclagem.

Inicialmente, em uma área separada do bolsão de entulho foram depositadas 15 caçambas de entulho de diferentes dimensões, sendo todas com predominância de entulho Classe A.

Em seguida foram retiradas 3 amostras intencionais de 0,5 m³ cada para proceder a análise a que se objetiva. Os 3 lotes escolhidos e as 3 amostras de 0,5 m³ podem ser observados na Figuras 30 e 31.



Figura 30: Lotes de RCD utilizados para retirada de amostras

As amostras foram retiradas de lotes que apresentavam com clareza a presença de materiais com tijolos, telhas, argamassas e concretos.



Figura 31: Amostras de RCD coletadas para análise

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas a um galpão e despejadas no chão para separação obedecendo à classificação dos seguintes grupos:

- **Grupo 1** - Argamassa, tijolo, telha e pisos cerâmicos (Classe A – CONAMA)
- **Grupo 2** – Concreto (Classe A – CONAMA);
- **Grupo 3** – Outros: Gesso, madeira, galhos, solventes, plástico, papel, sucata, isopor e orgânicos (Classe B, C e D – CONAMA).

O estabelecimento deste padrão de separação e classificação teve o objetivo de determinar qual o volume potencial de RCD que poderá ser reciclado com a finalidade de produção de brita corrida para utilização em pavimentos (Grupo 1) e na forma de pedra e areia para utilização em concretos (Grupo 2). O Grupo 3 apresenta os demais itens que não passarão pelo processo de reciclagem para uso como agregado.

Este padrão de classificação visa aproximar-se da metodologia apresentada por Ângulo (2005 p. 28), que classifica os RCD com predominância mineral simplesmente em “fração mineral vermelha e fração mineral cinza”:

O agregado proveniente de RCD mineral vermelho é empregado em atividades de pavimentação, principalmente em bases de pavimento. O agregado proveniente do RCD mineral cinza é empregado

preferencialmente em calçadas, blocos de concreto e em mobiliários urbanos a base de cimento, como bancos e outros.

Desta forma, os itens do Grupo 1 são os mesmos apresentados como mineral vermelho e do Grupo 2 apresentados como mineral cinza na metodologia desenvolvida por Ângulo (2005)

Finalizada a etapa de separação dos RCD nos grupos estabelecidos o próximo passo foi a pesagem de cada produto separadamente. Os RCD já separados foram ensacados e pesados.

Os pesos das amostras dos 3 grupos foram anotados em um formulário para posterior tabulação a fim de se encontrar uma média dos itens analisados.

Com estas informações, pode-se estimar o dimensionamento da planta de reciclagem, bem como volume que a Prefeitura Municipal poderá utilizar após a reciclagem dos RCD, sendo para uso em pavimentação ou na produção de concreto.

O processo de separação e pesagem das amostras de RCD pode ser observado na Figura 32.



Figura 32: Separação e pesagem das amostras de RCD

4.4.3 Análise dos Indicadores Econômicos

A etapa de análise econômica da instalação da Usina de reciclagem de resíduos de construção civil é precedida pelo levantamento e dimensionamento da estrutura operacional do projeto, e conseqüentemente, a identificação dos recursos financeiros desde o investimento inicial até os custos de operação.

Para conhecer o funcionamento de uma unidade de reciclagem de RCD, desde os equipamentos necessários, os custos fixos e variáveis e sua operacionalização, foram realizadas visitas em duas usinas no interior do Estado de São Paulo, sendo:

- Usina de reciclagem do Município de São José do Rio Preto;
- Usina de reciclagem do Município de São Carlos.

Além destas visitas, foram consultados três fornecedores de equipamentos para usinas de reciclagem de RCD.

4.4.3.1 Investimento Inicial

A usina de reciclagem de RCD será instalada no mesmo local onde se encontra outros setores da Prefeitura Municipal como: Fábrica de artefatos de concreto, Usina de reciclagem de RSD, Usina de asfalto e Depósito de agregados.

Desta forma, alguns itens das rubricas referentes ao investimento inicial já estão disponíveis na estrutura da Prefeitura, não sendo necessário desembolso financeiro para tal fim.

A seguir são apresentadas as rubricas referentes ao investimento inicial do projeto.

a) Área necessária: Referente a área necessária para os seguintes fins:

- Disposição dos RCD pelos coletores de entulho (caçambeiros)
- Triagem manual
- Equipamentos da unidade de reciclagem
- Depósito dos agregados reciclados.

Total 10.000 m²

b) Obras de infra-estrutura: Referente à operacionalização da usina sendo:

- Vestiários
- Refeitório
- Guarita
- Administração
- Sala de comando
- Deck em alvenaria.

c) Veículos: Refere-se aos veículos necessários à operacionalização sendo:

- Pá carregadeira.

d) Equipamentos: Refere-se aos equipamentos necessários ao processo de britagem e peneiramento, ou seja, desde o recebimento dos RCD até a reciclagem, com capacidade de processamento de 25 toneladas/hora sendo:

- 1 Alimentador vibratório potência 5,5 kW
- 1 Transportador de correia 24" x 11,0 Metros potência 7,5 kW
- 1 Britador de impacto 22,2 kW
- 1 Separador magnético
- 1 Sistema anti pó
- 1 Transportador de correia 20" x 20,0 Metros potência 7,5 kW
- 1 Peneira vibratória 3 decks 1,00 x 3,00 Metros potência 7,5 kW
- 3 Bicas de saída da peneira
- 1 Conjunto estrutural de sustentação da peneira
- 1 Painel elétrico.

e) Montagem

- Supervisão técnica para instalação dos equipamentos.

4.4.3.2 Economias Geradas pelo Projeto

Como se trata de um projeto de investimento público, o objetivo principal não é a venda do material produzido e sim sua reutilização por parte da Prefeitura, gerando economia de recursos financeiros. Assim a rubrica “receitas” neste caso será substituída por “economias”. As economias envolvidas ao longo do projeto são:

- a) Transporte de cascalho
- b) Compra de agregado (pedras e areia)
- c) Disposição final dos RCD (bolsão de entulho).

4.4.3.3 Custos Envolvidos no Projeto

Os Custos operacionais estão relacionados com o processo de produção da usina de reciclagem sendo suas rubricas estabelecidas da seguinte forma:

- a) Energia elétrica
- b) Combustível
- c) Mão de obra – (Operadores do equipamento, Operador de pá carregadeira),
- d) Manutenção: 3 % do investimento ao ano.

A Taxa Mínima de Atratividade utilizada no projeto é de 8,75% valor da SELIC vigente no período de análise deste trabalho, entre o final do ano 2009 e início do ano 2010.

O período de análise do projeto é de 20 anos, sendo que os fornecedores dos equipamentos utilizados na Usina de reciclagem atestam que este é o prazo mínimo de vida útil do equipamento.

Para atualização dos custos envolvidos no projeto foi utilizado o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) índice oficial utilizado para definir as metas de controle de inflação pelo Governo Federal. O valor utilizado de reajuste será de 4,5% ao ano.

Para calcular o crescimento da geração de RCD no Município e o volume de agregados utilizados pela Prefeitura durante a vida útil do projeto, utilizou-se a taxa

de crescimento demográfico da cidade. A taxa adotada foi de 1,51% ao ano - crescimento médio anual 2000/2009 (SEADE, 2010).

Os indicadores econômicos utilizados para a análise são os descritos a seguir:

- Valor Presente Líquido (VPL)
- Taxa Interna de Retorno (TIR)
- Payback Simples (PS)
- Payback Descontado (PD)
- Análise de Sensibilidade
- Análise de Risco

Para análise de sensibilidade e de risco foi utilizado como item variável a geração de RCD variando entre -10%, -20%, + 10 e +20% do volume inicialmente determinado.

4.4.4 Análise dos Benefícios Ambientais

Concomitante a avaliação econômica do projeto, deve-se reservar atenção especial quanto os benefícios diretos de ordem ambiental pertinentes à instalação da unidade de reciclagem de RCD no Município.

Diferente da avaliação econômica a aplicação de metodologia para avaliação ambiental é de complicada implantação e mensuração dos resultados. Calderoni (2004) chama atenção a respeito da dificuldade em mensurar os benefícios ambientais advindos de projetos deste tipo:

Se aos recursos naturais - antes vistos como bens livres, e agora reconhecidos como recursos naturais escassos - for possível a atribuição de preços capazes de refletir sua efetiva escassez, sua preservação será mais provável. Mas como atribuir preços ao ar, à água, ao subsolo, aos ecossistemas e a biodiversidade da flora e fauna? (CALDERONI, 2004, p. 575-576).

Para o autor os riscos são elevados em se atribuir preços a esses bens, pois o processo implica em arbitrar no presente e com dados imprecisos e incompletos, o interesse dos futuros habitantes do planeta em relação a esses bens.

Dada a dificuldade em valorar os benefícios ambientais, foram apenas elencados os benefícios a serem gerados pela implementação da Usina de Reciclagem de RCD no Município de Lençóis Paulista, não atribuindo valores monetários aos resultados, sendo o resultado apenas qualitativo.

Como auxílio na identificação das variáveis ambientais foram consultadas as metodologias apresentadas por Pinto (1999), John (2000), Ângulo (2005), Lellis et al. (2005) e Bacci et al. (2006).

A identificação dos benefícios de ordem ambiental advindos da reciclagem de RCD foi dividida em duas categorias:

- Reutilização dos reciclados;
- Correta disposição final dos resíduos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo trata dos resultados obtidos na dissertação, sendo que a apresentação e discussão dos mesmos estão divididas entre os objetivos específicos de determinar a geração dos RCD no Município, a classificação dos RCD, a análise econômica e análise ambiental.

5.1 Estimativa da Geração de RCD no Município

Os principais resultados sobre o levantamento estatístico da geração dos RCD do Município de Lençóis Paulista são descritos a seguir. Algumas variáveis podem ser observadas, sendo inicialmente, o número de caçambas depositadas no bolsão de entulho pelas empresas de caçambeiros durante os 30 dias de observação que constam na Tabela 8:

Tabela 8: Levantamento do número de caçambas depositadas (30 dias)

ÍTEM	Quantidade de caçambas (unidades)				
	3m ³	4m ³	5m ³	15m ³	TOTAL
Entulho	361	132	319	45	857
Entulho/madeira	159	36	76	9	280
Madeira	177	22	41	16	256
Solo	43	7	33	133	216
Entulho/solo	42	11	21	39	113
Papel/sucata/plástico	37	3	7	1	48
Solo/madeira	15	2	5	5	27
TOTAL	834	213	502	248	1.797

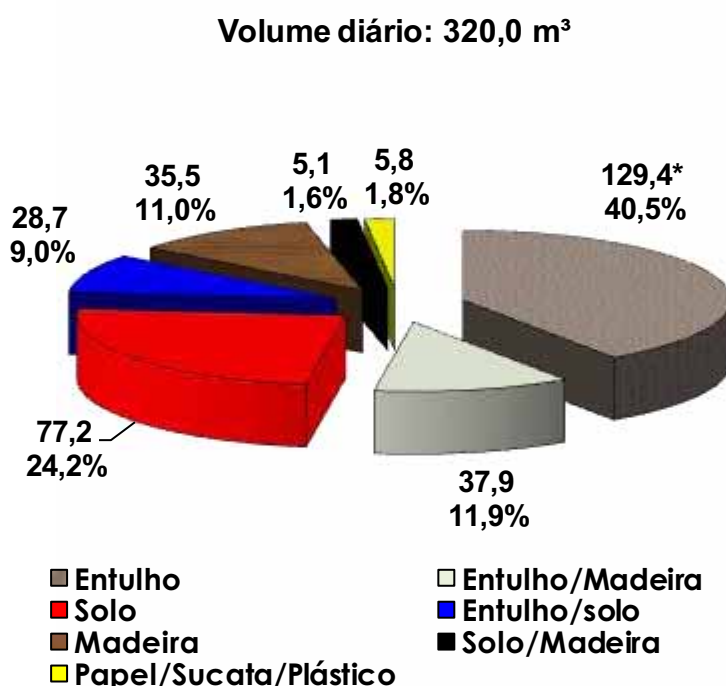
Durante os 30 dias de observações, o número total de caçambas coletoras de entulho chegou a 1.797 unidades, sendo aproximadamente uma média de 60 caçambas por dia.

Pode-se constatar o grande fluxo de veículos que adentram naquele local, sendo que em média 5 veículos por hora chegam para descarregar o entulho e alguns veículos chegam a fazer até 10 viagens por dia, deixando nítido o real problema que o Município tem a resolver quanto à questão dos RCD.

Do total de caçambas que transportam os resíduos, 47,7% apresentam predominância de entulho Classe A descontando-se os solos, sendo que a caçamba mais utilizada é de 3m³. A maior utilização da caçamba com este volume pode apontar que a maioria dos resíduos é proveniente de pequenas construções e reparos.

Os itens entulho/madeira e entulho/solo não permitiram uma definição clara da predominância de um item em detrimento do outro, devido a significativa heterogeneidade dos resíduos. Apesar de representarem 21,9 % do total de caçambas, estas duas classificações não serão utilizadas para efeito do cálculo de resíduos a serem triturados devidos sua maior dificuldade de separação.

Em seguida foi determinado o volume de resíduos em m³ diário através da multiplicação do número de caçambas pelo seu respectivo volume padrão (3, 4, 5 e 15 m³). Os resultados obtidos são apresentados na Figura 33.



*** Predominância de resíduos Classe A**

Figura 33: Composição média diária do RCD (m³)

Na Figura 34, pode-se observar uma projeção para a geração de RCD ao mês sendo considerados 26 dias, ou seja, de Segunda-feira à Sábado.

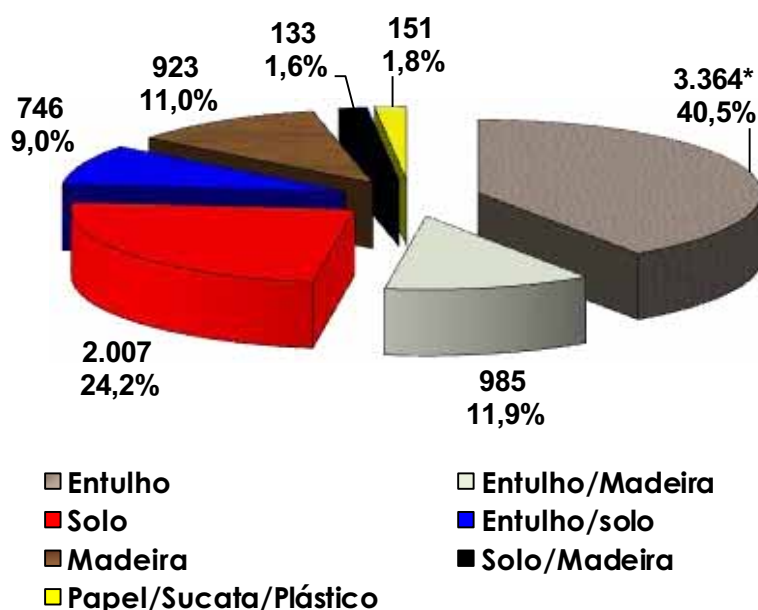


Figura 34: Volume mensal estimado da geração de RCD (m³)

Desmembrando as caçambas que apresentam dificuldade na identificação de um determinado item (Tabela 9), ou seja, Entulho/solo, Entulho/madeira e Solo/madeira, chega-se próximo do volume observado nas estatísticas indicadas por Brito Filho (1999) apud Agopyan e John (2000), CREA (2005), Pinto (2009). Para desmembrar os valores considerou-se o volume de 50% para cada item ao mês:

Tabela 9: Volume de RCD desmembrado

ÍTEM	(A) Volume observado (m³)	(B) Volume desmembrado (m³) (A) ÷ 2	
		Entulho	Madeira
Entulho/madeira	985,0	492,5	492,5
Entulho/solo	746,0	373,0	373,0
Solo/madeira	133,0	66,5	66,5

Com os valores obtidos através do desmembramento da Tabela 9, chega-se a um novo volume de RCD, pois os valores obtidos na coluna B da Tabela 9, serão

somados aos itens inicialmente classificados separadamente. Desta forma, chega-se a nova composição do volume de RCD observado na Figura 35:

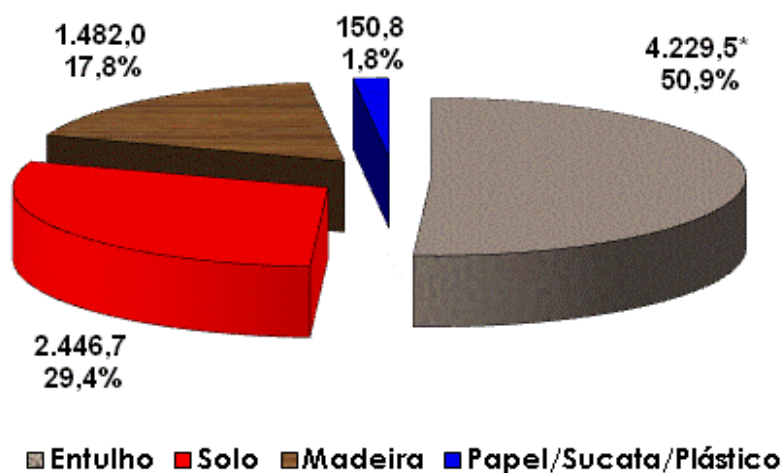


Figura 35: Nova composição mensal da geração de RCD (m³)

Na Figura 36, é feito um comparativo entre o volume de RCD encontrado no Município de Lençóis Paulista em relação às demais estatísticas encontradas em pesquisas existentes na literatura:

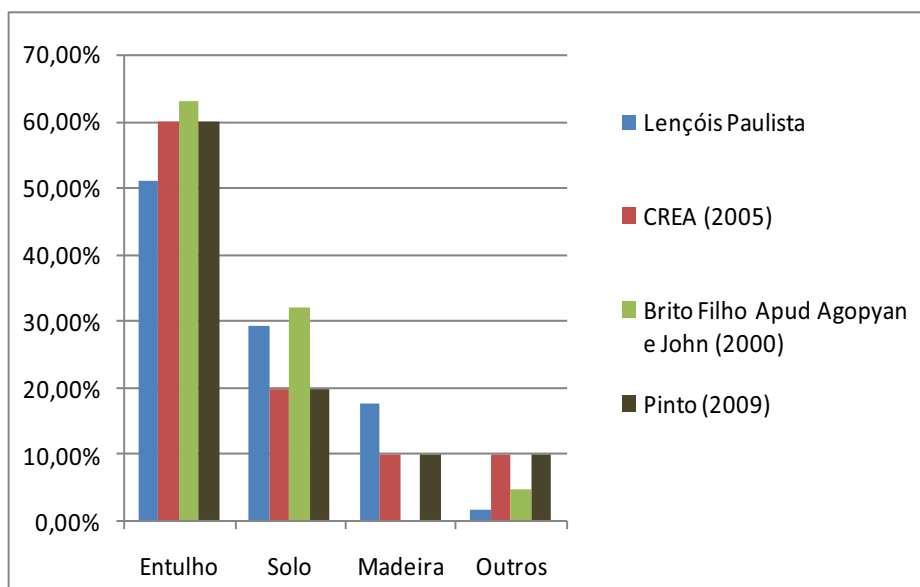


Figura 36: Comparativo da composição percentual de RCD no Município de Lençóis Paulista e demais localidades

As demais pesquisas apontam que os volumes de RCD Classe A apresentam média de 60% do total gerado, sendo que o levantamento observado no Município de Lençóis Paulista foi de 50,9%, valor este aproximado das demais pesquisas.

Este valor contém itens como concreto, argamassa, tijolo, telhas e outros materiais cerâmicos, materiais que apresentam potencial para reciclagem na forma de agregados e brita corrida excluindo-se os solos.

Quanto ao item solo o Município de Lençóis Paulista apresentou volume de 29,4%. As demais pesquisas apresentam volumes entre 20% e 32% do total de RCD, estando o valor de Lençóis Paulista entre estas margens.

O item madeira apresenta discrepância mais acentuada, possivelmente pelo fato do levantamento realizado em Lençóis Paulista ter considerado além de madeiras provenientes de construções, reformas e demolições, os galhos de limpeza de poda de árvores e terrenos particulares. Neste item a pesquisa de Brito Filho (2000), não contemplou a estatística de madeira separadamente.

Os demais produtos inclusos no item “outros” apresentam volume de até 10% do total de RCD, sendo que o levantamento observado em Lençóis Paulista indicou 1,8%. Na pesquisa de Lençóis Paulista este item contemplou plásticos, papel, sucata. Nas demais pesquisas incluem também gesso e solventes.

Neste trabalho é dada ênfase aos resíduos Classe A com potencial para reciclagem na forma de agregado. Para o processo de reciclagem a maior dificuldade é a separação dos materiais que apresentam característica para este fim.

Em função desta dificuldade o volume a ser adotado como ponto de partida para a análise de viabilidade econômica da instalação da Usina de reciclagem será o indicado na Figura 34, composto exclusivamente de concretos, argamassa, tijolos, telha e outros materiais cerâmicos excluindo da análise os itens desmembrados anteriormente.

As caçambas que apresentaram dificuldade em sua caracterização predominante (Entulho/madeira, Entulho/solo e Solo/madeira) não foram incluídas no estudo para o dimensionamento da unidade de reciclagem, sendo que a experiência observada entre outras localidades atestam que os materiais neste

estado apresentam acentuada dificuldade de triagem e separação, gerando aumento de custos para a reciclagem.

Assim, o volume a ser adotado foi de 3.364 m³/mês.

O passo seguinte foi a determinação do volume de RCD em toneladas. Para isto foi utilizado a densidade proposta por Pinto (1999) de 1,2 toneladas por metro cúbico, sendo aplicado o seguinte cálculo:

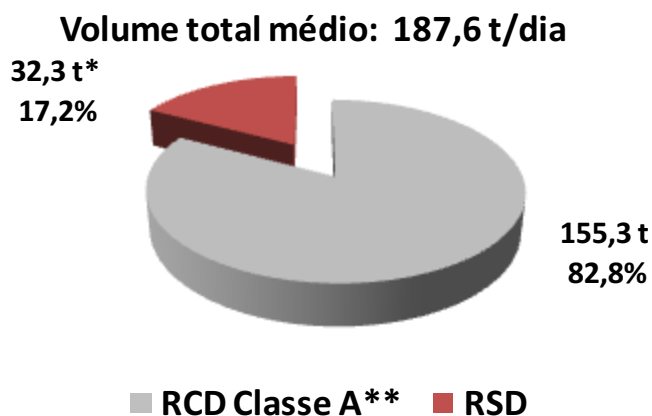
$$3.364,0 \text{ m}^3 \times 1,2 = 4.036,8 \text{ toneladas/mês}$$

Logo, pode-se determinar o volume médio diário considerando 26 dias de disposição dos resíduos ao mês:

$$4.036,8 \text{ toneladas} / 26 = 155,3 \text{ toneladas/dia}$$

O volume de 155,3 toneladas/dia foi o ponto de partida para dimensionamento da unidade de reciclagem de RCD a ser instalada no Município.

Com este valor pode-se determinar volume de RCD classe A em relação aos resíduos sólidos domiciliares gerados diariamente no Município de Lençóis Paulista. Esta proporção é ilustrada na Figura 37:



* 840,0 toneladas mês ÷ 26 dias

** Exclui solos

Figura 37: Comparativo da geração média diária de RCD classe A e resíduos sólidos domiciliares no Município de Lençóis Paulista

A taxa de geração de RCD é de 2,45 kg/habitante/dia e de RSD é de 0,510 kg/habitante/dia, deixando aparente a superioridade da geração de RCD.

5.2 Classificação dos RCD por Amostras

O processo de análise dos RCD possibilitou a concretização do objetivo de analisar a composição dos RCD gerados no Município de Lençóis Paulista que apresentaram predominância de resíduos Classe A na fase de levantamento do volume de resíduos.

É importante salientar que o objetivo foi a classificação dos RCD de acordo com a Resolução 307/2002 do CONOMA, possibilitando a identificação da parcela dos resíduos que poderão ser utilizados na reciclagem com a finalidade de produção de brita corrida para uso em pavimentos e de pedra 1, pedrisco e areia para produção de concreto.

Os resultados obtidos através da análise das amostras coletadas apresentaram os valores observados na Tabela 10.

Tabela 10: Classificação das amostras de RCD de acordo com grupo de resíduo

Classificação por grupo	Amostra 1 (Kg)	Amostra 2 (Kg)	Amostra 3 (Kg)	Média (Kg)	Volume % de cada grupo
Grupo 1	339,0	503,0	429,0	423,7	78,60
Grupo 2	24,0	224,5	65,0	104,5	19,39
Grupo 3	18,5	11,5	2,5	10,8	2,01
TOTAL	381,5	739,0	496,5	539,0	100,00

O peso médio observado nas 3 amostras foi de 539,0 kg, sendo o Grupo 1 o mais representativo e o Grupo 3 com menor representatividade.

A análise das amostras indicou que os resíduos predominantes estão classificados no Grupo 1 com média de 78,60% do volume total das amostras. Este grupo é composto pelos resíduos: argamassa, tijolos, telhas e pisos cerâmicos, sendo que estes itens são classificados como resíduos Classe A pelo CONAMA.

O **Grupo 1** contém os RCD que apresentam potencial para ser reciclado para produção de brita corrida com granulometrias de diferentes faixas. O grande volume de resíduos do Grupo 1 vai ao encontro da necessidade do emprego em grande escala na execução de pavimentos asfálticos, principalmente nas fases de base e sub-base do pavimento e regularização de estradas rurais.

No **Grupo 2**, que contém resíduos de concretos, as amostras observadas apresentaram-se de forma não uniforme quanto ao volume em peso, com destaque para a Amostra 2 que apresentou 224,5 kg, valor este distante das Amostras 1 e 3. Este grupo também é identificado como Classe A pelo CONAMA. Com peso médio de 104,5 kg, a amostra indica que o Grupo 2 representa em média 19,39% do volume total da amostra, indicando de forma objetiva que uma parcela menor dos RCD podem ser reciclados para serem utilizados na forma de agregados para produção de concretos na construção civil.

Finalmente, o **Grupo 3** apresentou média de 2,01%, sendo que dentre as 3 amostras este grupo apresentou baixa representatividade. O Grupo 3 contém os resíduos que não apresentam potencial inicial para na utilização na construção civil.

Nas amostras deste grupo foi observado a presença de pequenos volume de Gesso, madeira, galhos, plástico, restos de tinta, papel, sucata e isopor, resíduos estes identificados como Classe B, C e D pelo CONAMA. O pequeno volume de resíduos pertencentes ao Grupo 3 indica que o dimensionamento dos equipamentos para instalação da usina de reciclagem de RCD poderá ser realizado em função do volume com predominância de resíduos Classe A, ou seja, 40,5% do total de RCD depositado no bolsão de entulho do Município, diminuindo a necessidade da triagem em relação aos solos e madeiras.

O resultado observado nas amostras indica proximidade com as estatísticas de usinas de reciclagem de RCD dos Municípios de São Carlos e São José do Rio Preto, conforme observado na Figura 38:

Informações obtidas na Usina de Reciclagem de entulho do Município de São Carlos indicam que do total de RCD que chega à unidade, apenas 60% do volume é composto por resíduos Classe A. Deste total, 80% é composto de argamassas, tijolos, telhas e outros materiais cerâmicos semelhantes ao itens que constam no Grupo 1 da amostra analisada no Município de Lençóis Paulista.

O volume de resíduos de concreto é da ordem de 20%, sendo estes reciclados na forma de novos agregados como pedra 1 e areia para utilização na produção de blocos e pisos de concreto. Em Lençóis Paulista o volume apresentou proporção de 78,6% e 19,39% respectivamente.

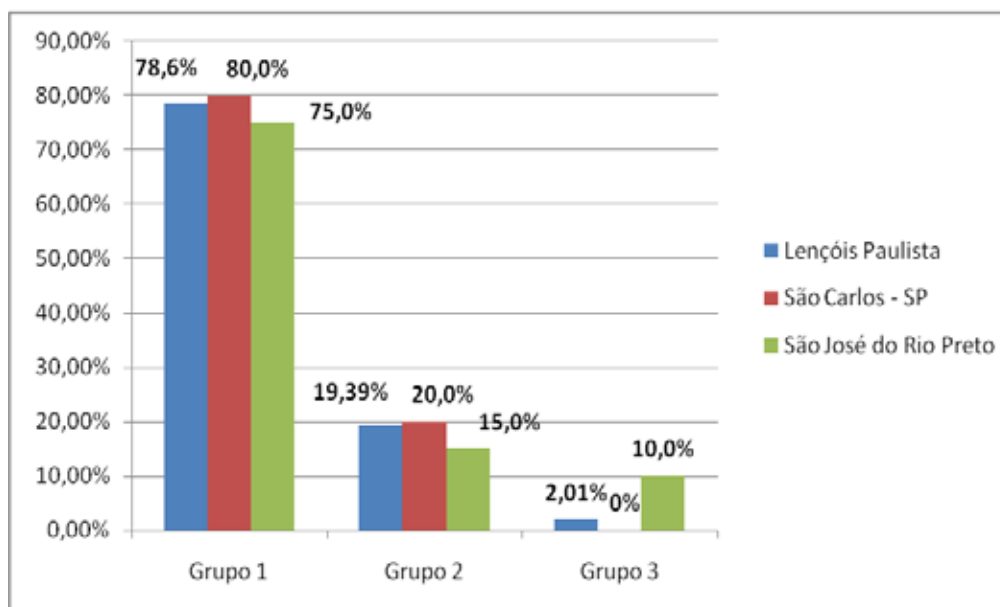


Figura 38: Comparativo do volume de RCD classe A
Amostra de Lençóis Paulista x usinas de reciclagem demais Municípios (Volume em %)

A Usina de Reciclagem da cidade de São José do Rio Preto, recebe os RCD que apresentam predominância de resíduos Classe A para facilitar o processo de reciclagem, sendo que deste volume 75% é composto de resíduos semelhantes ao do Grupo 1 analisados neste trabalho e 15% de concreto, ou seja item este representado pelo Grupo 2 no caso de Lençóis Paulista.

Ainda em São José do Rio Preto, 10% do volume contém os resíduos Classes B, C e D, sendo que em Lençóis Paulista o volume observado foi de 2,01%.

Nos dois Municípios pesquisados, o volume de RCD do Grupo 1 varia de 75% a 80% do total de resíduos Classe A, em Lençóis Paulista este índice foi de 78,6%.

O Grupo 2 que também pertencente aos resíduos Classe A apresentou variação entre 15% e 20%, sendo que a amostra de Lençóis Paulista também apresenta-se dentro desta faixa.

No Grupo 3 (Classe B, C e D) a variação dos demais Municípios está entre 0% e 10%, sendo que em Lençóis Paulista o total é de 2,01%.

Os resultados das amostras analisadas identificaram que o volume de resíduos Classe A do Município de Lençóis Paulista apresentou características próximas às encontradas nos Municípios de São Carlos e São José do Rio Preto.

Para continuar com estudo a fim de realizar o dimensionamento da unidade de reciclagem de entulho é necessário descontar o volume de resíduos classes B, C e D identificados na amostra, ou seja, 2,01% de 155,3 toneladas/dia que representa 3,12 toneladas/dia. Assim, o volume total de RCD Classe A que poderá ser empregado na reciclagem para uso na construção civil é de **152,17 toneladas/dia**.

Com a classificação obtida através das amostras e o levantamento inicial do volume de RCD gerado no Município pode-se calcular a composição dos resíduos classe A. Na Figura 39 pode-se observar o volume total em toneladas e m³ ao dia disponível para reciclagem. Para encontrar o volume em m³, dividiu-se o valor em toneladas pela densidade de 1,2.

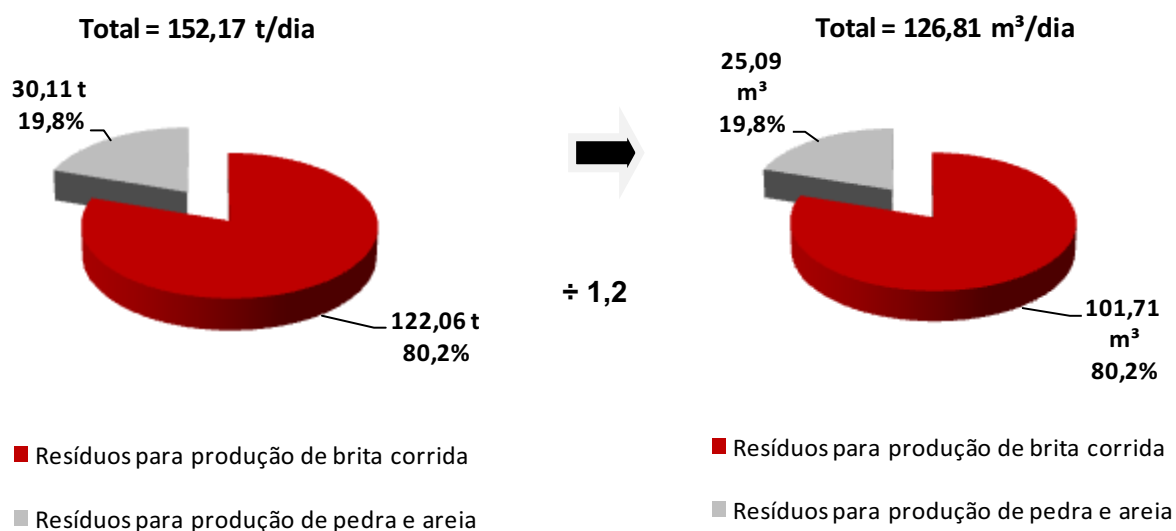


Figura 39: Composição diária de RCD disponível para reciclagem
(Valores em toneladas/dia e metro cúbico/dia)

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que o Município dispõe de 101,71 m³ ao dia para reciclagem e produção de brita corrida. Este total poderá ser empregado na construção de pavimentos e regularização de estradas rurais.

Pode-se observar ainda que o Município dispõe de 25,09 m³ ao dia para reciclagem e produção de agregados como pedra 1, pedrisco e areia. Este volume poderá ser empregado na produção de artefatos de concreto, concretos sem função estrutural e outros empregos na construção civil.

Assim, o Município necessita de uma Usina de reciclagem de RCD que tenha capacidade para processar **152,18 toneladas/dia de RCD ou 47.477,0 toneladas/ano.**

Finalizando, foi identificada a taxa da geração de RCD por habitante/ano (em toneladas) para efeito de comparação com os resultados obtidos por Pinto (1999) na Tabela 3. Para determinar a taxa, o valor de 47.477,0 toneladas de RCD gerados anualmente foi dividido pelo número de habitantes do Município em 2009 (63.314). O resultado é observado na Tabela 11.

Tabela 11: Comparativo da taxa de geração de RCD em t/habitante/ano entre municípios

Indicadores	Lençóis Paulista	Ribeirão Preto	Jundiaí
Taxa de geração de RCD toneladas/habitante/ano	0,75	0,71	0,76
Índice de Desenvolvimento Humano	0,813	0,855	0,857
Participação do volume de empregos na construção civil em relação ao total de empregos no Município (em %)	3,99%	6,24%	4,48%

A taxa de geração de RCD estimada para Lençóis Paulista foi de 0,75 toneladas/habitante/ano, valor este situado próximo das estimativas apontadas por Pinto (1999) para os municípios de Ribeirão Preto e Jundiaí no interior do Estado de São Paulo (0,71 e 0,76) respectivamente.

Ainda para efeito de comparação, foram identificados dois indicadores semelhantes entre a cidade de Lençóis Paulista e as demais localidades. O primeiro foi o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), sendo que o de Lençóis Paulista (0,813) é ligeiramente inferior a observado em Ribeirão Preto (0,855) e Jundiaí (0,857), mesmo assim, apresentam valores aproximados. O seguinte indicador analisado foi a participação percentual do volume de empregos estabelecidos no

setor de construção civil em relação ao número total de empregos gerados em cada município.

O percentual identificado em Lençóis Paulista foi de 3,99%, próximo ao observado em Ribeirão Preto e Jundiaí de 6,24% e 4,48% respectivamente. A análise destes indicadores aponta que pode haver certo nível de proximidade em relação à taxa de geração de RCD/habitante/ano entre as três localidades.

5.3 Análise Econômica do Projeto

Este tópico tem o objetivo de analisar os indicadores econômicos explícitos no projeto, sendo possível determinar a viabilidade ou não deste empreendimento.

Na Tabela 12, pode-se observar as rubricas envolvidas na avaliação econômica para instalação e operação da Usina de Reciclagem de RCD envolvendo o investimento inicial, as economias e custos para o primeiro ano do projeto.

Tabela 12: Variáveis: investimento inicial, economias e custos

ITENS	INVESTIMENTO INICIAL (R\$)	ITENS	ECONOMIA GERADA (R\$)
Área	-	Transporte de cascalho	39.500,00
Obras de infra-estrutura	20.000,00	Compra de agregados	164.535,00
Veículos	250.000,00	Disposição final RCD	19.386,46
Equipamentos	540.000,00	TOTAL (ANO)	223.421,46
Montagem	6.870,00	ITENS	CUSTOS (R\$)
Frete	3.000,00	Energia elétrica	31.460,19
		Água	6.532,84
		Mão de obra	52.968,60
		Manutenção	16.200,00
		Combustível	31.410,81
TOTAL	819.870,00	TOTAL (ANO)	138.572,44

Os cálculos utilizados para determinação dos valores envolvidos no projeto podem ser observados nos anexos I a VI.

5.3.1 Investimento Inicial

Os valor referente à área apresenta valor nulo, pois a Prefeitura já dispõe do local não sendo necessário dispêndio para este fim.

O investimento inicial necessário para este processamento bem como os custos com obras de infra-estrutura, montagem e fretes remontam ao valor de R\$ 819.870,00 com capacidade de produção de 25,0 toneladas/hora.

5.3.2 Economias Geradas pela Reciclagem de RCD

Quanto às economias geradas pela implementação do projeto, pode-se destacar as seguintes rubricas:

- **Transporte de cascalho:** A Prefeitura utiliza 10.000 m³ de cascalho por ano que são aplicados em regularização de estradas rurais, sendo que este material é retirado pelos veículos da Prefeitura a uma distância total de 33 Km do Município, gerando ônus de R\$ 3,95 por m³ transportado, sendo que com a reciclagem do RCD este transporte não mais será necessário.

- **Compra de agregados:** A Prefeitura consome em média 4.700 m³ de agregados anualmente, como pedra 1, pedrisco, pó de pedra e areia grossa, utilizados em suas obras de pavimentação, Fábrica de artefatos de concreto e demais obras de construção civil. Como o custo de aquisição médio destes produtos é de R\$ 35,00/m³, a reciclagem dos RCD possibilitará economia de recursos financeiros através da substituição dos agregados naturais pelo reciclado.

- **Disposição final de RCD:** Refere-se a parcela do RCD a ser reciclada que deixará de ser disposta em aterro, sendo que a economia gerada é obtida através da aquisição de novas áreas para aterro (13.000 m²/a no) e da operação de cobertura dos aterros (R\$ 0,16/m³).

5.3.3 Custos de Produção

Quanto aos custos envolvidos no projeto destacam-se as seguintes rubricas detalhadas a seguir:

- **Energia elétrica:** O consumo de energia elétrica para funcionamento completo dos equipamentos da Usina de Reciclagem de RCD é de 50,4 kWh, sendo adotado o valor inicial de R\$ 0,33/kWh para cálculo deste custo.

• **Água:** O custo de água é obtido com a multiplicação do volume em toneladas processado por 0,08 m³ de água, sendo que o custo do m³ de água consumido pela Prefeitura é de R\$ 1,72/m³.

• **Mão de obra:** Para operar a Usina são necessários três funcionários com salário médio de R\$ 995,58 e um operador de máquina pá carregadeira com salário médio de R\$ 1.427,31.

• **Manutenção:** Utilizado índice de 3% ao ano para custo com manutenção da unidade, sendo este valor estabelecido pelo fornecedor dos equipamentos.

• **Combustível:** Utilizado pela Máquina pá carregadeira em função do número de horas trabalhadas (10 litros óleo diesel/hora sendo R\$ 1,653 o valor do litro deste combustível).

Em função dos dados apresentados acima chega-se ao custo de R\$ 2,92 a tonelada processada.

5.3.3.1 Análise da Viabilidade Econômica.

Os resultados econômicos obtidos podem ser observados na Tabela 13:

Tabela 13: Resultados da análise econômica

INDICADOR	RESULTADO
Volume inicial processado (t/ano)	47.477,0
Volume inicial processado (m ³ /ano)	39.564,0
Vida útil do projeto (anos)	20,0
Payback simples (anos)	7,6
Payback descontado (anos)	11,25
TMA (%)	8,75
TIR (%)	15,02
VPL (R\$)	545.286,81

A análise inicial tem como base as estimativas determinadas na fase de levantamento da geração de RCD no Município com ênfase nos resíduos que apresentaram potencialidade para reciclagem na forma de novos agregados. O volume processado é de 47.477,0 toneladas/ano ou 39.564,0 em m³/ano.

5.3.3.2 Payback Simples e Payback Descontado

O indicador payback que representa o período necessário para recuperação do capital investido inicialmente dados os fluxos de caixa líquidos, demonstra que a recuperação se dá entre o quinto e sétimo ano.

No payback simples que não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, ou seja, o saldo dos fluxos de caixa não são atualizados indicada recuperação do capital investido após **7,6 anos ou 7 anos e 7 meses**.

Considerando que a vida útil do projeto foi estabelecida em 20 anos, tem-se que a recuperação do capital investido se dá após **38,0%** da vida útil do projeto. ($7,6 \div 20$).

Ao se analisar o retorno pelo método do payback descontado, ou seja, descontar os fluxos de caixa líquido do projeto pela TMA em cada período, considerando o valor do dinheiro no tempo e somente após calcular seu saldo final a recuperação inicial do capital se dá após **11,25 anos ou 11 anos e 3 meses**.

Neste caso ao analisar o período de recuperação do capital em função da vida útil do projeto, observa-se que o mesmo é obtido após **56,0%** deste período ($11,25 \div 20$).

Pela análise dos dois indicadores o projeto apresenta-se viável economicamente demonstrando recuperação do capital investido.

5.3.3.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é a taxa que deve ser comparada com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para determinar se o projeto é viável em função dos retornos obtidos.

A TIR encontrada foi de **15,02%**, superior a TMA de 8,75%, evidenciando a viabilidade do projeto, sendo a TIR 72,0% superior a TMA exigida.

Pela análise deste indicador, o projeto apresenta-se viável economicamente demonstrando que a taxa de retorno é alcançada, tornando o projeto atrativo.

5.3.3.4 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL que é o valor obtido pela atualização dos fluxos de caixa líquido descontados pela TMA e em seguida descontado o montante do investimento inicial apresentou valor de **R\$ 545.286,81**.

Para determinar a viabilidade do projeto através da análise deste indicador, é necessário que o VPL seja maior que zero, condição esta plenamente atingida pela análise do resultado final, ou seja:

$$\text{VPL: R\$ R\$ 545.286,81} > 0.$$

Pela análise deste indicador, o projeto apresenta-se viável economicamente, demonstrando que com a atualização dos fluxos de caixa e o desconto do investimento inicial, têm-se o retorno da TMA e resultado positivo de recursos financeiros.

5.3.3.5 Análise de Sensibilidade Econômica

A análise de sensibilidade tem o objetivo de avaliar o impacto que a variabilidade de uma variável pode causar no projeto. Neste trabalho utilizou-se como item variável o volume de RCD a ser processado pela Usina de reciclagem entre -20%, -10%, +10% e + 20%. Os cálculos e planilhas utilizados na análise de sensibilidade podem ser consultados nos Anexos I a V.

Na Tabela 14, é demonstrado o impacto gerado pelas variações no volume processado de RCD nos resultados de VPL, TIR, Payback simples e Payback descontado.

Tabela 14: Resultados da análise de sensibilidade

Variação	Volume processado (t/ano)	VPL	TIR	Payback simples (anos)	Payback descontado (anos)
-20%	37.981,6	R\$ 692.035,07	16,53%	6,90	10,10
-10%	42.729,3	R\$ 618.661,25	15,78%	7,25	10,60
0%	47.477,0	R\$ 545.286,81	15,02%	7,60	11,25
10%	52.224,7	R\$ 471.913,60	14,25%	7,90	11,90
20%	56.972,4	R\$ 398.537,39	13,46%	8,30	12,80

Observa-se que entre os níveis de variação negativos e positivos os resultados dos indicadores obtidos apresentam-se viáveis do ponto de vista econômico.

O VPL varia entre R\$ 692.035,07 e R\$ 398.537,39, sendo importante descrever o motivo de este ser maior nas quedas mais acentuadas do volume do RCD processado.

Este fato é explicado pelos custos fixos e variáveis, sendo que os custos variáveis são menores nas variações de -10% e -20%. Em contra partida as economias são mantidas, pois mesmo com variações negativas no volume processado a parcela de resíduos reciclados e utilizados pela Prefeitura se mantém, gerando ainda um valor excedente.

Com relação às variações positivas de +10% e +20%, o fator custo variável também é o determinante para explicar a queda nos VPLs e demais indicadores, pois o volume de RCD processado é maior, aumentando o custo total, mas a parcela de resíduos reciclados utilizados pela Prefeitura também se mantém fixa, sendo alterada neste caso somente a economia com disposição final de RCD.

A variação da TIR está entre 16,53% e 13,46%, sendo que nas cinco variações estão acima da TMA exigida, corroborando a viabilidade econômica indicada no VPL.

O prazo de recuperação do capital investido também apresenta bons resultados, sendo mais extenso no caso das variações positivas no volume processado, tendo como mesma explicação a questão do custo variável.

No caso do Payback simples o prazo máximo de retorno do investimento inicial é de 8,3 anos (8 anos e 4 meses), e no Payback descontado este prazo é de 12,8 anos (12 anos e 10 meses).

A análise de sensibilidade permitiu constatar que mesmo com variações no volume de RCD processado, ou seja, caso ocorra diferença significativa no volume de resíduos gerados no Município em relação às estimativas determinadas neste trabalho, o projeto apresenta grandes possibilidades de viabilidade econômica.

5.3.3.6 Análise de Risco Econômico do Projeto

A análise de risco econômico do projeto de investimento na Usina de reciclagem de RCD é utilizada para definir as probabilidades de ocorrência nas variações no volume de RCD processado e conseqüentemente o risco e a

probabilidade do VPL do projeto apresentar valor inferior a zero, ou seja, o risco de se apresentar inviável do ponto de vista econômico (Tabela 15).

Tabela 15: Cálculo da variância e desvio padrão do projeto

Variação	Volume processado (t/ano)	VPL	Probabilidade	VPL (E)
-20%	37.981,6	R\$ 692.035,07	0,15	R\$ 103.805,26
-10%	42.729,3	R\$ 618.661,25	0,25	R\$ 154.665,31
0	47.477,0	R\$ 545.286,81	0,40	R\$ 218.114,72
10%	52.224,7	R\$ 471.913,60	0,15	R\$ 70.787,04
20%	56.972,4	R\$ 398.537,39	0,05	R\$ 19.926,87
VPL Médio				R\$ 545.286,82
VPL Esperado				R\$ 567.299,21
Variância				R\$ 868.400.007,59
Desvio padrão				R\$ 29.468,63

Para encontrar a probabilidade de VPL ser menor que zero utilizou-se a distribuição normal padronizada encontrando o valor $Z = -19,25$ conforme a expressão 6:

$$\frac{X - \mu}{\sigma} \Rightarrow \frac{0 - R\$567.299,21}{R\$29.468,63} = -19,25 \quad (6)$$

Para este valor de Z o valor encontrado é de 4,53885⁻⁸⁶ indicando que a probabilidade de VPL ser menor que zero é praticamente nula.

5.4 Análise dos Benefícios Ambientais

Diferentemente da análise econômica, a análise ambiental de um projeto é de difícil valoração financeira, sendo de suma importância o seu estudo e identificação dos resultados, apresentando importância significativa na determinação da viabilidade do projeto.

Os resultados são apresentados com ênfase no caráter qualitativo dada sua dificuldade de mensuração numérica.

Os principais benefícios ambientais identificados no projeto de implementação da usina de reciclagem de RCD no Município de Lençóis Paulista são elencados no Quadro 6, divididos entre as ações de reciclagem e reutilização, considerando também a correta disposição dos RCD.

Ação	Benefícios
Reciclagem e reutilização dos RCD	Retorno dos resíduos à cadeia produtiva
	Diminuição da extração de recursos naturais (pedra e areia)
	Diminuição da emissão de poluentes no transporte dos agregados naturais até as obras
Correta disposição final dos RCD	Evita-se que grandes volumes de RCD sejam aterrados em bolsões
	Possibilidade de contaminação do lençol freático é atenuada
	Evita-se que os RCD sejam descartados em terrenos abertos, e consequentemente o acúmulo de vetores transmissores de doenças nestes locais.
	Evita-se o assoreamento de rios e córregos.
	Melhora do aspecto visual e urbano

Quadro 6: Benefícios Ambientais Gerados com a Reciclagem de RCD

5.4.1 Reciclagem e Reutilização dos RCD

A reciclagem e reutilização dos RCD permitem que estes resíduos retornem a cadeia produtiva da construção civil na forma de novos materiais.

No caso de Lençóis Paulista os resíduos classe A poderão ter um destino nobre, pois ao invés de passarem pela disposição em aterros, os mesmos poderão ser empregados na produção de novos materiais, sendo que o ciclo de vida dos materiais de construção civil poderá se estendido, diminuindo assim os impactos ambientais.

A ampliação do ciclo de vida dos materiais da construção civil obtidos com a reciclagem permitirá a redução na exploração de recursos na natureza, com destaque para a extração de agregados sendo:

- A reutilização de pedra reciclada pela Prefeitura proporcionará a preservação de recursos naturais presentes nas minas de extração da matéria prima básica dos agregados sendo seus impactos diretos:

- a) Diminuição da modificação na paisagem, fauna e flora local, apresentando como resultado positivo também a preservação da vegetação nativa, importante para o equilíbrio ambiental estendendo a vida útil das minas já em operação;

- b) A contaminação de águas superficiais e a geração de efluentes no trabalho de explosão e extração nas minas também podem ser amenizadas;

- c) Diminuição da poluição do ar gerada pelas partículas e sedimentos durante a atividade de extração do minério;

- d) Economia de energia na extração.

- A reutilização de areia reciclada nas obras da Prefeitura também proporcionará consideráveis avanços na busca pela preservação de recursos naturais, uma vez que a extração desta matéria prima é procedente de cursos d' água. Em função da queda no consumo de areia natural pode-se destacar os seguintes benefícios ambientais:

- a) Queda na contaminação dos cursos d'água pelos resíduos gerados na extração da areia;

- b) Auxílio na preservação das espécies aquáticas;

- c) Maior preservação e conservação dos leitos de rios;

- d) Diminuição da exploração da vegetação nas proximidades dos rios que submetidos à extração de areia;

e) Economia de energia na extração.

Como benefício ambiental destaca-se ainda a emissão de poluentes na fase de transporte dos agregados desde os pontos de extração até o ponto final de consumo.

É de suma importância mencionar que os resíduos considerados “solos” podem ser aplicados na cobertura e regularização de aterro sanitário, evitando a necessidade de escavação para obtenção de matéria prima para este fim.

5.4.2 Correta Disposição Final dos RCD

A reciclagem dos RCD permite a redução de áreas destinadas à disposição final destes resíduos diminuindo a possibilidade de contaminação do lençol freático, uma vez que mesmo sendo considerado resíduo inerte, os RCD são compostos por itens como tintas e solventes, que podem causar este tipo de poluição.

A dificuldade em se estabelecer novas áreas para disposição dos RCD e a dificuldade de licenciamento destas corroboram os benefícios ambientais apresentados pela reciclagem.

Com a implantação da usina de reciclagem de RCD, poderão ser desenvolvidos projetos de conscientização da necessidade da correta disposição destes resíduos.

O benefício ambiental a médio e longo prazo desta ação é a redução do descarte incorreto destes resíduos em terrenos, áreas abertas e nas proximidades de córregos e rios.

A redução deste descarte incorreto gera os seguintes benefícios:

a) Impede o acúmulo de vetores transmissores de doenças nas áreas urbanas;

b) Reduz a possibilidade de assoreamento dos rios e córregos próximos à área de disposição incorreta;

c) Possibilita melhora no aspecto visual e urbano, valorizando a região antes afetada.

Uma característica que diferencia a análise ambiental da análise econômica é que os benefícios ambientais extrapolam o limite territorial do Município ou da localidade onde será desenvolvido o projeto.

Dentro da lógica do desenvolvimento sustentável as ações e benefícios diretos observados no Quadro 5 atingirão não somente os habitantes do Município de Lençóis Paulista, mas também de outras regiões, a exemplo das localidades em que pertencem as minas de extração dos agregados.

Diminuir a probabilidade de contaminação do lençol freático e a extração dos recursos naturais, por exemplo, é de difícil mensuração econômica, mas seus benefícios ao meio ambiente vão além do território ou localidade do projeto, principalmente porque gera benefícios para futuras gerações.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho possibilitou a análise econômica e ambiental na implantação de uma Usina de reciclagem de RCD no Município de Lençóis Paulista por parte da Prefeitura Municipal com o objetivo de amenizar a problemática destes resíduos.

Através da observação estatística com o objetivo de determinar o volume de RCD gerado no Município, chegou-se ao valor de **320,0 m³** diário englobando resíduos Classe A, B, C e D.

O volume potencial de resíduos classe A a ser utilizado para reciclagem foi de **47.477,0 toneladas de resíduos ao ano ou 152,17 toneladas/dia**, convertido em m³ representa um volume anual de 39.564 m³ e 126,8 m³ diário respectivamente, representando aproximadamente 40% do RCD gerado diariamente. Este é o volume potencial para reciclagem na forma de novos agregados como brita corrida, pedra e areia grossa e utilizado no dimensionamento da planta de reciclagem.

A análise das amostras de resíduos com predominância de RCD classe A permitiu identificar o volume de RCD a ser reciclado na forma de brita corrida, pedra e areia.

Para reciclagem e reutilização na forma de brita corrida a ser empregada na regularização de estradas rurais e bases de asfalto o total observado foi de 80,2% do total reciclável, ou seja, 38.076 toneladas/ano ou 31.730 m³/ano.

O volume de RCD a ser utilizado na forma de pedra e areia grossa para utilização na construção civil e substituição do agregado natural consumido pela Prefeitura é de 9.400,0 toneladas/ano ou 7.834,0 m³/ano.

Em função do volume de resíduos a ser reciclado, a planta de reciclagem deverá ter capacidade instalada de 25,0 toneladas/hora de processamento, sendo que o investimento inicial necessário é de R\$ 819.870,00. O local para instalação é localizado junto à Usina de Reciclagem de RSD operada por uma Cooperativa de Reciclagem.

Esta cooperativa poderá se beneficiar através da comercialização dos resíduos Classe B como plástico, papel, sucata e madeira que não serão processados na Usina de reciclagem de RCD.

Na análise econômica foi identificado VPL de R\$ 545.286,81 com prazo de recuperação do capital investido após 7,6 anos no caso do Payback simples e 11,25 anos no caso do Payback descontado. A TIR encontrada foi de 15,02%, superior à TMA estipulada de 8,75%.

Os resultados apresentados indicam que o projeto de instalação da Usina de Reciclagem de RCD pela Prefeitura Municipal é viável economicamente, pois os resultados obtidos através da análise de sensibilidade apontam VPL entre R\$ 398.537,39 e R\$ 692.035,07 e TIR entre 13,46% e 16,53% nas simulações para variações positivas e negativas no volume processado.

A probabilidade de VPL ser menor que zero é muito baixa em função da análise de risco calculada de 4,53885⁻⁸⁶.

A análise ambiental identificou benefícios que apresentam dificuldade de mensuração quantitativa, mas de grande representatividade e importância como auxílio na tomada de decisão pela aceitação do projeto.

Os principais benefícios ambientais são observados pela reutilização e correta disposição final dos resíduos, possibilitando o retorno dos resíduos à cadeia produtiva da construção civil, poupando recursos naturais e evitando o acúmulo dos mesmos em aterros de RCD ou áreas clandestinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2008**. CD-ROM.

ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e modelos para análise de decisões**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

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

ANGULO,S.C.; ZORDAN, S.E.; JOHN, V.M. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**. – IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil - Materiais Reciclados e suas Aplicações. IBRACON, São Paulo, 2001.

BACCI, D. L. C.; LANDIM, P.M.B.; ESTON, S.M. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. **Revista Escola de Minas**, vol. 59 n. 01, p. 47-54, 2006.

BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A.C.F.; SCHENINI, P.C. **Gestão de resíduos da construção civil** – CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BARREIRA L. P. **Avaliação das usinas de compostagem dos Estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processo de produção**. 2005. 190f. Tese (Doutorado) Curso de Pós Graduação em Saúde Pública. Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

BARROS, M. C. **Avaliação de um resíduo da construção civil beneficiado como sistema alternativo para cobertura**. 96 p. Dissertação (mestrado) – COPPE-UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BOHNE, R. A.; BRATTEBO, H.; BERGSDAL, H. Dynamic Eco-Efficiency Projections for Construction and Demolition Waste Recycling Strategies at the City Level. **Journal of Industrial Ecology**, v. 12 n.1, p.52-68, 2008.

BUENROSTRO, O.; BOCCO, G.; CRAM, S. *Classification of sources of municipal solid wastes in developing countries*. . **Resources, Conservation and Recycling, Los Angeles**, n.32, p.29-41, 2001.

BRIGHAN, E. F.; GAPENSKI, L. C.; EHRHARDT, M. C. **Administração financeira - teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRUSADIN, M. B. **Análise de instrumentos econômicos relativos aos serviços de resíduos sólidos urbanos**. 2003. 166f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

BRUNI, A.L. **Estatística aplicada a gestão empresarial**. São Paulo: Atlas, 2007.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Manual de orientação, v. 1. Brasília: Caixa - IPT, 2005. 198 p.

CALDERONI S. **Economia Ambiental**. In: PHILIPPI JÚNIOR A. et. al. Curso de Gestão Ambiental. São Paulo: Manole, 2004. cap. 16, p. 571 a 615.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Dimensão do macrossetor da construção em 2002. CBIC, 2002. Disponível em <http://www.cbicdados.com.br/files/textos/026.pdf>. Acesso em 19 Ago 2009.

CAROLINO, E. F. **Abordagem energética dos resíduos sólidos urbanos (RSU) na temática da educação ambiental no município de Cerqueira César - SP**. 2002. 166f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Energia na Agricultura. Universidade Estadual de São Paulo, UNESP, Botucatu.

CELSONO M. R.; Gianneti B. F.; e Almeida C. M. V. B. **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): Uma Ferramenta Importante da Ecologia Industrial**. Disponível em <http://www.hottopos.com/regeg12/art4.htm>. Acesso em 10 Nov 2009.

CHEN, Z.; LI, H.; KONG, S. C. W.; HONG, J.; XU, Q. E-commerce system simulation for construction and demolition waste exchange. **Automation in Construction**, n.15, p.706-718, 2006.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Brasília, de 05 de Julho de 2002. CONAMA. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>> Acesso em 10 mar. 2009.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA IV Região. **Cartilha de Meio Ambiente.** São Paulo: CRQ-IV, 2008.

CURWELL, S.; COOPER, I. The implications of urban sustainability. **Building Research and Information**. V.26, nº1, 1998. p. 17-28.

CUNHA, N. A. **Resíduos da construção civil - Análise de usinas de reciclagem.** 2007. 166 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas.

DIAS, J. F.; MOREIRA, J. F.; REZENDE, M. E. B. Utilização de resíduos de construção e demolição em base de pavimentos na cidade de Uberlândia – MG. **Revista Vias Gerais**, p. 49-56, Fev. 2007.

DURAN, X.; LENIHAN, H.; REGAN, B. A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling – the case of Ireland. **Resources Conservation & Recycling**, n.46, p.302-320, 2006.

ESGUICERO, F. J.; MARTINS, B. L.; MANFRIANTO, J. W. S. Análise econômica e ambiental na implementação de usina para reciclagem de RCC (Resíduos da Construção Civil) – Estudo de caso. **XV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**, Bauru, 10 a 12 de Nov. de 2008.

ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. Controle ambiental de resíduos. In: BRUNA, G. C.; PHILIPPI JR., A.; ROMÉRO, M. A. **Curso de gestão ambiental.** Barueri: Manole, 2004.

FARIAS, M. M.; PALMEIRA, E. M. Agregados para a construção civil. In: ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007. p. 481.

FURLETTI, D. I. R.; MENDES, L. F. M.; VASCONCELOS, I. **Desempenho da economia nacional e do setor da construção em 2008: perspectivas para 2009**. Banco de dados da câmara brasileira da indústria da construção. Brasília, Dezembro de 2.008.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 1997.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

HUANG, W. L.; LIN, D.H.; CHANG, N.B.; LIN, K.S. Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process. **Resources, Conservation and Recycling** n.37, p.23-37, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **IBGE Cidades**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 17 Jan 2010.

JONH, W. M. **Reciclagem de resíduos da construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

KAMOGAWA, F. L. O.M. C. M. **Crescimento econômico, uso dos recursos naturais e degradação ambiental: uma aplicação do modelo EKC no Brasil**. 2003. 121f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Economia Aplicada da ESALQ - Universidade de São Paulo, USP, Piracicaba.

KOURMPANIS, B. *et al.*. Preliminary study for the management of construction and demolition waste. **Waste Management & Research**, Los Angeles, n.26, p.267-275, 2008. Disponível em: <<http://wmr.sagepub.com/cgi/content/abstract/26/3/267>> Acesso em: 12 set. 2008.

KOHLER, M. C. M. **AGENDA 21 LOCAL: Desafios da sua implementação. experiências de são paulo, rio de janeiro, santos e florianópolis.** 2003. 176f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Saúde Pública da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

KURESKI, R.; RODRIGUES, R. L.; MORETTO, A. C.; SESSO FILHO, U. A.; HARDT, L. P. A. O macro setor da construção civil na economia brasileira em 2004. **Revista Ambiente Construído**, vol. 8 n. 01, p. 07-19, jan./mar. 2008. Porto Alegre.

LANZELLOTTI, R.F.; LUZ, A.B.; TOREM, M.L. **Desenvolvimento de fluxograma de beneficiamento mineral para resíduos sólidos da construção civil.** – XX ENTMME – Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Florianópolis, 2004.

LAPPONI, J. C. **Projetos de Investimento na Empresa.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LELLES, L. C.; SILVA, E.; GRIFFITH, J. J.; S.M. MARTINS, S. V. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em curso d'água. **Revista árvore**, vol. 29 n. 03, p. 439-444, 2005.

LEVY, S. M. Materiais reciclados na construção civil. In: ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** São Paulo: Ibracon, 2007. p. 1629-1657.

Leigh, N. G.; Patterson, L. M. **Construction & Demolition Debris Recycling for Environmental Protection and Economic Development.** 2005. Practice Guide #7, University of Louisville, United States.

LIDDLE, B. T. Construction for Sustainability and the Sustainability of the Construction Industry. In: **CIB TG 16 Sustainable Construction.** Proceedings. Tampa, Florida, p.47-56, 1994.

MACHION, A. C. G. **Valoração Ambiental e Análise de Viabilidade econômica: o caso da estação escola de tratamento de esgotos da universidade estadual de campinas.** 2006. 191f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas.

MARTINS, B.L; ESGUÍCERO, F.J.; MANFRINATO, J.W.S.; Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos utilizando a organização de cooperatíva no Município de Lençóis Paulista. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos..** Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2007. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570426_8914.pdf> Acesso em 02 dez. 2009.

MENEZES, E. S.; SILVA, E. L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Universidade Estadual de Santa Catarina, 2005. (Apostila).

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Secretaria do Desenvolvimento da Produção - **Anuário Estatístico 2009**. Brasília: MDIC, 2009. Disponível em http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1243007515.pdf. Acesso em 14 Set 2009.

MONTEVECHI, J.A.B; PAMPLONA, E. O. **Engenharia Econômica Avançada**. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2006. (Apostila). Disponível em <<http://www.iem.efei.br/edson>> Acesso em 31 out. 2008.

MOURA, L. A. **A Economia ambiental – Gestão de custo e investimentos**. 3. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2006.

Philippi, A. J. *et al.*. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Editora Manole, 2004.

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

PREFEITURA MUNICIPAL DE LENÇÓIS PAULISTA. Diretoria de Agricultura e Meio Ambiente, Lençóis Paulista. 2009.

_____. Diretoria de Obras e Infraestrutura, Lençóis Paulista, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. Usina de Reciclagem de Entulho de Construção Civil, São Carlos. 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO. Usina de Reciclagem de Entulho de Construção Civil, São José do Rio Preto. 2008.

RIBEIRO, M. S. **Custeio das atividades de natureza ambiental**. 1998. 165f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Contabilidade e Controladoria. Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

ROLIM, Aline Marques. **A reciclagem de resíduos plásticos pós-consumo em oito empresas do Rio Grande do Sul**. 2000. 142 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre. Disponível em http://volpi.ea.ufrgs.br/teses_e_dissertacoes/td/000352.pdf. Acesso em: 15 out. 2008.

ROSSETTI, J. P. **Introdução à Economia**. 20 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

SAMANEZ, C. P. **Matemática financeira – Aplicações à análise de investimentos**. 3. ed., cap. 10. São Paulo: Saraiva, 2002.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados Perfil Municipal. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>>. Acesso em: 23 Jan 2010.

Shanghai Zenith Company. **Britador de impacto**. Disponível em <http://www.zenithcrusher.com/pt/Britador-de-impacto.html>. Acesso em 14 Set 2009.

SINDICATO DAS INDUSTRIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINDUSCON. **Informalidade na construção civil – Um jogo de soma negativa**. São Paulo: Sinduscon, 2005. Disponível em <HTTP://www.sindusconsp.com.br>. Acesso em 20 Set 2009.

TAM, VIVIAN. W. Y.; TAM, C.M. Parameters for assessing recycled aggregate and their correlation. **Waste Management & Research**, Los Angeles, n.27, p.52-58, 2009.

WIENS, I. K. – **A gestão de resíduos da construção civil: iniciativas na bacia hidrográfica Tietê-Jacaré e uma proposta para o Município de Bauru**. 2008. 155

f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia de Bauru, UNESP, Bauru.

WIKIPEDIA A enciclopédia democrática. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Len%C3%A7%C3%B3is_Paulista. Acesso em 22 Jan 2010

ANEXOS

ANEXO I - Análise econômica

Volume inicial processado (ton/ano)		47.477,0
Taxa de crescimento populacional		1,51
Taxa de correção inflacionária		4,5
Investimento inicial		-R\$ 819.870,00

Volume de resíduos processado		ECONOMIAS		CUSTOS		Fluxo de caixa líquido		Payback Simples		Fluxo de caixa descontado	
Ano	(Ton/ano)	Transporte de cascalho	Compra de agregados	Disposição Final aterro	Fixo	Variável	caixa líquido	Payback	Simples	caixa descontado	Payback Descontado
0							-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00
1	47.477,0	R\$ 39.500,00	R\$ 164.535,00	R\$ 19.386,46	R\$ 69.168,60	R\$ 69.403,84	R\$ 84.849,02	R\$ 735.020,98	R\$ 735.020,98	R\$ 78.022,09	-R\$ 741.847,91
2	48.193,9	R\$ 41.900,79	R\$ 174.535,36	R\$ 20.564,76	R\$ 72.281,19	R\$ 73.622,17	R\$ 91.097,55	R\$ 643.923,43	R\$ 643.923,43	R\$ 77.027,92	-R\$ 664.819,99
3	48.921,7	R\$ 44.447,50	R\$ 185.143,53	R\$ 21.814,67	R\$ 75.533,84	R\$ 78.096,89	R\$ 97.774,97	R\$ 546.148,46	R\$ 546.148,46	R\$ 76.022,11	-R\$ 588.797,88
4	49.660,4	R\$ 47.149,00	R\$ 196.396,46	R\$ 23.140,56	R\$ 78.932,86	R\$ 82.843,57	R\$ 104.909,57	R\$ 441.238,88	R\$ 441.238,88	R\$ 75.006,35	-R\$ 513.791,53
5	50.410,3	R\$ 50.014,69	R\$ 208.333,34	R\$ 24.547,03	R\$ 82.484,84	R\$ 87.878,77	R\$ 112.531,45	R\$ 328.707,44	R\$ 328.707,44	R\$ 73.982,26	-R\$ 439.809,27
6	51.171,5	R\$ 53.054,56	R\$ 220.995,73	R\$ 26.038,99	R\$ 86.196,66	R\$ 93.219,99	R\$ 120.672,62	R\$ 208.034,82	R\$ 208.034,82	R\$ 72.951,32	-R\$ 366.857,95
7	51.944,1	R\$ 56.279,19	R\$ 234.427,74	R\$ 27.621,62	R\$ 90.075,51	R\$ 98.885,86	R\$ 129.367,18	R\$ 78.667,63	R\$ 78.667,63	R\$ 71.914,96	-R\$ 294.942,99
8	52.728,5	R\$ 59.699,81	R\$ 248.676,14	R\$ 29.300,45	R\$ 94.128,91	R\$ 104.896,09	R\$ 138.651,40	R\$ 59.983,77	R\$ 59.983,77	R\$ 70.874,52	-R\$ 224.068,47
9	53.524,7	R\$ 63.328,33	R\$ 263.790,55	R\$ 31.081,32	R\$ 98.364,71	R\$ 111.271,62	R\$ 148.563,87	R\$ 208.547,64	R\$ 208.547,64	R\$ 69.831,25	-R\$ 154.237,22
10	54.332,9	R\$ 67.177,40	R\$ 279.823,61	R\$ 32.970,42	R\$ 102.791,12	R\$ 118.034,66	R\$ 159.145,66	R\$ 367.693,30	R\$ 367.693,30	R\$ 68.786,33	-R\$ 85.450,89
11	55.153,4	R\$ 71.260,40	R\$ 296.831,15	R\$ 34.974,35	R\$ 107.416,72	R\$ 125.208,74	R\$ 170.440,44	R\$ 538.133,74	R\$ 538.133,74	R\$ 67.740,86	-R\$ 17.710,03
12	55.986,2	R\$ 75.591,58	R\$ 314.872,40	R\$ 37.100,07	R\$ 112.250,47	R\$ 132.818,87	R\$ 182.494,71	R\$ 720.628,44	R\$ 720.628,44	R\$ 66.695,89	R\$ 48.985,86
13	56.831,6	R\$ 80.185,99	R\$ 334.010,19	R\$ 39.355,00	R\$ 117.301,74	R\$ 140.891,53	R\$ 195.357,90	R\$ 915.986,35	R\$ 915.986,35	R\$ 65.652,39	R\$ 114.638,25
14	57.689,7	R\$ 85.059,66	R\$ 354.311,16	R\$ 41.746,97	R\$ 122.580,32	R\$ 149.454,85	R\$ 209.082,62	R\$ 1.125.068,97	R\$ 1.125.068,97	R\$ 64.611,26	R\$ 179.249,51
15	58.560,8	R\$ 90.229,54	R\$ 375.846,02	R\$ 44.284,33	R\$ 128.096,44	R\$ 158.538,64	R\$ 223.724,81	R\$ 1.348.793,78	R\$ 1.348.793,78	R\$ 63.573,36	R\$ 242.822,87
16	59.445,1	R\$ 95.713,65	R\$ 398.689,75	R\$ 46.975,91	R\$ 133.860,78	R\$ 168.174,54	R\$ 239.343,99	R\$ 1.588.137,77	R\$ 1.588.137,77	R\$ 62.539,48	R\$ 305.362,36
17	60.342,7	R\$ 101.531,08	R\$ 422.921,91	R\$ 49.831,09	R\$ 139.884,51	R\$ 178.396,10	R\$ 256.003,46	R\$ 1.844.141,23	R\$ 1.844.141,23	R\$ 61.510,37	R\$ 366.872,72
18	61.253,9	R\$ 107.702,08	R\$ 448.626,89	R\$ 52.859,80	R\$ 146.179,32	R\$ 189.238,93	R\$ 273.770,53	R\$ 2.117.911,76	R\$ 2.117.911,76	R\$ 60.486,70	R\$ 427.359,43
19	62.178,8	R\$ 114.248,16	R\$ 475.894,21	R\$ 56.072,59	R\$ 152.757,38	R\$ 200.740,78	R\$ 292.716,80	R\$ 2.410.628,56	R\$ 2.410.628,56	R\$ 59.469,13	R\$ 486.828,56
20	63.117,7	R\$ 121.192,11	R\$ 504.818,83	R\$ 59.480,65	R\$ 159.631,47	R\$ 212.941,70	R\$ 312.918,42	R\$ 2.723.546,97	R\$ 2.723.546,97	R\$ 58.458,25	R\$ 545.286,81

TMA 8,75%

TIR 15,02%

Payback simples 7 Anos e 7 Meses

Payback descontado 11 Anos e 03 Meses

VPL R\$ 545.286,81

ANEXO II - Análise econômica: Variação negativa em 20% no volume processado

Variação no volume processado														-20,00%	
Volume inicial processado (ton/ano)														37.981,6	
Taxa de crescimento populacional														1,51	
Taxa de correção inflacionária														4,5	
Volume de resíduos processado														Investimento inicial -R\$ 819.870,00	
ECONOMIAS															
CUSTOS															
Fluxo de caixa líquido															
Fluxo de caixa descontado															
Payback Simples															
Payback Descontado															
Ano	(Ton/ano)	Transporte de cascalho	Compra de agregados	Disposição Final aterro	Fixo	Variável	caixa líquido	caixa descontado	Payback Simples	Payback Descontado					
0							-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00					
1	37.981,6	R\$ 39.500,00	R\$ 164.535,00	R\$ 15.509,15	R\$ 69.168,60	R\$ 55.523,02	R\$ 94.852,53	R\$ 87.220,72	R\$ 725.017,47	-R\$ 87.220,72				R\$ 732.649,28	
2	38.555,1	R\$ 41.900,79	R\$ 174.535,36	R\$ 16.451,79	R\$ 72.281,19	R\$ 58.897,68	R\$ 101.709,07	R\$ 86.000,53	R\$ 623.308,40	-R\$ 86.000,53				R\$ 646.648,75	
3	39.137,3	R\$ 44.447,50	R\$ 185.143,53	R\$ 17.451,72	R\$ 75.533,84	R\$ 62.477,46	R\$ 109.031,45	R\$ 84.774,26	R\$ 514.276,95	-R\$ 84.774,26				R\$ 561.874,49	
4	39.728,3	R\$ 47.149,00	R\$ 196.396,46	R\$ 18.512,43	R\$ 78.932,86	R\$ 66.274,80	R\$ 116.850,22	R\$ 83.543,46	R\$ 397.426,73	-R\$ 83.543,46				R\$ 478.331,03	
5	40.328,2	R\$ 50.014,69	R\$ 208.333,34	R\$ 19.637,61	R\$ 82.484,84	R\$ 70.302,95	R\$ 125.197,84	R\$ 82.309,60	R\$ 272.228,90	-R\$ 82.309,60				R\$ 396.021,43	
6	40.937,1	R\$ 53.054,56	R\$ 220.995,73	R\$ 20.831,17	R\$ 86.196,66	R\$ 74.575,93	R\$ 134.108,87	-R\$ 81.074,06	R\$ 138.120,03	-R\$ 81.074,06				R\$ 314.947,37	
7	41.555,3	R\$ 56.279,19	R\$ 234.427,74	R\$ 22.097,28	R\$ 90.075,51	R\$ 79.108,62	R\$ 143.620,08	R\$ 79.838,12	R\$ 5.500,05	-R\$ 79.838,12				R\$ 235.109,25	
8	42.182,8	R\$ 59.699,81	R\$ 248.676,14	R\$ 23.440,34	R\$ 94.128,91	R\$ 83.916,80	R\$ 153.770,58	R\$ 78.603,00	R\$ 159.270,63	-R\$ 78.603,00				R\$ 156.506,25	
9	42.819,7	R\$ 63.328,33	R\$ 263.790,55	R\$ 24.865,03	R\$ 98.364,71	R\$ 89.017,22	R\$ 164.601,99	R\$ 77.369,84	R\$ 323.872,62	-R\$ 77.369,84				R\$ 79.136,41	
10	43.466,3	R\$ 67.177,40	R\$ 279.823,61	R\$ 26.376,32	R\$ 102.791,12	R\$ 94.427,65	R\$ 176.158,56	R\$ 76.139,69	R\$ 500.031,18	-R\$ 76.139,69				R\$ 2.996,73	
11	44.122,6	R\$ 71.260,40	R\$ 296.831,15	R\$ 27.979,46	R\$ 107.416,72	R\$ 100.166,91	R\$ 188.487,38	R\$ 74.913,55	R\$ 688.518,56	R\$ 74.913,55				R\$ 71.916,82	
12	44.788,9	R\$ 75.591,58	R\$ 314.872,40	R\$ 29.680,03	R\$ 112.250,47	R\$ 106.255,01	R\$ 201.638,53	R\$ 73.692,34	R\$ 890.157,09	R\$ 73.692,34				R\$ 145.609,16	
13	45.465,2	R\$ 80.185,99	R\$ 334.010,19	R\$ 31.483,97	R\$ 117.301,74	R\$ 112.713,13	R\$ 215.665,28	R\$ 72.476,93	R\$ 1.105.822,37	R\$ 72.476,93				R\$ 218.086,09	
14	46.151,7	R\$ 85.059,66	R\$ 354.311,16	R\$ 33.397,55	R\$ 122.580,32	R\$ 119.563,78	R\$ 230.624,27	R\$ 71.268,12	R\$ 1.336.446,63	R\$ 71.268,12				R\$ 289.354,20	
15	46.848,6	R\$ 90.229,54	R\$ 375.846,02	R\$ 35.427,44	R\$ 128.096,44	R\$ 126.830,81	R\$ 246.575,75	R\$ 70.066,65	R\$ 1.583.022,39	R\$ 70.066,65				R\$ 359.420,86	
16	47.556,0	R\$ 95.713,65	R\$ 398.689,75	R\$ 37.580,70	R\$ 133.860,78	R\$ 134.539,52	R\$ 263.583,80	R\$ 68.873,23	R\$ 1.846.606,19	R\$ 68.873,23				R\$ 428.294,09	
17	48.274,1	R\$ 101.531,08	R\$ 422.921,91	R\$ 39.864,84	R\$ 139.884,51	R\$ 142.716,76	R\$ 281.716,55	R\$ 67.688,49	R\$ 2.128.322,73	R\$ 67.688,49				R\$ 495.982,58	
18	49.003,1	R\$ 107.702,08	R\$ 448.626,89	R\$ 42.287,80	R\$ 146.179,32	R\$ 151.391,02	R\$ 301.046,45	R\$ 66.513,03	R\$ 2.429.369,18	R\$ 66.513,03				R\$ 562.495,61	
19	49.743,0	R\$ 114.248,16	R\$ 475.894,21	R\$ 44.858,03	R\$ 152.757,38	R\$ 160.592,49	R\$ 321.650,54	R\$ 65.347,39	R\$ 2.751.019,72	R\$ 65.347,39				R\$ 627.843,00	
20	50.494,1	R\$ 121.192,11	R\$ 504.818,83	R\$ 47.584,48	R\$ 159.631,47	R\$ 170.353,22	R\$ 343.610,73	R\$ 64.192,07	R\$ 3.094.630,45	R\$ 64.192,07				R\$ 692.035,07	

TMA	8,75%
TIR	16,53%
Payback simples 6 Anos e 11 meses	
Payback descontado 10 Anos e 01 Mês	
VPL	R\$ 692.035,07

ANEXO III - Análise econômica: Variação negativa em 10% no volume processado

Variação no volume processado	-10,00%
Volume inicial processado (ton/ano)	42.729,3
Taxa de crescimento populacional	1,51
Taxa de correção inflacionária	4,5

Volume de resíduos	Investimento inicial -R\$	819.870,00
--------------------	---------------------------	------------

		ECONOMIAS			CUSTOS		Fluxo de		Fluxo de		Payback	
		Transporte de cascalho		Compra de agregados	Disposição Final aterro	Fixo	Variável	caixa líquido	caixa desconto	Simplex	caixa desconto	Payback Descontado
Ano	(Ton/ano)											
0								-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00
1	42.729,3	R\$ 39.500,00	R\$ 164.535,00	R\$ 17.447,80	R\$ 17.447,80	R\$ 69.168,60	R\$ 62.463,40	R\$ 89.850,80	-R\$ 82.621,42	R\$ 730.019,20	R\$ 82.621,42	-R\$ 737.248,58
2	43.374,5	R\$ 41.900,79	R\$ 174.535,36	R\$ 18.508,27	R\$ 18.508,27	R\$ 72.281,19	R\$ 66.259,89	R\$ 96.403,33	-R\$ 81.514,24	R\$ 633.615,87	R\$ 81.514,24	-R\$ 655.734,33
3	44.029,5	R\$ 44.447,50	R\$ 185.143,53	R\$ 19.633,19	R\$ 19.633,19	R\$ 75.533,84	R\$ 70.287,14	R\$ 103.403,24	-R\$ 80.398,20	R\$ 530.212,64	R\$ 80.398,20	-R\$ 575.336,13
4	44.694,3	R\$ 47.149,00	R\$ 196.396,46	R\$ 20.826,48	R\$ 20.826,48	R\$ 78.932,86	R\$ 74.559,15	R\$ 110.879,92	-R\$ 79.274,93	R\$ 419.332,71	R\$ 79.274,93	-R\$ 496.061,20
5	45.369,2	R\$ 50.014,69	R\$ 208.333,34	R\$ 22.092,31	R\$ 22.092,31	R\$ 82.484,84	R\$ 79.090,82	R\$ 118.864,67	-R\$ 78.145,95	R\$ 300.468,05	R\$ 78.145,95	-R\$ 417.915,26
6	46.054,3	R\$ 53.054,56	R\$ 220.995,73	R\$ 23.435,07	R\$ 23.435,07	R\$ 86.196,66	R\$ 83.897,92	R\$ 127.390,77	-R\$ 77.012,70	R\$ 173.077,27	R\$ 77.012,70	-R\$ 340.902,55
7	46.749,7	R\$ 56.279,19	R\$ 234.427,74	R\$ 24.859,44	R\$ 24.859,44	R\$ 90.075,51	R\$ 88.997,20	R\$ 136.493,66	-R\$ 75.876,56	R\$ 36.583,61	R\$ 75.876,56	-R\$ 265.026,00
8	47.455,6	R\$ 59.699,81	R\$ 248.676,14	R\$ 26.370,38	R\$ 26.370,38	R\$ 94.128,91	R\$ 94.406,40	R\$ 146.211,02	-R\$ 74.738,78	R\$ 109.627,41	R\$ 74.738,78	-R\$ 190.287,22
9	48.172,2	R\$ 63.328,33	R\$ 263.790,55	R\$ 27.973,16	R\$ 27.973,16	R\$ 98.364,71	R\$ 100.144,38	R\$ 156.582,96	-R\$ 73.600,56	R\$ 266.210,37	R\$ 73.600,56	-R\$ 116.686,66
10	48.899,6	R\$ 67.177,40	R\$ 279.823,61	R\$ 29.673,36	R\$ 29.673,36	R\$ 102.791,12	R\$ 106.231,10	R\$ 167.652,14	-R\$ 72.463,02	R\$ 433.862,51	R\$ 72.463,02	-R\$ 44.223,64
11	49.638,0	R\$ 71.260,40	R\$ 296.831,15	R\$ 31.476,89	R\$ 31.476,89	R\$ 107.416,72	R\$ 112.687,77	R\$ 179.463,95	-R\$ 71.327,22	R\$ 613.326,46	R\$ 71.327,22	R\$ 27.103,58
12	50.387,5	R\$ 75.591,58	R\$ 314.872,40	R\$ 33.390,04	R\$ 33.390,04	R\$ 112.250,47	R\$ 119.536,88	R\$ 192.066,66	-R\$ 70.194,13	R\$ 805.393,12	R\$ 70.194,13	R\$ 97.297,72
13	51.148,4	R\$ 80.185,99	R\$ 334.010,19	R\$ 35.419,47	R\$ 35.419,47	R\$ 117.301,74	R\$ 126.802,27	R\$ 205.511,63	-R\$ 69.064,67	R\$ 1.010.904,76	R\$ 69.064,67	R\$ 166.362,39
14	51.920,7	R\$ 85.059,66	R\$ 354.311,16	R\$ 37.572,25	R\$ 37.572,25	R\$ 122.580,32	R\$ 134.509,25	R\$ 219.853,49	-R\$ 67.939,70	R\$ 1.230.758,25	R\$ 67.939,70	R\$ 234.302,09
15	52.704,7	R\$ 90.229,54	R\$ 375.846,02	R\$ 39.855,87	R\$ 39.855,87	R\$ 128.096,44	R\$ 142.684,66	R\$ 235.150,33	-R\$ 66.820,02	R\$ 1.465.908,58	R\$ 66.820,02	R\$ 301.122,11
16	53.500,5	R\$ 95.713,65	R\$ 398.689,75	R\$ 42.278,29	R\$ 42.278,29	R\$ 133.860,78	R\$ 151.356,96	R\$ 251.463,95	-R\$ 65.706,37	R\$ 1.717.372,52	R\$ 65.706,37	R\$ 366.828,48
17	54.308,4	R\$ 101.531,08	R\$ 422.921,91	R\$ 44.847,94	R\$ 44.847,94	R\$ 139.884,51	R\$ 160.556,36	R\$ 268.860,06	-R\$ 64.599,44	R\$ 1.986.232,58	R\$ 64.599,44	R\$ 431.427,92
18	55.128,5	R\$ 107.702,08	R\$ 448.626,89	R\$ 47.573,78	R\$ 47.573,78	R\$ 146.179,32	R\$ 170.314,89	R\$ 287.408,54	-R\$ 63.499,88	R\$ 2.273.641,13	R\$ 63.499,88	R\$ 494.927,80
19	55.960,9	R\$ 114.248,16	R\$ 475.894,21	R\$ 50.465,29	R\$ 50.465,29	R\$ 152.757,38	R\$ 180.666,55	R\$ 307.183,73	-R\$ 62.408,27	R\$ 2.580.824,85	R\$ 62.408,27	R\$ 557.336,08
20	56.805,9	R\$ 121.192,11	R\$ 504.818,83	R\$ 53.532,54	R\$ 53.532,54	R\$ 159.631,47	R\$ 191.647,37	R\$ 328.264,64	-R\$ 61.325,17	R\$ 2.909.089,49	R\$ 61.325,17	R\$ 618.661,25

TMA	8,75%
TIR	15,78%
Payback simples	7 Anos e 3 Meses
Payback descontado	10 Anos e 7 Meses
VPL	R\$ 618.661,25

ANEXO IV - Análise econômica: Variação positiva em 10% no volume processado

Variação no volume processado	10,00%
Volume inicial processado (ton/ano)	52.224,7
Taxa de crescimento populacional	1,51
Taxa de correção inflacionária	4,5

Investimento inicial	-R\$ 819.870,00
----------------------	-----------------

Volume de resíduos processado		TRANSPORTE		ECONOMIAS		CUSTOS		Fluxo de caixa		Fluxo de caixa		Fluxo de caixa		Fluxo de caixa	
Ano	(Ton/ano)	cascalho	Transporte de	cascalho	Compra de agregados	Disposição Final aterro	Fixo	Variável	líquido	Simples	descontado	descontado	Descontado	Descontado	Descontado
0									-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00
1	52.224,7	R\$ 39.500,00	R\$ 164.535,00	R\$ 21.325,09	R\$ 69.168,60	R\$ 76.344,16	R\$ 79.847,33	R\$ 73.422,83	R\$ 740.022,67	R\$ 746.447,17	R\$ 73.422,83	R\$ 746.447,17	R\$ 73.422,83	R\$ 746.447,17	R\$ 746.447,17
2	53.013,3	R\$ 41.900,79	R\$ 174.535,36	R\$ 22.621,21	R\$ 72.281,19	R\$ 80.984,32	R\$ 85.791,86	R\$ 72.541,67	R\$ 654.230,81	R\$ 673.905,50	R\$ 72.541,67	R\$ 673.905,50	R\$ 72.541,67	R\$ 673.905,50	R\$ 673.905,50
3	53.813,8	R\$ 44.447,50	R\$ 185.143,53	R\$ 23.996,12	R\$ 75.533,84	R\$ 85.906,50	R\$ 92.146,80	R\$ 71.646,09	R\$ 562.084,01	R\$ 602.259,41	R\$ 71.646,09	R\$ 602.259,41	R\$ 71.646,09	R\$ 602.259,41	R\$ 602.259,41
4	54.626,4	R\$ 47.149,00	R\$ 196.396,46	R\$ 25.454,59	R\$ 78.932,86	R\$ 91.127,86	R\$ 98.939,33	R\$ 70.737,86	R\$ 463.144,68	R\$ 531.521,56	R\$ 70.737,86	R\$ 531.521,56	R\$ 70.737,86	R\$ 531.521,56	R\$ 531.521,56
5	55.451,2	R\$ 50.014,69	R\$ 208.333,34	R\$ 27.001,71	R\$ 82.484,84	R\$ 96.666,56	R\$ 106.198,33	R\$ 69.818,64	R\$ 356.946,35	R\$ 461.702,92	R\$ 69.818,64	R\$ 461.702,92	R\$ 69.818,64	R\$ 461.702,92	R\$ 461.702,92
6	56.288,6	R\$ 53.054,56	R\$ 220.995,73	R\$ 28.642,86	R\$ 86.196,66	R\$ 102.541,91	R\$ 113.954,58	R\$ 68.890,00	R\$ 242.991,77	R\$ 392.812,92	R\$ 68.890,00	R\$ 392.812,92	R\$ 68.890,00	R\$ 392.812,92	R\$ 392.812,92
7	57.138,5	R\$ 56.279,19	R\$ 234.427,74	R\$ 30.383,76	R\$ 90.075,51	R\$ 108.774,35	R\$ 122.240,82	R\$ 67.953,43	R\$ 120.750,94	R\$ 324.859,48	R\$ 67.953,43	R\$ 324.859,48	R\$ 67.953,43	R\$ 324.859,48	R\$ 324.859,48
8	58.001,3	R\$ 59.699,81	R\$ 248.676,14	R\$ 32.230,47	R\$ 94.128,91	R\$ 115.385,60	R\$ 131.091,91	R\$ 67.010,33	R\$ 10.340,97	R\$ 257.849,15	R\$ 67.010,33	R\$ 257.849,15	R\$ 67.010,33	R\$ 257.849,15	R\$ 257.849,15
9	58.877,1	R\$ 63.328,33	R\$ 263.790,55	R\$ 34.189,42	R\$ 98.364,71	R\$ 122.398,68	R\$ 140.544,92	R\$ 66.062,00	R\$ 150.885,88	R\$ 191.787,15	R\$ 66.062,00	R\$ 191.787,15	R\$ 66.062,00	R\$ 191.787,15	R\$ 191.787,15
10	59.766,2	R\$ 67.177,40	R\$ 279.823,61	R\$ 36.267,44	R\$ 102.791,12	R\$ 129.838,01	R\$ 150.639,31	R\$ 65.109,70	R\$ 301.525,19	R\$ 126.677,45	R\$ 65.109,70	R\$ 126.677,45	R\$ 65.109,70	R\$ 126.677,45	R\$ 126.677,45
11	60.668,6	R\$ 71.260,40	R\$ 296.831,15	R\$ 38.471,75	R\$ 107.416,72	R\$ 137.729,50	R\$ 161.417,09	R\$ 64.154,57	R\$ 462.942,28	R\$ 62.522,88	R\$ 64.154,57	R\$ 62.522,88	R\$ 64.154,57	R\$ 62.522,88	R\$ 62.522,88
12	61.584,7	R\$ 75.591,58	R\$ 314.872,40	R\$ 40.810,05	R\$ 112.250,47	R\$ 146.100,63	R\$ 172.922,92	R\$ 63.197,71	R\$ 635.865,19	R\$ 674,83	R\$ 63.197,71	R\$ 674,83	R\$ 63.197,71	R\$ 674,83	R\$ 674,83
13	62.514,7	R\$ 80.185,99	R\$ 334.010,19	R\$ 43.290,46	R\$ 117.301,74	R\$ 154.980,56	R\$ 185.204,34	R\$ 62.240,16	R\$ 821.069,54	R\$ 62.914,99	R\$ 62.240,16	R\$ 62.914,99	R\$ 62.240,16	R\$ 62.914,99	R\$ 62.914,99
14	63.458,6	R\$ 85.059,66	R\$ 354.311,16	R\$ 45.921,63	R\$ 122.580,32	R\$ 164.400,20	R\$ 198.311,93	R\$ 61.282,87	R\$ 1.019.381,47	R\$ 124.197,86	R\$ 61.282,87	R\$ 124.197,86	R\$ 61.282,87	R\$ 124.197,86	R\$ 124.197,86
15	64.416,9	R\$ 90.229,54	R\$ 375.846,02	R\$ 48.712,73	R\$ 128.096,44	R\$ 174.392,36	R\$ 212.299,49	R\$ 60.326,75	R\$ 1.231.680,96	R\$ 184.524,62	R\$ 60.326,75	R\$ 184.524,62	R\$ 60.326,75	R\$ 184.524,62	R\$ 184.524,62
16	65.389,6	R\$ 95.713,65	R\$ 398.689,75	R\$ 51.673,46	R\$ 133.860,78	R\$ 184.991,84	R\$ 227.224,24	R\$ 59.372,65	R\$ 1.458.905,20	R\$ 243.897,27	R\$ 59.372,65	R\$ 243.897,27	R\$ 59.372,65	R\$ 243.897,27	R\$ 243.897,27
17	66.376,9	R\$ 101.531,08	R\$ 422.921,91	R\$ 54.814,15	R\$ 139.884,51	R\$ 196.235,55	R\$ 243.147,08	R\$ 58.421,34	R\$ 1.702.052,28	R\$ 302.318,61	R\$ 58.421,34	R\$ 302.318,61	R\$ 58.421,34	R\$ 302.318,61	R\$ 302.318,61
18	67.379,2	R\$ 107.702,08	R\$ 448.626,89	R\$ 58.145,73	R\$ 146.179,32	R\$ 208.162,65	R\$ 260.132,74	R\$ 57.473,58	R\$ 1.962.185,02	R\$ 359.792,19	R\$ 57.473,58	R\$ 359.792,19	R\$ 57.473,58	R\$ 359.792,19	R\$ 359.792,19
19	68.396,7	R\$ 114.248,16	R\$ 475.894,21	R\$ 61.679,79	R\$ 152.757,38	R\$ 220.814,67	R\$ 278.250,11	R\$ 56.530,04	R\$ 2.240.435,13	R\$ 416.322,23	R\$ 56.530,04	R\$ 416.322,23	R\$ 56.530,04	R\$ 416.322,23	R\$ 416.322,23
20	69.429,4	R\$ 121.192,11	R\$ 504.818,83	R\$ 65.428,66	R\$ 159.631,47	R\$ 234.235,68	R\$ 297.572,45	R\$ 55.591,37	R\$ 2.538.007,58	R\$ 471.913,60	R\$ 55.591,37	R\$ 471.913,60	R\$ 55.591,37	R\$ 471.913,60	R\$ 471.913,60

TMA	8,75%
TIR	14,25%
Payback simples 7 Anos e 11 Meses	
Payback descontado 13 Anos	
VPL	R\$ 471.913,60

ANEXO V - Análise econômica: Variação positiva em 20% no volume processado

Variação no volume processado	20,00%
Volume inicial processado (ton/ano)	56.972,4
Taxa de crescimento populacional	1,51
Taxa de correção inflacionária	4,5

Investimento inicial	-R\$ 819.870,00
----------------------	-----------------

Volume de resíduos		TRANSPORTE		ECONOMIAS		CUSTOS		Fluxo de caixa		Fluxo de caixa		Payback	
Ano	(Ton/ano)	processado	cascalho	Transporte de	Compra de	Disposição	Fixo	Variável	líquido	caixa	descontado	Simplex	Descontado
					agregados	Final aterro							
0									-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00	-R\$ 819.870,00
1	56.972,4	R\$ 39.500,00	R\$ 39.500,00	R\$ 164.535,00	R\$ 23.263,57	R\$ 23.263,57	R\$ 69.168,60	R\$ 83.284,53	R\$ 74.845,43	-R\$ 74.845,43	R\$ 68.823,39	-R\$ 745.024,57	R\$ 751.046,61
2	57.832,7	R\$ 41.900,79	R\$ 41.900,79	R\$ 174.535,36	R\$ 24.677,51	R\$ 24.677,51	R\$ 72.281,19	R\$ 88.346,53	R\$ 80.485,95	-R\$ 80.485,95	R\$ 68.055,23	-R\$ 664.538,62	R\$ 682.991,38
3	58.706,0	R\$ 44.447,50	R\$ 44.447,50	R\$ 185.143,53	R\$ 26.177,40	R\$ 26.177,40	R\$ 75.533,84	R\$ 93.716,18	R\$ 86.518,40	-R\$ 86.518,40	R\$ 67.269,89	-R\$ 578.020,22	R\$ 615.721,49
4	59.592,4	R\$ 47.149,00	R\$ 47.149,00	R\$ 196.396,46	R\$ 27.768,45	R\$ 27.768,45	R\$ 78.932,86	R\$ 99.412,21	R\$ 92.968,84	-R\$ 92.968,84	R\$ 66.469,18	-R\$ 485.051,38	R\$ 549.252,31
5	60.492,3	R\$ 50.014,69	R\$ 50.014,69	R\$ 208.333,34	R\$ 29.456,20	R\$ 29.456,20	R\$ 82.484,84	R\$ 105.454,43	R\$ 99.864,96	-R\$ 99.864,96	R\$ 65.654,85	-R\$ 385.186,42	R\$ 483.597,46
6	61.405,7	R\$ 53.054,56	R\$ 53.054,56	R\$ 220.995,73	R\$ 31.246,54	R\$ 31.246,54	R\$ 86.196,66	R\$ 111.863,90	R\$ 107.236,27	-R\$ 107.236,27	R\$ 64.828,52	-R\$ 277.950,16	R\$ 418.768,95
7	62.332,9	R\$ 56.279,19	R\$ 56.279,19	R\$ 234.427,74	R\$ 33.145,69	R\$ 33.145,69	R\$ 90.075,51	R\$ 118.662,93	R\$ 115.114,17	-R\$ 115.114,17	R\$ 63.991,74	-R\$ 162.835,98	R\$ 354.777,20
8	63.274,1	R\$ 59.699,81	R\$ 59.699,81	R\$ 248.676,14	R\$ 35.160,26	R\$ 35.160,26	R\$ 94.128,91	R\$ 125.875,20	R\$ 123.532,10	-R\$ 123.532,10	R\$ 63.145,98	-R\$ 39.303,88	R\$ 291.631,22
9	64.229,6	R\$ 63.328,33	R\$ 63.328,33	R\$ 263.790,55	R\$ 37.297,29	R\$ 37.297,29	R\$ 98.364,71	R\$ 133.525,83	R\$ 132.525,63	R\$ 132.525,63	R\$ 62.292,60	R\$ 93.221,75	R\$ 229.338,62
10	65.199,5	R\$ 67.177,40	R\$ 67.177,40	R\$ 279.823,61	R\$ 39.564,20	R\$ 39.564,20	R\$ 102.791,12	R\$ 141.641,47	R\$ 142.132,62	R\$ 142.132,62	R\$ 61.432,91	-R\$ 235.354,37	R\$ 167.905,71
11	66.184,0	R\$ 71.260,40	R\$ 71.260,40	R\$ 296.831,15	R\$ 41.968,89	R\$ 41.968,89	R\$ 107.416,72	R\$ 150.250,37	R\$ 152.393,36	R\$ 152.393,36	R\$ 60.568,12	-R\$ 387.747,73	R\$ 107.337,58
12	67.183,3	R\$ 75.591,58	R\$ 75.591,58	R\$ 314.872,40	R\$ 44.519,74	R\$ 44.519,74	R\$ 112.250,47	R\$ 159.382,51	R\$ 163.350,73	R\$ 163.350,73	R\$ 59.699,39	-R\$ 551.098,46	R\$ 47.638,19
13	68.197,8	R\$ 80.185,99	R\$ 80.185,99	R\$ 334.010,19	R\$ 47.225,63	R\$ 47.225,63	R\$ 117.301,74	R\$ 169.069,70	R\$ 175.050,37	R\$ 175.050,37	R\$ 58.827,79	R\$ 726.148,83	R\$ 11.189,60
14	69.227,6	R\$ 85.059,66	R\$ 85.059,66	R\$ 354.311,16	R\$ 50.095,98	R\$ 50.095,98	R\$ 122.580,32	R\$ 179.345,67	R\$ 187.540,80	R\$ 187.540,80	R\$ 57.954,35	-R\$ 913.689,63	R\$ 69.143,95
15	70.272,9	R\$ 90.229,54	R\$ 90.229,54	R\$ 375.846,02	R\$ 53.140,78	R\$ 53.140,78	R\$ 128.096,44	R\$ 190.246,21	R\$ 200.873,69	R\$ 200.873,69	R\$ 57.080,02	-R\$ 1.114.563,32	R\$ 126.223,97
16	71.334,1	R\$ 95.713,65	R\$ 95.713,65	R\$ 398.689,75	R\$ 56.370,65	R\$ 56.370,65	R\$ 133.860,78	R\$ 201.809,28	R\$ 215.103,99	R\$ 215.103,99	R\$ 56.205,68	-R\$ 1.329.667,32	R\$ 182.429,65
17	72.411,2	R\$ 101.531,08	R\$ 101.531,08	R\$ 422.921,91	R\$ 59.796,83	R\$ 59.796,83	R\$ 139.884,51	R\$ 214.075,15	R\$ 230.290,16	R\$ 230.290,16	R\$ 55.332,19	-R\$ 1.559.957,48	R\$ 237.761,84
18	73.504,6	R\$ 107.702,08	R\$ 107.702,08	R\$ 448.626,89	R\$ 63.431,26	R\$ 63.431,26	R\$ 146.179,32	R\$ 227.086,53	R\$ 246.494,39	R\$ 246.494,39	R\$ 54.460,33	-R\$ 1.806.451,88	R\$ 292.222,17
19	74.614,5	R\$ 114.248,16	R\$ 114.248,16	R\$ 475.894,21	R\$ 67.286,58	R\$ 67.286,58	R\$ 152.757,38	R\$ 240.888,73	R\$ 263.782,84	R\$ 263.782,84	R\$ 53.590,83	-R\$ 2.070.234,71	R\$ 345.813,00
20	75.741,2	R\$ 121.192,11	R\$ 121.192,11	R\$ 504.818,83	R\$ 71.376,22	R\$ 71.376,22	R\$ 159.631,47	R\$ 255.529,83	R\$ 282.225,86	R\$ 282.225,86	R\$ 52.724,38	-R\$ 2.352.460,57	R\$ 398.537,39

TMA	8,75%
TIR	13,46%
Payback simples	8 Anos e 4 Meses
Payback descontado	12 Anos e 10 Meses
VPL	R\$ 398.537,39

ANEXO VI - Custo de processamento

Ano	Volume de resíduos processado		Custo total de		Custo de produção		Anualidade do		Valor diluído do				
	(toneladas)	(metro cúbico)	produção	(toneladas)	(metro cúbico)	Investimento	Inicial (*)	(toneladas)	investimento inicial (**)				
0													
1	47.477,0	39.564,2	R\$ 138.572,44	R\$	2,92	R\$	3,50	R\$	88.219,52	R\$	1,86	R\$	2,23
2	48.193,9	40.161,6	R\$ 145.903,35	R\$	3,03	R\$	3,63	R\$	88.219,52	R\$	1,83	R\$	2,20
3	48.921,7	40.768,1	R\$ 153.630,73	R\$	3,14	R\$	3,77	R\$	88.219,52	R\$	1,80	R\$	2,16
4	49.660,4	41.383,7	R\$ 161.776,44	R\$	3,26	R\$	3,91	R\$	88.219,52	R\$	1,78	R\$	2,13
5	50.410,3	42.008,6	R\$ 170.363,61	R\$	3,38	R\$	4,06	R\$	88.219,52	R\$	1,75	R\$	2,10
6	51.171,5	42.642,9	R\$ 179.416,65	R\$	3,51	R\$	4,21	R\$	88.219,52	R\$	1,72	R\$	2,07
7	51.944,1	43.286,8	R\$ 188.961,37	R\$	3,64	R\$	4,37	R\$	88.219,52	R\$	1,70	R\$	2,04
8	52.728,5	43.940,4	R\$ 199.025,00	R\$	3,77	R\$	4,53	R\$	88.219,52	R\$	1,67	R\$	2,01
9	53.524,7	44.603,9	R\$ 209.636,33	R\$	3,92	R\$	4,70	R\$	88.219,52	R\$	1,65	R\$	1,98
10	54.332,9	45.277,4	R\$ 220.825,78	R\$	4,06	R\$	4,88	R\$	88.219,52	R\$	1,62	R\$	1,95
11	55.153,4	45.961,1	R\$ 232.625,46	R\$	4,22	R\$	5,06	R\$	88.219,52	R\$	1,60	R\$	1,92
12	55.986,2	46.655,1	R\$ 245.069,34	R\$	4,38	R\$	5,25	R\$	88.219,52	R\$	1,58	R\$	1,89
13	56.831,6	47.359,6	R\$ 258.193,28	R\$	4,54	R\$	5,45	R\$	88.219,52	R\$	1,55	R\$	1,86
14	57.689,7	48.074,8	R\$ 272.035,17	R\$	4,72	R\$	5,66	R\$	88.219,52	R\$	1,53	R\$	1,84
15	58.560,8	48.800,7	R\$ 286.635,08	R\$	4,89	R\$	5,87	R\$	88.219,52	R\$	1,51	R\$	1,81
16	59.445,1	49.537,6	R\$ 302.035,32	R\$	5,08	R\$	6,10	R\$	88.219,52	R\$	1,48	R\$	1,78
17	60.342,7	50.285,6	R\$ 318.280,62	R\$	5,27	R\$	6,33	R\$	88.219,52	R\$	1,46	R\$	1,75
18	61.253,9	51.044,9	R\$ 335.418,25	R\$	5,48	R\$	6,57	R\$	88.219,52	R\$	1,44	R\$	1,73
19	62.178,8	51.815,7	R\$ 353.498,16	R\$	5,69	R\$	6,82	R\$	88.219,52	R\$	1,42	R\$	1,70
20	63.117,7	52.598,1	R\$ 372.573,17	R\$	5,90	R\$	7,08	R\$	88.219,52	R\$	1,40	R\$	1,68

* $Anualidade = Investimento\ inicial \times \frac{(1+i)^n \times i}{(1+i)^n - 1}$

** $Anualidade \div Volume\ de\ resíduo\ processado$

ANEXO VII – Formulário utilizado no levantamento da geração de RCD

DATA		VOLUME				
seg	ter	qua	qui	sex	sab	
RESÍDUO						TOTAL
Entulho						
Entulho/Madeira						
Madeira						
Solo						
Entulho/Solo						
Papel/Sucata/Plástico						
Solo/Madeira						