UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EDUARDO MARQUES

**Proposição e análise econômica de arranjos logísticos para a gestão e
reciclagem de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais**

São Carlos
2019

EDUARDO MARQUES

Proposição e análise econômica de arranjos logísticos para a gestão e reciclagem de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais

Dissertação apresentada ao Programa de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Processos e Gestão de Operações.

Orientador: Prof. Dr. Marcel Andreotti Musetti

São Carlos
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

M357p Marques, Eduardo
Proposição e análise econômica de arranjos logísticos para a gestão e reciclagem de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais / Eduardo Marques; orientador Marcel Andreotti Musetti. São Carlos, 2019.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Processos e Gestão de Operações -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2019.

1. Resíduos da construção civil. 2. Reciclagem. 3. Viabilidade econômica. 4. Municípios de pequeno porte. 5. Consórcios intermunicipais. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **EDUARDO MARQUES**.

Título da dissertação: "Proposição e análise econômica de arranjos logísticos para a gestão e reciclagem de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais".

Data da defesa: 05/09/2019

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. **Marcel Andreotti Muselli (Orientador)**
Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof. Associado **Valdir Schalch**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof.^a, Dr.^a. **Sheyla Mara Baptista Serra**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:

Prof. Dr. **Marcelo Seldo Nagano**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

AGRADECIMENTOS

À minha família, minha fonte de apoio, amor, e valores, em especial meus pais, Sergio e Silvia, meus irmãos, André e Michele, por tanto amor e ensinamentos, e minha namorada Marina por tanto carinho e dedicação.

Ao estimado e querido Prof. Dr. Marcel Andreotti Musetti pela orientação e por me possibilitar tantos conhecimentos e boas conversas, pela paciência e boa amizade que tanto almejo.

Ao Prof. Dr. José da Costa Marques Neto pelas valiosas contribuições que trouxe para esta pesquisa, por compartilhar suas experiências e amizade.

À Prof. Associada Daisy Rebelatto pelo incentivo e encorajamento contínuos na pesquisa, além dos ensinamentos que valerão para a vida toda.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção que colaboraram direta ou indiretamente com esta pesquisa, em especial a Jessyca.

A Artur Granato, da empresa Nortec, pelas valiosas contribuições que trouxe a esta pesquisa.

A todos os amigos da Pós, em especial aos amigos de Processos e Gestão de Operações, pela convivência e pela amizade ao longo deste ciclo.

Aos amigos da Republica Zinabre, pela amizade ao longo dos anos de graduação e pós.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado.

E a todos os amigos e colegas que de alguma maneira foram essenciais para a realização deste trabalho.

RESUMO

MARQUES, E. **Proposição e análise econômica de arranjos logísticos para a gestão e reciclagem de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

A gestão adequada dos resíduos da construção civil (RCC) é um desafio para grande parte dos municípios brasileiros que veem na coleta, transporte e destinação final uma operação onerosa aos cofres públicos, em especial nos municípios de pequeno e médio porte que, apesar de corresponderem a maioria dos municípios brasileiros (94,4% possuem até 100.000 habitantes), concentram uma pequena parcela dos projetos de gestão e reciclagem de RCC. Neste contexto, os consórcios intermunicipais surgem como uma alternativa de viabilização de projetos, a partir do princípio de que a busca de parcerias pode ser uma opção mais atrativa e econômica. Com esse quadro de referência, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de arranjos logísticos para a implantação de infraestruturas de gerenciamento e reciclagem de RCC em consórcios intermunicipais. A pesquisa foi dividida em quatro etapas. Na primeira foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais aspectos pertinentes aos RCC, seu gerenciamento e reciclagem, consórcios intermunicipais e análise econômica de projetos. Na segunda etapa foram propostos e analisados 6 cenários de arranjos logísticos para a implantação do consórcio incluindo diferentes tipos de compartilhamento de recursos. Na terceira etapa, com os cenários definidos, foi proposta uma sistemática de avaliação de viabilidade econômica envolvendo a caracterização do projeto e análises determinísticas e estocásticas de viabilidade econômica. Na quarta etapa, o trabalho incluiu a aplicação da sistemática proposta em um caso real para a análise da viabilidade do consórcio em um conjunto de municípios no interior do estado de São Paulo. Os principais resultados dessa pesquisa são que os projetos de investimento para a gestão e reciclagem de RCC em consórcios podem adquirir viabilidade econômica desde que as infraestruturas sejam implantadas de forma eficiente e coordenada. Enquanto a opção sem cooperação entre os municípios resultou em um projeto de investimento com uma TIR de -24,71% e um VPL de R\$ -19.805.086, sem recuperação do capital investido, a formação de um consórcio entre os municípios resultou em uma TIR de 20,05% e um VPL de R\$5.173.930,49 com um payback de 13 anos. Os resultados mostraram que a opção consorciada pode trazer redução de custos e ganho de escala impactando de forma significativa o desempenho operacional e financeiro do projeto.

Palavras-chave: resíduos da construção civil, reciclagem, viabilidade econômica, municípios de pequeno porte, consórcios intermunicipais.

ABSTRACT

MARQUES, E. Proposition and economic analysis of logistic arrangements for the management and recycling of construction waste in intermunicipal consortia. 2019. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

The management of Construction Waste (CW) is a challenge for most of the Brazilian municipalities that see a costly operation in the collection, transportation and final destination of construction waste. This problem is even more pronounced in small and medium-sized municipalities that, although they correspond to most Brazilian municipalities (94.4% have up to 100,000 inhabitants), concentrate a small part of CW's management and recycling projects. In this context, intermunicipal consortia appear as an alternative for project viability, based on the principle that the search for partnerships and the gain of scale can be a more attractive and economic option. With this reference framework, this work aimed to evaluate the feasibility of logistic arrangements for the implementation of CW management and recycling infrastructures in intermunicipal consortia. The research was divided into four stages. In the first, a literature review was carried out on the main aspects of CW, its management and recycling, intermunicipal consortia and economic analysis of projects. In the second stage, 6 logistical arrangements were proposed and analyzed for the consortium's implementation, including different types of resource sharing. In the third stage, with the defined arrangements, a system of economic viability evaluation was proposed, involving the characterization of the project and deterministic and stochastic analyzes of economic feasibility. In the fourth stage, it was also included the application of the systematic proposed in a case study to analyze the feasibility of the arrangements developed in a set of municipalities in the state of São Paulo. The main results of this research are that the investment projects for the management and recycling of CW in consortia can be economically viable if the infrastructures are implemented in an efficient and coordinated way. While the option without cooperation between municipalities resulted in an investment project with an IRR of -24.71% and a NPV of R \$ -19,805,086, without recovery of the invested capital, the formation of a consortium between municipalities resulted in an IRR of 20.05% and a NPV of \$ 5,173,930.49 with a 13-year payback. The results showed that the consortium option can bring cost reduction and scale gain, impacting the operational and financial performance of the project.

Keywords: construction waste, recycling, economic feasibility, small municipalities, intermunicipal consortia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Figura conceitual da pesquisa	30
Figura 2 – Etapas da pesquisa proposta.....	33
Figura 3 – Localização das usinas de reciclagem de resíduos Classe A licenciadas do estado de São Paulo	51
Figura 4 – Exemplos de PEV	55
Figura 5 – Exemplos de ATT	55
Figura 6 – Exemplos de Aterros de Inertes	56
Figura 7 – Exemplos de URRCC	56
Figura 8 – Fluxograma típico da usina recicladora e seus produtos finais.....	62
Figura 9 – Unidade recicladora móvel IPT	63
Figura 10 - Benefícios provenientes da formação de um Consórcio.....	67
Figura 11 – Funcionamento do britador móvel - CIVAP	69
Figura 12 – Fluxo de RCC até sua destinação final	81
Figura 13 – Arranjo 1 (Cenário sem cooperação entre os municípios).....	83
Figura 14 – Arranjo 2 (Cenário com cooperação entre os municípios).....	84
Figura 15 – Arranjo 3 (Cenário com cooperação entre os municípios).....	85
Figura 16 – Arranjo 4 (Cenário com cooperação entre os municípios).....	86
Figura 17 – Arranjo 5 (Cenário com cooperação entre os municípios).....	87
Figura 18 – Arranjo 6 (Cenário com cooperação entre os municípios).....	87
Figura 19 – Etapas da sistemática de avaliação de viabilidade da gestão e reciclagem de RCC em consórcios intermunicipais	89
Figura 20 – Demonstrativo de resultado base	95
Figura 21 – Municípios integrantes Unidade Regional de São João da Boa Vista	99
Figura 22 – Disposição inadequada de resíduos de construção civil em Águas da Prata	101
Figura 23 – Disposição inadequada de resíduos de construção civil em São João da Boa Vista	105
Figura 24 – À esquerda disposição inadequada de resíduos sólidos e à direita sedimentação às margens de córrego decorrente da disposição inadequada de RCC em São Sebastião da Gramma	106
Figura 25 – Indicadores financeiros para cada um dos arranjos operacionais	119
Figura 26 – Resumo dos parâmetros da SMC	120

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Municípios com serviço de manejo de RCC e as formas de disposição no solo ..	47
Gráfico 2 – Número de municípios por faixas demográficas	48
Gráfico 3 – Distribuição das usinas em função do número de habitantes nos municípios.....	50
Gráfico 4 – Percentual de respostas por faixas populacionais nos municípios	52
Gráfico 5 – VPL para cada um dos arranjos logísticos, com valores médios, máximos e mínimos	121
Gráfico 6 – TIR para cada um dos arranjos logísticos, com valores médios, máximos e mínimos	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Responsabilidade pelos resíduos sólidos, segundo a PNRS.....	38
Quadro 2 - Classes, definição e destinação adequada dos RCC segundo CONAMA 307/2002	41
Quadro 3 – Principais normas técnicas brasileiras relacionadas a RCC	54
Quadro 4 – Características e usos recomendados dos RCC	65
Quadro 5 – Indicadores da Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA).....	71
Quadro 6 – Índices para a Análise de Sensibilidade	76
Quadro 7 – Resumo das principais características dos arranjos avaliados.....	88
Quadro 8 – Problemas, programas e ações para os RCC em Águas da Prata	101
Quadro 9 – Detalhamento dos processos para PEV	155
Quadro 10 – Detalhamento dos processos para PEV+ATT	155
Quadro 11 – Detalhamento dos processos para PEV+ATT+URRCC	155
Quadro 12 – Detalhamento dos processos para PEV+ATT+URRCCm	156
Quadro 13 – Detalhamento dos processos para Recicladora móvel.....	156
Quadro 14 – Detalhamento dos processos para Aterro de Inertes.....	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faixas mais usadas de geração de resíduos urbanos per capita.....	39
Tabela 2 – Fonte geradora e componentes dos RCC (em %).....	42
Tabela 3 – Estimativas de geração de resíduos de construção civil	45
Tabela 4 – Municípios com serviço de manejo de resíduos de construção civil, por tipo de processamento dos RCC (2008)	46
Tabela 5 – Composição gravimétrica dos RCC em 4 cidades conforme CONAMA 307/2002	64
Tabela 6 – Municípios da UR de São João da Boa Vista.....	98
Tabela 7 – Matriz de distâncias entre os municípios da UR de São João da Boa Vista.....	98
Tabela 8 – Estimativa de geração de RCC dos municípios da UR de São João da Boa Vista.....	99
Tabela 9 – Resumo dos principais parâmetros de projeto para o estudo de caso.....	107
Tabela 10 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 1	108
Tabela 11 – Momento de transporte de RCC Arranjo 2 (ton.km/dia).....	109
Tabela 12 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 2	110
Tabela 13 – Momento de transporte de RCC Arranjo 3 (ton.km/dia).....	110
Tabela 14 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 3	111
Tabela 15 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 4	111
Tabela 16 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 5	112
Tabela 17 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 6	113
Tabela 18 – Momento de transporte de RCC Arranjo 7 (ton.km/ano).....	113
Tabela 19 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 7	114
Tabela 20 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 8	114
Tabela 21 – Resumo das infraestruturas avaliadas.....	116
Tabela 22 – Resumo dos Fluxo de Caixa para cada um dos arranjos operacionais	117
Tabela 23 – Detalhamento dos custos para PEV – 2 ton/hora.....	137
Tabela 24 – Detalhamento dos custos para PEV – 5 ton/hora.....	137
Tabela 25 – Detalhamento dos custos para PEV – 10 ton/hora.....	138
Tabela 26 – Detalhamento dos custos para PEV – 20 ton/hora.....	138
Tabela 27 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 2 ton/hora	139
Tabela 28 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 5 ton/hora	139
Tabela 29 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 10 ton/hora	140
Tabela 30 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 20 ton/hora	141
Tabela 31 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 30 ton/hora	141

Tabela 32 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 40 ton/hora	142
Tabela 33 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 2 ton/hora	142
Tabela 34 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 5 ton/hora	143
Tabela 35 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 10 ton/hora	144
Tabela 36 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 20 ton/hora	144
Tabela 37 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 30 ton/hora	145
Tabela 38 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 40 ton/hora	146
Tabela 39 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 80 ton/hora	146
Tabela 40 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 2 ton/hora	147
Tabela 41 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 5 ton/hora	148
Tabela 42 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 10 ton/hora	148
Tabela 43 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 20 ton/hora	149
Tabela 44 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 30 ton/hora	149
Tabela 45 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 40 ton/hora	150
Tabela 46 – Detalhamento dos custos para Recicladora móvel – 2 ton/hora	151
Tabela 47 – Detalhamento dos custos para Recicladora móvel – 5 ton/hora	151
Tabela 48 – Detalhamento dos custos para Recicladora móvel – 10 ton/hora	151
Tabela 49 – Detalhamento dos custos para Recicladora móvel – 20 ton/hora	152
Tabela 50 – Detalhamento dos custos para Aterro de inertes – 2 ton/hora.....	152
Tabela 51 – Detalhamento dos custos para Aterro de inertes – 5 ton/hora.....	153
Tabela 52 – Detalhamento dos custos para Aterro de inertes – 10 ton/hora.....	153
Tabela 53 – Detalhamento dos custos para Aterro de inertes – 20 ton/hora.....	154
Tabela 54 – Detalhamento dos custos para Custos de transportes intermunicipais.....	154
Tabela 55 – Receitas e custos associados ao Arranjo 1	157
Tabela 56 – Receitas e custos associados ao Arranjo 2	158
Tabela 57 – Receitas e custos associados ao Arranjo 3	159
Tabela 58 – Receitas e custos associados ao Arranjo 4	160
Tabela 59 – Receitas e custos associados ao Arranjo 5	160
Tabela 60 – Receitas e custos associados ao Arranjo 6	162
Tabela 61 – Receitas e custos associados ao Arranjo 7	163
Tabela 62 – Receitas e custos associados ao Arranjo 8	163
Tabela 63 – Fluxo de caixa do Arranjo 1	165
Tabela 64 – Fluxo de caixa do Arranjo 2.....	166
Tabela 65 – Fluxo de caixa do Arranjo 3.....	167

Tabela 66 – Fluxo de caixa do Arranjo 4	169
Tabela 67 – Fluxo de caixa do Arranjo 5	170
Tabela 68 – Fluxo de caixa do Arranjo 6	171
Tabela 69 – Fluxo de caixa do Arranjo 7	172
Tabela 70 – Fluxo de caixa do Arranjo 8	174

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ATT - Áreas de Transbordo e Triagem

CBIC – Câmara brasileira da indústria da construção civil

CIVAP – Consórcio Intermunicipal do Vale do Paranapanema

FC – Fluxo de Caixa

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPT – Instituto Brasileiro de Pesquisas Tecnológicas

MC - Método Clássico

MMI - Metodologia Multi-índice

MMIA – Metodologia Multi-índice Ampliada

PEV – Pontos de Entrega Voluntária

PI – Projeto de Investimento

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

RCC – Resíduos da Construção Civil

RCD – Resíduos da Construção e Demolição

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SINDUSCON-SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo.

SMA/SP – Secretária do Meio Ambiente de São Paulo

SMC – Simulação de Monte Carlo

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TOR - Teoria das Opções Reais

URRCC – Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil

VPL – Valor Presente Líquido

WWF – World Wide Fund for Nature

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	27
1.1	Problema de pesquisa.....	31
1.2	Objetivos.....	31
1.3	Organização do trabalho	32
1.4	Contribuição.....	32
2	MÉTODO DA PESQUISA	33
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	37
3.1	Resíduos sólidos - definição, classificação e características	37
3.2	Resíduos da construção civil (RCC).....	40
3.2.1	Definição, classificação e características.....	40
3.2.2	Diagnóstico da situação dos RCC em alguns países exemplos	42
3.2.3	Diagnóstico dos RCC no Brasil.....	45
3.2.4	RCC nos municípios de pequeno porte e o auxílio dos entes estaduais e federal	48
3.3	Arcabouço legal e normativo dos RCC	52
3.4	Infraestruturas de gerenciamento de RCC	55
3.5	Reciclagem de RCC.....	56
3.5.1	Reciclagem por meio de uma Usina de Reciclagem de RCC (URRCC)	57
3.5.2	Tipos de Planta de URRCC e Equipamentos Necessários	58
3.5.3	Fluxo Produtivo de uma URRCC.....	59
3.5.4	Reciclados – propriedades e usos	63
3.6	Consórcios intermunicipais.....	65
3.7	Estudo de viabilidade econômica de projetos.....	69
3.7.1	Métodos de análise de investimentos	70
3.7.2	Indicadores financeiros para análise de viabilidade de projetos.....	72
3.7.3	Análise estocástica de projetos de investimento e a Simulação de Monte Carlo	

3.7.4	Análise econômica de gestão de RCC em consórcios intermunicipais	77
4	PROPOSIÇÃO DE ARRANJOS LOGÍSTICOS PARA A GESTÃO E RECICLAGEM DE RCC EM CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS	81
5	SISTEMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DA GESTÃO E RECICLAGEM DE RCC EM CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS	89
6	DESIGN SCIENCE RESEARCH - UNIDADE REGIONAL DE SÃO JOÃO DA BOA VISTA	97
6.1	Etapa 1	97
6.2	Etapa 2	100
6.3	Etapa 3	107
6.4	Etapa 4	108
6.5	Etapa 5	115
6.6	Etapa 6	117
6.7	Etapa 7	118
6.8	Etapa 8	120
6.9	Etapa 9	122
6.10	Etapa 10	123
7	CONCLUSÕES	125
	REFERÊNCIAS	129
	APÊNDICE A – DESIGN SCIENCE RESEARCH - Etapa 5: Detalhamento dos custos para as infraestruturas previstas	137
	APÊNDICE B – DESIGN SCIENCE RESEARCH - Processos operacionais de cada infraestrutura de gerenciamento de RCC	155
	APÊNDICE C – DESIGN SCIENCE RESEARCH - Etapa 5: Receitas e custos associados a cada Arranjo Logístico	157
	APÊNDICE D – DESIGN SCIENCE RESEARCH - Etapa 6: Fluxo de caixa de cada Arranjo Logístico	165

1 INTRODUÇÃO

A demanda anual da humanidade por recursos naturais excede o que a Terra pode renovar em um ano desde a década de 1970. Este "déficit ecológico" tem crescido ao longo das últimas décadas, atingindo 50% em 2008. Isso significa que leva 1,5 ano para a Terra regenerar os recursos renováveis que as pessoas usam e absorver o gás carbônico que produzem em um ano (WORLD WIDE FUND FOR NATURE, 2012).

O modelo econômico mundial, construído com base em um modelo linear de negócios, baseado em extrair, transformar, produzir, utilizar e descartar se mostra cada vez mais insustentável a longo prazo. Assim, é fundamental uma nova abordagem desse modelo produtivo, que coloque a racionalidade econômica e ambiental no centro das preocupações dos decisores (LEITÃO, 2015).

Nesse cenário, a gestão dos resíduos sólidos urbanos tem uma importância fundamental para alteração desse modelo. Os resíduos têm sido um dos grandes desafios enfrentados pela humanidade ao longo de seu desenvolvimento e vem ganhando contornos cada vez mais relevantes a partir das transformações estruturais que modificaram o modo de vida predominante da população humana. A urbanização, o crescimento populacional e o desenvolvimento industrial e tecnológico alteraram profundamente a dinâmica social das últimas décadas, caracterizada pela formação de sociedades cada vez mais complexas (LEITÃO, 2015).

O aumento da complexidade e a formação de novos hábitos de consumo levou a alteração qualitativa e quantitativa das características dos resíduos sólidos gerados nos centros urbanos, com a participação crescente de resíduos industrializados. Fato esse que na prática aumentou a dificuldade de gerenciamento destes produtos urbanos, gerando repercussões sociais e ambientais (THE WORLD BANK, 2012).

Os resíduos mal gerenciados têm um impacto enorme também na economia. A falta de uma gestão apropriada dos resíduos sólidos resulta em custos finais superiores aos que teriam caso o gerenciamento fosse feito adequadamente, quando se consideram fatores como os impactos das emissões de gases poluentes, da contaminação do solo pelos resíduos, do subdesenvolvimento da indústria de reciclagem e os gastos em saúde e meio ambiente (THE WORLD BANK, 2012).

Dentre os diversos tipos de resíduos sólidos oriundos dos centros urbanos, os Resíduos da Construção Civil (RCC) se destacam pelo grande volume gerado. Correspondem de 54% a 70% em massa do total gerado nas cidades, volume que está diretamente relacionado ao seu potencial de impacto quando mal gerenciado (PINTO, 1999). Os RCC, apesar de se agruparem quanto a origem em um único tipo, são formados por uma grande variedade de materiais, provenientes de fontes como construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos (BRASIL, 2002).

No Brasil, a gestão adequada dos RCC ainda é um desafio para grande parte dos municípios, que veem na coleta, transporte e destinação final uma operação onerosa aos cofres públicos. A dificuldade em lidar com esses resíduos traz uma série de problemas para os municípios, como o surgimento de pontos de deposição inadequada na malha urbana das cidades; o assoreamento de rios, córregos e lagos e o entupimento da drenagem urbana, acarretando em enchentes. Os inúmeros locais clandestinos de RCC também servem de pretexto para o descarte irregular de outros resíduos não-inertes, propiciando o aparecimento e a multiplicação de vetores de doenças, arriscando a saúde da população local (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO CEARÁ, 2012).

A racionalização do gerenciamento e a promoção da reciclagem dos RCC surgem como uma alternativa capaz de promover alterações estruturais necessárias para a migração de um modelo linear de produção, consumo e descarte na construção civil para um modelo circular de produção, consumo e reciclagem tão importantes para a promoção de um desenvolvimento sustentável.

A migração de um modelo para o outro, no entanto, tem se mostrado bastante laboriosa, em partes devido à complexidade e diversidade do território nacional. A gestão dos resíduos sólidos no país tradicionalmente é feita pelos municípios e isso se relaciona a distribuição de competências entre os entes federativos brasileiros. Como uma federação, o Brasil é formado por entes (União, estados, Distrito Federal e municípios), dotados de autonomia política e administrativa. Ainda, para que a ação estatal seja a mais eficaz possível, a Constituição prevê que cada ente federativo seja dotado de uma gama de atribuições que lhe são próprias, é a chamada repartição constitucional de competências. Dentro deste contexto, é estabelecida a competência municipal para disciplinar a gestão dos RCC, implantando equipamentos para a triagem dos resíduos, para a reciclagem e a reservação para o uso futuro (SÃO PAULO, 2012). Apesar da competência municipal ser expressamente definida pela Constituição Federal, o Brasil caracteriza-se por ser uma federação assimétrica, com grandes disparidades. O município de São Paulo - SP, o mais populoso do Brasil, possui mais de 12 milhões de habitantes, enquanto

Serra da Saudade – MG, o menor, apenas 812. Como cada um dos 5570 municípios brasileiros é responsável por instituir seu próprio sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, encontram-se situações bastante dispare em relação às necessidades, condições e soluções viáveis para esse conjunto de municípios (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

Ainda que adequada, a concepção de que os municípios, por serem os entes mais próximos da população e por conseguirem captar de forma mais rápida e específica as demandas locais, devam ser os responsáveis pelos serviços de regulação de RCC, a prática mostra que poucos municípios brasileiros têm gerenciado seus resíduos de forma adequada. De acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008, dos 5.564 municípios brasileiros da época, 4.031 municípios (72,44%) apresentavam serviços de manejo dos RCC. Contudo, apenas 392 municípios (9,7%) possuíam alguma forma de processamento dos RCC, em sua maioria municípios de maior porte, onde a pressão por recursos naturais é elevada. De fato, esse número reflete o estágio preliminar em que se encontrava a reutilização e reciclagem na construção civil. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010).

A introdução de legislações mais restritivas no âmbito dos RCC, como a Resolução CONAMA 307/2002 e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010, tem almejado modernizar a gestão dos resíduos sólidos no país, criando metas e instituindo instrumentos de planejamento e controle nos níveis nacional, estadual e municipal.

A partir desses novos instrumentos, a gestão dos RCC tem dado os primeiros passos de forma mais eficiente e sistemática nos grandes municípios brasileiros, a partir de municípios preponentes que tem visto seus casos de sucesso replicados para outras localidades, como é o caso de Belo Horizonte/MG e São José do Rio Preto/SP. No entanto, o Brasil é formado predominantemente por municípios pequenos. Dos 5570 municípios brasileiros em 2018, 2.450 (44,0%) tinham até 10.000 habitantes e 5.260 (94,4%) tinham até 100.000 habitantes, o que torna o problema da gestão dos RCC nos municípios de menor porte um problema representativo de caráter nacional, e justifica a necessidade de soluções alternativas que procurem formas de superar tal desafio (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

Nesse contexto, os consórcios públicos surgem como uma alternativa de viabilização de projetos, a partir do princípio de que a busca de parcerias e o ganho de escala pode ser uma opção mais atrativa e econômica, possibilitando soluções que satisfaçam as partes envolvidas, com um desembolso menor e melhores resultados finais (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO VALE DO PARANAPANEMA, 2018).

Reconhecendo o potencial das soluções consorciadas para a viabilização de projetos, a PNRS define expressamente como um de seus instrumentos, o incentivo à adoção de consórcios entre os entes federados com vistas à elevação das escalas de aproveitamento de resíduos e à redução dos custos envolvidos. Entre os incentivos às soluções consorciadas, está a prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal para os consórcios de prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos. (BRASIL, 2010).

Considerando que a viabilidade econômica é um aspecto importante na implantação de um projeto e que as diversas infraestruturas e equipamentos destinados ao gerenciamento e reciclagem de RCC podem ser utilizadas de forma eficiente, a avaliação de viabilidade de projetos de gerenciamento de RCC a partir da formação de consórcios intermunicipais é fundamental para o emprego coordenado de recursos públicos, além de necessário para garantir o melhor retorno social e econômico possível.

Com essa conjuntura, a Figura 1 apresenta o esquema conceitual da pesquisa, que ilustra a área de aplicação e onde se encaixa o projeto proposto do ponto de vista teórico.

Figura 1 – Figura conceitual da pesquisa
Fonte: Elaborado pelo autor

O princípio de economia circular, abordado no elo de transformação de resíduos sólidos em matéria prima secundaria, é a base conceitual para o desenvolvimento da pesquisa. De forma mais especifica, são abordados os resíduos da construção civil, avaliando a viabilidade da formação de consórcios intermunicipais para a implantação de infraestruturas de gerenciamento

e reciclagem de RCC em municípios de pequeno e médio porte, de forma a disseminar a reciclagem e fortalecer os elos da economia circular. Busca-se com isso promover uma gestão mais eficiente de recursos, gerando desenvolvimento social e econômico e preservação dos recursos naturais.

1.1 Problema de pesquisa

Considerando a dificuldade dos municípios em efetuar um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, principalmente em municípios de pequeno e médio porte; a insustentabilidade do modelo de produção, consumo e descarte tradicional e a entrada em vigor de legislações mais restritivas, a pergunta a qual este trabalho propõe responder é: **É economicamente viável a formação de consórcios intermunicipais para o gerenciamento e reciclagem de resíduos da construção civil para municípios de pequeno e médio porte?**

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo principal avaliar a viabilidade de arranjos logísticos para a gestão dos resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais. Para alcançar o objetivo proposto, pretende-se trabalhar os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os principais aspectos pertinentes aos RCC, seu gerenciamento e reciclagem, consórcios intermunicipais e análise econômica de projetos;
- Propor e analisar arranjos logísticos para a gestão de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais considerando as infraestruturas necessárias;
- Desenvolver uma sistemática de avaliação de viabilidade econômica que permita uma avaliação de oportunidade de implantação de infraestruturas para gestão de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais,

- Aplicar a sistemática proposta para avaliar a viabilidade de um consórcio para a gestão dos resíduos da construção civil em um conjunto de municípios de pequeno porte (Unidade Regional de São João da Boa Vista).

1.3 Organização do trabalho

Este trabalho está dividido em 7 capítulos: o primeiro apresenta a introdução e justificativa do projeto, o problema de pesquisa e os objetivos, além da contribuição esperada que trará ao tema; o segundo capítulo apresenta o método utilizado em cada uma das etapas da pesquisa; o terceiro apresenta o referencial teórico, definindo os conceitos iniciais sobre resíduos da construção civil, seu gerenciamento e reciclagem, consórcios intermunicipais e análise econômica de projetos, abordando os principais temas da pesquisa; no quarto capítulo são apresentados os resultados da proposição dos arranjos logísticos; no quinto capítulo é desenvolvida a sistemática para a avaliação de viabilidade e no sexto é realizada a aplicação da sistemática proposta em um estudo de caso. Por fim são apresentadas as referências e documentos que auxiliaram em sua execução.

1.4 Contribuição

Espera-se que os resultados obtidos contribuam para a avaliação de viabilidade da formação de consórcios intermunicipais para a implantação de infraestruturas de gerenciamento e reciclagem de RCC em municípios de pequeno e médio porte. Espera-se fornecer fundamentos para o desenvolvimento de estratégias para municípios que procurem adequar sua gestão de resíduos, para consórcios que avaliem arranjos operacionais mais adequados ou para os governos estaduais e federal interessados em fomentar a gestão e reciclagem em seu território. Além disso, espera-se contribuir para que se tenha uma melhor visão do setor de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil como projeto de investimento através da avaliação e interpretação das diferentes etapas do estudo desenvolvido.

2 MÉTODO DA PESQUISA

Para que os objetivos traçados possam ser cumpridos, a pesquisa conta com 4 etapas principais que se integram na composição do trabalho. A Figura 2 traz um resumo de todas as etapas da pesquisa proposta.

Figura 2 – Etapas da pesquisa proposta

A primeira etapa consistiu em uma revisão bibliográfica sobre os principais aspectos pertinentes aos RCC, seu gerenciamento e reciclagem, consórcios intermunicipais e análise econômica de projetos. Para isso foram consultadas as bases de dados ScienceDirect, Web of Science, Scopus e SCielo. Também foram consultados estudos governamentais, pesquisas setoriais e trabalhos acadêmicos relacionados.

A segunda etapa correspondeu a proposição de cenários de arranjos logísticos para o gerenciamento com reciclagem de RCC em consórcios intermunicipais considerando as infraestruturas necessárias. A definição dos cenários foi realizada a partir da revisão da literatura existente e avaliação de leis e normas técnicas que tratam da coleta e destinação dos RCC nos municípios. Notoriamente, as principais normas técnicas que regulamentam as infraestruturas de gerenciamento e reciclagem de RCC são:

- NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.

Os arranjos foram desenvolvidos a partir de um cenário base, sem cooperação, em que cada município implanta suas próprias infraestruturas. A partir desse cenário base, foram

desenvolvidos outros cenários possíveis de cooperação entre municípios com diferentes níveis de compartilhamento de recursos.

A terceira etapa consistiu na elaboração de uma sistemática de avaliação de investimento para medir a viabilidade econômica de cada um dos arranjos propostos na etapa anterior. A viabilidade econômica é de grande relevância no processo de implantação de um projeto de investimento. Para analisar quais arranjos são mais viáveis, este estudo propõe uma sistemática de avaliação econômica que engloba um estudo de caracterização dos municípios, os arranjos logísticos propostos e métodos de análise de investimentos.

A utilização desta sistemática não é direcionada e nem restrita a um grupo de usuário específico, podendo ser empregado por diferentes agentes que busquem sistematizar a análise de investimento neste tipo de empreendimento. Assim, pode atender, mas não se limitando a estes, municípios ou conjuntos de municípios interessados em integrarem consórcios, governos estaduais e federal que busquem fomentar a reciclagem em seus territórios, grupos de investidores avaliando a viabilidade de projetos de investimentos e organizações setoriais avaliando o segmento.

Na quarta etapa, a sistemática de avaliação desenvolvida foi aplicada em um conjunto de municípios de pequeno e médio porte - Unidade Regional de São João da Boa Vista. Essa etapa se enquadra em uma *Design Science Research*.

A *Design Science Research* constitui-se em um processo rigoroso de projetar artefatos para resolver problemas, avaliar o que foi projetado ou o que está funcionando, e comunicar os resultados obtidos (ÇAĞDAŞ; STUBKJÆR, 2011).

Em uma *Design Science Research* é necessário que o pesquisador avalie seu artefato (LACERDA, et al., 2013). Essa avaliação pode, inclusive, ocorrer artificialmente como observam Iivari e Venable (2009), utilizando: i) simulação computacional; ii) experimentos em laboratório; iii) experimentos em campo.

Neste trabalho, o artefato avaliado é a sistemática desenvolvida na etapa 3, com sua aplicação em um conjunto real de municípios de pequeno e médio porte para a verificação de quais arranjos logísticos são mais adequados para o caso em questão.

Para a aplicação da *Design Science Research* foram selecionados consórcios já formados ou em fase de avaliação que tenham como objetivo a promoção da reciclagem de RCC nos municípios situados no Estado de São Paulo. A identificação destes municípios partiu do “Plano de Resíduos Sólidos do estado de São Paulo” de 2014, trabalho realizado pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, no qual foram levantados os arranjos intermunicipais existentes no Estado para a gestão dos resíduos sólidos, proteção ao meio ambiente, saneamento

básico e preservação dos recursos hídricos. O documento traz uma “Proposta preliminar de regionalização do estado de São Paulo com o recorte de gestão de resíduos sólidos” na qual identifica agrupamentos com potencial de viabilidade. Dentre essas unidades regionais, selecionou-se a Unidade Regional de São João da Boa Vista por contar apenas com municípios de até 100 mil habitantes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico utilizado como base para esta dissertação, explorando os principais conceitos relacionados a pesquisa.

3.1 Resíduos sólidos - definição, classificação e características

A gestão dos resíduos sólidos é um dos principais desafios das cidades no século XXI. Resíduos sólidos são, segundo definição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS):

Todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Ainda de acordo com a PNRS, podem ser classificados:

I. Quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas a e b;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas b, e, g, h e j;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea c;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II. Quanto à periculosidade:

- a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
- b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea a.

Em sua pesquisa, Leite (1997) traz uma outra abordagem, observando que, para cada tipo de resíduo, a responsabilidade por seu gerenciamento pode ser do poder público ou do próprio gerador. Neste caso, a classificação é de suma importância para definição das responsabilidades e políticas públicas específicas. Palamin (2016) sintetizou as responsabilidades do gerenciamento por tipos de resíduos já de acordo com as novas diretrizes da PNRS conforme Quadro 1.

Origem dos Resíduos Sólidos	Responsável
Resíduos domiciliares	Poder publico
Resíduos de limpeza urbana	Poder publico
Resíduos sólidos urbanos	Poder publico
Resíduos de estabelecimentos comerciais prestadores de serviços	Gerador
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Poder publico
Resíduos industriais	Gerador
Resíduos de serviços de saúde	Gerador
Resíduos da construção civil	Responsabilidade compartilhada
Resíduos agrossilvopastoris	Responsabilidade compartilhada
Resíduos de serviços de transportes	Responsabilidade compartilhada
Resíduos de mineração	Gerador
Resíduos de significativo impacto ambiental – SMA 038/2011	Responsabilidade compartilhada

Quadro 1 – Responsabilidade pelos resíduos sólidos, segundo a PNRS

Fonte: (PALAMIN, 2016)

Quanto as características dos resíduos sólidos, podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também

diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades e podem ser avaliados segundo suas características físicas, químicas e biológicas (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001)

De acordo com a NBR 10.004 da ABNT, os resíduos sólidos podem ser classificados quanto suas características físicas em:

- **Geração per capita:** Relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região. Muitos técnicos consideram de 0,5 a 0,8kg/hab./dia como a faixa de variação média para o Brasil. Na ausência de dados mais precisos, a geração per capita pode ser estimada através da Tabela 1 (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001).

Tabela 1 – Faixas mais usadas de geração de resíduos urbanos per capita

Tamanho da cidade	População urbana (hab)	Geração per capita (kg/hab/ano)
Pequena	Até 30 mil	0,50
Média	De 30 mil a 500 mil	De 0,50 a 0,80
Grande	De 500 mil a 5 milhões	De 0,80 a 1,00
Megalópole	Acima de 5 milhões	Acima de 1,00

Fonte: (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001)

- **Composição gravimétrica:** traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo analisada.
- **Peso específico aparente:** é o peso do resíduo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em kg/m³. Sua determinação é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações.
- **Teor de umidade:** representa a quantidade de água presente no resíduo, medida em percentual do seu peso. Este parâmetro se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas.
- **Compressividade:** é o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de resíduo pode sofrer quando compactada.

Já as principais características químicas são: poder calorífico, potencial hidrogeniônico (pH), composição química e relação carbono/nitrogênio (C:N). Enquanto as características biológicas são aquelas determinadas pela população microbiana e dos agentes patogênicos presentes que, ao lado das suas características químicas, permitem que sejam selecionados os métodos de tratamento e disposição final mais adequados (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001).

3.2 Resíduos da construção civil (RCC)

Este tipo de resíduo é expressamente definido na PNRS em sua classificação quanto à origem, sendo definido como: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010).

Em alguns países, a geração de resíduos da construção civil pode superar 50% do total de resíduos gerados (AKHTAR, SARMAH, 2018). Embora o impacto ambiental específico (por tonelada) seja baixo se comparado com outros fluxos de resíduos, os impactos ambientais associados a uma quantidade tão alta de RCC gerada nas cidades são uma preocupação importante, derivada principalmente de sua logística e ocupação do solo (GALVEZ-MARTOS et al., 2018)

3.2.1 Definição, classificação e características

Materiais de diferentes origens e natureza podem ser identificados dentro do termo genérico resíduo da construção civil (RCC) ou resíduos de construção e demolição (RCD), sendo o primeiro o mais utilizado nas literaturas recentes. Pinto (1999) destaca, dentre os diversos tipos: (a) solos; (b) rochas; (c) concreto, armado ou não; (d) argamassas a base de cimento e cal; (e) metais; (f) madeira; (g) plásticos diversos; (h) materiais betuminosos; (i) vidro; (j) gesso – pasta e placa; (k) tintas e adesivos; (l) restos de embalagens; (m) resíduos de cerâmica vermelha, como tijolos e telhas; (n) cerâmica branca, especialmente a de revestimento; (o) cimento-amianto; (p) produtos de limpeza de terrenos, entre outros, em proporções variáveis de acordo com a origem.

No Brasil, a classificação dos resíduos da construção civil foi estabelecida pela Resolução CONAMA 307/2002, sendo subdividido em 4 classes diferentes. A classificação destes resíduos é importante pois a legislação também estabelece a destinação adequada para os resíduos da construção civil, após triagem, de acordo com sua classe. As classificações dos RCC e a destinação proposta são sintetizados no Quadro 2 (BRASIL, 2002).

Classe	Definição	Destinação adequada, após triagem
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados;	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros;
Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Quadro 2 - Classes, definição e destinação adequada dos RCC segundo CONAMA 307/2002

Fonte: Brasil (2002)

Já as características dos RCC também podem ser agrupadas em físicas, químicas e biológicas.

Quanto as principais características físicas, destacam-se:

Geração de volumes: A estimativa da geração de volumes pode ser fator de grande dificuldade, visto que aspectos como hábitos de consumo, tamanho da população e características sociais podem interferir na geração de resíduos. Quando não se dispõem de informações específicas da área analisada ou se busca apenas uma estimativa inicial da geração, podem ser utilizados coeficientes de geração per capita. Já quando se necessita de informações mais precisas, segundo Pinto (1999), três formas podem ser utilizadas para a mensuração deste contingente: por área construída, pela movimentação de cargas em coletores e pelo monitoramento de descargas.

Composição gravimétrica: traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra analisada. Como destacado por Marques Neto (2007), diversos autores têm realizado caracterizações físicas dos RCC no país. Zordan (1997) em sua pesquisa sobre uso do entulho como agregado na confecção do concreto, realizou a caracterização qualitativa dos resíduos de construção e demolição produzidos pela usina de reciclagem de Ribeirão Preto-SP. Já Levy (2000) analisou a composição gravimétrica em função do tipo de obra civil executada (Tabela 2), com resultados abrangentes. Os resultados mostraram uma grande variabilidade de componentes em função da fonte geradora.

Tabela 2 – Fonte geradora e componentes dos RCC (em %)

Componentes	Trabalhos rodoviários	Escavações	Sobras de demolições	Obras diversas	Sobras de limpeza
Concreto	48,0	6,1	54,3	17,5	18,4
Tijolo	-	0,3	6,3	12,0	5,0
Areia	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
Solo, poeira, lama	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
Rocha	7,0	32,5	11,4	23,1	23,9
Asfalto	23,6	-	1,6	1,0	0,1
Metais	-	0,5	3,4	6,1	4,4
Madeira	0,1	1,1	1,6	2,7	3,5
Papel/material orgânico	-	1,0	1,6	2,7	3,5
Outros	-	-	0,9	0,9	2,0

Fonte: (LEVY, 2000)

A geração de volumes e a composição gravimétrica são as propriedades mais abordadas, porém outras características físicas podem ser analisadas para uma completa caracterização dos RCC, tais como: peso específico aparente, teor de umidade e compressividade.

Quanto as características químicas, têm-se principalmente potencial hidrogeniônico (pH) e composição química. Enquanto as características biológicas são aquelas determinadas pela população microbiana e dos agentes patogênicos presentes. Até pouco tempo, as características químicas e biológicas dos RCC eram relegadas a segundo plano, não sendo exploradas pelo fato dos RCC serem considerados resíduos não perigosos e inertes. No entanto, a possibilidade de conterem elementos perigosos, contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, amianto e gesso faz com que as análises químicas e biológicas sejam fundamentais para a completa avaliação dos impactos destes resíduos no ambiente (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001).

3.2.2 Diagnóstico da situação dos RCC em alguns países exemplos

Os resíduos de construção civil representam um grande desafio para diversos países do mundo, muito devido às enormes quantidades produzidas. Alguns países mais desenvolvidos conseguem lidar com seus resíduos de forma adequada, no entanto, para a maior parte deles, a gestão adequada ainda é um grande problema.

Como destacado por Marques Neto (2009), a gestão dos RCC nos continentes é muito heterogênea. Mesmo dentro do continente europeu, em que as regulamentações são rigorosas, existem discrepâncias notórias, variando a taxa de reciclagem e reutilização de RCC entre menos de 15% (casos de Portugal, Espanha e Grécia) e mais de 90% (Dinamarca, Alemanha e Holanda). Compreender como estes países conseguiram equacionar este problema pode servir de base para o caso brasileiro.

Dentre os países que conseguiram implementar um sistema efetivo, a Holanda é um dos destaques. O país possui um sistema muito organizado e é considerado o país mais avançado de toda a UE em matéria de gestão de RCC. A meta definida em 1990, no plano nacional de gestão de resíduos, de 90% de reutilização/reciclagem de RCC a ser atingido até o ano 2000, foi atingida em 1999, fazendo com que mais de 16,2 milhões de toneladas de RCC retornassem a cadeia produtiva, do total de 18 milhões de toneladas produzidas no país. Em 2005, o país atingiu uma taxa de reutilização e reciclagem de 98% dos 25,8 milhões de toneladas de RCC gerado (MINISTRY OF HOUSING, SPATIAL PLANNING AND THE ENVIRONMENT, 2001).

Segundo Cunha e Costa (2014) o que explica o sucesso da iniciativa holandesa foi um conjunto de ações estruturadas adotadas pelo país. Desde o início, as metas foram amplamente fiscalizadas, começando pela proibição da deposição de RCC recicláveis em aterros, a obrigação da triagem na origem, a criação de um mercado para os produtos reciclados e multas elevadas para a deposição ilegal destes resíduos. Além disso, houve um investimento inicial em campanhas publicitárias, sessões de esclarecimento, incentivos fiscais e financeiros para que a separação fosse feita na origem, facilitando a separação dos materiais, tornando o processo mais célere, eficaz e menos dispendioso.

Outro país que tem conseguido bons resultados com a gestão de seus RCC é a Dinamarca. Até a década de 1980, os RCC ainda eram depositados em aterros. No entanto, o fato da água potável do país ser de origem subterrânea levou à preocupação com a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas, o que motivou a mudança. Além disso, o país possuía pouco espaço para a construção de novos aterros (CUNHA e COSTA, 2014). Segundo Ruivo e Veiga (2004), entre várias medidas implementadas que impulsionaram a reciclagem na Dinamarca, podem ser citadas:

- Obrigatoriedade da separação das diferentes frações de RCC pelos geradores;
- Imposição de taxas elevadas para deposição em aterro e incineração desde 1987;
- Imposto específico para a extração de agregados naturais;

- Imposição de metas de reciclagem a nível nacional e municipal;
- Colaboração com empresas de demolição com o objetivo de ampliar a demolição seletiva.

Em 2004, a reciclagem no país já era de 94%, sendo 4% depositados em aterro e apenas 2% incinerado, demonstrando o sucesso da ação. (CUNHA E COSTA, 2014).

Ainda dentro do continente europeu, a Alemanha é o país da UE que produz mais RCC por ano, representando cerca de 60% de todos os resíduos produzidos no país. Em 2002, a Alemanha gerou 72,3 milhões de toneladas de RCC, sendo a taxa de reutilização e reciclagem de 86%. Esta taxa de reciclagem atingida está diretamente relacionada aos altos custos de deposição em aterro no país e aos instrumentos legais que incentivaram uma melhor gestão de RCC. Dentre os quais a obrigação, tanto do produtor quanto do transportador, em recolher, armazenar e manter os resíduos separados, a fim de favorecer a sua revalorização. Os padrões de tratamento de RCC na Alemanha são bastante elevados e existem regulamentações extensivas que vão muito além das exigências da UE e que em geral são cumpridas (CUNHA E COSTA, 2014).

Fora do continente europeu, a Austrália, país de dimensões continentais assim como o Brasil, tem aumentado a sua taxa de reciclagem, chegando a 55% de um total de 19,0 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição em 2008. Sendo o restante, 8,5 milhões de toneladas, depositado em aterros. Este aumento está relacionado a políticas públicas, que se basearam em 4 princípios para fomentar a reciclagem: (HYDER CONSULTING, 2012).

- Adotar estratégias para evitar o consumo desnecessário e gerenciar a demanda.
- Selecionar produtos e serviços que tenham menores impactos ambientais em todo o seu ciclo de vida em comparação com produtos e serviços concorrentes
- Promover um mercado australiano e neozelandês viável para produtos e serviços sustentáveis, apoiando empresas e grupos industriais que demonstram inovação em sustentabilidade
- Desenvolvimento de um mercado de produtos reciclados.

Esses casos demonstram que a gestão adequada e a reciclagem dos RCC são possíveis desde que associadas a uma ampla movimentação do poder público, que nos diversos casos envolveram criação de legislações mais restritivas, incentivos a indústria da reciclagem e campanhas publicitárias de conscientização.

3.2.3 Diagnóstico dos RCC no Brasil

As informações sobre a geração, coleta e a destinação de RCC no Brasil ainda são bastante escassas, apesar da participação no PIB do setor de atividade da qual se originam ser significativa. No Brasil, o PIB da construção civil corresponde a cerca de 8 % do PIB total (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2017).

3.2.3.1 Geração

A maior parte dos resíduos da construção civil, cerca de 2/3, é gerada pelas pequenas construções e obras de reformas. A taxa de geração per capita de resíduos de construção, bem como a participação percentual dos resíduos da construção civil em relação à massa total de resíduos sólidos urbanos, é variável nos diferentes municípios brasileiros, em função das características das construções e do grau de desenvolvimento econômico (SÃO PAULO, 2014). Quanto à geração *per capita* de RCC, varia bastante devido às diferenças socioeconômicas do local, variando de 136 a 3658 kg/habitante/ano (JOHN, 2001). Estima-se que representem de 13 a 80%, em massa, dos resíduos sólidos urbanos gerados (ÂNGULO, 2000). A Tabela 3 apresenta um comparativo entre a geração de resíduos de construção produzida pelo Brasil e por alguns países cujos estudos são feitos em maior escala.

Tabela 3 – Estimativas de geração de resíduos de construção civil

País	Mton/ano	Kg/hab/ano
Suécia	1,2 – 6	136 – 680
Holanda	12,8 – 20,2	820 – 1300
EUA	136 – 171	463 – 584
UK	50 – 70	880 – 1120
Bélgica	7,5 – 34,7	735 – 3359
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 – 2010
Itália	35 – 40	600 – 690
Alemanha	79 – 300	963 – 3658
Japão	99	785
Portugal	3,2	325
Brasil	31	230 – 660

Fonte: (JOHN, 2001)

3.2.3.2 Coleta

Os serviços de coleta e transporte de resíduos da construção civil podem ser realizados pelas prefeituras ou por seus contratados, por transportadores (caçambeiros e autônomos) contratados pelo gerador e/ou transportados pelo próprio gerador. Para evitar o descarte irregular por parte dos munícipes, algumas prefeituras oferecem pontos de entrega voluntária (PEV) ou ecopontos para os pequenos geradores realizarem a entrega gratuita de pequenas quantidades de resíduos da construção, além de podas de árvores, resíduos volumosos e recicláveis. Para grandes quantidades de resíduos da construção civil, o gerador deverá contratar empresas legalizadas para transportar os resíduos para áreas de transbordo e triagem (ATT), áreas de reciclagem ou aterros de resíduos Classe A. As ATT são áreas destinadas ao recebimento de resíduos da construção civil e de resíduos volumosos para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada (SÃO PAULO, 2014).

A última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008 traz importantes informações a respeito do manejo e disposição final dos RCC em nosso país. Em relação ao manejo, dos 5.564 municípios brasileiros da época, 4.031 (72,44%) apresentavam serviços de manejo dos RCC. Contudo, apenas 392 municípios (9,7%) possuíam alguma forma de processamento destes RCC, discriminados conforme mostra o Tabela 4 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010).

Tabela 4 – Municípios com serviço de manejo de resíduos de construção civil, por tipo de processamento dos RCC (2008)

Regiões	Municípios							
	Total	Com serviços de manejo dos resíduos de construção e demolição						
		Total	Existência e tipo de processamento dos resíduos					
			Total	Triagem simples dos resíduos de construção e demolição reaproveitáveis (classes A e B)	Triagem e trituração simples dos resíduos classe A	Triagem e trituração dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados	Reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos	Outro
Brasil	5.564	4.031	392	124	14	20	79	204
Norte	449	293	29	5	-	-	6	18
Nordeste	1.793	1.454	178	38	4	6	32	118
Sudeste	1.668	1.272	109	50	7	12	25	38
Sul	1.188	639	54	24	3	2	14	16
Centro-Oeste	466	373	22	7	-	-	2	14

Obs: O município pode apresentar mais de um tipo de processamento dos RCC
 Fonte: (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010)

3.2.3.3 Destinação

Já em relação à disposição final dos resíduos também se observa a grande dificuldade dos municípios. O Gráfico 1 apresenta o panorama nacional dos municípios brasileiros que adotam alguma forma de disposição de RCC, sendo que o município pode apresentar mais de uma forma de disposição. Deve-se ressaltar que possuir serviço de manejo de RCC não significa que este serviço seja adequado, observa-se que 1330 municípios realizavam disposição em vazadouros, que são os populares lixões, estando em não conformidade com as legislações atuais (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2012).

Nota-se que parcela pouco significativa dos municípios brasileiros adota técnicas adequadas quanto ao manejo e disposição de seus RCC. Como destaca Nunes (2004), quanto a gestão dos RCC, grande parte dos municípios brasileiros emprega ações predominantemente corretivas, somente agindo após o acontecimento das disposições ilegais, realizando limpezas emergenciais dos locais atingidos.

Gráfico 1 – Municípios com serviço de manejo de RCC e as formas de disposição no solo
Fonte: (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010)

Para Schalch et al. (2002) é necessário uma mudança de paradigma em nosso país. É preciso que se parta de um modelo corretivo para um modelo de gerenciamento de forma integrada, articulando ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, acompanhando de forma criteriosa todo o ciclo dos resíduos, da geração à disposição final, empregando as técnicas e tecnologias mais compatíveis com a realidade local apoiada em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para coletar, tratar e dispor o lixo de uma cidade. Essa abordagem trata, portanto,

os resíduos sólidos de maneira conjunta e integrada aos demais serviços públicos e não como um serviço isolado.

3.2.4 RCC nos municípios de pequeno porte e o auxílio dos entes estaduais e federal

A população brasileira em 2017 alcançou a marca de 207 milhões de habitantes divididos em 5 regiões. A distribuição populacional no Brasil é bastante desigual, havendo concentração da população nas zonas litorâneas. O Brasil possui atualmente 5570 municípios, alguns com população maior que a de vários países do mundo (município de São Paulo com cerca de 12 milhões de habitantes), outros com menos de mil habitantes; alguns com área maior do que vários países no mundo, outros com menos de 4 km² (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

Destes 5570 municípios existentes em 2018, 2.450 (44,0%) tinham até 10.000 habitantes e 5.260 (94,4%) tinham até 100.000 habitantes, que nesta pesquisa serão definidos como municípios de pequeno e médio porte respectivamente. O Gráfico 2 ilustra o número de municípios por faixas demográficas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

Gráfico 2 – Número de municípios por faixas demográficas
Fonte: (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018)

A PNRS expressamente incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, além disso estabelece que os municípios são responsáveis pela elaboração dos Planos Municipais de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos (PMGIRS), que é o instrumento de planejamento local. Na prática, no entanto, verifica-se uma grande dificuldade, especialmente dos municípios pequenos, em atenderem essas exigências, onde fatores como a falta de recursos, a ausência de profissionais qualificados e a ineficácia do poder público comprometem o desenvolvimento da gestão eficiente dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Alguns estados, com base em suas competências de controle e fiscalização dos municípios, criaram órgãos para auxiliar a atuação dos municípios. São Paulo, por exemplo, criou o Projeto de Apoio à Gestão Municipal de Resíduos Sólidos – GIREM, que se demonstrou importante para o cumprimento, por parte dos municípios paulistas, do disposto nas Políticas Nacional (Lei Federal nº 12.305/2010) e estadual (Lei Estadual nº 12.300/2006) de Resíduos Sólidos, especialmente no que diz respeito à elaboração do PMGIRS (SÃO PAULO, 2017).

Em 2012, no início do Projeto, apenas 132 municípios possuíam um PMGIRS elaborado no estado, alguns sem a observância do conteúdo mínimo estabelecido na legislação. A partir das ações de capacitação executadas, houve uma evolução significativa no número de municípios que elaboraram o Plano, de forma que, em novembro de 2014, 360 municípios apresentaram seus PMGIRS à SMA. Considerando-se a possibilidade de o PMGIRS estar integrado ao Plano de Saneamento, de que trata a Lei Federal 11.445/2007, esse número passa a ser de 429 municípios com Planos elaborados em território paulista. Além da elaboração do PMGIRS em si, as ações de capacitação do GIREM foram fundamentais para o aperfeiçoamento dos Planos que já haviam sido elaborados pelas Prefeituras, a fim de adequarem seu conteúdo às exigências legais, aumentando, assim, sua efetividade (SÃO PAULO, 2017).

Além disso, em 2007 o Governo do Estado de São Paulo, por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, lançou o Programa Município VerdeAzul – PMVA, com o propósito de medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental com a descentralização e valorização da agenda ambiental nos municípios. As ações propostas pelo PMVA compõem dez Diretivas norteadoras da agenda ambiental local, abrangendo os seguintes temas estratégicos: Município Sustentável, Estrutura e Educação Ambiental, Conselho Ambiental, Biodiversidade, Gestão das Águas, Qualidade do Ar, Uso do Solo, Arborização Urbana, Esgoto Tratado e Resíduos Sólidos (SÃO PAULO, 2017).

O PMVA também buscou estimular e auxiliar as prefeituras paulistas na elaboração e execução de suas políticas públicas estratégicas para o desenvolvimento sustentável do estado. Para tal,

o PMVA oferece capacitação técnica aos municípios e, ao final de cada ciclo anual, publica o “Ranking Ambiental dos municípios paulistas”, constando os 645 municipais paulistas signatários do PMVA desde 2008. Ademais, a participação do município no PMVA é um dos critérios de avaliação para a preferência na liberação de recursos do Fundo Estadual de Controle da Poluição – FECOP (SÃO PAULO, 2017).

É notório que os municípios por si só possuem dificuldades em realizarem corretamente a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados em seus respectivos territórios. A implantação de políticas estaduais e federais de auxílio e capacitação tem se mostrado importante para o avanço necessário destes entes no processo de gestão e cumprimento de suas competências constitucionais.

No âmbito dos RCC, a situação não é diferente, sem planejamento pouco é feito. A Associação Brasileira para Reciclagem de RCD (ABRECON), em sua pesquisa setorial de 2017, identificou que a quantidade de usinas de reciclagem em funcionamento no país era de aproximadamente 310, estando concentradas principalmente em municípios grandes na região sudeste. Apesar de 94,4% dos municípios brasileiros possuírem até 100 mil habitantes, estes concentram apenas 12% das usinas de reciclagem de RCC (Gráfico 3) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RCD, 2018).

Gráfico 3 – Distribuição das usinas em função do número de habitantes nos municípios.
Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RCD, 2018)

Gráfico 4 – Percentual de respostas por faixas populacionais nos municípios
Fonte: (SÃO PAULO, 2012)

A gestão dos resíduos sólidos da construção civil tem dado seus primeiros passos de forma mais eficiente e sistemática nos grandes municípios brasileiros, a partir de alguns municípios preponentes que tem visto seus casos de sucesso replicados para outras localidades, como é o caso de Belo Horizonte/MG e São José do Rio Preto/SP. Isso, no entanto, é insuficiente, principalmente para os municípios de pequeno porte onde essa gestão é ainda incipiente, sendo sem dúvida um grande desafio para o país que busca atingir um saneamento básico adequado em todos os seus municípios.

3.3 Arcabouço legal e normativo dos RCC

Diversas legislações e normas técnicas que regulamentam e buscam disciplinar o setor de resíduos da construção civil e fomentar a reciclagem no Brasil têm sido desenvolvidas a partir da década passada. A produção de políticas públicas, normas e especificações técnicas voltadas ao equacionamento dos problemas provocados pelos RCC ganhou efetividade a partir de 2002. Neste contexto, as políticas públicas podem ser entendidas como um conjunto de diretrizes voltadas para o enfrentamento dos problemas provocados por estes resíduos, consolidadas na forma da Lei. Normas e especificações técnicas são documentos que fixam padrões reguladores visando garantir a qualidade do produto, a racionalização da produção e sua uniformidade (SCHNEIDER, 2003).

Atualmente vigoram importantes legislações neste setor que possibilitaram a formação de uma base legal para o desenvolvimento de práticas modernas para a gestão de resíduos, a se destacar

a Resolução CONAMA 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais; a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico abordando o planejamento, a regulação, a fiscalização, a prestação dos serviços, a participação e o controle social e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010 que reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Esses marcos regulatórios são responsáveis por introduzir novos mecanismos de responsabilização e incentivos econômicos, estimulando práticas econômica e ambientalmente sustentáveis, responsabilizando os geradores e punindo práticas abusivas. Os RCC estão sujeitos à legislação federal, à legislação específica de âmbito estadual e municipal, bem como às normas técnicas brasileiras.

Além das legislações supracitadas, outra ação regulamentadora no país são as normas técnicas. Segundo ABNT (2017): “Norma é o documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto”. As normas têm como objetivo assegurar as características desejáveis de produtos e serviços, como qualidade, segurança, confiabilidade, eficiência e respeito ambiental. A ABNT é responsável pela elaboração das Normas Brasileiras.

As normas técnicas brasileiras no âmbito dos RCC versam sobre diversos fatores tais como diretrizes para desenvolvimento de projetos de áreas de transbordo, triagem, aterros e reciclagem, e características para obtenção de agregados reciclados que podem ser empregados na construção de pavimentos e concreto sem função estrutural.

As principais normas técnicas brasileiras dos RCC são sintetizadas no Quadro 3.

Norma	Ano	Objetivo
NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação	2004	Fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.
NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação	2004	Fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes. Visa a reservação de materiais de forma segregada, possibilitando o uso futuro ou, ainda, a disposição destes materiais, com vistas à futura utilização da área. Visa também a proteção das coleções hídricas superficiais ou subterrâneas próximas, das condições de trabalho dos operadores dessas instalações e da qualidade de vida das populações vizinhas.
NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação	2004	Fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A. Se aplica na reciclagem de materiais já triados para a produção de agregados com características para a aplicação em obras de infraestrutura e edificações, de forma segura, sem comprometimento das questões ambientais, das condições de trabalho dos operadores dessas instalações e da qualidade de vida das populações vizinhas.
NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos	2004	Estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado “agregado reciclado”, em obras de pavimentação
NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos	2004	Estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil para as obras de pavimentação viária e preparo de concreto sem função estrutural.

Quadro 3 – Principais normas técnicas brasileiras relacionadas a RCC

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 Infraestruturas de gerenciamento de RCC

O gerenciamento e reciclagem de RCC no Brasil é feito a partir de 4 tipos de infraestruturas previstas nas legislações específicas, sendo elas:

Pontos de Entrega Voluntária (PEV) ou ecopontos são locais destinados para os pequenos geradores realizarem a entrega de pequenas quantidades de resíduos da construção, além de podas de árvores, resíduos volumosos e recicláveis, para evitar o descarte irregular por parte dos munícipes. Para grandes quantidades de resíduos da construção civil, o gerador deverá contratar empresas legalizadas para transportar os resíduos para áreas de transbordo e triagem (ATT), áreas de reciclagem ou aterros de resíduos Classe A. Encontram-se representados na Figura 4 (ABNT, 2004).

Figura 4 – Exemplos de PEV

Fonte: (ALAGOAS, 2018)

Área de Transbordo e Triagem (ATT): Área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. Encontram-se representados na Figura 5 (ABNT, 2004).

Figura 5 – Exemplos de ATT

Fonte: (ALAGOAS, 2018)

Aterro de Inertes: Área onde são empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe A, conforme classificação da Resolução CONAMA nº 307, e resíduos inertes no solo, visando a reservação de materiais segregados, de forma a possibilitar o uso futuro dos materiais e/ou futura utilização da área, conforme princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. Encontram-se representados na Figura 6 (ABNT, 2004).

Figura 6 – Exemplos de Aterros de Inertes
Fonte: (SOBRAL, 2012)

Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (URRCC): Área destinada ao recebimento e transformação de resíduos da construção civil classe A, já triados, para produção de agregados reciclados. Encontram-se representados na Figura 7 (ABNT, 2004).

Figura 7 – Exemplos de URRCC
Fonte: (SOBRAL, 2012)

3.5 Reciclagem de RCC

Pode-se considerar a existência de dois tipos básicos de reciclagem: a reciclagem primária e a reciclagem secundária. A reciclagem primária acontece quando o resíduo é reciclado dentro do

mesmo processo do qual se originou. Por outro lado, a reciclagem secundária acontece quando o resíduo é reciclado em um processo diferente daquele do qual se originou (JOHN, 2001).

Nunes (2004) aponta que a reciclagem primária de RCC no Brasil começou a ser implantada no início dos anos 80 com o uso de pequenos moinhos em obras de edificações. Através da moagem de resíduos menos resistentes, tais como os provenientes de argamassas e alvenaria. Neste processo os resíduos são reutilizados na própria obra, durante sua execução, principalmente nos serviços de revestimento de edificações. Devido ao seu pequeno porte, os moinhos podem ser transportados e montados com relativa facilidade, o que favorece a prática da reciclagem nos canteiros de obra.

Grigoli (2001) em seu trabalho voltado principalmente para obras de edificações, apresenta formas práticas de como se empregar na própria obra parte dos RCC gerados em seus postos de trabalho, com ou sem beneficiamento (reciclando-os ou somente reutilizando-os), dentre os quais: assentamentos de batentes, assentamentos de esquadrias e/ou contramarco, chumbamentos de tubulações elétricas e hidráulicas, assentamento de blocos cerâmicos, contrapiso e interiores de unidades habitacionais, concretos de piso para abrigos de automóveis leves.

3.5.1 Reciclagem por meio de uma Usina de Reciclagem de RCC (URRCC)

A reciclagem secundária de RCC surgiu a partir da necessidade e interesse de se ganhar escala e eficiência no processo de reciclagem de resíduos, dando início às URRCC. Com a criação dessas usinas, o processo de reciclagem se desvincula parcialmente do canteiro de obra, uma vez que as etapas de separação e acondicionamento adequado dos resíduos gerados ainda devem ser feitos na obra e são fundamentais para o funcionamento das usinas (NUNES, 2004).

A separação do RCC na fonte geradora dos resíduos favorece muito a reciclagem e é indispensável para a obtenção de reciclados com melhor qualidade. Isto se deve ao fato de um dos principais condicionantes do processo de reciclagem ser a necessidade de gerar produtos homogêneos e de características adequadas, a partir de resíduos heterogêneos e de origem bastante diversificada (FERREIRA; MOREIRA, 2013).

Além da separação na fonte, existe a necessidade de um processo de triagem de materiais antes da entrada no processo efetivamente de reciclagem, de forma a garantir a homogeneidade dos

produtos. Esse processo de triagem pode ocorrer fisicamente na área da URRCC ou nas ATT, que são áreas destinadas ao recebimento de resíduos da construção civil e de resíduos volumosos para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada.

3.5.2 Tipos de Planta de URRCC e Equipamentos Necessários

Sobral (2012) destaca que se pode considerar a existência de três tipos de plantas para usinas de beneficiamento de RCC, com diferentes características quanto à forma de instalação: Plantas Móveis, Plantas Semimóveis e Plantas Fixas.

As usinas com Plantas Móveis são utilizadas quando o empreendimento requer mobilização constante, como é o caso da construção de estradas. Como não necessita de obras civis, este tipo de planta possibilita a remoção da usina com facilidade, realocando-a em outro ponto de maneira rápida e eficiente, sendo, em geral, montadas sobre bases móveis (pneus) que permitem o transporte através de reboque especial (SOBRAL, 2012).

As usinas com Plantas Semimóveis diferem das móveis por apresentarem uma maior robustez. Possuem facilidade de instalação, rapidez e economia na montagem, sendo recomendadas em caso de empreendimentos de curto ou médio prazo, onde já previamente tem-se previsão do tempo máximo de permanência. São comuns quando da construção de grandes hidroelétricas e nas pedreiras para construção de estradas. Normalmente são construídas sobre bases metálicas, objetivando facilitar a remoção (SOBRAL, 2012).

Já as usinas de Plantas Fixas são comumente utilizadas em empreendimentos de localização definitiva. Sobral (2012) destaca que nestas instalações é possível obter produtos reciclados bem mais diversificados e de melhor qualidade, decorrente da possibilidade de utilização de equipamentos maiores e mais especializados, permitindo a realização da britagem, da retirada de impurezas e do próprio peneiramento de maneira mais rápida e precisa, imprimindo um caráter mais produtivo e industrial ao processo de reciclagem. A desvantagem deste tipo de planta está no valor elevado do investimento inicial, necessitando de equipamentos mais robustos e de uma área para instalação com dimensões mais avantajadas, pois, como assinalado por Nunes (2004), este tipo de empreendimento deve considerar a implantação de: imóvel para apoio administrativo, guarita no portão de acesso, portão e cercamento do terreno, áreas para circulação e manobra de veículos, áreas para estocagem do material recebido (RCC bruto) e do

material processado (agregado reciclado), com diferentes áreas para agregados com composição e granulometria diferentes.

Quanto aos equipamentos utilizados, Nunes (2004) destaca que a maioria das centrais de reciclagem de RCC brasileiras é composta por instalações simples, com equipamentos nacionais, oriundos do setor de mineração. Os equipamentos são aplicados diretamente ou com adaptações no processo de reciclagem de RCC, sendo compostos basicamente por: alimentador (silo de recepção, tipo calha vibratória); britador; transportadores de correia; extrator de metais ferrosos (eletroímã); e conjunto peneirador.

3.5.3 Fluxo Produtivo de uma URRCC

O fluxo produtivo de uma URRCC fixa inicia-se após a chegada dos resíduos às centrais. O processo de beneficiamento dos RCC deve seguir um fluxo de seleção dos materiais recicláveis e descontaminação, trituração em equipamentos apropriados (com possível classificação) e expedição dos agregados reciclados. Ao serem projetadas, as centrais de reciclagem de RCC podem apresentar diferentes portes e complexidades dependendo, dentre outros parâmetros, das quantidades e dos tipos de resíduos a serem beneficiados (entradas / input), como também das quantidades e dos tipos de agregados reciclados a serem produzidos (saídas / output). As entradas do processo serão dependentes da composição e do volume de geração de RCC no município. As saídas dependerão dos equipamentos das centrais e das demandas da indústria da construção civil por diferentes tipos de agregados reciclados (NUNES, 2004).

Sobral (2012) detalha o fluxo produtivo de uma URRCC fixa a partir da deposição dos resíduos, na área de coleta e recebimento, realizada pelos caminhões transportadores. O descarregamento dos caminhões transportadores deve ocorrer somente após inspeção visual do conteúdo dos contêineres e a respectiva pesagem, encerrando, neste ponto, a responsabilidade do transportador. Esta etapa do processo é denominada de Recepção do RCC. Uma vez concluída a recepção do entulho, tem início a próxima etapa do processo, denominada de Separação e Classificação do RCC para os casos em que o material não é previamente triado nas ATTs, por exemplo. Neste caso, é feito o espalhamento do entulho com o uso de equipamentos adequados, como trator e pá carregadeira, com objetivo de, manualmente, ocorrer a retirada ou catação de materiais não pertencentes a Classe A, denominados também de contaminantes, tais como: plásticos, madeira, aço e papel. Estes materiais são devidamente separados, removidos da área

de trabalho e posteriormente podendo ser transportados para outras usinas de reciclagem específicas. A partir do processo seletivo ocorrido nesta fase, os resíduos da construção civil podem ser separados em dois tipos de materiais, em função da sua composição, sendo classificados como materiais cerâmicos ou concretos.

Estocados basicamente em duas áreas diferentes, os dois tipos de materiais passam, em seguida, por uma nova etapa. Com a utilização de equipamentos especiais, como martelo hidráulico, marretas, pá de bico, ganchos e tesouras manuais, é executada uma tarefa de fragmentação do material graúdo, reduzindo-o em pequenos pedaços, normalmente não superiores a 600 (seiscentos) milímetros, dimensão comumente aceitável pelos equipamentos de processamento mecânico deste tipo de usina. Esta etapa, destinada à redução do tamanho dos blocos, é chamada de Preparação e Fragmentação do RCC (SOBRAL, 2012).

Após este fracionamento inicial, o material é transferido para um local onde será executada a primeira fase de um processo denominado de Trituração do RCC. Consiste inicialmente na alimentação de uma tremonha, que, possuindo internamente uma mesa vibratória especial, realiza uma primeira seleção do material. Neste ponto do processo, os materiais com dimensões maiores são disponibilizados para um britador de impacto especial. Esta fase é composta por duas etapas: Transporte Interno e Alimentação da Tremonha. Concluída a etapa anterior, tem início o Peneiramento e a Britagem, que se constituem em vibração, peneiramento e fragmentação do RCC. O pó, oriundo desta fase do processo de vibração, executada pelo alimentador vibratório, é depositado em uma esteira transportadora de correia, sendo transferido e amontoado em uma área especial, recebendo este primeiro produto o nome de bica corrida reciclada (SOBRAL, 2012).

Através de um britador de impacto é realizada a Britagem e Rebritagem do resíduo, transformando os rebolos maiores em brita de tamanhos variados. Os vários tipos de britadores existentes no mercado produzem grãos de forma e dimensões diferentes. Os britadores de martelo são mais robustos, acentuando a forma lamelar dos agregados. Os britadores de mandíbula são mais eficientes, garantindo uma maior uniformidade das partículas produzidas. Os britadores giratórios impõem forma mais arredondada ou cúbica ao agregado, possibilitando um uso mais adequado na preparação de concretos e argamassas. (SOBRAL, 2012).

Concluída a etapa de britagem, os resíduos, já triturados, são transportados através de uma esteira, alcançando um conjunto de peneiras de telas de aço-carbono, onde ocorre a separação por faixa granulométrica, resultando em um material chamado de agregado misto. Em geral são obtidos quatro produtos finais denominados de areia média reciclada, pedrisco reciclado, brita

reciclada e rachão reciclado. (SOBRAL, 2012). Na Figura 8 é mostrado um fluxograma típico de uma URRCC com a geração de diferentes produtos reciclados.

Algumas usinas, objetivando garantir a produção de um material mais homogêneo, resultando em desempenho mecânico mais confiável, optam por não misturar materiais concretos com materiais cerâmicos, produzindo, assim, agregados com características diferentes em função do tipo de resíduo da construção civil utilizado. Dentro desta linha de produção, o material concreto produz um agregado muito homogêneo, com elevada resistência. Já o material cerâmico, por sua vez, quando segregado no processo produtivo, resulta em areias e pedriscos de granulometria reduzida, ideal para uso na composição de asfalto para leito de ruas, reboco de paredes, com uso não estrutural. (SOBRAL, 2012).

Indo além, algumas usinas já conseguem aproveitar ainda melhor o agregado produzido, como é o caso da Usina de Reciclagem de São Carlos, onde parte dos agregados processados na usina é transportada diretamente para uma Fábrica de Artefatos Reciclados de Cimento, ambos de propriedade da Prefeitura, o que possibilita a produção de artefatos reciclados – blocos, canaletas, pisos intertravados para pavimentação, mesas e bancos de praças, entre outros. A comercialização desses artefatos reciclados atende uma escala de demandas, suprimindo primeiramente a Prefeitura local e demais órgãos públicos e posteriormente a comunidade em geral e os órgãos privados. Tais iniciativas valorizam cada vez mais o produto reciclado, obtendo lugar no mercado consumidor, e formando uma cadeia de valor mais complexa a partir dos resíduos reciclados (BALDAN, 2012).

Figura 8 – Fluxograma típico da usina recicladora e seus produtos finais

Fonte: (LIMA, 2013)

Já o fluxo produtivo de usinas móveis e semimóveis varia de acordo com os tipos de equipamentos utilizados. De modo geral são mais simples, com a utilização de equipamentos menos robustos, o que limita a possibilidade de beneficiamento dos resíduos. Em alguns casos, são utilizadas até mesmo sem britadores, como o protótipo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em colaboração com a Escola Politécnica da USP, o Centro de Tecnologia Mineral (Cetem-RJ), a Prefeitura de Macaé e a Universidade Federal de Alagoas (Figura 9). Apesar de não britar os resíduos, a recicladora permite que o resíduo de construção peneirado tenha uma recuperação de 60% do material para uso na pavimentação, e os 40% restantes na geotecnia (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2018).

Descarregamento e operação da unidade de reciclagem de RCD de baixo custo. Os transportadores podem ser inclinados até 1 m, conferindo a produtividade

Figura 9 – Unidade recicladora móvel IPT
Fonte: (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2018)

3.5.4 Reciclados – propriedades e usos

A utilização dos resíduos como matéria-prima em substituição aos materiais tradicionais, faz necessário que esse insumo alternativo apresente padrões de desempenho compatíveis com a sua utilização. Nos casos em que o material reciclado e o natural têm o mesmo custo, o diferencial será a qualidade ou a confiabilidade do produto e a utilização de instrumentos de marketing, como selos verdes, de forma a garantir que o produto é ambientalmente correto (CARNEIRO; CASSA; BRUM, 2001)

Os produtos gerados nas usinas estão diretamente associados aos insumos que chegam até a central. Nunes (2004) traz em seu estudo a análise de composição gravimétrica por tipos de RCC conforme classificação CONAMA 307/2002 para 4 cidades diferentes. Os resultados são exibidos na Tabela 5.

Em todas as cidades, os resíduos Classe A corresponderam a mais de 90% do total de resíduos gerados, sendo a participação das outras classes percentualmente pouco relevante. Assim, os principais volumes correspondem a Classe A, que são os reutilizáveis ou recicláveis como agregados. Ao se analisar os empregos dos agregados reciclados, para aumentar o potencial da reciclagem, deve-se garantir a homogeneidade da composição e a pureza (ou a não contaminação) dos materiais. Basicamente as características mais importantes dos agregados reciclados são: composição da mistura; resistência contra intempéries; tamanho e forma dos grãos; resistência de carga; permeabilidade; ausência de contaminação (por óleos ou

substâncias diversas). Quanto melhores forem estas características, melhor será a qualidade dos agregados reciclados (NUNES, 2004).

Tabela 5 – Composição gravimétrica dos RCC em 4 cidades conforme CONAMA 307/2002

Tipos de RCC	MUNICÍPIOS (%)			
	São Paulo	São Carlos	Rio de Janeiro	Salvador
Classe A	95,0	98,0	94,1	94,0
Classe B	1,0	-	4,2	4,0
Classe C	-	-	1,7	-
Classe D	-	-	-	-
Outros ¹	4,0	2,0	-	2,0

Fonte: (NUNES, 2004)

OBS: ¹ Os tipos de RCC definidos na Resolução CONAMA são as Classes A, B, C e D. A classificação “Outros” foi incluída na tabela, pois baseando-se nas informações dos municípios em questão não foi possível fazer a plena correspondência com a classificação do CONAMA

Os produtos que podem ser gerados a partir da reciclagem dependem do tipo de usina de reciclagem e do material que chega até ela. O Quadro 4 traz um resumo dos principais produtos gerados em um URRCC fixa típica. Quanto aos demais resíduos gerados, os resíduos Classe B, que provêm em grande parte de embalagens, devem ser separados para posterior reutilização ou reciclagem. De acordo com a Tabela 5, os resíduos Classe C ou D (resíduos perigosos) não possuem percentuais significativos nos municípios em questão, contudo devem ter armazenamento, transporte, reutilização e destinação final conforme normas técnicas específicas (NUNES, 2004).

Diversos estudos abordam a utilização dos RCC após seu processamento. Sormunen e Kärki (2019) trazem uma perspectiva ampla sobre as possibilidades de utilização de materiais típicos de RCC, como concreto, cerâmica, termoplásticos, madeira, papel e papelão, metais, vidro, gesso, lã mineral e pedra como matérias-primas para compósitos. Em outro estudo, Yu e Shui (2014) avaliam inclusive a utilização de resíduos a base de cimento para fins estruturais. Os autores encontraram que é possível produzir um material de construção pré-fabricado com material reciclado com resistência à compressão superior a 60 MPa. Além disso, o material reciclado, após tratamento, pode ser utilizado como um aditivo de cimento de alto desempenho, capaz de promover significativamente o desenvolvimento da hidratação e da microestrutura do cimento.

Quadro 4 – Características e usos recomendados dos RCC

Produtos	Características	Uso recomendado
Areia reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
Brita reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RCD, 2018)

De forma contrastante, a falta de conhecimento sobre a composição e características como quantidade, qualidade, tipo e custo real por parte de muitos que gerenciam os RCC geralmente resulta no despejo inadequado de grandes quantidades de materiais potencialmente reutilizáveis / recicláveis, o que poderia ser uma alternativa aos seus recursos naturais homólogos. Além da falta de conhecimento sobre a abordagem de descarte adequado, em muitos casos, as legislações são insuficientes para estimular sua reciclagem. Uma grande quantidade de tempo e experiência são necessários para que um sistema de gerenciamento de resíduos se desenvolva totalmente em uma indústria confiável, comercial e sustentável (SILVA et al., 2017).

Como conclui Silva (2014) uma vez que seja escolhido o uso adequado e se respeitem as limitações técnicas do material, os resíduos de construção civil podem encontrar um grande número de finalidades para a reutilização. Desde que devidamente tratados e analisados, boa parte do RCC pode ser reintroduzido na cadeia produtiva.

3.6 Consórcios intermunicipais

Uma das opções para a viabilização de projetos em municípios de pequeno e médio porte, onde a escala de produção é muitas vezes um fator limitante, é o consórcio intermunicipal. Os

consórcios intermunicipais surgiram tendo em vista que os problemas a cargo do de um ente muitas vezes exigem soluções que extrapolam o alcance da capacidade de ação deste ente em termos de investimentos, recursos humanos e financeiros. A partir disso, passaram a buscar a adoção de soluções conjuntas de modo a enfrentarem simultaneamente os problemas comuns, com isso, começaram a surgir os consórcios públicos, segundo os quais a busca de parcerias pode ser uma opção mais atrativa e econômica para a viabilização de projetos (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO VALE DO PARANAPANEMA, 2018).

No âmbito jurídico, os consórcios públicos consistem na união entre dois ou mais entes da federação, sem fins lucrativos e de forma voluntária, com a finalidade de prestar serviços e desenvolver ações conjuntas que visem o interesse coletivo e benefícios públicos. A gestão associada de serviços públicos e a sua execução por meio de consórcios públicos são previstas no art. 241 da Constituição Federal, o qual estabelece:

Art. 241. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios disciplinarão por meio de lei os consórcios públicos e os convênios de cooperação entre os entes federados, autorizando a gestão associada de serviços públicos, bem como a transferência total ou parcial de encargos, serviços, pessoal e bens essenciais à continuidade dos serviços transferidos. (BRASIL, 1988).

Visando dar execução ao art. 241 da Constituição Federal, foi editada a Lei nº 11.107/05, que por sua vez dispõe sobre as normas gerais de contratação de consórcios públicos para a realização de objetivos de interesse comum dos entes federados, que deverão ser observadas na instituição e regulamentação dos mesmos. As normas de contratação se aplicam neste caso pelo fato do consórcio público constituir pessoa jurídica própria, sob a forma de associação de direito público ou privado, cuja constituição resulta da contratualização conjunta dos objetos, das cláusulas de organização e funcionamento, das competências delegadas e dos direitos e obrigações que cada ente consorciado assume com a mesma (BRASIL, 2018).

Ribeiro, Bastos e Bugarin (2016) destacam que a Lei 11.107/2005 equipara o consórcio público a uma autarquia interfederativa, estando subordinado às regras da administração pública e da gestão fiscal. Para Cezar (2008), o advento normativo trouxe uma série de benefícios para os entes consorciados que vão desde a racionalização do uso dos recursos até o fortalecimento dos vínculos preexistentes com a formação ou consolidação de uma identidade regional. Além disso, há o estímulo que representa em relação às políticas públicas, que têm maior probabilidade de serem executadas de maneira mais técnica e eficiente, e a possibilidade de se coordenar a ação entre diversos entes federativos.

Por sua vez, a PNRS define expressamente como um de seus instrumentos o incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados com vistas à elevação

das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos. Dentre os incentivos às soluções consorciadas, estão a prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal para os consórcios de prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos. (BRASIL, 2010). A presença deste instrumento e incentivos para sua implantação podem ser uma forma de os municípios de pequeno e médio porte enfrentarem os desafios oriundos dos resíduos sólidos de forma mais eficiente com o ganho de escala e redução de custos, aumentando a possibilidade do projeto se tornar viável economicamente.

Batista et al. (2011) destacam as vantagens de constituir um consórcio. Segundo os autores, os prefeitos e as autoridades municipais que já tiveram experiências em ação consorciada costumam ressaltar uma série de benefícios provenientes da formação de um consórcio sendo os principais sintetizados na Figura 10.

Benefícios provenientes da formação de um Consórcio
Aumenta a transparência e o controle das decisões públicas;
Melhora o relacionamento das prefeituras com outras esferas de governo, possibilitando que os recursos cheguem mais rápida e facilmente;
Diminui as distâncias existentes entre as esferas locais e os Estados e a União;
Aumenta o poder de diálogo, pressão e negociação dos Municípios;
Dá peso político regional para as demandas locais;
Cria mecanismos eficientes para uma gestão pública menos suscetível a disputas político-partidárias;
Resolve problemas regionais sem se limitar às fronteiras administrativas;
Permite que o planejamento das políticas públicas se faça de forma conjunta, com a participação de todos os membros do Consórcio;
Ajuda as prefeituras menores, que assim podem receber apoio das prefeituras que dispõem de melhor infraestrutura;
Possibilita a diminuição das desigualdades regionais e a baixa capacidade de arrecadação tributária do Município;
Cria novos fluxos de recursos para o Município, diminuindo sua dependência das transferências do Fundo de Participação dos Municípios (FPM);
Permite a realização de ações inacessíveis a um único Município;
Viabiliza obras de grande porte e serviços de alto custo, que não são acessíveis à maioria das localidades;
Promove a constituição de aparatos institucionais competentes, com capacidade técnica e de recursos;
Permite a elaboração e o financiamento de projetos.

Figura 10 - Benefícios provenientes da formação de um Consórcio

Fonte: Batista et al. (2011)

Apesar dos benefícios da formação dos consórcios, Ribeiro, Bastos e Bugarin (2016) destacam que a ampliação dos consórcios públicos depende do estabelecimento de regras que criem incentivos a sua formação e sustentabilidade, dado que a falta de segurança jurídica pode

resultar no seu mau funcionamento no longo prazo. Martins, Aguiar e Assunção (2015) apontam que existem diversos fatores que podem dificultar a implementação de consórcios no Brasil, dentre os quais: o fato de o país não ter tradição em instituições de cooperativas entre diferentes entes públicos para a gestão de serviços públicos de interesse comum; a recente introdução da legislação regulamentadora de consórcios públicos e a falta de qualificação adequada dos gestores públicos. Além desses aspectos, pode-se mencionar a falta de interesse na formação de alianças intermunicipais muitas vezes com prefeitos de partidos políticos divergentes. Assim, para a criação e a manutenção dos consórcios é necessário identificar os ganhos oriundos dessa integração, a definição dos papéis de cada um dos participantes e também os mecanismos de punição para os municípios que queiram descumprir o combinado, gerando relações contratuais duradouras e seguras.

Atualmente são poucos os exemplos de consórcios inseridos no gerenciamento e reciclagem dos RCC. Um deles é o Consórcio Intermunicipal do Vale do Paranapanema – CIVAP, localizado na região oeste do Estado de São Paulo, composto por 27 municípios, tem promovido a destinação correta de toneladas de RCC graças a um programa de cooperação, que tem apresentado resultados positivos ao meio ambiente e ao poder público dos municípios consorciados, solucionando uma questão ambiental e também financeira enfrentada pelos municípios.

O Programa de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil – Proben/RCC foi conquistado através do Convênio firmado entre CIVAP e Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, em 2009. O Programa começou a operar em março de 2012 após o investimento de 800 mil reais. Ele proporciona aos municípios consorciados a utilização de um equipamento móvel de trituração de resíduos da construção civil.

Para a implantação do programa foram adquiridos um caminhão, um triturador e um gerador. Para o beneficiamento dos resíduos os municípios oferecem um espaço específico para as atividades do equipamento e uma pá carregadeira com operador. Após o processamento os RCC são utilizados no cascalhamento de estradas rurais, aterros e cabeceiras de açudes. O programa visa destinar de maneira ambientalmente correta uma média de 15 mil toneladas/mês de resíduos produzidos em toda a região do Vale. A Figura 11 traz a operação do britador móvel.

Figura 11 – Funcionamento do britador móvel - CIVAP
(Fonte: i7noticias, 2017)

3.7 Estudo de viabilidade econômica de projetos

A realização de uma avaliação técnico-econômica é essencial para que se tenha uma decisão fundamentada a respeito da implantação de um projeto, o que minimizará os riscos de que esta instalação seja subutilizada ou desativada precocemente. Um investimento pode ser considerado uma alocação de recursos em bens de capital de longo prazo visando adquirir, manter, melhorar ou ampliar as capacidades produtivas de um empreendimento. Quando o investimento destina a aplicação de recursos para a abertura de novos empreendimentos, costuma-se chamá-lo de Projeto de Investimento (PI) (HARZER, 2015).

Analisar a viabilidade econômico-financeira de um PI significa estimar as perspectivas de desempenho financeiro resultante do projeto. Essa análise inclui a definição do fluxo de entradas e saídas de dinheiro durante o ciclo de vida planejado para o projeto, que corresponde ao fluxo de caixa do projeto. O fluxo de caixa utiliza de vários formatos de conhecimentos, explícitos e tácitos, e auxiliam na tomada de decisão. Esses resultados econômicos podem ser obtidos por meio da utilização de métodos de avaliação de investimentos, que por sua vez, necessitam da utilização de procedimentos específicos para auxiliarem no processo de tomada de decisão (RODRIGUES; ROZENFELD, 2008).

A análise da viabilidade econômica de projetos de investimento em ativos reais tem sido objeto de diversas pesquisas, sendo hoje disponível na literatura uma série de métodos, técnicas, abordagens e ferramentas computacionais que buscam aprimorar esse processo avaliativo.

3.7.1 Métodos de análise de investimentos

Nogas, Souza e Silva (2011) classificam os métodos de análise de investimentos em três categorias: Método Clássico (MC), Teoria das Opções Reais (TOR) e Metodologia Multi-índice (MMI).

O Método Clássico teve sua origem sob a denominação de Engenharia Econômica no início do século XX. Neste método de análise duas dimensões se fazem presente nas decisões de investimentos: riscos e retorno. O Método Clássico caracteriza-se por expressar o risco como um “spread” da taxa de desconto do fluxo de caixa. Assim, a taxa de desconto, denominada Taxa de Mínima Atratividade (TMA) é composta pela taxa “quase livre de risco” e mais um prêmio pelo risco expresso como um spread que se acopla sobre a TMA. As métricas de análise se concentram no Valor Presente Líquido (VPL) e na Taxa Interna de Retorno (TIR), isto é, $VPL > 0$ e $TIR > TMA$ indicam a viabilidade do PI (NOGAS; SOUZA; SILVA, 2011).

Já a TOR contesta o MC por não incluir no fluxo de caixa projetado algumas opções que são inerentes a alguns tipos de investimentos, tais como: adiar, abandonar, expandir e/ou reformular. A hipótese básica é que o grupo gestor do projeto tem opções e que ao exercê-las o VPL do projeto melhor expressa a agregação de valor gerada pelo investimento. Na TOR esse VPL é denominado VPL com flexibilidade. A diferença entre este VPL com flexibilidade e o VPL do MC é denominada valor da opção gerencial. Embora a TOR insira mais realismo ao fluxo de caixa do projeto e ao processo de gestão de PIs, ainda persiste o fato da taxa de desconto ser composta pela taxa livre de risco e mais um prêmio pelo risco. O critério de análise é praticamente o mesmo do MC, isto é, $VPL > 0$ e $TIR > TMA$ (NOGAS; SOUZA; SILVA, 2011; LIMA, 2017).

A Metodologia Multi-índice (MMI) proposta por Souza e Clemente (2009), se diferencia das anteriores por não usar o conceito de prêmio pelo risco e por defender a ideia de que o risco é multidimensional e, portanto, deve ser analisado por um conjunto de índices. A MMI consiste em, a partir do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) e da análise do contexto, gerar dois conjuntos de indicadores. O primeiro conjunto composto pelos indicadores: Valor Presente Líquido

(VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Índice Benefício/Custo (IBC) e Retorno Adicional do Investimento (ROIA), objetiva melhorar a percepção do retorno. O segundo conjunto composto por indicadores medidos em uma escala entre zero (ausência de risco) e um (risco máximo) objetiva melhorar a percepção do risco do projeto. Esse conjunto é composto pelos Índice TMA/TIR, Índice Payback/N, Grau de Comprometimento da Receita (GCR), Risco de Gestão e Risco do Negócio (SOUZA E CLEMENTE, 2009; LIMA, 2017).

Assim, na MMI o critério de decisão $VPL > 0$ apenas indica que o projeto deve continuar sendo analisado. Além disso, é necessário ainda avaliar se o retorno percebido representado pelo Retorno Adicional decorrente do Investimento (ROIA) é suficiente para compensar a percepção de risco. Essa metodologia força o decisor a um confronto entre as percepções de retorno e de riscos (SOUZA E CLEMENTE, 2009).

Lima et al. (2015) incorporaram à MMI alguns índices para uma análise de sensibilidade por meio de Limites de Elasticidade (LEs) e Valores Limite (VLs), passando a denominá-la de Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA). A análise de sensibilidade quantifica a vulnerabilidade dos resultados do projeto em relação às mudanças em uma variável, mantendo as demais inalteradas. Quando uma pequena variação em um parâmetro muda drasticamente a lucratividade de um PI, se diz que este é muito sensível a este parâmetro, logo, é importante concentrar esforços para obter menos dados incertos. O Quadro 5 apresenta as dimensões e os principais indicadores da MMIA (LIMA et al., 2015; LIMA, 2017; GULARTE, 2017).

DIMENSÃO	INDICADOR	DIMENSÃO	INDICADOR
RETORNO (SOUZA e CLEMENTE, 2009; LIMA, et al., 2016)	Valor Presente: VP	LIMITES DE ELASTICIDADE (LIMA et al., 2015)	$\Delta\%$ TMA
	Valor Presente Líquido: VPL		$\Delta\%$ FC ₀
	VP da Receita Total: VP(RT)		$\Delta\%$ FC _j
	VP do Custo Variável Total: VP(CVT)		$\Delta\%$ FC ₀ e FC _j
	VP do Custo Fixo: VP(CF)		$\Delta\%$ TMA e FC ₀
	VP do Custo Total: VP(CT)		$\Delta\%$ TMA e FC _j
	VP do Valor Residual: VP(VR)		$\Delta\%$ FC ₀ e FC _j e TMA
	Valor Presente Líquido Anualizado: VPLA	Legenda: $\Delta\%$ = Variação percentual; TMA = Taxa Mínima de Atratividade; FC ₀ = Fluxo de Caixa para o período 0; FC _j = Fluxo de Caixa para o período j; Q = quantidade de vendas; PVu = Preço de Venda unitário; CVu = Custo Variável unitário; MCu = Margem de Contribuição unitária; CF = Custo Fixo; CT = Custo Total; RT = Receita Total; e VR = Valor Residual.	
	Índice Benefício Custo: IBC		
	Retorno Adicional sobre o Investimento: ROIA		
	Índice ROIA/TMA		
RISCOS (SOUZA e CLEMENTE, 2009; LIMA et al., 2013)	Payback ajustado		
	Taxa Interna de Retorno: TIR		
	Payback ajustado/N		
	Índice TMA/TIR		
	Payback descontado		

Quadro 5 – Indicadores da Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA)

Fonte: Elaborada por (GULARTE, 2017) a partir de (LIMA et al., 2015) e (LIMA 2017)

Essa metodologia está implementada em um aplicativo Web desenvolvido em linguagem PHP, denominado \$AV\epsilon\pi – Sistema de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento. Como os indicadores utilizados nessa dissertação, devido sua abrangência, serão os da MMIA, será feita, nas próximas subseções, uma análise mais detalhada de cada um conforme apresentado no Quadro 5.

3.7.2 Indicadores financeiros para análise de viabilidade de projetos

3.7.2.1 Valor Presente (VP)

O Valor Presente (VP) consiste em acumular de forma descapitalizada a série resultante do fluxo de caixa projetado (LIMA et al., 2015). O VP pode ser calculado de acordo com a fórmula (I).

$$VP = \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} \quad (I)$$

Em que:

VP = Valor Presente

FC_j = Fluxo de Caixa no momento j

TMA = Taxa mínima de atratividade

N = Horizonte de Planejamento

3.7.2.2 Valor presente líquido (VPL)

O VPL consiste em trazer as entradas e saídas de capital para a data zero do investimento, descontada a TMA. Reflete a riqueza em valores monetários do investimento, medida pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa, a uma determinada taxa de desconto (REBELATTO, 2004). O VPL pode ser calculado de acordo com a fórmula (II).

$$VPL = \sum_{j=1}^N \frac{FC_i}{(1 + TMA)^j} - FC_o \quad (II)$$

Em que:

VPL = Valor Presente

FC_0 = Fluxo de caixa no momento zero

FC_j = Fluxo de Caixa no momento j

TMA = Taxa mínima de atratividade

N = Horizonte de Planejamento

Os resultados do VPL fornecem um importante parâmetro para a análise da viabilidade do projeto. Se o VPL for superior a 0, o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas de caixa, e no caso de ser inferior a 0 então o investimento não é economicamente atrativo pois o valor presente das entradas é menor do que o valor presente das saídas de caixa (SOUZA; CLEMENTE, 2009).

Desta forma, quando se analisam vários projetos, Rodrigues e Rozenfeld (2008) ressaltam que não se pode utilizar somente este indicador para se avaliar um projeto, pois se o valor for positivo e baixo para um projeto de longa duração, pode acontecer que durante muito tempo o fluxo de caixa fica negativo para se recuperar o investimento.

3.7.2.3 Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA)

O VPLA é um indicador que surgiu a partir do VPL. Expressa o mesmo resultado do VPL, porém é interpretado por período. De acordo com Souza e Clemente (2009), é o excesso de caixa por período. É um indicador muito utilizado para analisar projetos com horizontes de planejamento longos, pois no VPLA, o fluxo de caixa representativo do PI é transformado em uma série uniforme. O VPLA pode ser calculado de acordo com a fórmula (III).

$$VPLA = \frac{VPL \times TMA \times (1 + TMA)^N}{[(1 + TMA)^N - 1]} \quad (III)$$

Em que:

VPLA = Valor Presente Líquido Anualizado

VPL = Valor Presente Líquido

TMA = Taxa mínima de atratividade

N = Horizonte de Planejamento

3.7.2.4 Índice Benefício-Custo (IBC)

A relação Benefício/Custo ou índice de lucratividade é uma medida de quanto se ganha por unidade de capital investido, ou ainda, uma razão entre o Fluxo Esperado de Benefícios de um

projeto e o Fluxo Esperado de Investimentos necessários para realizá-lo. Pode ser calculado pela equação IV (SOUZA e CLEMENTE, 2009).

$$IBC = \frac{|FC_o| + VPL}{|FC_o|} \quad (IV)$$

Em que:

IBC = Índice Benefício – Custo

FC_o = Fluxo de caixa no momento zero (investimento inicial)

VPL = Valor Presente Líquido

3.7.2.5 Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA)

O Retorno Adicional sobre o Investimento deriva do Índice Benefício-Custo. O ROIA representa uma estimativa de rentabilidade após descontado o efeito da TMA do projeto em análise. Indica a riqueza a ser gerada pelo projeto além daquela que seria obtida caso o capital permanecesse aplicado no mercado rendendo uma taxa igual à TMA (HARZER, 2015).

$$ROIA = \sqrt[N]{IBC} - 1 \quad (V)$$

Em que:

ROIA = Retorno Adicional sobre o Investimento

IBC = Índice Benefício – Custo

N = Horizonte de Planejamento

Já o ROI representa a rentabilidade total do projeto caso seus fluxos líquidos de benefícios sejam constantemente reinvestidos no mercado com taxas iguais à TMA (HARZER, 2015).

$$ROI = (1 + TMA) \times (1 + ROIA) - 1 \quad (VI)$$

Em que:

ROI = Retorno sobre o Investimento

ROIA = Retorno Adicional sobre o Investimento

TMA = Taxa mínima de atratividade

3.7.2.6 Tempo de retorno do capital (payback)

Corresponde ao prazo necessário para que o valor atual dos reembolsos (retorno de capital) se iguale ao desembolso com o investimento efetuado, visando à restituição do capital aplicado (REBELATTO, 2004). Ou seja, quanto tempo um investimento demora a ser ressarcido. O

cálculo do payback simples ignora a taxa de desconto, ou seja, o valor do dinheiro no tempo, já o método do payback descontado, considera a taxa de juros para realizar o cálculo do período gasto.

$$Payback = \sum_{j=1}^k \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} \geq 0 \quad (VII)$$

Em que:

Payback = Prazo para recuperação do capital investido

FC_j = Fluxo de Caixa no momento j

TMA = Taxa mínima de atratividade

Uma das principais fragilidades deste parâmetro reside no fato de ele desconsiderar tudo o que acontece após o período de recuperação, penalizando projetos de receitas iniciais pequenas, porém crescentes ao longo da vida do projeto (SOUZA; CLEMENTE, 2009).

A partir do resultado desse indicador, a MMIA considera o indicador Payback/N, em que N representa o horizonte de planejamento do empreendimento em estudo. O indicador Payback/N apresenta a razão entre o tempo de retorno do capital investido e o ciclo de vida do PI em estudo (SOUZA; CLEMENTE, 2009). É uma representação da probabilidade de não recuperação do capital investido. Para esse indicador, quanto menor for o valor obtido, melhores condições se apresentam para o projeto de investimento (LIMA et al., 2015).

3.7.2.7 Taxa interna de retorno (TIR)

A TIR é definida como a taxa de desconto que iguala o Valor Presente Líquido (VPL) de uma oportunidade de investimento a zero porque o valor presente das entradas de caixa se iguala ao investimento inicial (RODRIGUES; ROZENFELD, 2008). Pode ser calculada da seguinte conforme equação VIII:

$$0 = \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1 + TIR)^j} - FC_0 \quad (VIII)$$

Em que:

TIR = Taxa interna de retorno

FC_0 = Fluxo de caixa no momento zero

FC_j = Fluxo de Caixa no momento j

Como a TIR é a taxa que torna o Valor Presente Líquido (VPL) de um fluxo de caixa igual a zero, se a TIR for maior que a TMA então o projeto é viável, e se TIR for menor que TMA então o projeto é inviável (SOUZA; CLEMENTE, 2009).

3.7.2.8 Limites de Elasticidade e Valores-Limites

As análises de sensibilidade são empregadas para a verificação de quão sensível é a variação do VPL à variação de um dos componentes do fluxo de caixa. Isto é, verifica-se o efeito que pequenas variações nas condições de projeto (TMA, investimento inicial, benefícios líquidos periódicos, prazo do projeto) geram no VPL (SOUZA e CLEMENTE, 2009). Neste trabalho, para realizar a Análise de Sensibilidade, são utilizados os Limites de Elasticidade (LEs) e Valores-Limite (VLs) propostos por LIMA et al. (2015), os quais buscam identificar a tolerância máxima nas principais variáveis intervenientes no desempenho econômico do PI. As fórmulas de cálculo são representados no Quadro 6.

ÍNDICES	INTERPRETAÇÃO (SE VIÁVEL)
$\Delta\%TMA_{\max\uparrow} = \gamma = \frac{TIR}{TMA} - 1$	Aumento máximo admitido à TMA utilizada antes de inviabilizar o projeto de investimento (PI) em estudo. Os demais parâmetros (Custos e Receitas, por exemplo) são mantidos constantes.
$\Delta\%C_{\max\uparrow} = \varphi = IBC - 1$	Aumento máximo nos Custos estimados antes de inviabilizar o PI em estudo. Os demais parâmetros (TMA e Receitas, por exemplo) são mantidos constantes.
$\Delta\%R_{\max\downarrow} = \lambda = 1 - \frac{1}{IBC}$	Redução máxima nas Receitas esperadas antes de inviabilizar o PI em estudo. Os demais parâmetros (TMA e Custos, por exemplo) são mantidos constantes.
$\Delta\%(C_{\max\uparrow} \cap R_{\max\downarrow}) = \alpha = \frac{\lambda \cdot \varphi}{\lambda + \varphi}$	Aumento máximo nos Custos estimados e redução máxima nas Receitas esperadas, de forma concomitantemente, antes de inviabilizar o PI em estudo. Os demais parâmetros são mantidos constantes.
$\Delta\%(TMA_{\max\uparrow} \cap C_{\max\uparrow}) = \phi = \frac{\gamma \cdot \varphi}{\gamma + \varphi}$	Aumento máximo na TMA utilizada e nos Custos estimados, de forma concomitantemente, antes de inviabilizar o PI em estudo. Os demais parâmetros são mantidos constantes.
$\Delta\%(TMA_{\max\uparrow} \cap R_{\max\downarrow}) = \theta = \frac{\gamma \cdot \lambda}{\gamma + \lambda}$	Aumento máximo na TMA utilizada e redução máxima nas Receitas esperadas, de forma concomitantemente, antes de inviabilizar o PI em estudo. Os demais parâmetros são mantidos constantes.
$\Delta\%(TMA_{\max\uparrow} \cap C_{\max\uparrow} \cap R_{\max\downarrow}) =$ $= \beta = \frac{\lambda \cdot \varphi \cdot \gamma}{\lambda \cdot \varphi + \lambda \cdot \gamma + \varphi \cdot \gamma}$	Aumento máximo na TMA utilizada, nos Custos estimados e redução máxima nas Receitas esperadas, de forma concomitantemente, antes de inviabilizar o PI em estudo. Os demais parâmetros são mantidos constantes.

Quadro 6 – Índices para a Análise de Sensibilidade
Fonte: (LIMA et al., 2015)

Após os cálculos dos limites de elasticidade é possível calcular os valores limite dos parâmetros em análise. A variação permitida indica a variação máxima que o parâmetro em análise suporta antes de o PI se tornar economicamente inviável (LIMA, 2017).

3.7.3 Análise estocástica de projetos de investimento e a Simulação de Monte Carlo

Os métodos determinísticos de análise de investimentos consideram que as variáveis que compõem o fluxo de caixa do projeto são exatamente conhecidas no momento da análise. Na verdade, tais valores são incertos e o que se faz em análise de investimentos é uma estimativa dos valores de cada variável segundo o melhor julgamento da equipe responsável pela elaboração do projeto. Logo, os números envolvidos são probabilísticos e assumem a característica de variáveis aleatórias (HARZER, 2015).

A Simulação de Monte Carlo (SMC) é uma ferramenta que pode ser utilizada em ambientes incertos por meio da construção de centenas ou milhares de cenários possíveis e suas respectivas distribuições de probabilidades. Seu uso permite a geração de amostras aleatórias de variáveis de saída a partir de várias amostras aleatórias de variáveis de entrada (HARZER, 2015).

A adaptação da SMC para a área de análise de investimentos foi desenvolvida por David B. Hertz em 1964. Atualmente, está sendo amplamente utilizada na área de finanças. Lima (2017) propõe o uso da SMC na MMIA. Em projetos de investimento, ao contrário de uma análise determinística, a SMC não calcula um único valor para cada indicador, mas uma série de valores, de modo que sejam estimadas as respectivas distribuições de probabilidades de ocorrência de cada indicador de análise, em especial, a probabilidade de o resultado do projeto ser negativo (CORREIA NETO, 2009; LIMA, 2017).

A SMC possibilita a escolha de diversos tipos de distribuição de probabilidades com base no comportamento esperado das variáveis de entrada. Dentre os diversos tipos de distribuição possíveis, destacam-se a distribuição normal, a uniforme e a triangular que podem ser usadas em diferentes condições de projeto gerando resultados que expressam de forma mais reais os potenciais resultados do PI (HARZER, 2015).

3.7.4 Análise econômica de gestão de RCC em consórcios intermunicipais

A decisão para a implantação de um sistema de gestão e reciclagem de RCC deveria somente ser tomada após a análise de sua viabilidade econômica, o que ocorreria após a execução de atividades de anteprojeto, tais como localização da planta, primeiros contatos com as autoridades públicas locais para esclarecimento de possíveis exigências, consultas para o

licenciamento da instalação, estudo de mercado, entre outros pontos que atestariam a viabilidade do projeto (KOHLE, 1997).

Jadoviski (2005) analisa quatro elementos que possuem influência determinante sobre a rentabilidade de um projeto de investimento para reciclagem de RCC, quais sejam, as receitas, os custos, a vida útil dos equipamentos e o nível de rentabilidade do reinvestimento dos fluxos de caixa do projeto. Em relação às receitas, o autor destaca a incerteza referente à natureza do produto, que afeta o produto “agregado reciclado”, pois é um produto relativamente novo no mercado; e a incerteza referente ao tipo de organização do mercado, relativa à posição que a empresa ocupa no mercado e em relação aos seus concorrentes. A incerteza dos custos operacionais, principalmente os variáveis, é a mais reduzida de todas, pois, apesar de os custos de manutenção dos equipamentos, máquinas e veículos próprios serem difíceis de serem definidos, podem ser avaliados em usinas de britagem convencionais. A incerteza relacionada à vida econômica dos equipamentos reside no ritmo de evolução da obsolescência destes equipamentos e na sua duração provável de uso. No caso específico dos equipamentos de britagem pode-se afirmar que não há grandes inovações tecnológicas, reduzindo a incerteza sobre a sua depreciação. Finalmente, a incerteza relacionada às taxas de reinvestimento dos fluxos líquidos de caixa é função da evolução prevista da conjuntura econômica, bem como da variabilidade das taxas de retorno setoriais e da própria empresa.

Especificamente para os casos de usinas de reciclagem de RCC, em uma tomada de decisão a favor ou não de um investimento, os critérios de decisão do poder público (tais como: melhoria da qualidade de vida da sociedade, desenvolvimento econômico da região e proteção ambiental) se diferenciam dos critérios da iniciativa privada, que são baseados principalmente em retorno financeiro (NUNES, 2004). Assim, para usinas de reciclagem mantidas pelo setor público, a amortização do investimento inicial pode ocorrer em um período bem mais curto quando comparado com usinas privadas, pois, neste tipo de empreendimento público pode ser considerada a eliminação dos custos de limpeza urbana dos resíduos e dos custos de aquisição de agregados naturais, que devem ser computados como ganhos do processo (PINTO, 1999).

O planejamento de um sistema completo de gestão de RCC em um município ou mesmo em um conjunto de municípios pode englobar a implantação de diversos tipos de infraestruturas, uma vez que a disposição de ATTs, PEVs, usinas fixas, moveis e semimóveis e aterros pode ocorrer de diversas maneiras, cabendo aos gestores a definição de arranjos adequados para as situações específicas de projeto. A viabilidade dos arranjos operacionais pode ser influenciada por uma série de fatores, dentre os quais: porte do município e sua distribuição geográfica; volume gerado e composição de RCC; tipo de usina: (fixa, semimóvel ou móvel) e os

equipamentos utilizados no processo; produtos gerados na usina e suas quantidades; características do mercado de produtos de agregados na área de implantação; possíveis incentivos fiscais; existência e disposição de PEV e ATT, que recebam e façam a triagem dos materiais recebidos; agente responsável pela implantação (público ou privado) uma vez que os objetivos de projeto variam entre eles e área de cobertura (setor da cidade, município, conjunto de municípios).

No âmbito das soluções consorciadas, a complexidade dos sistemas é ainda maior quando comparada às soluções individuais. Nesses casos as diferentes combinações possíveis de infraestruturas de gerenciamento de RCC e a possibilidade de compartilhamento de recursos entre os municípios gera uma série de arranjos possíveis. Se por um lado estas variáveis introduzem mais complexidade ao sistema, por outro, possibilitam que soluções mais eficientes sejam propostas.

4 PROPOSIÇÃO DE ARRANJOS LOGÍSTICOS PARA A GESTÃO E RECICLAGEM DE RCC EM CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS

Neste capítulo é elaborada a proposição dos cenários de arranjos logísticos para a gestão consorciada dos RCC. O desenvolvimento dos cenários foi feito considerando o modo pelo qual se dá o fluxo de resíduos desde sua geração até seu destino final. Como exibido na Figura 12, o fluxo se inicia a partir da geração dos RCC, que ocorre de forma difusa, gerados nas construções, reformas, ampliações, reparos e demolições de obras da construção civil, em muitos casos coletados pelos serviços de limpeza urbana.

Figura 12 – Fluxo de RCC até sua destinação final

Fonte: Elaborado pelo autor

A coleta destes resíduos ocorre de diferentes formas nos municípios brasileiros, em alguns é feita pela própria prefeitura, em outros pela iniciativa privada. Após a coleta, os resíduos são encaminhados para depósitos autorizados pelas prefeituras ou ATTs ou ainda para PEVs no caso de pequenos geradores. Estes equipamentos urbanos são infraestruturas intermediárias na gestão dos RCC, destinados ao recebimento, triagem e armazenamento temporário de resíduos.

A destinação dos resíduos às ATTs permite que esse material seja previamente triado, facilitando sua posterior destinação a reciclagem ou disposição final. Paralelamente, existem ainda os descartes clandestinos, que devem ser impedidos devido aos impactos ambientais, sociais e econômicos que acarretam nas áreas em que são depositados. Prosseguindo, parte dos resíduos triados são encaminhados para as URRCC, que são responsáveis pela transformação do RCC (input) em agregados reciclados (output). Para os casos nos quais não exista a opção da reciclagem, é prevista a destinação dos resíduos a aterros de resíduos Classe “A”, que permitem a reservação de materiais na forma segregada, possibilitando o uso futuro ou a disposição destes materiais, com vistas à futura utilização da área.

É importante ressaltar que os processos de triagem tanto em ATTs quanto nas URRCCs geram diferentes tipos de resíduos além dos resíduos Classe A e que tem sua destinação de acordo com sua classificação. Enquanto os da Classe B deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; os da Classe C e D deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. Estes resíduos não estão considerados diretamente no fluxograma da Figura 12 e devido a sua baixa representatividade gravimétrica não foram contemplados diretamente no escopo desta pesquisa.

Os diversos estudos de viabilidade econômica na área de RCC encontrados na literatura, como Pinto (1999), Nunes (2004), Sobral (2012) e Gularte (2017), focam sua análise exclusivamente na implantação da Usina de Reciclagem. Como esta pesquisa propõe estudar a viabilidade da gestão de RCC em consórcios intermunicipais, a análise é mais ampla, de modo a englobar as infraestruturas necessárias para a viabilização logística da solução consorciada como um todo, incluindo inclusive os custos de transporte.

Os cenários de cooperação entre os municípios para o gerenciamento de RCC em consórcios intermunicipais foram desenvolvidos a partir de um cenário base, sem cooperação, a partir do qual foram desenvolvidos arranjos possíveis de cooperação entre municípios de pequeno e médio porte situados em proximidade geográfica que implantam as infraestruturas de gerenciamento de modo conjunto.

No cenário base, que corresponde ao Arranjo 1 (Figura 13), cada um dos “n” municípios considerados realiza a gestão de seus resíduos de forma independente, sendo responsáveis pela instalação das infraestruturas necessárias. Essas infraestruturas podem incluir PEVs, ATTs, URRCC e Aterro de Resíduos Classe “A”. É possível considerar que essas unidades sejam instaladas parcial ou completamente em conjunto, fisicamente unidas, principalmente considerando o foco desta pesquisa em municípios de pequeno e médio porte. Isso significa

que, apesar de representadas por blocos diferentes, as infraestruturas podem ser instaladas em conjunto, assim, por exemplo, uma única infraestrutura pode englobar um PEV e uma ATT ou ainda um PEV, uma ATT e uma URRCC.

Esta solução exige que cada município implante suas infraestruturas, inexistindo qualquer fluxo de produtos ou equipamentos entre eles. Nesta solução o processo produtivo é restrito aos limites dos municípios e os custos não são compartilhados. Isso significa que as infraestruturas devem ser dimensionadas a partir da geração de resíduos exclusivamente do município em que se situa, considerando todo o horizonte de planejamento do projeto

Figura 13 – Arranjo 1 (Cenário sem cooperação entre os municípios)

Fonte: Elaborado pelo autor

O Arranjo 2 traz o primeiro caso de cooperação entre os municípios. Nesse arranjo, cada município continua realizando todas as etapas do gerenciamento de forma individual, com exceção do aterro para reservação de RCC Classe “A”, que é implantado em uma única localidade e utilizado em conjunto entre os municípios consorciados (Figura 14). A implantação desse tipo de Aterro é necessária em qualquer município brasileiro, uma vez que tem o papel de receber parte dos RCC. No entanto, como o volume de RCC a ser encaminhado aos aterros municipais seria pequeno, a construção consorciada de um aterro por parte de municípios parceiros aumentaria a escala do projeto, diluindo seus custos entre os integrantes.

Figura 14 – Arranjo 2 (Cenário com cooperação entre os municípios)

Fonte: Elaborado pelo autor

O Arranjo 3 (Figura 15) representa a solução na qual os municípios enviam, após triagem, seus RCC para um dos municípios do consórcio, que instala uma única URRCC responsável pelo beneficiamento de todos os resíduos gerados nos municípios consorciados, além de um único aterro. Nesse arranjo, cada município deve contar com PEV e ATT, sendo as outras estruturas compartilhadas. Essa solução traz como vantagem o ganho de escala na operação da URRCC. Por outro lado, todo o material gerado na URRCC encontra-se no município de sua instalação que pode enfrentar dificuldades para comercializá-lo em sua totalidade. Pode ser indicado para um conjunto de municípios localizados em proximidade e onde um deles seja substancialmente maior que os demais capaz de absorver a maior geração de agregado reciclado.

Nesta solução, o município selecionado para receber a instalação da URRCC deve ser estrategicamente escolhido, considerando que fatores como a distância entre os municípios e os volumes gerados podem inviabilizar o projeto. Neste arranjo, apesar da redução de custos com a implantação de uma única URRCC, tem-se um aumento dos custos de transportes, pois os materiais percorrem uma maior distância até chegarem a seu destino final.

Figura 15 – Arranjo 3 (Cenário com cooperação entre os municípios)

Fonte: Elaborado pelo autor

O Arranjo 4 ((Figura 16) diferencia-se do anterior por dispensar a instalação de ATT em cada um dos municípios, que passam a contar apenas com PEVs. As ATTs, de modo geral, são infraestruturas de maior dimensão. Em casos de municípios pequenos, podem ser subutilizadas devido à baixa demanda, o que pode justificar a utilização de uma única unidade de ATT centralizada. Assim, pequenos volumes são encaminhados para os PEVs localizados em cada um dos municípios e posteriormente direcionados à ATT centralizada. Já os grandes volumes são diretamente encaminhados à ATT centralizada, sem passagem pelos PEVs locais. A implantação de uma única unidade traz como vantagem a redução de custos com implantação e o ganho de escala de operação.

Nesta solução, o município selecionado para receber a instalação de ATT e URRCC também deve ser estrategicamente escolhido, considerando que fatores como a distância entre os municípios e os volumes gerados podem inviabilizar o projeto. Neste arranjo, apesar da redução de custos com a implantação de uma única ATT e URRCC, tem-se um aumento dos custos de transportes, pois os materiais percorrem uma maior distância até chegar a seu destino final. Este tipo de arranjo também pode ser indicado para municípios localizados em proximidade e onde um deles seja substancialmente maior que os demais.

Figura 16 – Arranjo 4 (Cenário com cooperação entre os municípios)

Fonte: Elaborado pelo autor

O Arranjo 5 (Figura 17) representa a solução na qual, ao invés dos municípios enviarem seus resíduos gerados, ocorre o transporte da própria recicladora entre os municípios. Neste tipo de arranjo, cada município implanta um PEV, uma ATT e uma área para a instalação de uma URRCC. Neste caso os equipamentos devem ser do tipo móvel ou semimóvel. Nesta solução os municípios não precisam adquirir isoladamente os equipamentos da URRCC, que correspondem a parcela significativa dos recursos necessários para a implantação da reciclagem dos RCC.

A escala limitada de geração de RCC nestes municípios de pequeno e médio porte também permite que as recicladoras funcionem apenas parte do ano, considerando que as ATT e os Aterros funcionem como áreas de reserva temporária de insumos para a URRCC durante o período em que os equipamentos se encontram em outras localidades. Neste arranjo os custos de transporte são reduzidos em relação aos arranjos 3 e 4 uma vez que não ocorre mais o transporte de resíduos de forma intermunicipal. Neste caso, o transporte da unidade móvel de reciclagem de entulho ocorre apenas esporadicamente. O período que cada município ficará com a unidade recicladora dependerá da geração de resíduos no período e da capacidade de beneficiamento dos equipamentos. Nessa solução, cada município continua armazenando os resíduos gerados, o que pode facilitar sua utilização, por outro lado exige uma maior área de armazenagem para os resíduos durante o período de não operação da reciclagem. Este tipo de arranjo pode ser indicado para municípios com limitada geração de RCC de portes similares.

Nestes casos a distância entre eles não é uma limitação significativa, pois não ocorre transporte de resíduos constantemente, apenas esporadicamente da recicladora.

Figura 17 – Arranjo 5 (Cenário com cooperação entre os municípios)

Fonte: Elaborado pelo autor

Finalmente, o Arranjo 6 (Figura 18) diferencia-se do anterior apenas pelo fato de que a implantação do Aterro de materiais inertes é feita de forma coletiva entre os municípios. Assim, além das vantagens mencionadas do Arranjo 5, tem-se o ganho de escala também na infraestrutura do aterro.

Figura 18 – Arranjo 6 (Cenário com cooperação entre os municípios)

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 7 traz um resumo das principais características dos arranjos avaliados, medidas em uma escala relativa entre eles.

FATOR	ARRANJO 1	ARRANJO 2	ARRANJO 3	ARRANJO 4	ARRANJO 5	ARRANJO 6
Número de PEV	n	n	n	n	n	n
Porte dos PEV	Pequeno	Pequeno	Pequeno	Pequeno	Pequeno	Pequeno
Número de ATT	n	n	n	1	n	n
Porte das ATT	Pequeno	Pequeno	Pequeno	Grande	Médio	Médio
Número de URRCC	n	n	1	1	1	1
Porte das URRCC	Pequeno	Pequeno	Grande	Grande	Médio	Médio
Tipo de recicladora	Fixa	Fixa	Fixa	Fixa	Móvel ou semimóvel	Móvel ou semimóvel
Número de aterros	n	1	1	1	n	1
Porte dos aterros	Pequeno	Grande	Grande	Grande	Pequeno	Grande
Custos de implantação	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio
Fluxos intermunicipais	Inexistente	Resíduos (triado)	Resíduos (triado)	Resíduos (triado)	Recicladora	Recicladora e Resíduos
Custos de transporte	Baixo	Médio	Alto	Alto	Baixo	Médio
Distância entre os municípios	Indiferente	Relevante	Limitante	Limitante	Relevante	Relevante
Custos de operação	Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio

Quadro 7 – Resumo das principais características dos arranjos avaliados

Obs: n = número de municípios considerados no consórcio

Fonte: Elaborado pelo autor

5 SISTEMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DA GESTÃO E RECICLAGEM DE RCC EM CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS

Neste capítulo é elaborada uma sistemática de avaliação de viabilidade para os arranjos propostos. A sistemática de avaliação de viabilidade econômico-financeira engloba 10 etapas principais que estão resumidamente representadas na Figura 19. O conjunto de etapas é proposto para fornecer uma base sequencial de atividades para avaliar a viabilidade da implantação de instrumentos de gestão e reciclagem de RCC em consórcios intermunicipais.

Figura 19 – Etapas da sistemática de avaliação de viabilidade da gestão e reciclagem de RCC em consórcios intermunicipais

Fonte: Elaborado pelo autor

A Etapa 1 corresponde ao início do processo avaliativo, no qual há a formalização da área atendida pelo consórcio. A definição da área a ser avaliada se relaciona aos interesses e objetivos do agente que efetua a análise. Como exemplos de possíveis agentes para a aplicação da sistemática pode-se citar:

- Município interessado em implantar consórcio em sua região;
- Conjunto de municípios avaliando a viabilidade da formalização de um consórcio;
- Consórcio implantado avaliando a viabilidade de arranjos operacionais;
- Governo federal / estadual buscando fomentar a gestão e reciclagem em seu território;
- Governo federal / estadual avaliando a implantação de políticas públicas e linhas de financiamento para projetos na área;
- Grupos de investidores avaliando a viabilidade econômica de projetos de investimentos na área de resíduos sólidos;
- Associações setoriais avaliando o desempenho dos empreendimentos.

Após a definição inicial do conjunto de municípios para o qual será aplicada a sistemática de avaliação, parte-se para a verificação das condições técnicas preliminares para a solução conjunta. Os parâmetros a serem levantados nesta etapa são:

- Porte dos municípios: Estimar a população dos municípios. A pesquisa nas bases do IBGE é o meio mais recomendado para a obtenção deste dado;
- Distâncias entre cidades e distribuição geográfica: Verificar a distância entre os municípios. Sugere-se nessa etapa a elaboração de uma matriz de distância entre cada um dos municípios e a apresentação em mapa da área selecionada;
- Modais de transporte: É preciso verificar se existem modais de transporte entre as cidades avaliadas e a qualidade dos mesmos. Como o modal rodoviário é predominante no Brasil, muitas vezes a análise ira se restringir a avaliação deste modal;
- Integração regional: Verificar se existe algum tipo de integração regional, como parcerias em outras áreas e boa relação política, uma vez que podem facilitar a formalização do consórcio. Pode ser obtida a partir da consulta na internet ou diretamente com as prefeituras locais;
- Geração de RCC. É preciso estimar a geração de RCC nos municípios avaliados. Pode ser obtido de diversas formas: por fatores de geração per capita, por área construída, pela movimentação de cargas em coletores ou pelo monitoramento de descargas conforme discutido na revisão bibliográfica.

A Etapa 2 consiste na análise dos municípios cujo projeto de gerenciamento e reciclagem deve atender, incluindo:

- Caracterização socioeconômica dos municípios envolvidos. É preciso analisar, além da população, principais atividades econômicas locais, PIB, IDH. Podem ser obtidos a partir de estudos de caracterização do próprio município ou do IBGE;
- Diagnóstico da gestão atual dos RCC nos municípios avaliados. Pode ser feito a partir da análise dos Planos Municipais de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos, da consulta com as prefeituras ou outras fontes de informação;
- Estruturas de gerenciamento e reciclagem existentes e planejadas. Além do diagnóstico da gestão atual, pode se levantar as estruturas existentes e que poderiam eventualmente ser utilizadas pelo consórcio. Também podem ser obtidas a partir da análise dos Planos Municipais de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos, da consulta com as prefeituras ou outras fontes de informação.

A Etapa 3 corresponde à caracterização do projeto de investimento. Nesta etapa, os principais parâmetros operacionais e financeiros para o estudo de viabilidade começam a ser definidos.

Os parâmetros operacionais que devem ser definidos nesta etapa são:

- Massa específica dos RCC;
- Massa específica do agregado reciclado;
- Porcentagem de resíduo destinado ao PEV em relação ao total gerado;
- Porcentagem de resíduo destinada à ATT em relação ao total gerado;
- Porcentagem destinada à URRCC em relação ao total gerado;
- Porcentagem destinada ao Aterro de resíduos Classe A em relação ao total gerado;
- Perdas no processo de reciclagem na URRCC.

Os parâmetros operacionais destacados são de caráter prático e sua obtenção teórica seria bastante complexa. Recomenda-se, para a obtenção destes parâmetros, a consulta a municípios com características parecidas e que tenham implantado seu sistema de gerenciamento ou a consulta a especialistas do setor que, por vivenciarem constantemente projetos desta natureza, tenham maior habilidade para estimar estes parâmetros.

Já os parâmetros financeiros e de projeção são:

- Preço do agregado reciclado para venda. Pode ser estimado com base no preço do agregado natural nos municípios;
- Preço para recepção do RCC (se houver cobrança). Estipulado de forma a não inibir a entrega do resíduo e desestimular o descarte em pontos clandestinos;

- Custo de transporte intermunicipal dos resíduos (R\$/km.ton). Estimado com base no preço do diesel (R\$/litro) e na capacidade (ton/caminhão) e eficiência dos caminhões (km/litro);
- Projeção de inflação ao longo do período de projeto. Pode ser estimado com base nas projeções do IBGE;
- Crescimento populacional ao longo do período de projeto. Pode ser estimado com base nas projeções do IBGE ou com o desenvolvimento de projeções de crescimento;
- Crescimento da geração de RCC ao longo do período de projeto. Pode ser estimado a partir dos dados históricos de geração, do crescimento populacional e eventuais fatores que possam interferir no crescimento da geração;
- TMA. Definida pelo agente que implantará o projeto a partir das condições para investimento estipuladas;
- Horizonte de planejamento do projeto. Estipulada a partir das condições de projeto, da vida útil dos equipamentos e do segmento em que se insere. Para o setor, os valores mais comuns variam de 20 a 30 anos.

Os parâmetros destacados podem ser obtidos através de diversas fontes. De modo geral, podem ser empregadas pesquisas em literatura, buscas em estudos de entidades setoriais e governamentais, cotação com fornecedores e unidades em operação semelhantes, contato com especialistas ou com a realização de ensaios. Esses dados fornecem a base para a aplicação da sistemática de avaliação, sendo determinantes para a caracterização inicial dos arranjos propostos, ao dimensionamento dos equipamentos e perspectivas operacionais do projeto de investimento.

Na Etapa 4, os arranjos logísticos desenvolvidos no Capítulo 4 são aplicados às condições locais do consórcio. Isto é, parte-se de cenários idealizados para a proposição de cenários reais com base nos municípios avaliados. Nesta etapa todas as infraestruturas que compõe o arranjo proposto e suas respectivas capacidades operacionais são definidas. São detalhados todos os PEVs, ATTs, URRCCs e Aterros empregados com suas respectivas capacidades em cada município para cada um dos 6 arranjos. As capacidades das infraestruturas são determinadas a partir dos parâmetros de projetos das etapas anteriores, como geração de resíduos, expectativa de crescimento, área atendida e parcela dos resíduos destinada a cada infraestrutura.

Neste ponto merece atenção a escolha da localização das infraestruturas que irão atender a mais de um município. Diversos fatores devem ser ponderados em sua escolha, como proximidade

dos maiores geradores, distância entre municípios, áreas disponíveis para a implantação dos empreendimentos, restrições ambientais e fatores políticos e legais. Uma das formas de definir o município central de forma simplificada é a partir do princípio da minimização dos momentos de transportes, isto é, a escolha do município de forma a minimizar a distância percorrida por tonelada de resíduo transportado.

A Etapa 5 corresponde a estimativa de receitas e custos para cada um dos arranjos desenvolvidos. Para cada arranjo, a análise deve incluir as receitas ao longo do horizonte de planejamento e os custos de implantação e operação referentes a todas as infraestruturas propostas. Esta comparação mais ampla permite que se avaliem custos e receitas globais das opções analisadas.

Para a estimativa dos resultados operacionais e financeiros dos projetos podem ser coletados dados junto a gestores de usinas, ao poder público e eventualmente a fornecedores de materiais e equipamentos, empresários do ramo de mineração, sindicato de produtores de agregados, especialistas do setor, dentre outros.

As receitas operacionais correspondem às provenientes da venda dos agregados reciclados e às provenientes da cobrança pelo recebimento dos resíduos, nos casos em que houver. No caso em que o agregado reciclado é comercializado, operação comum em usinas privadas, o preço da venda representa o valor bruto arrecadado. Porém, no caso de usinas exploradas pelo setor público, o agregado, em geral, é utilizado pelo próprio órgão, prefeitura ou estado, devendo, neste caso, ser estabelecido como valor arrecadado a economia resultante do uso do material reciclado, tomando-se como referência o corresponde valor de mercado do agregado natural. A receita operacional bruta é obtida pelo produto do total produzido pelo valor unitário de venda somada a eventual receita pelo recebimento do RCC. Desta receita operacional bruta devem ser deduzidos os impostos sobre a receita, determinando-se, assim, a receita operacional líquida (SOBRAL, 2012).

Quanto aos custos, podem ser classificados basicamente em três tipos: custos de implantação, custos de operação e custos de manutenção.

Fazem parte dos custos de implantação, a aquisição do terreno, os custos com as obras de engenharia destinadas à preparação da área para equipamentos, construção de bloco administrativo e de guarita de segurança, além das instalações elétricas, hidrossanitárias, ar comprimido e gás para as infraestruturas, quando houver (SOBRAL, 2012).

Já os custos de operação são os decorrentes do funcionamento do projeto, estando computadas nesta parcela as despesas com todo pessoal (mão de obra) ligado ao quadro funcional, custos administrativos, taxas públicas, seguro e impostos. Nas despesas de mão de obra incidem, além

dos salários, os encargos sociais e trabalhistas, benefícios diretos e indiretos, como planos de saúde e vale transporte e equipamentos de proteção individual. Os custos dos insumos de produção também compõem os custos de operação, destacando, entre outros, as despesas com pagamento de água e energia elétrica. São igualmente computadas as despesas com telefone e internet, essenciais para a atividade administrativa (SOBRAL, 2012).

Os custos de manutenção ocorrem pela própria característica do processo produtivo de reciclagem. Os equipamentos que compõem as infraestruturas instaladas, apesar de sua robustez, necessitam de constante manutenção, objetivando manter o nível esperado de produtividade e qualidade do agregado produzido. A manutenção, corretiva ou preventiva, caracteriza-se pela troca de peças desgastadas pelo uso, procedimento indispensável para a garantia do bom funcionamento dos equipamentos instalados. Na mesma linha de ação, também se incluem as despesas referentes à manutenção dos veículos automotivos, se houver, e das máquinas como trator e pá carregadeira. Nos custos de manutenção devem ser incluídos os custos relacionados com a depreciação das máquinas e equipamentos (JADOVSKI, 2005).

Após a definição das receitas e custos do projeto para todo o horizonte de planejamento, inicia-se a Etapa 6, cujo objetivo é a definição do fluxo de caixa para todo o horizonte de planejamento do projeto para cada um dos arranjos logísticos. O fluxo de caixa será desenvolvido conforme estrutura proposta por Jadovski (2005) e exibida na Figura 20. Nesta estrutura, a partir das receitas, dos custos de operação, manutenção e impostos pode ser obtido o resultado bruto, pela subtração destes valores. Já o resultado líquido é obtido após a subtração das despesas indiretas, juros de financiamentos, impostos e taxas do resultado bruto, portanto, representa a parcela final a ser considerada para análise financeira. Esta etapa possui como resultado final a obtenção dos demonstrativos de resultados para cada um dos N períodos do horizonte de planejamento para cada um dos arranjos logísticos.

ITEM	DESCRIÇÃO	MEMÓRIA	Período Retorno		CUSTO FIXO/ CUSTO VARIÁVEL
			1	20	
1	RECEITA OPERACIONAL BRUTA	(1.1)			-
1.1	Venda de agregado reciclado				-
2	IMPOSTOS SOBRE RECEITA	soma (2.1 a 2.3)			-
2.1	PIS/COFINS	3,65%			CV
2.2	IR	0,00%			CV
2.3	ICMS	17,00%			CV
3	RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA	(1) - (2)			-
4	CUSTOS DE PRODUÇÃO	(4.1 + 4.2)			-
4.1	Custos da Operação	soma (4.1.1 a 4.1.4)			-
4.1.1	Custo de Mão de Obra				CV
4.1.2	Custo de Veículos, Máquinas e Equipamentos Alugados				CF
4.1.3	Custo de Veículos, Máquinas e Equipamentos Próprios				CV
4.1.4	Custo de Água e Energia Elétrica				CV
4.1.5	Custo de Aluguel do Terreno				CF
4.2	Custos da Manutenção	soma (4.2.1 a 4.2.7)			-
4.2.1	Custo de Troca de Peças de Desgaste				CV
4.2.2	Custo de Manutenção Preventiva dos Equipamentos de Britagem				CV
4.2.3	Custo de Manutenção Preventiva de Máquinas e Veículos Próprios				CV
4.2.4	Custo de Manutenção Corretiva				CV
4.2.5	Custo de Depreciação de Equipamentos				CF
4.2.6	Custo de Depreciação de Máquinas e Veículos Próprios				CF
4.2.7	Custo de Manutenção de Terraplenagem e contenções				CV
5	RESULTADO BRUTO	(3) - (4)			-
6	DESPESAS INDIRETAS	(6.1 + 6.2)			-
6.1	Despesas Indiretas da Operação	soma (6.1.1 a 6.1.5)			-
6.1.1	Mão-de-Obra Administrativa				CF
6.1.2	Despesas Administrativas (telefone e material de consumo)				CF
6.1.3	Vigilância				CF
6.1.4	Outras Despesas e/ou Impostos (ISSQN)				CF
6.1.5	Outras Despesas Administrativas				CF
6.2	Despesas Indiretas de Manutenção	soma (6.2.1 a 6.2.2)			-
6.2.1	Manutenção de obras civis				CF
6.2.2	Depreciação de obras civis				CF
7	RAJEIR (Resultado Antes de Juros e Imposto de Renda)	(5) - (6)			-
8	JUROS DE FINANCIAMENTO				CF
9	LAIR (Lucro Antes do Imposto de Renda)	(7) - (8)			-
10	IMPOSTOS E TAXAS	soma (10.1 a 10.2)			-
10.1	Imposto de Renda	15,00%			-
10.2	Contribuição Social	9,00%			-
11	LUCRO LÍQUIDO	(9) - (10)			-

Figura 20 – Demonstrativo de resultado base
Fonte: (JADOVSKI, 2005)

A Etapa 7 corresponde a aplicação do estudo determinístico de viabilidade econômica com a obtenção dos indicadores financeiros propostos pela MMIA. A partir do fluxo de caixa resultante da Etapa 6, são calculados os indicadores de risco, retorno, Limites de Elasticidade e Valores-Limite. Será utilizado o aplicativo Web denominado \$AV€π – Sistema de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento para a obtenção dos indicadores de viabilidade discutidos no referencial teórico deste trabalho.

De forma a complementar os resultados da etapa anterior, a Etapa 8 consiste na aplicação de uma avaliação estocástica de viabilidade através da aplicação da Simulação de Monte Carlo. Nesta aplicação, os componentes do fluxo de caixa que eram empregados como valores únicos, passam a ser representados por distribuições de probabilidades específicas. As simulações também podem ser feitas por meio do aplicativo \$AV€π, que incorpora a análise estocástica em sua funcionalidade. Na SMC, mediante a geração de números aleatórios, valores são obtidos para essas variáveis, resultando em vários fluxos de caixa e, conseqüentemente, em vários resultados para cada um dos indicadores considerados para o PI. Nesta etapa temos a transformação dos fluxos de caixa determinísticos em funções de probabilidade, auxiliando na avaliação dos riscos do PI. Sugere-se a adoção de funções de probabilidade para três parâmetros de projeto: TMA, investimento inicial e fluxo de caixa anual para cada um dos N períodos. Os resultados obtidos nesta etapa serão os indicadores VPL e TIR como funções de probabilidade para cada um dos arranjos logísticos.

Na Etapa 9, as opções de arranjos consideradas são avaliadas segundo os resultados obtidos nas Etapas 7 e 8. A partir das informações das etapas anteriores, pode-se identificar os arranjos que apresentam viabilidade, as condições mais favoráveis para a implantação do PI e os riscos associados a cada um deles.

O modelo encerra-se com a emissão de relatório ou parecer técnico, Etapa 10, com o parecer de avaliação da viabilidade dos arranjos estudados e em quais condições a implantação do PI é mais favorável. Este relatório deve documentar de forma clara e concisa o desenvolvimento de cada etapa da sistemática de avaliação. Pode ser dividido em 3 partes:

- Introdução, na qual são apresentados os autores e responsáveis técnicos pelo projeto e objetivos do estudo;
- Desenvolvimento, no qual ocorre efetivamente a documentação das etapas da sistemática de avaliação e;
- Conclusão, na qual são feitas as ponderações finais a respeito dos resultados obtidos na avaliação e as recomendações para sua implantação, nos casos em que for viável. Encerra-se assim a sistemática de avaliação proposta.

6 DESIGN SCIENCE RESEARCH - UNIDADE REGIONAL DE SÃO JOÃO DA BOA VISTA

A design science research foi desenvolvida para a avaliação da viabilidade dos arranjos logísticos a partir da aplicação da sistemática de avaliação de viabilidade proposta no Capítulo 5 em um exemplo real. A aplicação teve como objetivo avaliar a adequação da proposta e a comparação dos cenários em um contexto real. A escolha da região objeto do estudo partiu da proposta de regionalização contida no Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo. Dentro dessa proposta de regionalização, optou-se pela aplicação na Unidade Regional de São João da Boa Vista por contar apenas com municípios de até 100 mil habitantes. A Unidade integra 11 municípios, contando com uma população total de pouco mais de 320 mil habitantes.

6.1 Etapa 1

Na sistemática proposta, a etapa 1 corresponde a definição da área onde será implantado o consórcio. Como mencionado, a escolha da região partiu da proposta de regionalização contida no Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo e congrega 11 municípios da Unidade Regional de São João da Boa Vista.

Os municípios integrantes da microrregião são detalhados na Tabela 6 com suas respectivas populações. A tabela traz também de forma complementar as notas obtidas no Programa Município VerdeAzul – PMVA do Governo do Estado de São Paulo, com critérios pré-estabelecidos de medição da eficácia da gestão ambiental atual.

A participação dos municípios no PMVA é importante por ser um dos critérios de avaliação para a preferência na liberação de recursos do Fundo Estadual de Controle da Poluição – FECOP. Dos 11 municípios do consórcio apenas Águas da Prata e Divinolândia obtiveram boas avaliações e receberam a certificação Município VerdeAzul, concedida aos municípios com nota geral superior a 80, os demais apresentaram notas e classificações médias e baixas entre os 645 municípios paulistas. A tabela também traz a nota obtida especificamente no quesito “Resíduos Sólidos”.

Tabela 6 – Municípios da UR de São João da Boa Vista

Município	População	Nota Município Verde Azul	Classificação 2018	Nota Município Verde Azul – Resíduos Sólidos	Classificação 2018 – Resíduos Sólidos
Aguai	35.189	8,93	398	1,66	273
Águas da Prata	8.065	89,68	12	9,05	31
Caconde	19.001	6,91	489	2,20	246
Casa Branca	30.012	9,62	370	1,91	262
Divinolândia	11.437	88,47	18	9,95	2
Itobi	7.842	11,19	326	1,68	272
São João da Boa Vista	89.564	37,73	199	6,07	121
São José do Rio Pardo	54.563	8,00	437	2,20	246
São Sebastião da Gramma	12.335	40,83	187	5,75	130
Tapiratiba	13.069	8,34	427	2,20	246
Vargem Grande do Sul	42.061	18,84	285	1,86	264
Consórcio Potencial	323.138				

Fonte: Elaborado pelo autor

Um dos aspectos importantes na determinação dos arranjos logísticos é a distância entre os municípios. A Tabela 7 apresenta a matriz de distância entre cada um dos 11 centros urbanos. As distâncias correspondem às auferidas pelo modal rodoviário de centro a centro, obtidos através do site Google Maps.

Tabela 7 – Matriz de distâncias entre os municípios da UR de São João da Boa Vista

Origem/Destino	Aguai	Águas da Prata	Caconde	Casa Branca	Divinolândia	Itobi	São João da Boa Vista	São José do Rio Pardo	São Sebastião da Gramma	Tapiratiba	Vargem Grande do Sul
Aguai	0	30	95	39	71	48	24	65	55	88	39
Águas da Prata	30	0	69	53	49	50	10	72	47	83	31
Caconde	95	69	0	67	24	53	77	42	38	13	59
Casa Branca	39	53	67	0	56	14	43	32	42	54	24
Divinolândia	71	49	24	56	0	42	53	31	14	38	35
Itobi	48	50	53	14	42	0	50	18	29	41	18
São João da Boa Vista	24	10	77	43	53	50	0	53	37	75	20
São José do Rio Pardo	65	72	42	32	31	18	53	0	19	30	48
São Sebastião da Gramma	55	47	38	42	14	29	37	19	0	41	19
Tapiratiba	88	83	13	54	38	41	75	30	41	0	59
Vargem Grande do Sul	39	31	59	24	35	18	20	48	19	59	0

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 21 traz a distribuição geográfica dos municípios consorciados elaborada no software Google Earth. Todos os municípios estão em uma faixa de 100km de distância.

Figura 21 – Municípios integrantes Unidade Regional de São João da Boa Vista
Fonte: Elaborado pelo autor

Não foram encontrados consórcios entre os municípios analisados para a prestação de outros serviços. No entanto, esta configuração é uma proposta estadual, o que pode facilitar a obtenção de recursos para o projeto e o interesse dos entes envolvidos.

Quanto à geração de RCC, neste estudo de caso, estimou-se a geração a partir de uma taxa de geração per capita. Adotou-se o fator de geração de 1,0 kg/dia/habitante, em conformidade com a literatura analisada em referência bibliográfica. A Tabela 8 traz as estimativas de geração por município a partir deste critério.

Tabela 8 – Estimativa de geração de RCC dos municípios da UR de São João da Boa Vista

Município	População	Geração RCC (ton/dia)	Geração RCC (ton/ano)
Aguaí	35.189	35,2	12.844
Águas da Prata	8.065	8,1	2.944
Caconde	19.001	19,0	6.935
Casa Branca	30.012	30,0	10.954
Divinolândia	11.437	11,4	4.175
Itobi	7.842	7,8	2.862
São João da Boa Vista	89.564	89,6	32.691
São José do Rio Pardo	54.563	54,6	19.915
São Sebastião da Gramma	12.335	12,3	4.502
Tapiratiba	13.069	13,1	4.770
Vargem Grande do Sul	42.061	42,1	15.352
Consórcio Potencial	323.138	323,1	117.945

Fonte: Elaborado pelo autor

6.2 Etapa 2

A etapa 2 refere-se a análise dos municípios em que se pretende implantar o projeto de investimento.

- **Aguai**

Aguai é um município da Região Centro-Leste do estado de São Paulo. A economia do município de 35.189 habitantes está baseada principalmente na agricultura e no setor industrial. Na agricultura predominam as culturas de cítricos, soja, algodão, milho, feijão e arroz, na pecuária: leite e corte. Já o setor industrial dispõe de produções nas áreas de alimentos, embalagens, máquinas, materiais de construção etc. Essas atividades geram um PIB per capita ao município de R\$21.719,00. (AGUAÍ, 2018)

Apesar de possuir uma Secretaria de Planejamento, Serviços Urbanos e Meio Ambiente, o município não elaborou seu Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o que dificulta o diagnóstico e a definição de metas e ações efetivas para o gerenciamento e reciclagem de RCC no município.

- **Águas da Prata**

Águas da Prata é um município brasileiro do estado de São Paulo, localizado a 238 km da capital, é atendida pela SP-342 que liga São Paulo a Minas Gerais, na encosta da Serra da Mantiqueira. O município é um dos 11 municípios paulistas considerados estâncias hidrominerais pelo Estado de São Paulo, por cumprirem determinados pré-requisitos definidos por Lei Estadual. Tal status garante a esses municípios uma verba maior por parte do Estado para a promoção do turismo regional. Possui um PIB per capita de R\$17.688,07 (ÁGUAS DA PRATA, 2018).

O município possui um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o qual traz um diagnóstico e um conjunto de metas no âmbito dos RCC.

O diagnóstico realizado aponta que a disposição inadequada dos resíduos de construção civil é um dos problemas mais significativos do município, sendo diversos os descartes clandestinos de entulhos, em alguns pontos, inclusive, depositados em área de preservação permanente e nas margens de ferrovia. A Figura 22 traz alguns exemplos de pontos de descartes no município (ÁGUAS DA PRATA, 2014).

Figura 22 – Disposição inadequada de resíduos de construção civil em Águas da Prata
Fonte: (ÁGUAS DA PRATA, 2014).

O estudo também levanta três principais problemas identificados quanto à gestão dos Resíduos Sólidos de Construção Civil no município. A partir deste diagnostico, é proposto um conjunto de programas e ações a serem desenvolvidos conforme detalhado no Quadro 8. Destaca-se o interesse do município em firmar parcerias com outros municípios, fato que pode facilitar a implantação do consórcio do ponto de vista político.

Problemas Identificados	Programas	Ações
A triagem não é realizada para os resíduos de construção civil.	Levantamento de alternativas adequadas para a triagem, reciclagem e/ou reutilização dos resíduos de construção civil. Programa Reutilização dos Resíduos de Construção Civil.	Firmar parcerias com municípios vizinhos, visando adquirir equipamento para a trituração dos referidos resíduos.
Os resíduos de construção civil encontram-se dispostos em área irregular sem o devido licenciamento ambiental.	Regularização da nova área de disposição dos resíduos de construção civil através do licenciamento ambiental. Programa Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil.	Protocolizar pedido de licença no órgão ambiental competente.
A legislação existente no município referente aos resíduos de construção civil necessita ser revisada e readequada de acordo com o CONAMA 307/2002.	Estabelecimento de procedimento interno para a revisão da legislação municipal inerente a gestão dos resíduos de construção civil. Programa Melhoria Contínua dos RCC.	Revisar e readequar a legislação municipal inerente a gestão dos resíduos de construção civil.

Quadro 8 – Problemas, programas e ações para os RCC em Águas da Prata
Fonte: (ÁGUAS DA PRATA, 2014).

- Caconde

Caconde é um dos 12 municípios paulistas considerados estâncias climáticas pelo estado de São Paulo. Possui um PIB per capita de R\$16.250,05. Apesar de o município não possui um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, existe um Plano Municipal de Saneamento Básico que aborda a gestão dos resíduos sólidos local.

O documento destaca que a Prefeitura Municipal não dispõe de serviço estruturado de coleta e destinação final dos resíduos de construção civil. No entanto existe um contrato de prestação de serviços com uma empresa privada responsável pela coleta e destinação de tais resíduos produzidos pela Prefeitura Municipal, em suas obras de construção e reforma. A Prefeitura Municipal de Caconde celebra a execução desse serviço com a empresa, na qual se compromete a pagar o valor de R\$ 87.500,00 a contratada, sendo que o preço por metro quadrado é de R\$ 35,00. Fica a empresa responsável pela coleta direta no ponto gerador, como também o transporte e a destinação final do material mediante a apresentação de medições ao Departamento de Obras e Serviços do Município. Na prática o valor é pago automaticamente sem que haja efetivamente qualquer controle sobre o volume gerado. A empresa realiza o tratamento do resíduo em uma usina própria, instalada em uma área de 12 mil metros quadrados, com capacidade para triturar 30 m³/hora, gerando três tipos de granulometria: areia, pedra 1 e pedra 2 (CACONDE, 2014).

Apesar do contrato atual, uma das ações propostas no estudo refere-se à realização de estudos de viabilidade para a criação de área específica para a gestão e disposição de Resíduos de Construção Civil.

- Casa Branca

O município de 30.012 habitantes é conhecido como a capital estadual da jabuticaba. Sua economia está baseada na Agricultura, favorecida por terrenos planos e pela correção química dos solos pobres, tendo um dos principais PIBs agrícolas do Estado. Possui um PIB per capita de R\$28.207,64. O município possui um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, no entanto, o documento não aborda especificamente os RCC, o que dificulta o diagnóstico e a definição de programas e metas para este setor no município (CASA BRANCA, 2018).

- Divinolândia

O município de 11.437 habitantes tem a principal fonte de renda na agricultura, principalmente no cultivo de batata e café. Devido ao relevo acidentado, conta também com muitas cachoeiras e mirantes. Possui um PIB per capita de R\$23.550,52 (DIVINOLÂNDIA, 2018).

O município possui um PMGIRS, no qual destaca que atualmente boa parte dos resíduos da construção civil e volumosos gerados no município é encaminhada pelos próprios geradores ou carroceiros até a área de aterro em vala municipal, onde ocorre a disposição final dos resíduos sem nenhum tipo de tratamento adequado (DIVINOLÂNDIA, 2015).

No programa de investimentos do PMGIRS consta a necessidade de aquisição e licenciamento de uma área para destinação dos Resíduos da Construção Civil e Volumosos e a aquisição de um triturador de resíduos da construção civil para o correto gerenciamento dos RCC, no entanto, até o momento, as obras não foram iniciadas.

- Itobi

O menor município do consórcio, com 7.842 habitantes, possui uma área de 138,6 quilômetros quadrados e um PIB per capita de R\$16.244,19. O município possui um Plano Municipal de Saneamento Básico no qual aborda detalhadamente os RCC, traz um diagnóstico, metas de curto, médio e longo prazo e ações a serem efetuadas tanto em âmbito municipal quanto no âmbito de um possível consórcio intermunicipal (ITOBI, 2013):

O estudo destaca que o RCC gerado pelo município é de responsabilidade da Prefeitura Municipal e frequentemente usado em estradas de terra ou depositados no aterro da cidade. A partir deste cenário, elabora um conjunto de ações a serem realizadas, detalhadas da seguinte forma (ITOBI, 2013):

Ações no Âmbito Municipal:

- Elaborar e implantar Programa de Gerenciamento de RCC no âmbito municipal;
- Eliminar as áreas de disposição clandestina (irregular) existentes e evitar novas ocorrências em curto prazo;
- Instituir cobrança pelo recebimento de RCC no aterro de reservação;
- Organizar o fluxo de coleta e destinação dos resíduos concentrados na rede composta pelas áreas de captação;
- Elaborar inventário por tipo de obras, especificidade, localização e dados de geração de RCC;
- Vincular a liberação de licença de construção de grandes empreendimentos à entrega de plano de gerenciamento de RCC;

Ações no Âmbito de um possível Consórcio Intermunicipal:

- Elaborar Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, levando em conta as particularidades dos municípios integrantes do consórcio;

- Realizar estudos de viabilidade técnica e econômico-financeira, para implantação de processo de reciclagem de RCC no âmbito do consórcio intermunicipal;
- Estudar alternativas de geração de receita a partir da reciclagem dos RCC.

Destaca-se, neste caso o grande detalhamento das ações propostas e a previsão, no próprio Plano Municipal, da possível formação de um consórcio intermunicipal para gestão e reciclagem de RCC.

- São João da Boa Vista

Maior cidade do consórcio com 89.564 habitantes, situa-se no nordeste do Estado de São Paulo, ocupando uma área de 516 km² e relevo típico de montanha. A economia é baseada predominantemente nas atividades relacionadas ao setor primário, com destaque para a agropecuária, dentre as quais: cana-de-açúcar, laranja e milho. As atividades industriais possuem uma forte articulação com as atividades agrícolas, com destaque para as usinas de açúcar e álcool, papel e celulose, óleos vegetais, frigoríficos e bebidas, todas consideradas atividades agroindustriais. Apresenta um PIB per capita de R\$30.716,49 (SÃO JOÃO DA BOA VISTA, 2014).

O município também possui um PMGIRS elaborado, no qual aborda especificamente os RCC. Novamente, o descarte clandestino é um dos grandes problemas do município. O estudo destaca a existência de pelo menos 30 pontos de disposição irregular de entulhos difusos pelo município, áreas que são limpas com frequência semanal ou quinzenal. A Figura 23 traz alguns exemplos dos pontos de descarte irregular, inclusive com a verificação de incêndio em um dos pontos (SÃO JOÃO DA BOA VISTA, 2014).

O município ainda não dispõe de usina de reciclagem para este tipo de resíduo, ou aterro de inertes licenciado. O RCC ainda é destinado à área do Aterro Sanitário, onde uma fração do resíduo é triada, sendo o entulho limpo utilizado na cobertura preliminar dos resíduos domiciliares dispostos no Aterro. Devido à falta de unidades de manejo que supram as demandas geradas por este tipo de resíduo e a fiscalização comprometida em algumas localidades, a solução que a maioria dos munícipes encontra é a disposição em terrenos dispersos na cidade (SÃO JOÃO DA BOA VISTA, 2014).

Figura 23 – Disposição inadequada de resíduos de construção civil em São João da Boa Vista
Fonte: (SÃO JOÃO DA BOA VISTA, 2014)

Dentre as ações e programas no âmbito da construção civil, o estudo prevê, a estruturação de Unidade de triagem e processamento de RCC e a reutilização e reciclagem de RCC. Para viabilizar estes projetos, o Plano também destaca a possibilidade da formação de um consórcio intermunicipal para a gestão dos RCC, mencionando inclusive a proposta de regionalização contida no Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo.

- São José do Rio Pardo

Segundo maior município do consórcio. Possui um PIB per capita de R\$30.971,46. Não foi encontrado o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do município, o que dificulta o diagnóstico da situação atual. A mídia local, no entanto, constantemente denuncia descartes irregulares na cidade e o problema dos RCC no município.

- São Sebastião da Gramma

O município, que conta com 12.355 habitantes e um PIB per capita de R\$25.448,60, possui um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos que aborda de forma detalhada os RCC.

Quanto ao diagnóstico atual, o estudo destaca que no município ainda não é feito nenhum tipo de separação dos RCC. O gerador em São Sebastião da Grama contata a empresa de caçamba atuante no município para depositar os resíduos da sua obra/reforma. A empresa fica responsável pelo transporte e destinação final, geralmente ocorrida no lixão da cidade ou estradas sem pavimentação. Quando a empresa de caçamba não é contatada a destinação final dos RCC é dada em terrenos baldios, áreas públicas municipais ou lixão. Segundo o PMGIRS, o município solicitou, no ano de 2010, verba para aquisição de equipamento para triturar RCC. Apesar da necessidade do município a verba não foi liberada e os RCC continuam a ser enviados, em sua maioria, para o lixão municipal e para locais irregulares o que causa problemas como os da Figura 24.

Figura 24 – À esquerda disposição inadequada de resíduos sólidos e à direita sedimentação às margens de córrego decorrente da disposição inadequada de RCC em São Sebastião da Grama

Fonte: (SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA, 2014).

O estudo destaca a necessidade de ações nessa área, propondo uma série de programas, dentre os quais a regulamentação do transporte e destino final dos RCC; cadastro dos geradores, transportadores e receptores; intensificação da fiscalização; estabelecimento de PEVs e a estruturação de uma central de reciclagem no município.

- Tapiratiba

O município, de 13.069 habitantes e PIB per capita de R\$22.252,66, possui um PMGIRS nos termos da PNRS. Apesar de não trazer um diagnóstico dos RCC e medidas concretas para o setor, o plano traz como uma de suas metas estimular a reciclagem, com implantação de unidades de processamento para os resíduos inertes da construção civil; e a identificação e cadastramento de áreas de descarte, visando sua regularização ou eliminando quando não for possível ou recomendável a regularização (TAPIRATIBA, 2014).

- Vargem Grande do Sul

O município, de 42.061 habitantes e PIB per capita de R\$21.192,61, não possui um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o que dificulta o diagnóstico e a definição de metas e ações efetivas para o gerenciamento e reciclagem de RCC no município.

6.3 Etapa 3

A caracterização do projeto de investimento deve partir da definição dos primeiros parâmetros operacionais e financeiros para o estudo de viabilidade. A Tabela 9 traz a definição dos parâmetros adotados para a aplicação da sistemática de avaliação neste estudo de caso. Os parâmetros de projeto foram obtidos a partir dos procedimentos detalhados no capítulo 5, sendo avaliados a partir das estimativas das condições de operação das infraestruturas e das condições de mercado atuais e futuras após a consulta de fornecedores e especialistas do setor.

Tabela 9 – Resumo dos principais parâmetros de projeto para o estudo de caso

Parâmetros de projeto	
Massa específica do RCC(ton/m ³)	1,0
Massa específica do agregado reciclado (ton/m ³)	1,0
Porcentagem destina ao PEV do total gerado	50%
Porcentagem destina à ATT do total gerado	50%
Porcentagem destinada à URRCC do total gerado	90%
Porcentagem destinada ao Aterro de Inertes do total gerado	10%
Perdas no processo de reciclagem	10%
Horizonte de planejamento (anos)	30
TMA	12 %
Custo diesel (R\$/l)	4,00
Rendimento caminhão (km/l)	2
Capacidade resíduo por caminhão (ton/caminhão)	10
Custo transporte intermunicipal (R\$/km.ton)	0,20
Taxa de crescimento populacional anual	1 %
Taxa de crescimento da geração anual de RCC	2%
Taxa de evolução do preço do agregado reciclado anual	4%
Preço do agregado reciclado (R\$/m ³)	20,00
Preço de recepção do RCC (R\$/m ³)	2,00

Fonte: Elaborado pelo autor

6.4 Etapa 4

Com os dados obtidos, inicia-se a quarta etapa, na qual os arranjos logísticos são aplicados às condições reais de projeto. Isso significa transformar cenários idealizados de infraestruturas de gerenciamento em casos reais. As capacidades das infraestruturas são definidas de acordo com a geração de RCC, a expectativa de crescimento e a parcela destinada a cada infraestrutura.

- Arranjo 1

Sem cooperação, cada um dos 11 municípios implanta suas próprias infraestruturas. No Arranjo 1, são previstas todas as infraestruturas de gerenciamento, isto é, PEV, ATT, URRCC e Aterro de Inerte. Isso não significa que tenham obrigatoriamente que corresponder a infraestruturas independentes. De acordo com a demanda e condições de cada município, essas infraestruturas podem ocorrer de forma conjunta, reduzindo a área necessária e os investimentos requeridos. Neste estudo de caso, é considerada a implantação de todas as infraestruturas em uma única localidade, devido ao porte reduzido dos municípios. A Tabela 10 traz o resumo das infraestruturas para a implantação do Arranjo Operacional 1.

Tabela 10 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 1

ARRANJO 1			
Município	Infraestrutura	Demanda RCC (ton/dia)	Demanda RCC (ton/hora)
Aguai	PEV+ ATT + URRCC 1	35,2	4,4
	Aterro 1	3,5	0,4
Águas da Prata	PEV+ ATT + URRCC 2	8,1	1,0
	Aterro 2	0,8	0,1
Caconde	PEV+ ATT + URRCC 3	19,0	2,4
	Aterro 3	1,9	0,2
Casa Branca	PEV+ ATT + URRCC 4	30,0	3,8
	Aterro 4	3,0	0,4
Divinolândia	PEV+ ATT + URRCC 5	11,4	1,4
	Aterro 5	1,1	0,1
Itobi	PEV+ ATT + URRCC 6	7,8	1,0
	Aterro 6	0,8	0,1
São João da Boa Vista	PEV+ ATT + URRCC 7	89,6	11,2
	Aterro 7	9,0	1,1
São José do Rio Pardo	PEV+ ATT + URRCC 8	54,6	6,8
	Aterro 8	5,5	0,7
São Sebastião da Gramma	PEV+ ATT + URRCC 9	12,3	1,5
	Aterro 9	1,2	0,2
Tapiratiba	PEV+ ATT + URRCC 10	13,1	1,6
	Aterro 10	1,3	0,2
Vargem Grande do Sul	PEV+ ATT + URRCC 11	42,1	5,3
	Aterro 11	4,2	0,5

Fonte: Elaborado pelo autor

- Arranjo 2

Arranjo em que cada município implanta sua própria infraestrutura, exceto o aterro de inertes, que é compartilhado entre todos eles e implantado em um município estratégico. A definição do município que receberá o Aterro de Inertes é um ponto que merece bastante atenção à medida que uma série de fatores pode influenciar a escolha do local final. Idealmente, a escolha deveria ser puramente técnica, baseada em critérios econômicos e de engenharia. Deve-se verificar fatores tais como: distância entre municípios, proximidade dos maiores geradores, áreas disponíveis para a implantação dos empreendimentos, fatores econômicos, políticos e legais entre os entes envolvidos. Neste trabalho, a escolha do município será feita com base na minimização dos momentos de transportes. O município central será o que possuir o menor momento de transporte considerando a geração de resíduos e a distância entre eles para o transporte intermunicipal de resíduos. A Tabela 11 traz o somatório de momento de transporte para cada município. Vargem Grande do Sul, por ser o município com o menor valor, será adotado como município central. Destaca-se que neste método não foram considerados eventuais pedágios que possam distorcer os custos em função da distância percorrida.

Tabela 11 – Momento de transporte de RCC Arranjo 2 (ton.km/dia)

MOMENTO DE TRANSPORTE (TON.KM/ANO)											
Origem/Destino	Aguai	Águas da Prata	Caconde	Casa Branca	Divinolândia	Itobi	São João da Boa Vista	São José do Rio Pardo	São Sebastião da Gramma	Tapiratiba	Vargem Grande do Sul
Aguai	0	106	334	137	250	169	84	229	194	310	137
Águas da Prata	24	0	56	43	40	40	8	58	38	67	25
Caconde	181	131	0	127	46	101	146	80	72	25	112
Casa Branca	117	159	201	0	168	42	129	96	126	162	72
Divinolândia	81	56	27	64	0	48	61	35	16	43	40
Itobi	38	39	42	11	33	0	39	14	23	32	14
São João da Boa Vista	215	90	690	385	475	448	0	475	331	672	179
São José do Rio Pardo	355	393	229	175	169	98	289	0	104	164	262
São Sebastião da Gramma	68	58	47	52	17	36	46	23	0	51	23
Tapiratiba	115	108	17	71	50	54	98	39	54	0	77
Vargem Grande do Sul	164	130	248	101	147	76	84	202	80	248	0
Momento de transporte (ton.km/ano)	1.357	1.270	1.891	1.165	1.394	1.111	985	1.251	1.037	1.773	942

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir destes dados, a Tabela 12 traz o resumo das infraestruturas para a implantação do Arranjo Operacional 2.

Tabela 12 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 2

ARRANJO 2			
Município	Infraestrutura	Demanda RCC (ton/dia)	Demanda RCC (ton/hora)
Aguai	PEV+ ATT + URRCC 1	35,2	4,4
Águas da Prata	PEV+ ATT + URRCC 2	8,1	1,0
Caconde	PEV+ ATT + URRCC 3	19,0	2,4
Casa Branca	PEV+ ATT + URRCC 4	30,0	3,8
Divinolândia	PEV+ ATT + URRCC 5	11,4	1,4
Itobi	PEV+ ATT + URRCC 6	7,8	1,0
São João da Boa Vista	PEV+ ATT + URRCC 7	89,6	11,2
São José do Rio Pardo	PEV+ ATT + URRCC 8	54,6	6,8
São Sebastião da Gramma	PEV+ ATT + URRCC 9	12,3	1,5
Tapiratiba	PEV+ ATT + URRCC 10	13,1	1,6
Vargem Grande do Sul	PEV+ ATT + URRCC 11	42,1	5,3
	Aterro 1	32,3	4,0

Fonte: Elaborado pelo autor

- Arranjo 3

Neste arranjo, os municípios enviam, após triagem, seu RCC para um dos municípios do consórcio, que instala uma única URRCC responsável pelo beneficiamento de todo o resíduo gerado pelos municípios consorciados e um único aterro.

Assim como no arranjo anterior a definição do município que receberá a Usina e o Aterro é um ponto que merece bastante atenção e será feita com base na minimização dos momentos de transportes. O município central será o que possuir o menor momento de transporte considerando a geração de resíduos e a distância entre eles para o transporte intermunicipal de resíduos. Os resultados são exibidos na Tabela 13.

Tabela 13 – Momento de transporte de RCC Arranjo 3 (ton.km/dia)

Origem/Destino	Aguai	Águas da Prata	Caconde	Casa Branca	Divinolândia	Itobi	São João da Boa Vista	São José do Rio Pardo	São Sebastião da Gramma	Tapiratiba	Vargem Grande do Sul
Aguai	0	1.056	3.343	1.372	2.498	1.689	845	2.287	1.935	3.097	1.372
Águas da Prata	242	0	556	427	395	403	81	581	379	669	250
Caconde	1.805	1.311	0	1.273	456	1.007	1.463	798	722	247	1.121
Casa Branca	1.170	1.591	2.011	0	1.681	420	1.291	960	1.261	1.621	720
Divinolândia	812	560	274	640	0	480	606	355	160	435	400
Itobi	376	392	416	110	329	0	392	141	227	322	141
São João da Boa Vista	2.150	896	6.896	3.851	4.747	4.478	0	4.747	3.314	6.717	1.791
São José do Rio Pardo	3.547	3.929	2.292	1.746	1.691	982	2.892	0	1.037	1.637	2.619
São Sebastião da Gramma	678	580	469	518	173	358	456	234	0	506	234
Tapiratiba	1.150	1.085	170	706	497	536	980	392	536	0	771
Vargem Grande do Sul	1.640	1.304	2.482	1.009	1.472	757	841	2.019	799	2.482	0
Momento de transporte (ton.km/dia)	13.571	12.702	18.909	11.654	13.939	11.111	9.847	12.514	10.370	17.731	9.421

Fonte: Elaborado pelo autor

Como Vargem Grande do Sul foi o município com o menor momento de transporte, esse município foi o selecionado para a alocação da URRCC e do aterro de inertes, considerando sua posição estratégica dentro da região. A Tabela 14 traz o resumo das infraestruturas para a implantação do Arranjo Operacional 3.

Tabela 14 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 3			
ARRANJO 3			
Município	Infraestrutura	Demanda RCC (ton/dia)	Demanda RCC (ton/hora)
Aguai	PEV+ ATT 1	35,2	4,4
Águas da Prata	PEV+ ATT 2	8,1	1,0
Caconde	PEV+ ATT 3	19,0	2,4
Casa Branca	PEV+ ATT 4	30,0	3,8
Divinolândia	PEV+ ATT 5	11,4	1,4
Itobi	PEV+ ATT 6	7,8	1,0
São João da Boa Vista	PEV+ ATT 7	89,6	11,2
São José do Rio Pardo	PEV+ ATT 8	54,6	6,8
São Sebastião da Gramma	PEV+ ATT 9	12,3	1,5
Tapiratiba	PEV+ ATT 10	13,1	1,6
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT + URRCC 1	323,1	40,4
	Aterro 1	32,3	4,0

Fonte: Elaborado pelo autor

- Arranjo 4

Semelhante ao arranjo 3, neste caso, além da Usina e Aterro, será implantada uma única ATT em Vargem Grande do Sul, ao invés de unidades em cada um dos municípios. A Tabela 15 traz o resumo das infraestruturas para a implantação do Arranjo Operacional 4.

Tabela 15 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 4			
ARRANJO 4			
Município	Infraestrutura	Demanda RCC (ton/dia)	Demanda RCC (ton/hora)
Aguai	PEV 1	17,6	2,2
Águas da Prata	PEV 2	4,0	0,5
Caconde	PEV 3	9,5	1,2
Casa Branca	PEV 4	15,0	1,9
Divinolândia	PEV 5	5,7	0,7
Itobi	PEV 6	3,9	0,5
São João da Boa Vista	PEV 7	44,8	5,6
São José do Rio Pardo	PEV 8	27,3	3,4
São Sebastião da Gramma	PEV 9	6,2	0,8
Tapiratiba	PEV 10	6,5	0,8
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT + URRCC 1	323,1	40,4
	Aterro 1	32,3	4,0

Fonte: Elaborado pelo autor

- Arranjo 5

O Arranjo 5 representa a solução na qual, ao invés dos municípios enviarem seus resíduos gerados, ocorre o transporte da própria recicladora entre os municípios, assim a recicladora seria compartilhada entre os 11 municípios. Ocorrendo o rodizio entre eles, ficando a recicladora por determinado tempo em cada localidade, de acordo com a demanda requerida. A Tabela 16 traz o resumo das infraestruturas para a implantação do Arranjo Operacional 5.

Tabela 16 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 5

ARRANJO 5			
Município	Infraestrutura	Demanda RCC (ton/dia)	Demanda RCC (ton/hora)
Aguai	PEV+ ATT + URRCCm 1	35,2	4,4
	Aterro 1	3,5	0,4
Águas da Prata	PEV+ ATT + URRCCm 2	8,1	1,0
	Aterro 2	0,8	0,1
Caconde	PEV+ ATT + URRCCm 3	19,0	2,4
	Aterro 3	1,9	0,2
Casa Branca	PEV+ ATT + URRCCm 4	30,0	3,8
	Aterro 4	3,0	0,4
Divinolândia	PEV+ ATT + URRCCm 5	11,4	1,4
	Aterro 5	1,1	0,1
Itobi	PEV+ ATT + URRCCm 6	7,8	1,0
	Aterro 6	0,8	0,1
São João da Boa Vista	PEV+ ATT + URRCCm 7	89,6	11,2
	Aterro 7	9,0	1,1
São José do Rio Pardo	PEV+ ATT + URRCCm 8	54,6	6,8
	Aterro 8	5,5	0,7
São Sebastião da Gramma	PEV+ ATT + URRCCm 9	12,3	1,5
	Aterro 9	1,2	0,2
Tapiratiba	PEV+ ATT + URRCCm 10	13,1	1,6
	Aterro 10	1,3	0,2
Vargem Grande do Sul	PEV+ ATT + URRCCm 11	42,1	5,3
	Aterro 11	4,2	0,5
*	Recicladora Móvel	290,8	36,4

Fonte: Elaborado pelo autor

- Arranjo 6

Semelhante ao arranjo 5, ocorre o revezamento do uso da recicladora entre os municípios, mas agora ao invés de implantarem Aterros de forma isolada, há implantação de uma única unidade central. A Tabela 17 traz o resumo das infraestruturas para implantação do Arranjo 6.

Tabela 17 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 6

ARRANJO 6			
Município	Infraestrutura	Demanda RCC (ton/dia)	Demanda RCC (ton/hora)
Aguai	PEV+ ATT + URRCCm 1	35,2	4,4
Águas da Prata	PEV+ ATT + URRCCm 2	8,1	1,0
Caconde	PEV+ ATT + URRCCm 3	19,0	2,4
Casa Branca	PEV+ ATT + URRCCm 4	30,0	3,8
Divinolândia	PEV+ ATT + URRCCm 5	11,4	1,4
Itobi	PEV+ ATT + URRCCm 6	7,8	1,0
São João da Boa Vista	PEV+ ATT + URRCCm 7	89,6	11,2
São José do Rio Pardo	PEV+ ATT + URRCCm 8	54,6	6,8
São Sebastião da Gramma	PEV+ ATT + URRCCm 9	12,3	1,5
Tapiratiba	PEV+ ATT + URRCCm 10	13,1	1,6
Vargem Grande do Sul	PEV+ ATT + URRCCm 11	42,1	5,3
	Aterro 1	32,3	4,0
*	Recicladora Móvel	290,8	36,4

Fonte: Elaborado pelo autor

Após o desenvolvimento dos 6 arranjos conforme determinado na sistemática, notou-se que, devido a distribuição geográfica dos municípios, outros dois arranjos poderiam ser avaliados, com soluções intermediárias entre os arranjos anteriores e que poderiam ser, inclusive, mais vantajosos que os demais, essas duas soluções são apresentadas a seguir (Arranjo 7 e 8).

- Arranjo 7

Derivado do Arranjo 3, ao invés da implantação de um único município central, serão adotados dois polos, de modo a reduzir as distâncias de transportes intermunicipais. Adotando São José do Rio Pardo e São João da Boa Vista como centrais para receberem as instalações, o momento de transporte é reduzido para 4.647 ton.km/dia, o que corresponde a 49% do momento de transporte adotando apenas um município sede. A Tabela 18 traz o cálculo do momento de transporte para este arranjo.

Tabela 18 – Momento de transporte de RCC Arranjo 7 (ton.km/ano)

Origem/Destino	São João da Boa Vista	São José do Rio Pardo
Aguai	845	
Águas da Prata	81	
Caconde		798
Casa Branca		960
Divinolândia		355
Itobi		141
São João da Boa Vista	0	
São José do Rio Pardo		0
São Sebastião da Gramma		234
Tapiratiba		392
Vargem Grande do Sul	841	
Momento de transporte (ton.km/dia)	1.766	2.881

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 19 traz o resumo das infraestruturas para implantação do Arranjo Operacional 7.

Tabela 19 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 7

ARRANJO 7			
Município	Infraestrutura	Demanda RCC (ton/dia)	Demanda RCC (ton/hora)
Aguai	PEV + ATT 1	17,6	2,2
Águas da Prata	PEV + ATT 2	4,0	0,5
Caconde	PEV + ATT 3	9,5	1,2
Casa Branca	PEV + ATT 4	15,0	1,9
Divinolândia	PEV + ATT 5	5,7	0,7
Itobi	PEV + ATT 6	3,9	0,5
São João da Boa Vista	PEV + ATT + URRCC 1	174,9	21,9
	Aterro 1	17,5	2,2
São José do Rio Pardo	PEV + ATT + URRCC 2	148,3	18,5
	Aterro 2	14,8	1,9
São Sebastião da Gramma	PEV + ATT 7	6,2	0,8
Tapiratiba	PEV + ATT 8	6,5	0,8
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT 9	21,0	2,6

Fonte: Elaborado pelo autor

- Arranjo 8

Derivado do Arranjo 4, este arranjo tem como característica possuir dois municípios centrais, São José do Rio Pardo e São João da Boa Vista, os quais implantarão PEV + ATT + URRCC e Aterro de Inertes. Os demais municípios enviarão seus resíduos para um dos dois polos, instalando apenas PEV em cada um deles. A Tabela 20 traz o resumo das infraestruturas para a implantação do Arranjo Operacional 8.

Tabela 20 – Resumo das infraestruturas do Arranjo 8

ARRANJO 8			
Município	Infraestrutura	Demanda RCC (ton/dia)	Demanda RCC (ton/hora)
Aguai	PEV 1	17,6	2,2
Águas da Prata	PEV 2	4,0	0,5
Caconde	PEV 3	9,5	1,2
Casa Branca	PEV 4	15,0	1,9
Divinolândia	PEV 5	5,7	0,7
Itobi	PEV 6	3,9	0,5
São João da Boa Vista	PEV + ATT + URRCC 1	174,9	21,9
	Aterro 1	17,5	2,2
São José do Rio Pardo	PEV + ATT + URRCC 2	148,3	18,5
	Aterro 2	14,8	1,9
São Sebastião da Gramma	PEV 7	6,2	0,8
Tapiratiba	PEV 8	6,5	0,8
Vargem Grande do Sul	PEV 9	21,0	2,6

Fonte: Elaborado pelo autor

6.5 Etapa 5

Na etapa 5, são feitas as estimativas de receitas e custos para cada um dos 8 arranjos avaliados. Isso significa estimar, ao longo de todo o horizonte de planejamento, receitas e custos provenientes de todas as infraestruturas necessárias para a implantação do projeto.

A determinação das receitas é feita a partir do produto da quantidade de agregados gerados nas URRCC pelo seu preço de mercado, somado a cobrança pela recepção dos RCC nas infraestruturas em que ocorrem. A receita referente a operação dos arranjos foi obtida através da cotação com fornecedores locais de agregado.

Já a determinação dos custos das infraestruturas é mais complexa. Como seria avaliada uma grande quantidade de infraestruturas com capacidades diferentes, optou-se por definir em função do tipo e capacidade de processamento, classes de infraestruturas e a partir destas classes definir os custos de cada uma, tanto para implantação quanto para operação. Para isso foi necessário definir equipamentos e maquinários necessários para cada infraestrutura e a mão de obra e custos relativos a operação do empreendimento ao longo de todo horizonte de planejamento. Isso foi feito a partir da análise de literatura, do detalhamento dos processos de operação das infraestruturas descritos no Apêndice B e da consulta a especialista do setor. Para cada infraestrutura foram estimados os custos referentes a uma determinada capacidade operacional. O detalhamento dos custos de implantação, operacional e de manutenção de cada infraestrutura em função de sua capacidade encontra-se no Apêndice A. Essas informações foram representadas de forma sintetizada na Tabela 21 a seguir. Destaca-se que os custos de aquisição de terrenos para a implantação das infraestruturas não foram considerados a medida que o poder público dispõe em muitos casos de lotes que podem ser empregados para este fim.

Tabela 21 – Resumo das infraestruturas avaliadas

Infraestruturas	Capacidade (ton/hora)	Classe		Tipo		
		Custo Pré Operacional	Custo Operacional	1. Custos de implantação	2. Custo de operação	3. Custos de manutenção
PEV	2	91.000,00	6.358,83	91.000,00	5.100,00	1.258,83
PEV	5	111.000,00	6.835,50	111.000,00	5.300,00	1.535,50
PEV	10	151.000,00	7.688,83	151.000,00	5.600,00	2.088,83
PEV	20	201.000,00	10.580,50	201.000,00	7.800,00	2.780,50
PEV + ATT	2	191.000,00	11.242,17	191.000,00	8.600,00	2.642,17
PEV + ATT	5	231.000,00	12.695,50	231.000,00	9.500,00	3.195,50
PEV + ATT	10	251.000,00	15.872,17	251.000,00	12.400,00	3.472,17
PEV + ATT	20	351.000,00	22.255,50	351.000,00	17.400,00	4.855,50
PEV + ATT	30	371.000,00	26.332,17	371.000,00	21.200,00	5.132,17
PEV + ATT	40	471.000,00	32.515,50	471.000,00	26.000,00	6.515,50
PEV + ATT + URRCC	2	361.000,00	16.893,83	361.000,00	11.900,00	4.993,83
PEV + ATT + URRCC	5	431.000,00	21.362,17	431.000,00	15.400,00	5.962,17
PEV + ATT + URRCC	10	501.000,00	27.430,50	501.000,00	20.500,00	6.930,50
PEV + ATT + URRCC	20	701.000,00	35.997,17	701.000,00	26.300,00	9.697,17
PEV + ATT + URRCC	30	821.000,00	42.757,17	821.000,00	31.400,00	11.357,17
PEV + ATT + URRCC	40	991.000,00	47.508,83	991.000,00	33.800,00	13.708,83
PEV + ATT + URRCC	80	1.541.000,00	75.117,17	1.541.000,00	53.800,00	21.317,17
PEV+ ATT + URRCCm	2	226.000,00	11.726,33	226.000,00	8.600,00	3.126,33
PEV+ ATT + URRCCm	5	251.000,00	13.472,17	251.000,00	10.000,00	3.472,17
PEV+ ATT + URRCCm	10	276.000,00	17.218,00	276.000,00	13.400,00	3.818,00
PEV+ ATT + URRCCm	20	381.000,00	23.670,50	381.000,00	18.400,00	5.270,50
PEV+ ATT + URRCCm	30	406.000,00	27.816,33	406.000,00	22.200,00	5.616,33
PEV+ ATT + URRCCm	40	511.000,00	32.868,83	511.000,00	25.800,00	7.068,83
Recicladora móvel	2	200.000,00	9.766,67	200.000,00	7.000,00	2.766,67
Recicladora móvel	5	220.000,00	10.443,33	220.000,00	7.400,00	3.043,33
Recicladora móvel	10	250.000,00	11.558,33	250.000,00	8.100,00	3.458,33
Recicladora móvel	20	300.000,00	13.150,00	300.000,00	9.000,00	4.150,00
Aterro de inertes	2	115.000,00	5.891,67	115.000,00	5.200,00	691,67
Aterro de inertes	5	175.000,00	6.368,33	175.000,00	5.400,00	968,33
Aterro de inertes	10	255.000,00	8.883,33	255.000,00	7.500,00	1.383,33
Aterro de inertes	20	335.000,00	11.398,33	335.000,00	9.600,00	1.798,33

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir deste conjunto de infraestruturas padronizadas, define-se quais delas serão necessárias para cada arranjo e conseqüentemente as receitas e os custos associados a elas. Os resultados encontram-se no Apêndice C. Como foi considerado que todas as infraestruturas seriam implantadas unicamente no início do projeto, sua capacidade deve atender todo o período de planejamento, por isso foi necessária a estimativa de demanda das infraestruturas em todo horizonte de planejamento.

6.6 Etapa 6

O fluxo de caixa foi desenvolvido conforme estrutura proposta por Jadovski (2005) para cada um dos arranjos considerando o horizonte de planejamento e os parâmetros de projeção definidos na Etapa 3. Os resultados são exibidos no Apêndice D. O fluxo de caixa final para cada um dos 8 arranjos é exibido na Tabela 22.

Tabela 22 – Resumo dos Fluxo de Caixa para cada um dos arranjos operacionais

Ano	Arranjo 1	Arranjo 2	Arranjo 3	Arranjo 4	Arranjo 5	Arranjo 6	Arranjo 7	Arranjo 8
2019	-6.616.000	-5.706.000	-4.056.000	-3.266.000	-5.511.000	-4.501.000	-4.591.000	-3.411.000
2020	-1.316.961	-699.571	-154.320	397.241	-827.884	-161.440	-260.392	433.555
2021	-1.333.876	-691.048	-120.907	456.469	-822.380	-128.018	-231.026	493.983
2022	-1.348.303	-679.020	-82.994	521.230	-813.491	-90.095	-197.321	559.993
2023	-1.359.950	-663.154	-40.206	591.938	-800.890	-47.298	-158.911	631.999
2024	-1.368.502	-643.092	7.854	669.036	-784.223	773	-115.403	710.448
2025	-1.373.618	-618.450	61.614	752.995	-763.112	54.543	-66.377	795.811
2026	-1.374.932	-588.815	121.531	844.320	-737.150	114.472	-11.383	888.597
2027	-1.372.047	-553.743	188.096	943.548	-705.898	181.049	50.061	989.344
2028	-1.364.538	-512.760	261.833	1.051.255	-668.887	254.798	118.473	1.098.631
2029	-1.351.945	-465.354	343.303	1.168.054	-625.611	336.281	194.404	1.217.073
2030	-1.740.893	-799.547	121.537	1.076.829	-911.251	121.877	-28.222	1.121.257
2031	-1.716.612	-737.612	220.315	1.213.819	-853.784	220.669	64.566	1.260.024
2032	-1.685.650	-667.489	328.754	1.361.999	-788.309	329.122	166.775	1.410.052
2033	-1.647.392	-588.505	447.589	1.522.163	-714.157	447.971	279.130	1.572.138
2034	-1.601.178	-499.935	577.602	1.695.159	-630.613	578.000	402.405	1.747.134
2035	-1.546.299	-401.007	719.632	1.881.892	-536.912	720.046	537.427	1.935.945
2036	-1.481.994	-290.890	874.574	2.083.324	-432.232	875.004	685.081	2.139.539
2037	-1.407.447	-168.699	1.043.384	2.300.484	-315.694	1.043.832	846.311	2.358.948
2038	-1.321.781	-33.483	1.227.083	2.534.467	-186.358	1.227.549	1.022.128	2.595.270
2039	-1.224.057	115.773	1.426.762	2.786.441	-43.217	1.427.246	1.213.608	2.849.676
2040	-1.113.268	280.155	1.643.583	3.057.650	114.806	1.644.087	1.421.903	3.123.414
2041	-988.335	460.825	1.878.791	3.349.420	288.862	1.879.315	1.648.244	3.417.815
2042	-848.100	659.026	2.133.710	3.663.165	480.184	2.134.255	1.893.941	3.734.295
2043	-691.327	876.085	2.409.756	4.000.389	690.089	2.410.322	2.160.396	4.074.364
2044	-516.688	1.113.420	2.708.438	4.362.696	919.984	2.709.027	2.449.104	4.439.631
2045	-322.764	1.372.548	3.031.367	4.751.795	1.171.375	3.031.980	2.761.660	4.831.807
2046	-108.037	1.655.088	3.380.260	5.169.505	1.445.868	3.380.897	3.099.764	5.252.718
2047	129.121	1.962.771	3.756.949	5.617.765	1.745.182	3.757.612	3.465.234	5.704.305
2048	390.446	2.297.442	4.163.388	6.098.636	2.071.150	4.164.077	3.860.004	6.188.638
2049	677.800	2.661.075	4.601.659	6.614.317	2.425.731	4.602.375	4.286.139	6.707.919

Fonte: Elaborado pelo autor

Não foram considerados eventuais impostos decorrentes da operação das infraestruturas uma vez que estes variam de acordo com a constituição jurídica do agente implantador e do local em que é implantado.

6.7 Etapa 7

Na Etapa 7 é realizado o estudo determinístico de viabilidade econômica com a obtenção dos indicadores financeiros propostos pela MMIA. Nesta etapa, a partir dos fluxos de caixa obtidos para cada um dos arranjos, são calculados os indicadores de risco, retorno e limites de elasticidade. Os indicadores podem ser obtidos através do aplicativo Web $\$AV\epsilon\pi$, que foi utilizado neste estudo de caso. Os resultados são exibidos na Figura 25.

Dimensão		Indicador	Resultado Esperado (se viável)	Arranjo 1	Arranjo 2	Arranjo 3	Arranjo 4	Arranjo 5	Arranjo 6	Arranjo 7	Arranjo 8
Retorno		VP	$VP \geq FC_0 $	-13.130.497,88	-6.041.816,19	894.275,00	8.087.975,83	-6.882.989,73	896.838,33	-233.463,53	8.422.533,76
		VPL	$VPL \geq 0$	-19.746.497,88	-11.747.816,19	-3.161.725,00	4.821.975,83	-12.393.989,73	-3.604.161,67	-4.824.463,53	5.011.533,76
		VPLA	$VPLA \geq 0$	-2.451.402,47	-1.458.416,87	-392.508,11	598.617,72	-1.538.635,22	-447.433,81	-598.926,55	622.150,13
		IBC ₁ ou IL	$IBC_1 \geq 1$	-1,9847	-1,0589	0,2205	2,4764	-1,249	0,1993	-0,0509	2,4692
		ROIA (%)	$ROIA \geq 0$	nan	nan	-4,91	3,07	nan	-5,24	nan	3,06
		Índice ROIA/TMA (%)	$ROIA/TMA \geq 0$	-	-	-40,96	25,57	-	-43,63	-	25,49
		ROI ou TIRM (%)	$ROI \geq TMA$	-	-	6,5	15,44	-	6,14	-	15,43
Riscos		Payback ₃	$Payback \leq N$	Não existe	Não existe	Não existe	13	Não existe	Não existe	Não existe	13
		TIR (%) ₃	$TIR \geq TMA$	-24,71	-1,82	7,91	19,82	-3,1	7,56	6,13	19,96
		Índice Payback/N (%)	$Payback/N \leq 100\%$	Não existe	Não existe	Não existe	43,33	Não existe	Não existe	Não existe	43,33
		Índice TMA/TIR (%)	$Índice TMA/TIR \leq 100\%$	-48,57	-660,68	151,67	60,53	-387,7	158,67	195,82	60,13
Sensibilidades	Limites de Elasticidade (LEs)	$\Delta\%$ TMA	Quanto > a tolerância Melhor	-305,91	-115,14	-34,07	65,2	-125,79	-36,98	-48,93	66,3
		$\Delta\%$ FC ₀	Quanto > a tolerância Melhor	-298,47	-205,89	-77,95	147,64	-224,9	-80,07	-105,09	146,92
		$\Delta\%$ FC _j	Quanto > a tolerância Melhor	150,39	194,44	-353,55	59,62	180,07	-401,87	2.066,47	59,5
		$\Delta\%$ FC ₀ e FC _j	Quanto > a tolerância Melhor	303,12	3.498,29	-63,87	42,47	903,36	-66,77	-110,72	42,35
		$\Delta\%$ TMA e FC ₀	Quanto > a tolerância Melhor	-151,07	-73,84	-23,71	45,23	-80,67	-25,3	-33,39	45,68
		$\Delta\%$ TMA e FC _j	Quanto > a tolerância Melhor	295,81	-282,29	-31,07	31,14	-417,35	-33,86	-50,12	31,36
		$\Delta\%$ FC ₀ e FC _j e TMA	Quanto > a tolerância Melhor	33242	-119,05	-22,22	25,72	-146,14	-23,8	-33,93	25,84

Figura 25 – Indicadores financeiros para cada um dos arranjos operacionais

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados da Figura 25 exibem, para cada um dos 8 arranjos operacionais, os indicadores financeiros da análise determinística. Para a análise determinística, os arranjos 4 e 8 foram os que apresentaram resultados mais satisfatórios, sendo o arranjo 8 ligeiramente superior. Ambos os arranjos apresentaram indicadores econômicos que justificariam sua implantação como projeto de investimento. A avaliação final, no entanto, deve ser efetuada após a análise estocástica dos arranjos operacionais.

6.8 Etapa 8

Na Etapa 8 será aplicada a avaliação estocástica do projeto de investimento através da Simulação de Monte Carlo. Para a SMC também foi utilizado o aplicativo \$AV€π, que incorpora a análise estocástica em sua funcionalidade.

Foram adotadas funções de probabilidade para três parâmetros de projeto: TMA, investimento inicial e fluxo de caixa anual para cada um dos N períodos. Adotou-se uma distribuição normal de probabilidade com valor médio igual aos valores de fluxo de caixa obtidos na Etapa 6 e desvio padrão igual a 10% do valor médio. Os resultados obtidos encontram-se discriminados na Figura 26.

	Arranjo 1	Arranjo 2	Arranjo 3	Arranjo 4	Arranjo 5	Arranjo 6	Arranjo 7	Arranjo 8
Estatísticas Descritivas	VPL	VPL	VPL	VPL	VPL	VPL	VPL	VPL
Quantidade	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Mínimo	-26.015.401,42	-14.238.390,36	-5.462.018,53	557.999,17	-14.771.454,57	-5.674.493,20	-6.927.104,19	1.322.673,66
Máximo	-15.390.900,68	-9.360.825,33	539.489,87	13.735.834,70	-9.915.141,62	931.022,18	-1.302.679,21	12.852.350,75
Amplitude (Máx - Mín)	10.624.500,74	4.877.565,03	6.001.508,40	13.177.835,53	4.856.312,95	6.605.515,38	5.624.424,98	11.529.677,09
Média	-19.805.086,11	-11.740.394,91	-3.084.377,89	4.958.464,55	-12.390.900,97	-3.524.507,29	-4.755.651,10	5.173.930,49
Desvio-padrão	1.286.785,42	640.023,64	715.484,41	1.458.182,73	667.487,73	739.497,60	654.072,97	1.491.691,78
Coefficiente de variação	-6,50%	-5,45%	-23,20%	29,41%	-5,39%	-20,98%	-13,75%	28,83%
Mediana	-19.766.938,63	-11.737.640,42	-3.135.071,07	4.797.198,50	-12.393.404,34	-3.564.895,28	-4.778.563,23	5.027.613,94
Quantidade: VPL < 0	100,00%	100,00%	99,94%	0,00%	100,00%	99,96%	100,00%	0,00%
Estatísticas Descritivas	TIR	TIR	TIR	TIR	TIR	TIR	TIR	TIR
Mínimo	-28,14%	-2,75%	6,81%	16,75%	-3,96%	6,28%	5,17%	16,81%
Máximo	-21,39%	-0,97%	9,54%	25,20%	-2,22%	9,24%	7,69%	25,95%
Amplitude (Máx - Mín)	6,75%	1,77%	2,72%	8,45%	1,74%	2,96%	2,53%	9,14%
Média	-24,71%	-1,82%	7,92%	19,90%	-3,09%	7,57%	6,14%	20,05%
Desvio-padrão	0,88%	0,23%	0,37%	1,10%	0,23%	0,37%	0,32%	1,14%
Coefficiente de variação	-3,55%	-12,42%	4,62%	5,52%	-7,37%	4,90%	5,27%	5,70%
Mediana	-24,70%	-1,81%	7,90%	19,80%	-3,09%	7,57%	6,13%	19,96%

Figura 26 – Resumo dos parâmetros da SMC

Fonte: Elaborado pelo autor

Os gráficos 5 e 6 exibem os valores médios, máximos e mínimos obtidos para o VPL e a TIR para cada um dos 8 arranjos logísticos pela SMC.

Gráfico 5 – VPL para cada um dos arranjos logísticos, com valores médios, máximos e mínimos
Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 6 – TIR para cada um dos arranjos logísticos, com valores médios, máximos e mínimos
Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que, assim como na análise determinística, os indicadores dos arranjos 4 e 8 foram os mais satisfatórios, com resultados bastante próximos. Além disso, alguns arranjos como o 1, 4 e 8 apresentaram uma amplitude (diferença entre valor máximo e valor mínimo) maior, o que

pode ser justificado pela hipótese da adoção do desvio padrão como uma porcentagem do valor médio. Estes resultados serão discutidos detalhadamente na etapa a seguir.

6.9 Etapa 9

Na Etapa 9, as opções de arranjos consideradas são avaliadas segundo os resultados obtidos nas Etapas 7 e 8. Com isso, pode-se identificar as condições mais favoráveis para a implantação do PI em questão e os riscos associadas a cada arranjo.

A avaliação determinística e a estocástica apresentaram resultados condizentes entre si. As diferenças entre os indicadores obtidos na análise determinística e a média da análise estocástica não divergiram mais que 4%.

Por outro lado, os resultados obtidos demonstram a grande variância de desempenho econômico entre os cenários e a importância da avaliação econômica para a viabilização de projetos. Enquanto o Arranjo 1 apresentou uma TIR de -24,71% com um VPL de R\$ -19.805.086, o Arranjo 8 trouxe uma TIR de 20,05% e um VPL de R\$5.173.930,49 com um payback de 13 anos. A comparação entre o Arranjo 1 e o Arranjo 8 é emblemática. Enquanto a implantação da solução sem cooperação traria um resultado econômico negativo, oneroso aos cofres públicos, a cooperação entre os municípios seria capaz de viabilizar o projeto. Um ganho ambiental e econômico.

Apenas os Arranjos 4 e 8 demonstraram viabilidade econômica para o estudo de caso, com desempenhos bastante semelhantes, o que se justifica pelo fato do Arranjo 8 ser originado do Arranjo 4. Por apresentar parâmetros ligeiramente melhores, tanto na MMIA quanto na SMC, recomenda-se a adoção do Arranjo 8 para o caso em estudo.

Os valores-limites referentes a MMIA do Arranjo 8 também trazem importantes informações para o projeto. O valor limite da TMA, por exemplo, é 66,3%. Isso significa que a TMA pode variar até 66,3% antes de inviabilizar o projeto, mantidas as outras condições de projeto. Isto traz segurança para a implantação do empreendimento.

Os demais arranjos não apresentaram viabilidade econômica para o caso. No entanto, os arranjos 3, 6 e 7 apresentaram indicadores financeiros que permitiriam sua utilização em casos específicos. Com uma TIR da ordem de 6 a 7%, caso não houvesse outras opções, sua utilização para a prestação de serviços de utilidade pública poderia ser justificada. Já os arranjos 1, 2 e 5

apresentaram desempenhos econômicos negativos, com indicadores que não recomendam sua implantação no consórcio.

Analisando o Arranjo 8 na SMC, observa-se que mesmo na pior hipótese de simulação ainda sim o projeto seria viável e teria um VPL positivo, com uma TIR de 16,81%. Essa informação traz mais segurança quanto a viabilidade do projeto, uma vez que, mesmo com a adoção de uma distribuição de probabilidade normal para a TMA, investimento inicial e fluxo de caixa com desvio padrão de 10%, o projeto teve sua viabilidade econômica garantida. Assim, recomenda-se a sua implantação.

O Arranjo 4, apesar de ser preterido, não deve ser descartado. Sua utilização poderia surgir como uma alternativa em casos de dificuldades políticas na implantação do Arranjo 8, uma vez que, assim como este, teve sua viabilidade atestada tanto na análise determinística quanto na análise estocástica.

Outro ponto de destaque foi a criação de outros 2 arranjos a partir dos 6 previamente propostos no capítulo 4. A análise poderia ter se limitado aos 6 arranjos e ainda assim traria resultados satisfatórios, no entanto, o objetivo deste trabalho não é encerrar a discussão ou apresentar os 6 arranjos propostos como suficientes e adequados para todas as situações reais de projeto. Pelo contrário, a inclusão desses novos dois arranjos tem o objetivo de mostrar ao usuário que novas condições podem sim ser propostas, e que a sistemática pode ser aplicada a essas novas condições sem maiores dificuldades.

6.10 Etapa 10

O modelo encerra-se com a emissão de relatório ou parecer técnico. Este relatório deve documentar de forma clara e concisa o desenvolvimento de cada etapa da sistemática de avaliação. Pode ser apresentado em relatório, conforme detalhado na elaboração da sistemática. Encerra-se assim a aplicação da sistemática de avaliação proposta.

7 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo principal definir e avaliar a viabilidade de arranjos logísticos para a gestão e reciclagem dos resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais. O objetivo geral proposto foi alcançado a partir do desenvolvimento dos objetivos específicos definidos.

A primeira fase da pesquisa conteve a realização de uma revisão bibliográfica sobre os principais aspetos pertinentes aos RCC, seu gerenciamento e reciclagem, consórcios intermunicipais e análise econômica de projetos, e que foram fundamentais para o desenvolvimento das fases subsequentes. Teve como objetivo precípua a fundamentação teórica para o desenvolvimento das demais etapas, de caráter predominantemente prático.

A segunda fase consistiu na proposição dos arranjos logísticos para a gestão e reciclagem de RCC em consórcios intermunicipais. Para isso foi utilizada a análise bibliográfica conjuntamente com a análise das normas técnicas do setor que definem e regulamentam as infraestruturas de gerenciamento e reciclagem de RCC em âmbito nacional. O desenvolvimento dos 6 arranjos logísticos básicos buscou retratar diferentes cenários de compartilhamento de recursos. Foram discutidas as principais características, vantagens e limitações de cada arranjo proposto.

Na terceira fase da pesquisa foi desenvolvida uma sistemática de análise de viabilidade econômico-financeira para avaliar a oportunidade de implantação de infraestruturas para gestão e reciclagem de resíduos da construção civil em consórcios intermunicipais. Nessa sistemática de avaliação foi proposto um conjunto de etapas para avaliar a viabilidade dos arranjos logísticos desenvolvidos na segunda fase. As etapas incluem a caracterização dos municípios integrantes, a determinação das infraestruturas e suas respectivas capacidades para cada um dos arranjos e técnicas de análise de viabilidade de investimento.

Na quarta fase, a pesquisa foi concluída com a aplicação da sistemática proposta para avaliação de um potencial consórcio na Unidade Regional de São João da Boa Vista, formada por 11 municípios, todos com até 100 mil habitantes. As 10 etapas da sistemática foram desenvolvidas passo a passo. Os resultados mostraram que a opção consorciada pode trazer redução de custos e ganho de escala impactando de forma significativa o desempenho operacional e financeiro do projeto.

A pesquisa evidenciou a importância de um estudo minucioso antes da implantação de um projeto de investimento. Muitas vezes, na área de gestão de resíduos sólidos, esses estudos são negligenciados, sendo implantados de forma pouco planejada para atender às demandas da população, sem a estruturação e coordenação que um projeto deste porte requer. Este planejamento é necessário por envolver grandes quantidades de recurso, alcançando muitas vezes cifras milionárias, e também por envolver a aplicação de recursos públicos.

A aplicação da sistemática mostrou que a gestão e reciclagem dos RCC pode ser um projeto oneroso e deficitário aos cofres públicos ou viável e lucrativo dependendo da solução aplicada. Se por um lado, uma solução sem cooperação entre os municípios (Arranjo 1) apresentou indicadores econômicos que inviabilizariam sua aplicação, houve arranjos com cooperação, como o Arranjo 8, que apresentaram resultados econômicos positivos para o consórcio e viabilizariam o projeto de investimento por si só. As diferenças entre os Arranjo 1 e Arranjo 8, elucidam de forma incontestável a importância da análise das opções antes da implantação do projeto. Passa-se de uma TIR de -24,71% com um VPL de R\$ -19.805.086, sem recuperação do capital investido, para uma TIR de 20,05% e um VPL de R\$5.173.930,49 com um payback de 13 anos. Enquanto a implantação da solução sem cooperação traria um resultado econômico negativo, oneroso aos cofres públicos, a cooperação entre os municípios seria capaz de viabilizar o projeto.

O pouco interesse de municípios na formação de consórcios e na busca de parcerias ainda nos dias de hoje só se justifica pelo desconhecimento de suas vantagens, incompreensão dos procedimentos técnicos de formação de consórcios ou fatores político-partidários. Independentemente de sua fonte, o fato da inexpressividade do número de consórcios na área de resíduos frente ao número de municípios brasileiros traz resultados negativos para o país. Esses resultados incluem a baixa eficiência na utilização de recursos públicos, que são empregados de forma pouco seletiva e sem estudos aprofundados e a precariedade de muitos serviços públicos, incapazes de atender a população de forma efetiva.

O incentivo à busca por eficiência na gestão pública e a formação de consórcios não deve ser atribuição exclusiva dos municípios, deve vir também dos entes federativos com maior capacidade técnica e econômica. O auxílio da União e dos estados aos municípios, principalmente os de menor porte, é fundamental para que estes consigam cumprir suas competências constitucionais de forma eficiente. Isto poderia ser feito a partir do desenvolvimento de programas temáticos, liberação de linhas de crédito para projetos e fornecimento de consultoria técnica aos municípios e consórcios.

Ademais, a mudança deste cenário passa necessariamente pela conscientização da população de que a gestão de resíduos sólidos é parte importante do funcionamento de uma cidade e fundamental para a preservação dos recursos naturais e como tal deve ser garantida pelo poder público. Isso necessariamente passa pelo uso consistente de campanhas de conscientização e o investimento em educação básica de modo semelhante ao realizado em países que conseguiram evoluir na gestão dos resíduos, como Holanda, Alemanha e Austrália.

Conclui-se que, para avançar na área de gestão e reciclagem de resíduos sólidos, é necessário acima de tudo planejamento e estruturação de ações. Como destaca Schalch et al (2002) para a efetividade das ações na área de resíduos sólidos é preciso pensar o gerenciamento de forma integrada, articulando ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, acompanhando de forma criteriosa todo o ciclo dos resíduos, isso minimiza as chances de o projeto não ser implantado ou abandonado durante sua operação. É preciso tratar os resíduos sólidos de maneira conjunta e integrada aos demais serviços públicos e não como um serviço isolado.

Esta pesquisa possui como limitação a aplicação da sistemática de avaliação em um único conjunto de municípios. Esse fato não permite que se compare o desempenho dos arranjos em diferentes condições. Não se pode afirmar que o Arranjo 8 seja o mais eficiente e deva ser replicado para outros casos. Pode-se afirmar apenas que, para o caso em estudo, o que obteve o melhor desempenho econômico foi o Arranjo 8. A depender das condições em que seja aplicado, outros arranjos podem se tornar mais viáveis ou não. Uma série de fatores afetam o desempenho dos arranjos, o que não nos permite fazer generalizações a este respeito, apenas após a aplicação da sistemática de avaliação. Ademais, a análise financeira do projeto é coerente com uma caracterização preliminar de análise de investimento.

Como sugestão para novas pesquisas, duas linhas de investigação são propostas. A primeira é relacionada ao desenvolvimento de um banco de dados estruturado a respeito dos custos para implantação das infraestruturas abordadas na pesquisa. Como mencionado, o levantamento dos custos de implantação, operação e manutenção das infraestruturas foi condizente com uma caracterização preliminar do projeto. O levantamento destes dados de forma estruturada com fornecedores e especialistas, o mapeamento completo dos processos, e o desenvolvimento de um software de análise de custos para essas infraestruturas em função de suas capacidades seria relevante tanto para profissionais quanto para pesquisadores da área de resíduos sólidos.

Como segunda linha de investigação aponta-se um fator pouco explorado pela literatura em geral e com impacto direto nos parâmetros desta pesquisa. Trata-se da análise da adequação das

infraestruturas de gerenciamento de RCC à realidade brasileira. É necessário que se avalie se as 4 infraestruturas previstas de forma normativa, PEV, ATT, URRCC e Aterro de RCC Classe A, atendem de forma eficiente as necessidades de nossos municípios. A avaliação deve verificar se essas infraestruturas são necessárias e suficientes para que os municípios atendam sua demanda de forma efetiva ou se seria possível a introdução de novos tipos de infraestruturas.

REFERÊNCIAS

AGUAÍ. **Aspectos gerais do município.** Disponível em: <<http://www.cmaguai.sp.gov.br/Cidade/AspectosGerais.htm>>. Acesso em: 19 dez. 2018

ÁGUAS DA PRATA. **Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de Águas da Prata/SP.** Prefeitura do Município de Águas da Prata. 2014.

ÁGUAS DA PRATA. **Relato histórico sobre Águas da Prata.** Disponível em: <http://www.cmaguasdaprata.sp.gov.br/historia_municipio.html>. Acesso em: 9 dez. 2018.

AKHTAR, A., SARMAH A.K. **Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: a global perspective.** J. Clean. Prod., 186 (2018).

ALAGOAS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH. **Área de Transbordo e Triagem – ATT.** Disponível em: <<http://www.residuossolidos.al.gov.br/sistemas/att>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

ÂNGULO, S.C. **Variabilidade de agregados graúdos reciclados de resíduos de construção e demolição reciclados.** São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normalização: O que é?** 2017. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/o-que-e>>. Acesso em: 15 nov 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RCD. **Mercado de resíduos da construção civil.** 2018. Disponível em: <<http://abrecon.org.br/entulho/mercado/>>. Acesso em: 12 out 2018.

BALDAN, V. J. S. **Gerenciamento e gestão dos resíduos de construção civil: O exemplo de São Carlos.** 2012. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/13.145/4461>>. Acesso em: 03 fev 2018.

BATISTA, S.; VECCHIA, R.; PEREIRA, M. P.; AUGUSTI, M. T.; HERNANDES, J. L.; BACHEIGA, C. A.; REIS, R. C.; GISOLF, M. M.; ESPINDOLA, N. M.; SANCHES, M. M. **O papel dos prefeitos e das prefeitas na criação e na gestão dos consórcios públicos.** Em: Guia de Consórcios Públicos. v. 1. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2011. 115 p.

BESSEN, G.R. **Programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores na Região Metropolitana de São Paulo: desafios e perspectivas.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

BRASIL, **Constituição.** Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, 2007.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1 p 3.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama 307/2002**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, 17 jul. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Consórcios Públicos**. [2018]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/10551-consorcios-publicos>>. Acesso em: 05 fev 2018.

CACONDE. **Plano Municipal de Saneamento Básico da Estância Climática de Caconde**. Prefeitura do Município da Estância Climática de Caconde. 2014.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Banco de Dados. [2017]. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/serviços/bd_cbic/tabelas/atual/tabela2.xls>. Acesso em: 18 nov. 2017.

CARNEIRO, A.P.; CASSA, J.C.S.; BRUM, I.A.S. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção**. Projeto entulho bom. EDUFBA; Caixa Econômica Federal. Salvador. 312 p. 1ª edição. 2001.

CASA BRANCA. **Conheça Casa Branca**. 2018. Disponível em: <<https://www.casabranca.sp.gov.br/conheca-casa-branca>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E. **Design research for cadastral systems**. Computers, Environment and Urban Systems, v. 35, p. 77-87, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2010.07.003>

CEZAR, P. S. M. **Consórcios Públicos e o princípio da eficiência na administração pública**. Monografia. Faculdade de Direito – UFMG. Belo Horizonte, 2008.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO VALE DO PARANAPANEMA. **Histórico**. Disponível em: <<https://www.civap.com.br/historico>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

CORREIA NETO, J.F. **Elaboração e avaliação de projetos de investimento: considerando o risco**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

CUNHA E COSTA, I. A. **Resíduos de Construção e Demolição: fatores determinantes para a sua gestão integrada e sustentável**. 2014. Dissertação (Mestrado). Universidade Nova de Lisboa.

DIVINOLÂNDIA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2019. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Divinol%C3%A2ndia&oldid=54008710>>. Acesso em: 9 jan. 2019.

DIVINOLÂNDIA. **Plano De Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Divinolândia.** Prefeitura do Município de Divinolândia. 2015.

FAILA, V. **Análise comparativa do Plano Nacional de Resíduos Sólidos e do Plano Nacional de Saneamento Básico, quanto à Gestão Municipal dos Resíduos Sólidos.** 2014. São Carlos.

FERREIRA, A. R. L. C., MOREIRA, H. **Análise Crítica da Gestão de Resíduos de Construção Civil:** Estudo de caso do município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013. VII, 129 p.: il.; 29,7 cm.

GALVEZ-MARTOS, J.L., STYLES, D., SCHOENBERGER, H. ZESCHMAR-LAHL, B. **Construction and demolition waste best management practice in Europe.** Resour. Conserv. Recycl., 136 (2018), pp. 166-178

GRIGOLI, A. S. **Entulho em Canteiro de Obra Utilizado como Material de Construção – Uma Alternativa Inadiável.** In: Anais do IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações. São Paulo, 2001, p. 251-264.

HARZER, J.H. **Indicadores de riscos em projetos de investimentos: uma contribuição à Metodologia Multi-índice.** Tese (Doutorado em Administração) Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2015.

HYDER CONSULTING PTY LTD. **Waste and recycling in Australia 2011.** Department of sustainability, environment, water, population and communities. Australia. 2012.

I7 NOTÍCIAS. **Programa inédito promove destinação correta de resíduos da construção civil de 27 municípios.** 2017. Disponível em: <http://www.i7noticias.com/paraguacu/noticia/28973/programa-inedito-promove-destinacao-correta-de-residuos-da-construcao-civil-de-27-municipios?fb_comment_id=1435177003268470_1436325836486920> Acesso em: 15 set. 2019.

IIVARI, J.; VENABLE, J. **Action Research and Design Science Research - Seemingly Similar but Decisively Dissimilar.** In: EUROPEAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, 17., 2009, Verona. Proceedings... Verona, 2009. p. 1- 13.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico** 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama dos municípios brasileiros.** 2018. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama> >. Acesso em: 15 mar. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Relatório de Pesquisa. 2012

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Apoio na gestão de resíduos**. 2011. Disponível em <<http://www.ipt.br/noticia/367.htm>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

ITOBÍ. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Itobi**. Prefeitura do Município de Itobi. 2013.

JADOVSKI, I. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. Dissertação (Mestrado). 2005.

JOHN, V.M. **Desenvolvimento Sustentável, Construção Civil, Reciclagem e Trabalho Multidisciplinar**. Texto técnico. Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2001.

KOHLER, G. **Recyclings praxis Baustoffe**. Auflage. Koeln: TUEV Rheinland, 1997.

LACERDA, D. P., DRESCH, A., PROENÇA, A., ANTUNES, J. A. V. **Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção**. Gest. Prod. vol.20 no.4 São Carlos. 2013.

LEITÃO, A. **Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI**. Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting. Disponível em: <<http://u3isjournal.isvouga.pt/index.php/PJFMA>>. Acesso em: 18 set. 2018.

LEITE, W. C. A. **Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-5) como referência**. 1997. 270f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

LEVY, S.M. **Reciclagem de resíduos da construção civil: Contribuição para metodologia e desenvolvimento**. 2000. 113f. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. 2000.

LIMA, F. M. R. S. **A Formação Da Mineração Urbana no Brasil: Reciclagem de RCD e a produção de agregados**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. SP. 2013.

LIMA, J. D.; TRENTIN, M.G.; OLIVEIRA, G.A.; BATISTUS, D.R.; SETTI, D. **A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects**. International Journal of Engineering Management and Economics, v. 5, n. 1/2, p. 19-34, 2015

LIMA, J. D.. **Manual de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimentos (MAVEPI): abordagem determinística e estocástica**. 2017. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR – Câmpus Pato Branco). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS). Disponível em: <<http://pb.utfpr.edu.br/savepi/materialDeApoio.php>>. Acesso em: 20 março 2018.

MARTINS L. F., AGUIAR, V. F. S., ASSUNÇÃO, S. G. S. **Desafios dos Consórcios Públicos Intermunicipais na Gestão dos Resíduos Sólidos no Brasil: Estudo de Caso nos Consórcios**

Públicos Vale do Santa Tereza - CONVale e Vale do Serra Dourada – VALECon. International Workshop Advances in Cleaner Production. 2015.

MARQUES NETO, J. C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos sólidos de construção e demolição na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15).** 629 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2009.

MINISTRY OF HOUSING, SPATIAL PLANNING AND THE ENVIRONMENT. **Factsheets on waste in the Netherlands: construction and demolition waste.** 2001. Disponível em <<http://minvrom.nl>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

NOGAS, P.S.M.; SOUZA, A.; SILVA, W.V. **Análise de investimentos: uma contribuição probabilística ao índice TMA/TIR da Metodologia Multi-índice.** Revista Iberoamericana de Ciencias Empresariales y Economía, v.2, n. 2, p. 43-55, 2011.

NUNES, K. R. A. **Avaliação de Investimentos e de Desempenho de Centrais de Reciclagem para Resíduos Sólidos de Construção e Demolição.** Rio de Janeiro. 2004. COPPE/UFRJ. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

PALAMIN, C. M. **Subsídios para elaboração de um plano de gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil em cidades de pequeno porte.** 2016. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. 189 f. Tese (Doutorado) - EPUSP, São Paulo, 1999.

REBELATTO, D. A. N. **Projeto de Investimento.** 1. ed. Barueri - SP: Editora Manole, 2004. v. 01. 329p

RIBEIRO, H. M. D.; BASTOS, S. Q.; BUGARIN, M. S. **Consórcios Públicos Municipais: Uma Análise Institucional.** 2016. Anais do XLII Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 42nd Brazilian Economics Meeting] 062, ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia.

RODRIGUES, K. F. C.; ROSENFELD, H. **Análise de viabilidade econômica.** 2008. Integrated and Integration Engineering Group.

RUIVO, J.; VEIGA, J. **Resíduos de construção e demolição: estratégia para um modelo de gestão.** 2004. Trabalho de conclusão (Licenciatura em Engenharia do Ambiente). Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004.

SÃO JOÃO DA BOA VISTA. **Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de São João da Boa Vista.** Prefeitura do Município de São João da Boa Vista. 2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo.** Coordenadoria de Planejamento Ambiental, CETESB; 1a ed. – São Paulo : SMA, 2014. 1 arquivo de texto (350 p.).

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente; SINDUSCONSP. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. São Paulo, SMA/SINDUSCON, 2012. 84p

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Municípios que elaboraram planos de resíduos sólidos**. [2017]. Disponível em < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/projeto-de-apoio-a-gestao-municipal-de-residuos-solidos-girem/municipios-que-elaboraram-planos-de-residuos/>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

SÃO SEBASTIÃO DA GRAMA. **Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos da Construção Civil do Município de São Sebastião da Grama SP**. TCA - Soluções e Planejamento Ambiental Ltda – EPP. 2014.

SCHALCH, V; LEITE, W. C. A; FERNANDES, J. L; CASTRO, M. C. A. A. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 2002. Universidade de São Paulo.

SCHNEIDER, D.M. **Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública. São Paulo, 2003

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO CEARÁ. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**, 2012. Disponível em: <<http://www.ibere.org.br/anexos/325/2664/manual-de-gestao-de-residuos-solidos---ce-pdf>> Acesso em: 10 dez. 2017.

SILVA, M. B. L. **Novos materiais à base de resíduos de construção e demolição (rcd) e resíduos de produção de cal (rpc) para uso na construção civil**. Curitiba. 2014. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

SILVA, R.V., BRITO J., DHIR, R.K. **Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: a review**. J. Clean. Prod., 143. 2017.

SOBRAL, R. F. C. **Viabilidade econômica de usina de reciclagem de resíduos da construção civil: estudo de caso da USIBEN – João Pessoa- PB**. João Pessoa, 2012.

SORMUNEN, P., KÄRKI, T. **Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing**. Journal of Building Engineering. Volume 24, July 2019, 100742.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2009.

TAPIRATIBA. **Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de TAPIRATIBA**. Prefeitura do Município de Tapiratiba. 2014.

THE WORLD BANK. **What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management**. 2012.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. 1997. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, Campinas.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Living planet report**. 2012. Disponível em <http://assets.wwf.org.uk/downloads/lpr2012_online_single_pages_11may2012.pdf> Acesso em: 10 dez. 2017.

YU, R., SHUI, ZHONGHE. **Efficient reuse of the recycled construction waste cementitious materials**. J. Clean. Prod., 78 (2014), pp. 202-207.

APÊNDICE A – DESIGN SCIENCE RESEARCH - Etapa 5:

Detalhamento dos custos para as infraestruturas previstas

Este apêndice traz o detalhamento das estimativas de custos para infraestruturas em função de sua capacidade operacional.

Tabela 23 – Detalhamento dos custos para PEV – 2 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV	2 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	40.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				Total	91.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 2 funcionários (com impostos)	4.200,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.2. Água	200,00
				2.3. Energia	300,00
				2.4. Telefone	400,00
				Total	5.100,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	728,00
				3.2. Depreciação	530,83
				Total	1.258,83

Tabela 24 – Detalhamento dos custos para PEV – 5 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV	5 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	60.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				Total	111.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 2 funcionários (com impostos)	4.200,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.2. Água	300,00
				2.3. Energia	400,00
				2.4. Telefone	400,00
				Total	5.300,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	888,00
				3.2. Depreciação	647,50
				Total	1.535,50

Tabela 25 – Detalhamento dos custos para PEV – 10 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV	10 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	100.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				Total	151.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 2 funcionários (com impostos)	4.200,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.2. Água	400,00
				2.3. Energia	600,00
				2.4. Telefone	400,00
				Total	5.600,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	1.208,00
				3.2. Depreciação	880,83
				Total	2.088,83

Tabela 26 – Detalhamento dos custos para PEV – 20 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV	20 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	150.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				Total	201.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 3 funcionários (com impostos)	6.000,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (2)	3.600,00
				2.2. Água	600,00
				2.3. Energia	800,00
				2.4. Telefone	400,00
				Total	7.800,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	1.608,00
				3.2. Depreciação	1.172,50
				Total	2.780,50

Tabela 27 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 2 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT	2 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	60.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	80.000,00
				Total	191.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 3 funcionários (com impostos)	6.200,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora	2.000,00
				2.2. Água	400,00
				2.3. Energia	600,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	1.000,00
				Total	8.600,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	1.528,00
				3.2. Depreciação	1.114,17
				Total	2.642,17

Tabela 28 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 5 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT	5 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	100.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	80.000,00
				Total	231.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 3 funcionários (com impostos)	6.200,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora	2.000,00
				2.2. Água	600,00
				2.3. Energia	800,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	1.500,00
				Total	9.500,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	1.848,00
				3.2. Depreciação	1.347,50
				Total	3.195,50

Tabela 29 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 10 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT	10 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	120.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	80.000,00
				Total	251.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 4 funcionários (com impostos)	8.000,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (2)	3.600,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora	2.000,00
				2.2. Água	800,00
				2.3. Energia	1.200,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	2.000,00
				Total	12.400,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	2.008,00
				3.2. Depreciação	1.464,17
				Total	3.472,17

Tabela 30 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 20 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT	20 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	140.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora (2)	160.000,00
				Total	351.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 5 funcionários (com impostos)	10.000,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (2)	3.600,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (2)	4.000,00
				2.2. Água	1.200,00
				2.3. Energia	1.800,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	4.000,00
				Total	17.400,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	2.808,00
				3.2. Depreciação	2.047,50
				Total	4.855,50

Tabela 31 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 30 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT	30 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	160.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora (2)	160.000,00
				Total	371.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 6 funcionários (com impostos)	11.800,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (3)	5.400,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (2)	4.000,00
				2.2. Água	1.600,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				2.3. Energia	2.400,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	5.000,00
				Total	21.200,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	2.968,00
				3.2. Depreciação	2.164,17
				Total	5.132,17

Tabela 32 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT – 40 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT	40 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	180.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora (3)	240.000,00
				Total	471.000,00
		Operacional	2. Custos de operação	2.1. Salário 7 funcionários (com impostos)	13.800,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (3)	5.400,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (3)	6.000,00
				2.2. Água	2.000,00
				2.3. Energia	2.800,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	7.000,00
				Total	26.000,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	3.768,00
				3.2. Depreciação	2.747,50
				Total	6.515,50

Tabela 33 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 2 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCC	2 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	80.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	80.000,00
				1.8. Usina (correia, alimentador, britador e peneiras)	150.000,00
				Total	361.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 4 funcionários	8.000,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (2)	3.600,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora	2.000,00
				2.2. Água	500,00
				2.3. Energia	1.000,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	2.000,00
				Total	11.900,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	2.888,00
				3.2. Depreciação	2.105,83
				Total	4.993,83

Tabela 34 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 5 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCC	5 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	100.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	80.000,00
				1.8. Usina (correia, alimentador, britador e peneiras)	200.000,00
				Total	431.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 5 funcionários	9.800,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (3)	5.400,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora	2.000,00
				2.2. Água	700,00
				2.3. Energia	1.500,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	3.000,00
				Total	15.400,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	3.448,00
				3.2. Depreciação	2.514,17
				Total	5.962,17

Tabela 35 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 10 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCC	10 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	120.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	80.000,00
				1.8. Usina (correia, alimentador, britador e peneiras)	250.000,00
				Total	501.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 6 funcionários	11.600,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (4)	7.200,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora	2.000,00
				2.2. Água	1.000,00
				2.3. Energia	2.500,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	5.000,00
				Total	20.500,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	4.008,00
				3.2. Depreciação	2.922,50
				Total	6.930,50

Tabela 36 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 20 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCC	20 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	140.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora (2)	160.000,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				1.8. Usina (correia, alimentador, britador e peneiras)	350.000,00
				Total	701.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 7 funcionários	13.600,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (4)	7.200,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (2)	4.000,00
				2.2. Água	1.300,00
				2.3. Energia	4.000,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	7.000,00
				Total	26.300,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	5.608,00
				3.2. Depreciação	4.089,17
				Total	9.697,17

Tabela 37 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 30 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCC	30 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	160.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora (2)	160.000,00
				1.8. Usina (correia, alimentador, britador e peneiras)	450.000,00
				Total	821.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 8 funcionários	15.400,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (5)	9.000,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (2)	4.000,00
				2.2. Água	1.600,00
				2.3. Energia	5.000,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	9.000,00
				Total	31.400,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	6.568,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				3.2. Depreciação	4.789,17
				Total	11.357,17

Tabela 38 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 40 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCC	40 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	180.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora (2)	160.000,00
				1.8. Usina (correia, alimentador, britador e peneiras)	600.000,00
				Total	991.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 9 funcionários	15.400,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (6)	9.000,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (2)	4.000,00
				2.2. Água	2.000,00
				2.3. Energia	6.000,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	10.000,00
				Total	33.800,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	7.928,00
				3.2. Depreciação	5.780,83
				Total	13.708,83

Tabela 39 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCC – 80 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCC	80 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	250.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora (3)	240.000,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				1.8. Usina (correia, alimentador, britador e peneiras)	1.000.000,00
				Total	1.541.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 14 funcionários	26.400,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (10)	18.000,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (3)	6.000,00
				2.2. Água	3.000,00
				2.3. Energia	9.000,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	15.000,00
				Total	53.800,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	12.328,00
				3.2. Depreciação	8.989,17
				Total	21.317,17

Tabela 40 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 2 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCCm	2 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	80.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	80.000,00
				1.8. Infraestrutura Usina	15.000,00
				Total	226.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 3 funcionários	6.200,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora	2.000,00
				2.2. Água	400,00
				2.3. Energia	600,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	1.000,00
				Total	8.600,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	1.808,00
				3.2. Depreciação	1.318,33
				Total	3.126,33

Tabela 41 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 5 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCCm	5 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	100.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	80.000,00
				1.8. Infraestrutura Usina	20.000,00
				Total	251.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 3 funcionários	6.200,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora	2.000,00
				2.2. Água	600,00
				2.3. Energia	800,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	2.000,00
				Total	10.000,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	2.008,00
				3.2. Depreciação	1.464,17
				Total	3.472,17

Tabela 42 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 10 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCCm	10 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	120.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	80.000,00
				1.8. Infraestrutura Usina	25.000,00
				Total	276.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 4 funcionários	8.000,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (2)	3.600,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				2.1.3. Operador	2.000,00
				escavocarregadora	
				2.2. Água	800,00
				2.3. Energia	1.200,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	3.000,00
				Total	13.400,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	2.208,00
				3.2. Depreciação	1.610,00
				Total	3.818,00

Tabela 43 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 20 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCCm	20 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	140.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	160.000,00
				1.8. Infraestrutura Usina	30.000,00
				Total	381.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 5 funcionários	10.000,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (2)	3.600,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (2)	4.000,00
				2.2. Água	1.200,00
				2.3. Energia	1.800,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	5.000,00
				Total	18.400,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	3.048,00
				3.2. Depreciação	2.222,50
				Total	5.270,50

Tabela 44 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 30 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCCm	30 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	160.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora	160.000,00
				1.8. Infraestrutura Usina	35.000,00
				Total	406.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 6 funcionários	11.800,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (3)	5.400,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (2)	4.000,00
				2.2. Água	1.600,00
				2.3. Energia	2.400,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	6.000,00
				Total	22.200,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	3.248,00
				3.2. Depreciação	2.368,33
				Total	5.616,33

Tabela 45 – Detalhamento dos custos para PEV+ATT+URRCCm – 40 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
PEV + ATT + URRCCm	40 ton/hora	Pré operacional	1. Custos de implantação	1.1. Terreno na área industrial	0,00
				1.2. Obras civis - Escritório 20 m²	40.000,00
				1.3. Equipamentos - Pá, caçamba, balança	180.000,00
				1.4. Custos de abertura	5.000,00
				1.5. Computadores	3.000,00
				1.6. Móveis de escritório	3.000,00
				1.7. Unidade escavocarregadora (3)	240.000,00
				1.8. Infraestrutura Usina	40.000,00
				Total	511.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 7 funcionários	13.600,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (4)	7.200,00
				2.1.3. Operador escavocarregadora (2)	4.000,00
				2.2. Água	2.000,00
				2.3. Energia	2.800,00
				2.4. Telefone	400,00
				2.5. Diesel	7.000,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				Total	25.800,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	4.088,00
				3.2. Depreciação	2.980,83
				Total	7.068,83

Tabela 46 – Detalhamento dos custos para Recicladora móvel – 2 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
Recicladora móvel	2 ton/hora	Pré operacional	1. Despesas Pré-operacionais	1.1. Usina	100.000,00
				1.2. Caminhão	100.000,00
				Total	200.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 2 funcionários	4.000,00
				2.1.1. Motorista	2.200,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.2. Energia	1.000,00
				2.3. Diesel	2.000,00
				Total	7.000,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	1.600,00
				3.2. Depreciação	1.166,67
				Total	2.766,67

Tabela 47 – Detalhamento dos custos para Recicladora móvel – 5 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
Recicladora móvel	5 ton/hora	Pré operacional	1. Despesas Pré-operacionais	1.1. Usina	120.000,00
				1.2. Caminhão	100.000,00
				Total	220.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 2 funcionários	4.000,00
				2.1.1. Motorista	2.200,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.2. Energia	1.200,00
				2.3. Diesel	2.200,00
				Total	7.400,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	1.760,00
				3.2. Depreciação	1.283,33
				Total	3.043,33

Tabela 48 – Detalhamento dos custos para Recicladora móvel – 10 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
Recicladora móvel	10 ton/hora	Pré operacional	1. Despesas Pré-operacionais	1.1. Usina	150.000,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				1.2. Caminhão	100.000,00
				Total	250.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 2 funcionários	4.000,00
				2.1.1. Motorista	2.200,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.2. Energia	1.600,00
				2.3. Diesel	2.500,00
				Total	8.100,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	2.000,00
				3.2. Depreciação	1.458,33
				Total	3.458,33

Tabela 49 – Detalhamento dos custos para Recicladora móvel – 20 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
Recicladora móvel	20 ton/hora	Pré operacional	1. Despesas Pré-operacionais	1.1. Usina	200.000,00
				1.2. Caminhão	100.000,00
				Total	300.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 2 funcionários	4.000,00
				2.1.1. Motorista	2.200,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.2. Energia	2.000,00
				2.3. Diesel	3.000,00
				Total	9.000,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	2.400,00
				3.2. Depreciação	1.750,00
				Total	4.150,00

Tabela 50 – Detalhamento dos custos para Aterro de inertes – 2 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
Aterro de inertes	2 ton/hora	Pré operacional	1. Despesas Pré-operacionais	1.1. Terreno	0,00
				1.2. Obras iniciais de adequação	60.000,00
				1.3. Custos de abertura	5.000,00
				1.4 Equipamentos	50.000,00
				Total	115.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 2 funcionários	4.200,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.2. Energia	500,00
				2.4. Diesel	500,00

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
				Total	5.200,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	400,00
				3.2. Depreciação	291,67
				Total	691,67

Tabela 51 – Detalhamento dos custos para Aterro de inertes – 5 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
Aterro de inertes	5 ton/hora	Pré operacional	1. Despesas Pré-operacionais	1.1. Terreno	0,00
				1.2. Obras iniciais de adequação	100.000,00
				1.3. Custos de abertura	5.000,00
				1.4 Equipamentos	70.000,00
				Total	175.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 2 funcionários	4.200,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção	1.800,00
				2.2. Energia	500,00
				2.4. Diesel	700,00
				Total	5.400,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	560,00
				3.2. Depreciação	408,33
				Total	968,33

Tabela 52 – Detalhamento dos custos para Aterro de inertes – 10 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
Aterro de inertes	10 ton/hora	Pré operacional	1. Despesas Pré-operacionais	1.1. Terreno	0,00
				1.2. Obras iniciais de adequação	150.000,00
				1.3. Custos de abertura	5.000,00
				1.4 Equipamentos	100.000,00
				Total	255.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 3 funcionários	6.000,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (2)	3.600,00
				2.2. Energia	500,00
				2.4. Diesel	1.000,00
				Total	7.500,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	800,00
				3.2. Depreciação	583,33
				Total	1.383,33

Tabela 53 – Detalhamento dos custos para Aterro de inertes – 20 ton/hora

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
Aterro de inertes	20 ton/hora	Pré operacional	1. Despesas Pré-operacionais	1.1. Terreno	0,00
				1.2. Obras iniciais de adequação	200.000,00
				1.3. Custos de abertura	5.000,00
				1.4 Equipamentos	130.000,00
				Total	335.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 4 funcionários	7.800,00
				2.1.1. Encarregado	2.400,00
				2.1.2. Auxiliar de produção (3)	5.400,00
				2.2. Energia	500,00
				2.4. Diesel	1.300,00
				Total	9.600,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	1.040,00
				3.2. Depreciação	758,33
				Total	1.798,33

Tabela 54 – Detalhamento dos custos para Custos de transportes intermunicipais

Infraestrutura	Capacidade	Classe	Tipo	Detalhamento	Valor total
Custos de transportes intermunicipais	1 caminhão para cada 1200000 km.ton/ano	Pré operacional	1. Despesas Pré-operacionais	1.1. Caminhão	100.000,00
				Total	100.000,00
		Operacional	2. Despesas Operacionais	2.1. Salário 1 funcionário	2.200,00
				2.1.1. Motorista	2.200,00
				2.3. Diesel (função do momento de transporte)	
				Total	4.400,00
			3. Custos de manutenção	3.1. Manutenção	800,00
				3.2. Depreciação	583,33
				Total	1.383,33

APÊNDICE B – DESIGN SCIENCE RESEARCH - Processos operacionais de cada infraestrutura de gerenciamento de RCC

A estimativa de custos foi feita a partir do detalhamento dos processos operacionais para o funcionamento de cada infraestrutura conforme descrito a seguir.

Processos PEV	Equipamentos	Mão de obra
Recepção do Usuário	-	Encarregado
Usuário é orientado quanto ao local de descarga	-	Encarregado
Descarga do material	Pá, caçamba, balança	Auxiliar de produção
Material despejado é inspecionado	Pás	Auxiliar de produção
Material é armazenado até coleta	Caçambas	Auxiliar de produção

Quadro 9 – Detalhamento dos processos para PEV

Processos PEV + ATT	Equipamentos	Mão de obra
Recepção do Usuário	-	Encarregado
Usuário é orientado quanto ao local de descarga	-	Encarregado
Descarga do material	Pá, caçamba, balança	Auxiliar de produção
Material despejado é inspecionado e triado	Pás, escavocarregadora	Auxiliar de produção / operador escavocarregadora
Material é armazenado de forma segregada até coleta	Caçambas	Auxiliar de produção

Quadro 10 – Detalhamento dos processos para PEV+ATT

Processos PEV + ATT + URRCC	Equipamentos	Mão de obra
Recepção do Usuário	-	Encarregado
Usuário é orientado quanto ao local de descarga	-	Encarregado
Descarga do material	Pá, caçamba, balança	Auxiliar de produção
Material despejado é inspecionado e triado	Pás, escavocarregadora	Auxiliar de produção / operador escavocarregadora
Material é enviado a linha de separação secundária, onde sofre nova triagem	Correia transportadora	Auxiliar de produção
Material é armazenado de forma segregada	-	Auxiliar de produção
Material é britado e classificado	Correia transportadora, britador e peneira vibratória	Auxiliar de produção
Produto é estocado até posterior destinação/ venda	Pás, escavocarregadora	Auxiliar de produção

Quadro 11 – Detalhamento dos processos para PEV+ATT+URRCC

Processos PEV + ATT + URRCCm	Equipamentos	Mão de obra
Recepção do Usuário	-	Encarregado
Usuário é orientado quanto ao local de descarga	-	Encarregado
Descarga do material	Pá, caçamba, balança	Auxiliar de produção
Material despejado é inspecionado e triado	Pás, escavocarregadora	Auxiliar de produção / operador escavocarregadora
Material é enviado a linha de separação secundária, onde sofre nova triagem	Correia transportadora	Auxiliar de produção

Processos PEV + ATT + URRCCm	Equipamentos	Mão de obra
Material é armazenado de forma segregada	-	Auxiliar de produção
Material é britado e classificado	Correia transportadora, britador e peneira vibratória	Auxiliar de produção
Produto é estocado até posterior destinação/ venda	Pás, escavocarregadora	Auxiliar de produção

Quadro 12 – Detalhamento dos processos para PEV+ATT+URRCCm

Processos Recicladora móvel	Equipamentos	Mão de obra
Instalação do equipamento na área da Usina	-	Motorista / Auxiliar de produção
Operação da Usina	Recicladora	Motorista / Auxiliar de produção
Desinstalação do equipamento	-	Motorista / Auxiliar de produção
Transporte para outro município	Caminhão	Motorista / Auxiliar de produção

Quadro 13 – Detalhamento dos processos para Recicladora móvel

Processos Aterro de Inertes	Equipamentos	Mão de obra
Recepção do caminhão	-	Encarregado
Caminhão é orientado quanto ao local de descarga	-	Encarregado
Descarga do material	Pá, caçamba, balança	Auxiliar de produção
Controle e supervisão das operações	-	Encarregado

Quadro 14 – Detalhamento dos processos para Aterro de Inertes

APÊNDICE C – DESIGN SCIENCE RESEARCH - Etapa 5: Receitas e custos associados a cada Arranjo Logístico

Tabela 55 – Receitas e custos associados ao Arranjo 1

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado anual (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Aguai	PEV + ATT + URRCC 1	35,2	4,4	12.844,0	231.191,7	25.688,0	8,0	10 ton/hora	501.000,0	329.166,0	35.070,0
	Aterro 1	3,5	0,4				0,8	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Águas da Prata	PEV + ATT + URRCC 2	8,1	1,0	2.943,7	52.987,1	5.887,5	1,8	2 ton/hora	361.000,0	202.726,0	25.270,0
	Aterro 2	0,8	0,1				0,2	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Caconde	PEV + ATT + URRCC 3	19,0	2,4	6.935,4	124.836,6	13.870,7	4,3	5 ton/hora	431.000,0	256.346,0	30.170,0
	Aterro 3	1,9	0,2				0,4	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Casa Branca	PEV + ATT + URRCC 4	30,0	3,8	10.954,4	197.178,8	21.908,8	6,8	10 ton/hora	501.000,0	329.166,0	35.070,0
	Aterro 4	3,0	0,4				0,7	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Divinolândia	PEV + ATT + URRCC 5	11,4	1,4	4.174,5	75.141,1	8.349,0	2,6	5 ton/hora	431.000,0	256.346,0	30.170,0
	Aterro 5	1,1	0,1				0,3	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Itobi	PEV + ATT + URRCC 6	7,8	1,0	2.862,3	51.521,9	5.724,7	1,8	2 ton/hora	361.000,0	206.616,0	19.320,0
	Aterro 6	0,8	0,1				0,2	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
São João da Boa Vista	PEV + ATT + URRCC 7	89,6	11,2	32.690,9	588.435,5	65.381,7	20,3	20 ton/hora	701.000,0	431.966,0	49.070,0
	Aterro 7	9,0	1,1				2,0	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
São José do Rio Pardo	PEV + ATT + URRCC 8	54,6	6,8	19.915,5	358.478,9	39.831,0	12,4	20 ton/hora	701.000,0	431.966,0	49.070,0
	Aterro 8	5,5	0,7				1,2	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
São Sebastião da Gramma	PEV + ATT + URRCC 9	12,3	1,5	4.502,3	81.041,0	9.004,6	2,8	5 ton/hora	431.000,0	256.346,0	30.170,0

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado anual (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Tapiratiba	Aterro 9	1,2	0,2				0,3	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
	PEV + ATT + URRCC 10	13,1	1,6	4.770,2	85.863,3	9.540,4	3,0	5 ton/hora	431.000,0	256.346,0	30.170,0
	Aterro 10	1,3	0,2				0,3	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT + URRCC 11	42,1	5,3	15.352,3	276.340,8	30.704,5	9,5	10 ton/hora	501.000,0	329.166,0	35.070,0
	Aterro 11	4,2	0,5				1,0	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Consórcio				117.945,4	2.123.016,7	235.890,7			6.616.000,0	4.063.856,0	407.120,0

Tabela 56 – Receitas e custos associados ao Arranjo 2

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Aguai	PEV + ATT + URRCC 1	35,2	4,4	12.844,0	231.191,7	25.688,0	8,0	10 ton/hora	501.000,0	329.166,0	35.070,0
Águas da Prata	PEV + ATT + URRCC 2	8,1	1,0	2.943,7	52.987,1	5.887,5	1,8	2 ton/hora	361.000,0	202.726,0	25.270,0
Caconde	PEV + ATT + URRCC 3	19,0	2,4	6.935,4	124.836,6	13.870,7	4,3	5 ton/hora	431.000,0	256.346,0	30.170,0
Casa Branca	PEV + ATT + URRCC 4	30,0	3,8	10.954,4	197.178,8	21.908,8	6,8	10 ton/hora	501.000,0	329.166,0	35.070,0
Divinolândia	PEV + ATT + URRCC 5	11,4	1,4	4.174,5	75.141,1	8.349,0	2,6	5 ton/hora	431.000,0	256.346,0	30.170,0
Itobi	PEV + ATT + URRCC 6	7,8	1,0	2.862,3	51.521,9	5.724,7	1,8	2 ton/hora	361.000,0	202.726,0	25.270,0
São João da Boa Vista	PEV + ATT + URRCC 7	89,6	11,2	32.690,9	588.435,5	65.381,7	20,3	20 ton/hora	701.000,0	431.966,0	49.070,0
São José do Rio Pardo	PEV + ATT + URRCC 8	54,6	6,8	19.915,5	358.478,9	39.831,0	12,4	20 ton/hora	701.000,0	431.966,0	49.070,0
São Sebastião da Gramma	PEV + ATT + URRCC 9	12,3	1,5	4.502,3	81.041,0	9.004,6	2,8	5 ton/hora	431.000,0	256.346,0	30.170,0
Tapiratiba	PEV + ATT + URRCC 10	13,1	1,6	4.770,2	85.863,3	9.540,4	3,0	5 ton/hora	431.000,0	256.346,0	30.170,0
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT + URRCC 11	42,1	5,3	15.352,3	276.340,8	30.704,5	9,5	10 ton/hora	501.000,0	329.166,0	35.070,0
	Aterro 1	32,3	4,0	-	-	-	7,3	10 ton/hora	255.000,0	106.600,0	7.000,0

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Transportes intermunicipais		-	-	-	-	-	-	-	100.000,0	63.509,1	7.000,0
Consórcio		323,1	40,4	117.945,4	2.123.016,7	235.890,7			5.706.000,0	3.452.375,1	388.570,0

Tabela 57 – Receitas e custos associados ao Arranjo 3

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Aguai	PEV + ATT 1	35,2	4,4	12.844,0	-	25.688,0	8,0	10 ton/hora	251.000,0	190.466,0	17.570,0
Águas da Prata	PEV + ATT 2	8,1	1,0	2.943,7	-	5.887,5	1,8	2 ton/hora	191.000,0	134.906,0	13.370,0
Caconde	PEV + ATT 3	19,0	2,4	6.935,4	-	13.870,7	4,3	5 ton/hora	231.000,0	152.346,0	16.170,0
Casa Branca	PEV + ATT 4	30,0	3,8	10.954,4	-	21.908,8	6,8	10 ton/hora	251.000,0	190.466,0	17.570,0
Divinolândia	PEV + ATT 5	11,4	1,4	4.174,5	-	8.349,0	2,6	5 ton/hora	231.000,0	152.346,0	16.170,0
Itobi	PEV + ATT 6	7,8	1,0	2.862,3	-	5.724,7	1,8	2 ton/hora	191.000,0	134.906,0	13.370,0
São João da Boa Vista	PEV + ATT 7	89,6	11,2	32.690,9	-	65.381,7	20,3	20 ton/hora	351.000,0	267.066,0	24.570,0
São José do Rio Pardo	PEV + ATT 8	54,6	6,8	19.915,5	-	39.831,0	12,4	20 ton/hora	351.000,0	267.066,0	24.570,0
São Sebastião da Gramma	PEV + ATT 9	12,3	1,5	4.502,3	-	9.004,6	2,8	5 ton/hora	231.000,0	152.346,0	16.170,0
Tapiratiba	PEV + ATT 10	13,1	1,6	4.770,2	-	9.540,4	3,0	5 ton/hora	231.000,0	152.346,0	16.170,0
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT + URRCC 1	323,1	40,4	117.945,4	2.123.016,7	30.704,5	73,2	40 ton/hora	991.000,0	570.106,0	107.870,0
	Aterro 1	32,3	4,0		-	-	7,3	10 ton/hora	255.000,0	106.600,0	7.000,0
Transportes intermunicipais		-	-	-	-	-	-	-	300.000,0	383.091,0	21.000,0
Consórcio		323,1	40,4	117.945,4	2.123.016,7	235.890,7			4.056.000,0	2.854.057,0	311.570,0

Tabela 58 – Receitas e custos associados ao Arranjo 4

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Aguai	PEV 1	17,6	2,2	6.422,0	-	12.844,0	4,0	5 ton/hora	111.000,0	82.026,0	7.770,0
Águas da Prata	PEV 2	4,0	0,5	1.471,9	-	2.943,7	0,9	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
Caconde	PEV 3	9,5	1,2	3.467,7	-	6.935,4	2,2	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
Casa Branca	PEV 4	15,0	1,9	5.477,2	-	10.954,4	3,4	5 ton/hora	111.000,0	82.026,0	7.770,0
Divinolândia	PEV 5	5,7	0,7	2.087,3	-	4.174,5	1,3	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
Itobi	PEV 6	3,9	0,5	1.431,2	-	2.862,3	0,9	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
São João da Boa Vista	PEV 7	44,8	5,6	16.345,4	-	32.690,9	10,1	10 ton/hora	151.000,0	92.266,0	10.570,0
São José do Rio Pardo	PEV 8	27,3	3,4	9.957,7	-	19.915,5	6,2	10 ton/hora	151.000,0	92.266,0	10.570,0
São Sebastião da Gramma	PEV 9	6,2	0,8	2.251,1	-	4.502,3	1,4	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
Tapiratiba	PEV 10	6,5	0,8	2.385,1	-	4.770,2	1,5	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT + URRCC 1	323,1	40,4	117.945,4	2.123.016,7	30.704,5	73,2	80 ton/hora	1.541.000,0	901.406,0	107.870,0
	Aterro 1	32,3	4,0	-	-	-	7,3	10 ton/hora	255.000,0	106.600,0	7.000,0
Transportes intermunicipais	-	-	-	-	-	-	-	-	400.000,0	419.091,0	28.000,0
Consórcio		323,1	40,4	117.945,4	2.123.016,7	235.890,7			3.266.000,0	2.233.517,0	217.770,0

Tabela 59 – Receitas e custos associados ao Arranjo 5

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Aguai	PEV + ATT + URRCCm 1	35,2	4,4	12.844,0	231.191,7	25.688,0	8,0	10 ton/hora	276.000,0	206.616,0	19.320,0
	Aterro 1	3,5	0,4	1.284,4			0,8	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Águas da Prata	PEV + ATT + URRCCm 2	8,1	1,0	2.943,7	52.987,1	5.887,5	1,8	2 ton/hora	226.000,0	140.716,0	15.820,0

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Caconde	Aterro 2	0,8	0,1	294,4			0,2	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
	PEV + ATT + URRCCm 3	19,0	2,4	6.935,4	124.836,6	13.870,7	4,3	5 ton/hora	251.000,0	161.666,0	17.570,0
	Aterro 3	1,9	0,2	693,5			0,4	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Casa Branca	PEV + ATT + URRCCm 4	30,0	3,8	10.954,4	197.178,8	21.908,8	6,8	10 ton/hora	276.000,0	206.616,0	19.320,0
	Aterro 4	3,0	0,4	1.095,4			0,7	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Divinolândia	PEV + ATT + URRCCm 5	11,4	1,4	4.174,5	75.141,1	8.349,0	2,6	5 ton/hora	251.000,0	161.666,0	17.570,0
	Aterro 5	1,1	0,1	417,5			0,3	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Itobi	PEV + ATT + URRCCm 6	7,8	1,0	2.862,3	51.521,9	5.724,7	1,8	2 ton/hora	226.000,0	140.716,0	15.820,0
	Aterro 6	0,8	0,1	286,2			0,2	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
São João da Boa Vista	PEV + ATT + URRCCm 7	89,6	11,2	32.690,9	588.435,5	65.381,7	20,3	20 ton/hora	381.000,0	284.046,0	26.670,0
	Aterro 7	9,0	1,1	3.269,1			2,0	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
São José do Rio Pardo	PEV + ATT + URRCCm 8	54,6	6,8	19.915,5	358.478,9	39.831,0	12,4	20 ton/hora	381.000,0	284.046,0	26.670,0
	Aterro 8	5,5	0,7	1.991,5			1,2	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
São Sebastião da Gramma	PEV + ATT + URRCCm 9	12,3	1,5	4.502,3	81.041,0	9.004,6	2,8	5 ton/hora	251.000,0	161.666,0	17.570,0
	Aterro 9	1,2	0,2	450,2			0,3	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Tapiratiba	PEV + ATT + URRCCm 10	13,1	1,6	4.770,2	85.863,3	9.540,4	3,0	5 ton/hora	251.000,0	161.666,0	17.570,0
	Aterro 10	1,3	0,2	477,0			0,3	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT + URRCCm 11	42,1	5,3	15.352,3	276.340,8	30.704,5	9,5	10 ton/hora	276.000,0	206.616,0	19.320,0
	Aterro 11	4,2	0,5	1.535,2			1,0	2 ton/hora	115.000,0	70.700,0	3.500,0
*	Recicladora Móvel	290,8	36,4	106.150,8			65,8	4 X 20 ton/hora	1.200.000,0	631.200,0	84.000,0
Consórcio		323,1	40,4	117.945,4	2.123.016,7	235.890,7			5.511.000,0	3.524.936,0	335.720,0

Tabela 60 – Receitas e custos associados ao Arranjo 6

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Aguai	PEV + ATT + URRCCm 1	35,2	4,4	12.844,0	231.191,7	25.688,0	8,0	10 ton/hora	276.000,0	206.616,0	19.320,0
Águas da Prata	PEV + ATT + URRCCm 2	8,1	1,0	2.943,7	52.987,1	5.887,5	1,8	2 ton/hora	226.000,0	140.716,0	15.820,0
Caconde	PEV + ATT + URRCCm 3	19,0	2,4	6.935,4	124.836,6	13.870,7	4,3	5 ton/hora	251.000,0	161.666,0	17.570,0
Casa Branca	PEV + ATT + URRCCm 4	30,0	3,8	10.954,4	197.178,8	21.908,8	6,8	10 ton/hora	276.000,0	206.616,0	19.320,0
Divinolândia	PEV + ATT + URRCCm 5	11,4	1,4	4.174,5	75.141,1	8.349,0	2,6	5 ton/hora	251.000,0	161.666,0	17.570,0
Itobi	PEV + ATT + URRCCm 6	7,8	1,0	2.862,3	51.521,9	5.724,7	1,8	2 ton/hora	226.000,0	140.716,0	15.820,0
São João da Boa Vista	PEV + ATT + URRCCm 7	89,6	11,2	32.690,9	588.435,5	65.381,7	20,3	20 ton/hora	381.000,0	284.046,0	26.670,0
São José do Rio Pardo	PEV + ATT + URRCCm 8	54,6	6,8	19.915,5	358.478,9	39.831,0	12,4	20 ton/hora	381.000,0	284.046,0	26.670,0
São Sebastião da Grama	PEV + ATT + URRCCm 9	12,3	1,5	4.502,3	81.041,0	9.004,6	2,8	5 ton/hora	251.000,0	161.666,0	17.570,0
Tapiratiba	PEV + ATT + URRCCm 10	13,1	1,6	4.770,2	85.863,3	9.540,4	3,0	5 ton/hora	251.000,0	161.666,0	17.570,0
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT + URRCCm 11	42,1	5,3	15.352,3	276.340,8	30.704,5	9,5	10 ton/hora	276.000,0	206.616,0	19.320,0
	Aterro 1	32,3	4,0	11.794,5			7,3	10 ton/hora	255.000,0	106.600,0	7.000,0
*	Recicladora Móvel	290,8	36,4	106.150,8	-		65,8	4 x 20 ton/hora	1.200.000,0	631.200,0	84.000,0
Transportes intermunicipais	-	-	-	-	-	-	-	-	100.000,0	63.509,1	7.000,0
Consórcio		323,1	40,4	117.945,4	2.123.016,7	235.890,7			4.501.000,0	2.853.836,0	304.220,0

Tabela 61 – Receitas e custos associados ao Arranjo 7

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Aguai	PEV + ATT 1	35,2	4,4	12.844,0	-	25.688,0	8,0	10 ton/hora	251.000,0	190.466,0	17.570,0
Águas da Prata	PEV + ATT 2	8,1	1,0	2.943,7	-	5.887,5	1,8	2 ton/hora	191.000,0	134.906,0	13.370,0
Caconde	PEV + ATT 3	19,0	2,4	6.935,4	-	13.870,7	4,3	5 ton/hora	231.000,0	152.346,0	16.170,0
Casa Branca	PEV + ATT 4	30,0	3,8	10.954,4	-	21.908,8	6,8	10 ton/hora	251.000,0	190.466,0	17.570,0
Divinolândia	PEV + ATT 5	11,4	1,4	4.174,5	-	8.349,0	2,6	5 ton/hora	231.000,0	152.346,0	16.170,0
Itobi	PEV + ATT 6	7,8	1,0	2.862,3	-	5.724,7	1,8	2 ton/hora	191.000,0	134.906,0	13.370,0
São João da Boa Vista	PEV + ATT + URRCC 1	174,9	21,9	63.830,8	1.148.955,0	65.381,7	39,6	40 ton/hora	991.000,0	570.106,0	69.370,0
	Aterro 1	17,5	2,2	6.383,1	-	-	4,0	5 ton/hora	175.000,0	76.420,0	4.900,0
São José do Rio Pardo	PEV + ATT + URRCC 2	148,3	18,5	54.114,5	974.061,6	39.831,0	33,6	40 ton/hora	991.000,0	570.106,0	69.370,0
	Aterro 2	14,8	1,9	5.411,5	-	-	3,4	5 ton/hora	175.000,0	76.420,0	4.900,0
São Sebastião da Gramma	PEV + ATT 7	12,3	1,5	4.502,3	-	9.004,6	2,8	5 ton/hora	231.000,0	152.346,0	16.170,0
Tapiratiba	PEV + ATT 8	13,1	1,6	-	-	9.540,4	3,0	5 ton/hora	231.000,0	152.346,0	16.170,0
Vargem Grande do Sul	PEV + ATT 9	42,1	5,3	-	-	30.704,5	9,5	10 ton/hora	251.000,0	190.466,0	17.570,0
Transportes intermunicipais		-	-	-	-	-	-	-	200.000,0	207.691,5	14.000,0
Consórcio		323,1	40,4	117.945,4	2.123.016,7	235.890,7			4.591.000,0	2.951.337,5	306.670,0

Tabela 62 – Receitas e custos associados ao Arranjo 8

Município	Infraestrutura	Capacidade RCC 2019 (ton/dia)	Capacidade RCC 2019 (ton/hora)	Volume de agregado gerado (m³)	Receita anual venda de agregado	Receita anual recepção de RCC	Capacidade RCC 2049 (ton/hora)	Infraestrutura adotada	Custo Implantação	Custo operacional	Depreciação
Aguai	PEV 1	17,6	2,2	6.422,0	-	25.688,0	4,0	5 ton/hora	111.000,0	82.026,0	7.770,0
Águas da Prata	PEV 2	4,0	0,5	1.471,9	-	5.887,5	0,9	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
Caconde	PEV 3	9,5	1,2	3.467,7	-	13.870,7	2,2	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0

Casa Branca	PEV 4	15,0	1,9	5.477,2	-	21.908,8	3,4	5 ton/hora	111.000,0	82.026,0	7.770,0
Divinolândia	PEV 5	5,7	0,7	2.087,3	-	8.349,0	1,3	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
Itobi	PEV 6	3,9	0,5	1.431,2	-	5.724,7	0,9	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
São João da Boa Vista	PEV + ATT + URRCC 1	174,9	21,9	63.830,8	1.148.955,0	65.381,7	39,6	40 ton/hora	991.000,0	570.106,0	69.370,0
	Aterro 1	17,5	2,2	6.383,1	-		4,0	5 ton/hora	175.000,0	76.420,0	4.900,0
São José do Rio Pardo	PEV + ATT + URRCC 2	148,3	18,5	54.114,5	974.061,6	39.831,0	33,6	40 ton/hora	991.000,0	570.106,0	69.370,0
	Aterro 2	14,8	1,9	5.411,5	-		3,4	5 ton/hora	175.000,0	76.420,0	4.900,0
São Sebastião da Gramma	PEV 7	6,2	0,8	2.251,1	-	9.004,6	1,4	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
Tapiratiba	PEV 8	6,5	0,8	2.385,1	-	9.540,4	1,5	2 ton/hora	91.000,0	76.306,0	6.370,0
Vargem Grande do Sul	PEV 9	21,0	2,6	7.676,1	-	30.704,5	4,8	5 ton/hora	111.000,0	82.026,0	7.770,0
Transportes intermunicipais		-	-	-	-	-	-	-	200.000,0	207.691,5	14.000,0
Consórcio		323,1	40,4	117.945,4	2.123.016,7	235.890,7			3.411.000,0	2.204.657,5	224.070,0

APÊNDICE D – DESIGN SCIENCE RESEARCH - Etapa 6: Fluxo de caixa de cada Arranjo Logístico

Tabela 63 – Fluxo de caixa do Arranjo 1

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2019	0	0	0	6.616.000	-6.616.000	0	-6.616.000	0	-6.616.000	0	-6.616.000
2020	2.502.329	0	2.502.329	4.226.410	-1.724.081	0	-1.724.081	0	-1.724.081	407.120	-1.316.961
2021	2.654.471	0	2.654.471	4.395.467	-1.740.996	0	-1.740.996	0	-1.740.996	407.120	-1.333.876
2022	2.815.862	0	2.815.862	4.571.285	-1.755.423	0	-1.755.423	0	-1.755.423	407.120	-1.348.303
2023	2.987.067	0	2.987.067	4.754.137	-1.767.070	0	-1.767.070	0	-1.767.070	407.120	-1.359.950
2024	3.168.680	0	3.168.680	4.944.302	-1.775.622	0	-1.775.622	0	-1.775.622	407.120	-1.368.502
2025	3.361.336	0	3.361.336	5.142.074	-1.780.738	0	-1.780.738	0	-1.780.738	407.120	-1.373.618
2026	3.565.705	0	3.565.705	5.347.757	-1.782.052	0	-1.782.052	0	-1.782.052	407.120	-1.374.932
2027	3.782.500	0	3.782.500	5.561.668	-1.779.167	0	-1.779.167	0	-1.779.167	407.120	-1.372.047
2028	4.012.476	0	4.012.476	5.784.134	-1.771.658	0	-1.771.658	0	-1.771.658	407.120	-1.364.538
2029	4.256.435	0	4.256.435	6.015.500	-1.759.065	0	-1.759.065	0	-1.759.065	407.120	-1.351.945
2030	4.515.226	0	4.515.226	6.256.120	-1.740.893	0	-1.740.893	0	-1.740.893	0	-1.740.893
2031	4.789.752	0	4.789.752	6.506.364	-1.716.612	0	-1.716.612	0	-1.716.612	0	-1.716.612
2032	5.080.969	0	5.080.969	6.766.619	-1.685.650	0	-1.685.650	0	-1.685.650	0	-1.685.650
2033	5.389.892	0	5.389.892	7.037.284	-1.647.392	0	-1.647.392	0	-1.647.392	0	-1.647.392
2034	5.717.597	0	5.717.597	7.318.775	-1.601.178	0	-1.601.178	0	-1.601.178	0	-1.601.178
2035	6.065.227	0	6.065.227	7.611.526	-1.546.299	0	-1.546.299	0	-1.546.299	0	-1.546.299
2036	6.433.993	0	6.433.993	7.915.987	-1.481.994	0	-1.481.994	0	-1.481.994	0	-1.481.994
2037	6.825.180	0	6.825.180	8.232.627	-1.407.447	0	-1.407.447	0	-1.407.447	0	-1.407.447
2038	7.240.151	0	7.240.151	8.561.932	-1.321.781	0	-1.321.781	0	-1.321.781	0	-1.321.781
2039	7.680.352	0	7.680.352	8.904.409	-1.224.057	0	-1.224.057	0	-1.224.057	0	-1.224.057
2040	8.147.317	0	8.147.317	9.260.585	-1.113.268	0	-1.113.268	0	-1.113.268	0	-1.113.268

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2041	8.642.674	0	8.642.674	9.631.009	-988.335	0	-988.335	0	-988.335	0	-988.335
2042	9.168.149	0	9.168.149	10.016.249	-848.100	0	-848.100	0	-848.100	0	-848.100
2043	9.725.572	0	9.725.572	10.416.899	-691.327	0	-691.327	0	-691.327	0	-691.327
2044	10.316.887	0	10.316.887	10.833.575	-516.688	0	-516.688	0	-516.688	0	-516.688
2045	10.944.154	0	10.944.154	11.266.918	-322.764	0	-322.764	0	-322.764	0	-322.764
2046	11.609.558	0	11.609.558	11.717.595	-108.037	0	-108.037	0	-108.037	0	-108.037
2047	12.315.419	0	12.315.419	12.186.298	129.121	0	129.121	0	129.121	0	129.121
2048	13.064.197	0	13.064.197	12.673.750	390.446	0	390.446	0	390.446	0	390.446
2049	13.858.500	0	13.858.500	13.180.700	677.800	0	677.800	0	677.800	0	677.800

Tabela 64 – Fluxo de caixa do Arranjo 2

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2019	0	0	0	5.706.000	-5.706.000	0	-5.706.000	0	-5.706.000	0	-5.706.000
2020	2.502.329	0	2.502.329	3.590.470	-1.088.141	0	-1.088.141	0	-1.088.141	388.570	-699.571
2021	2.654.471	0	2.654.471	3.734.089	-1.079.618	0	-1.079.618	0	-1.079.618	388.570	-691.048
2022	2.815.862	0	2.815.862	3.883.452	-1.067.590	0	-1.067.590	0	-1.067.590	388.570	-679.020
2023	2.987.067	0	2.987.067	4.038.791	-1.051.724	0	-1.051.724	0	-1.051.724	388.570	-663.154
2024	3.168.680	0	3.168.680	4.200.342	-1.031.662	0	-1.031.662	0	-1.031.662	388.570	-643.092
2025	3.361.336	0	3.361.336	4.368.356	-1.007.020	0	-1.007.020	0	-1.007.020	388.570	-618.450
2026	3.565.705	0	3.565.705	4.543.090	-977.385	0	-977.385	0	-977.385	388.570	-588.815
2027	3.782.500	0	3.782.500	4.724.814	-942.313	0	-942.313	0	-942.313	388.570	-553.743
2028	4.012.476	0	4.012.476	4.913.806	-901.330	0	-901.330	0	-901.330	388.570	-512.760
2029	4.256.435	0	4.256.435	5.110.359	-853.924	0	-853.924	0	-853.924	388.570	-465.354
2030	4.515.226	0	4.515.226	5.314.773	-799.547	0	-799.547	0	-799.547	0	-799.547
2031	4.789.752	0	4.789.752	5.527.364	-737.612	0	-737.612	0	-737.612	0	-737.612
2032	5.080.969	0	5.080.969	5.748.458	-667.489	0	-667.489	0	-667.489	0	-667.489

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2033	5.389.892	0	5.389.892	5.978.397	-588.505	0	-588.505	0	-588.505	0	-588.505
2034	5.717.597	0	5.717.597	6.217.533	-499.935	0	-499.935	0	-499.935	0	-499.935
2035	6.065.227	0	6.065.227	6.466.234	-401.007	0	-401.007	0	-401.007	0	-401.007
2036	6.433.993	0	6.433.993	6.724.883	-290.890	0	-290.890	0	-290.890	0	-290.890
2037	6.825.180	0	6.825.180	6.993.878	-168.699	0	-168.699	0	-168.699	0	-168.699
2038	7.240.151	0	7.240.151	7.273.634	-33.483	0	-33.483	0	-33.483	0	-33.483
2039	7.680.352	0	7.680.352	7.564.579	115.773	0	115.773	0	115.773	0	115.773
2040	8.147.317	0	8.147.317	7.867.162	280.155	0	280.155	0	280.155	0	280.155
2041	8.642.674	0	8.642.674	8.181.849	460.825	0	460.825	0	460.825	0	460.825
2042	9.168.149	0	9.168.149	8.509.123	659.026	0	659.026	0	659.026	0	659.026
2043	9.725.572	0	9.725.572	8.849.487	876.085	0	876.085	0	876.085	0	876.085
2044	10.316.887	0	10.316.887	9.203.467	1.113.420	0	1.113.420	0	1.113.420	0	1.113.420
2045	10.944.154	0	10.944.154	9.571.606	1.372.548	0	1.372.548	0	1.372.548	0	1.372.548
2046	11.609.558	0	11.609.558	9.954.470	1.655.088	0	1.655.088	0	1.655.088	0	1.655.088
2047	12.315.419	0	12.315.419	10.352.649	1.962.771	0	1.962.771	0	1.962.771	0	1.962.771
2048	13.064.197	0	13.064.197	10.766.755	2.297.442	0	2.297.442	0	2.297.442	0	2.297.442
2049	13.858.500	0	13.858.500	11.197.425	2.661.075	0	2.661.075	0	2.661.075	0	2.661.075

Tabela 65 – Fluxo de caixa do Arranjo 3

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2019	0	0	0	4.056.000	-4.056.000	0	-4.056.000	0	-4.056.000	0	-4.056.000
2020	2.502.329	0	2.502.329	2.968.219	-465.890	0	-465.890	0	-465.890	311.570	-154.320
2021	2.654.471	0	2.654.471	3.086.948	-432.477	0	-432.477	0	-432.477	311.570	-120.907
2022	2.815.862	0	2.815.862	3.210.426	-394.564	0	-394.564	0	-394.564	311.570	-82.994
2023	2.987.067	0	2.987.067	3.338.843	-351.776	0	-351.776	0	-351.776	311.570	-40.206
2024	3.168.680	0	3.168.680	3.472.397	-303.716	0	-303.716	0	-303.716	311.570	7.854

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2025	3.361.336	0	3.361.336	3.611.293	-249.956	0	-249.956	0	-249.956	311.570	61.614
2026	3.565.705	0	3.565.705	3.755.744	-190.039	0	-190.039	0	-190.039	311.570	121.531
2027	3.782.500	0	3.782.500	3.905.974	-123.474	0	-123.474	0	-123.474	311.570	188.096
2028	4.012.476	0	4.012.476	4.062.213	-49.737	0	-49.737	0	-49.737	311.570	261.833
2029	4.256.435	0	4.256.435	4.224.702	31.733	0	31.733	0	31.733	311.570	343.303
2030	4.515.226	0	4.515.226	4.393.690	121.537	0	121.537	0	121.537	0	121.537
2031	4.789.752	0	4.789.752	4.569.437	220.315	0	220.315	0	220.315	0	220.315
2032	5.080.969	0	5.080.969	4.752.215	328.754	0	328.754	0	328.754	0	328.754
2033	5.389.892	0	5.389.892	4.942.303	447.589	0	447.589	0	447.589	0	447.589
2034	5.717.597	0	5.717.597	5.139.995	577.602	0	577.602	0	577.602	0	577.602
2035	6.065.227	0	6.065.227	5.345.595	719.632	0	719.632	0	719.632	0	719.632
2036	6.433.993	0	6.433.993	5.559.419	874.574	0	874.574	0	874.574	0	874.574
2037	6.825.180	0	6.825.180	5.781.796	1.043.384	0	1.043.384	0	1.043.384	0	1.043.384
2038	7.240.151	0	7.240.151	6.013.068	1.227.083	0	1.227.083	0	1.227.083	0	1.227.083
2039	7.680.352	0	7.680.352	6.253.590	1.426.762	0	1.426.762	0	1.426.762	0	1.426.762
2040	8.147.317	0	8.147.317	6.503.734	1.643.583	0	1.643.583	0	1.643.583	0	1.643.583
2041	8.642.674	0	8.642.674	6.763.883	1.878.791	0	1.878.791	0	1.878.791	0	1.878.791
2042	9.168.149	0	9.168.149	7.034.439	2.133.710	0	2.133.710	0	2.133.710	0	2.133.710
2043	9.725.572	0	9.725.572	7.315.816	2.409.756	0	2.409.756	0	2.409.756	0	2.409.756
2044	10.316.887	0	10.316.887	7.608.449	2.708.438	0	2.708.438	0	2.708.438	0	2.708.438
2045	10.944.154	0	10.944.154	7.912.787	3.031.367	0	3.031.367	0	3.031.367	0	3.031.367
2046	11.609.558	0	11.609.558	8.229.298	3.380.260	0	3.380.260	0	3.380.260	0	3.380.260
2047	12.315.419	0	12.315.419	8.558.470	3.756.949	0	3.756.949	0	3.756.949	0	3.756.949
2048	13.064.197	0	13.064.197	8.900.809	4.163.388	0	4.163.388	0	4.163.388	0	4.163.388
2049	13.858.500	0	13.858.500	9.256.841	4.601.659	0	4.601.659	0	4.601.659	0	4.601.659

Tabela 66 – Fluxo de caixa do Arranjo 4

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2019	0	0	0	3.266.000	-3.266.000	0	-3.266.000	0	-3.266.000	0	-3.266.000
2020	2.502.329	0	2.502.329	2.322.858	179.471	0	179.471	0	179.471	217.770	397.241
2021	2.654.471	0	2.654.471	2.415.772	238.699	0	238.699	0	238.699	217.770	456.469
2022	2.815.862	0	2.815.862	2.512.403	303.460	0	303.460	0	303.460	217.770	521.230
2023	2.987.067	0	2.987.067	2.612.899	374.168	0	374.168	0	374.168	217.770	591.938
2024	3.168.680	0	3.168.680	2.717.415	451.266	0	451.266	0	451.266	217.770	669.036
2025	3.361.336	0	3.361.336	2.826.112	535.225	0	535.225	0	535.225	217.770	752.995
2026	3.565.705	0	3.565.705	2.939.156	626.550	0	626.550	0	626.550	217.770	844.320
2027	3.782.500	0	3.782.500	3.056.722	725.778	0	725.778	0	725.778	217.770	943.548
2028	4.012.476	0	4.012.476	3.178.991	833.485	0	833.485	0	833.485	217.770	1.051.255
2029	4.256.435	0	4.256.435	3.306.151	950.284	0	950.284	0	950.284	217.770	1.168.054
2030	4.515.226	0	4.515.226	3.438.397	1.076.829	0	1.076.829	0	1.076.829	0	1.076.829
2031	4.789.752	0	4.789.752	3.575.933	1.213.819	0	1.213.819	0	1.213.819	0	1.213.819
2032	5.080.969	0	5.080.969	3.718.970	1.361.999	0	1.361.999	0	1.361.999	0	1.361.999
2033	5.389.892	0	5.389.892	3.867.729	1.522.163	0	1.522.163	0	1.522.163	0	1.522.163
2034	5.717.597	0	5.717.597	4.022.438	1.695.159	0	1.695.159	0	1.695.159	0	1.695.159
2035	6.065.227	0	6.065.227	4.183.335	1.881.892	0	1.881.892	0	1.881.892	0	1.881.892
2036	6.433.993	0	6.433.993	4.350.669	2.083.324	0	2.083.324	0	2.083.324	0	2.083.324
2037	6.825.180	0	6.825.180	4.524.696	2.300.484	0	2.300.484	0	2.300.484	0	2.300.484
2038	7.240.151	0	7.240.151	4.705.683	2.534.467	0	2.534.467	0	2.534.467	0	2.534.467
2039	7.680.352	0	7.680.352	4.893.911	2.786.441	0	2.786.441	0	2.786.441	0	2.786.441
2040	8.147.317	0	8.147.317	5.089.667	3.057.650	0	3.057.650	0	3.057.650	0	3.057.650
2041	8.642.674	0	8.642.674	5.293.254	3.349.420	0	3.349.420	0	3.349.420	0	3.349.420
2042	9.168.149	0	9.168.149	5.504.984	3.663.165	0	3.663.165	0	3.663.165	0	3.663.165
2043	9.725.572	0	9.725.572	5.725.183	4.000.389	0	4.000.389	0	4.000.389	0	4.000.389
2044	10.316.887	0	10.316.887	5.954.191	4.362.696	0	4.362.696	0	4.362.696	0	4.362.696

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2045	10.944.154	0	10.944.154	6.192.358	4.751.795	0	4.751.795	0	4.751.795	0	4.751.795
2046	11.609.558	0	11.609.558	6.440.053	5.169.505	0	5.169.505	0	5.169.505	0	5.169.505
2047	12.315.419	0	12.315.419	6.697.655	5.617.765	0	5.617.765	0	5.617.765	0	5.617.765
2048	13.064.197	0	13.064.197	6.965.561	6.098.636	0	6.098.636	0	6.098.636	0	6.098.636
2049	13.858.500	0	13.858.500	7.244.183	6.614.317	0	6.614.317	0	6.614.317	0	6.614.317

Tabela 67 – Fluxo de caixa do Arranjo 5

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2019	0	0	0	5.511.000	-5.511.000	0	-5.511.000	0	-5.511.000	0	-5.511.000
2020	2.502.329	0	2.502.329	3.665.933	-1.163.604	0	-1.163.604	0	-1.163.604	335.720	-827.884
2021	2.654.471	0	2.654.471	3.812.571	-1.158.100	0	-1.158.100	0	-1.158.100	335.720	-822.380
2022	2.815.862	0	2.815.862	3.965.074	-1.149.211	0	-1.149.211	0	-1.149.211	335.720	-813.491
2023	2.987.067	0	2.987.067	4.123.677	-1.136.610	0	-1.136.610	0	-1.136.610	335.720	-800.890
2024	3.168.680	0	3.168.680	4.288.624	-1.119.943	0	-1.119.943	0	-1.119.943	335.720	-784.223
2025	3.361.336	0	3.361.336	4.460.169	-1.098.832	0	-1.098.832	0	-1.098.832	335.720	-763.112
2026	3.565.705	0	3.565.705	4.638.575	-1.072.870	0	-1.072.870	0	-1.072.870	335.720	-737.150
2027	3.782.500	0	3.782.500	4.824.118	-1.041.618	0	-1.041.618	0	-1.041.618	335.720	-705.898
2028	4.012.476	0	4.012.476	5.017.083	-1.004.607	0	-1.004.607	0	-1.004.607	335.720	-668.887
2029	4.256.435	0	4.256.435	5.217.766	-961.331	0	-961.331	0	-961.331	335.720	-625.611
2030	4.515.226	0	4.515.226	5.426.477	-911.251	0	-911.251	0	-911.251	0	-911.251
2031	4.789.752	0	4.789.752	5.643.536	-853.784	0	-853.784	0	-853.784	0	-853.784
2032	5.080.969	0	5.080.969	5.869.278	-788.309	0	-788.309	0	-788.309	0	-788.309
2033	5.389.892	0	5.389.892	6.104.049	-714.157	0	-714.157	0	-714.157	0	-714.157
2034	5.717.597	0	5.717.597	6.348.211	-630.613	0	-630.613	0	-630.613	0	-630.613
2035	6.065.227	0	6.065.227	6.602.139	-536.912	0	-536.912	0	-536.912	0	-536.912
2036	6.433.993	0	6.433.993	6.866.225	-432.232	0	-432.232	0	-432.232	0	-432.232

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2037	6.825.180	0	6.825.180	7.140.874	-315.694	0	-315.694	0	-315.694	0	-315.694
2038	7.240.151	0	7.240.151	7.426.509	-186.358	0	-186.358	0	-186.358	0	-186.358
2039	7.680.352	0	7.680.352	7.723.569	-43.217	0	-43.217	0	-43.217	0	-43.217
2040	8.147.317	0	8.147.317	8.032.512	114.806	0	114.806	0	114.806	0	114.806
2041	8.642.674	0	8.642.674	8.353.812	288.862	0	288.862	0	288.862	0	288.862
2042	9.168.149	0	9.168.149	8.687.965	480.184	0	480.184	0	480.184	0	480.184
2043	9.725.572	0	9.725.572	9.035.483	690.089	0	690.089	0	690.089	0	690.089
2044	10.316.887	0	10.316.887	9.396.902	919.984	0	919.984	0	919.984	0	919.984
2045	10.944.154	0	10.944.154	9.772.779	1.171.375	0	1.171.375	0	1.171.375	0	1.171.375
2046	11.609.558	0	11.609.558	10.163.690	1.445.868	0	1.445.868	0	1.445.868	0	1.445.868
2047	12.315.419	0	12.315.419	10.570.237	1.745.182	0	1.745.182	0	1.745.182	0	1.745.182
2048	13.064.197	0	13.064.197	10.993.047	2.071.150	0	2.071.150	0	2.071.150	0	2.071.150
2049	13.858.500	0	13.858.500	11.432.769	2.425.731	0	2.425.731	0	2.425.731	0	2.425.731

Tabela 68 – Fluxo de caixa do Arranjo 6

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2019	0	0	0	4.501.000	-4.501.000	0	-4.501.000	0	-4.501.000	0	-4.501.000
2020	2.502.329	0	2.502.329	2.967.989	-465.660	0	-465.660	0	-465.660	304.220	-161.440
2021	2.654.471	0	2.654.471	3.086.709	-432.238	0	-432.238	0	-432.238	304.220	-128.018
2022	2.815.862	0	2.815.862	3.210.177	-394.315	0	-394.315	0	-394.315	304.220	-90.095
2023	2.987.067	0	2.987.067	3.338.584	-351.518	0	-351.518	0	-351.518	304.220	-47.298
2024	3.168.680	0	3.168.680	3.472.128	-303.447	0	-303.447	0	-303.447	304.220	773
2025	3.361.336	0	3.361.336	3.611.013	-249.677	0	-249.677	0	-249.677	304.220	54.543
2026	3.565.705	0	3.565.705	3.755.453	-189.748	0	-189.748	0	-189.748	304.220	114.472
2027	3.782.500	0	3.782.500	3.905.672	-123.171	0	-123.171	0	-123.171	304.220	181.049
2028	4.012.476	0	4.012.476	4.061.898	-49.422	0	-49.422	0	-49.422	304.220	254.798

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2029	4.256.435	0	4.256.435	4.224.374	32.061	0	32.061	0	32.061	304.220	336.281
2030	4.515.226	0	4.515.226	4.393.349	121.877	0	121.877	0	121.877	0	121.877
2031	4.789.752	0	4.789.752	4.569.083	220.669	0	220.669	0	220.669	0	220.669
2032	5.080.969	0	5.080.969	4.751.847	329.122	0	329.122	0	329.122	0	329.122
2033	5.389.892	0	5.389.892	4.941.921	447.971	0	447.971	0	447.971	0	447.971
2034	5.717.597	0	5.717.597	5.139.597	578.000	0	578.000	0	578.000	0	578.000
2035	6.065.227	0	6.065.227	5.345.181	720.046	0	720.046	0	720.046	0	720.046
2036	6.433.993	0	6.433.993	5.558.989	875.004	0	875.004	0	875.004	0	875.004
2037	6.825.180	0	6.825.180	5.781.348	1.043.832	0	1.043.832	0	1.043.832	0	1.043.832
2038	7.240.151	0	7.240.151	6.012.602	1.227.549	0	1.227.549	0	1.227.549	0	1.227.549
2039	7.680.352	0	7.680.352	6.253.106	1.427.246	0	1.427.246	0	1.427.246	0	1.427.246
2040	8.147.317	0	8.147.317	6.503.230	1.644.087	0	1.644.087	0	1.644.087	0	1.644.087
2041	8.642.674	0	8.642.674	6.763.360	1.879.315	0	1.879.315	0	1.879.315	0	1.879.315
2042	9.168.149	0	9.168.149	7.033.894	2.134.255	0	2.134.255	0	2.134.255	0	2.134.255
2043	9.725.572	0	9.725.572	7.315.250	2.410.322	0	2.410.322	0	2.410.322	0	2.410.322
2044	10.316.887	0	10.316.887	7.607.860	2.709.027	0	2.709.027	0	2.709.027	0	2.709.027
2045	10.944.154	0	10.944.154	7.912.174	3.031.980	0	3.031.980	0	3.031.980	0	3.031.980
2046	11.609.558	0	11.609.558	8.228.661	3.380.897	0	3.380.897	0	3.380.897	0	3.380.897
2047	12.315.419	0	12.315.419	8.557.807	3.757.612	0	3.757.612	0	3.757.612	0	3.757.612
2048	13.064.197	0	13.064.197	8.900.120	4.164.077	0	4.164.077	0	4.164.077	0	4.164.077
2049	13.858.500	0	13.858.500	9.256.125	4.602.375	0	4.602.375	0	4.602.375	0	4.602.375

Tabela 69 – Fluxo de caixa do Arranjo 7

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2019	0	0	0	4.591.000	-4.591.000	0	-4.591.000	0	-4.591.000	0	-4.591.000
2020	2.502.329	0	2.502.329	3.069.391	-567.062	0	-567.062	0	-567.062	306.670	-260.392

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2021	2.654.471	0	2.654.471	3.192.167	-537.696	0	-537.696	0	-537.696	306.670	-231.026
2022	2.815.862	0	2.815.862	3.319.853	-503.991	0	-503.991	0	-503.991	306.670	-197.321
2023	2.987.067	0	2.987.067	3.452.647	-465.581	0	-465.581	0	-465.581	306.670	-158.911
2024	3.168.680	0	3.168.680	3.590.753	-422.073	0	-422.073	0	-422.073	306.670	-115.403
2025	3.361.336	0	3.361.336	3.734.383	-373.047	0	-373.047	0	-373.047	306.670	-66.377
2026	3.565.705	0	3.565.705	3.883.759	-318.053	0	-318.053	0	-318.053	306.670	-11.383
2027	3.782.500	0	3.782.500	4.039.109	-256.609	0	-256.609	0	-256.609	306.670	50.061
2028	4.012.476	0	4.012.476	4.200.674	-188.197	0	-188.197	0	-188.197	306.670	118.473
2029	4.256.435	0	4.256.435	4.368.701	-112.266	0	-112.266	0	-112.266	306.670	194.404
2030	4.515.226	0	4.515.226	4.543.449	-28.222	0	-28.222	0	-28.222	0	-28.222
2031	4.789.752	0	4.789.752	4.725.186	64.566	0	64.566	0	64.566	0	64.566
2032	5.080.969	0	5.080.969	4.914.194	166.775	0	166.775	0	166.775	0	166.775
2033	5.389.892	0	5.389.892	5.110.762	279.130	0	279.130	0	279.130	0	279.130
2034	5.717.597	0	5.717.597	5.315.192	402.405	0	402.405	0	402.405	0	402.405
2035	6.065.227	0	6.065.227	5.527.800	537.427	0	537.427	0	537.427	0	537.427
2036	6.433.993	0	6.433.993	5.748.912	685.081	0	685.081	0	685.081	0	685.081
2037	6.825.180	0	6.825.180	5.978.868	846.311	0	846.311	0	846.311	0	846.311
2038	7.240.151	0	7.240.151	6.218.023	1.022.128	0	1.022.128	0	1.022.128	0	1.022.128
2039	7.680.352	0	7.680.352	6.466.744	1.213.608	0	1.213.608	0	1.213.608	0	1.213.608
2040	8.147.317	0	8.147.317	6.725.414	1.421.903	0	1.421.903	0	1.421.903	0	1.421.903
2041	8.642.674	0	8.642.674	6.994.430	1.648.244	0	1.648.244	0	1.648.244	0	1.648.244
2042	9.168.149	0	9.168.149	7.274.207	1.893.941	0	1.893.941	0	1.893.941	0	1.893.941
2043	9.725.572	0	9.725.572	7.565.176	2.160.396	0	2.160.396	0	2.160.396	0	2.160.396
2044	10.316.887	0	10.316.887	7.867.783	2.449.104	0	2.449.104	0	2.449.104	0	2.449.104
2045	10.944.154	0	10.944.154	8.182.494	2.761.660	0	2.761.660	0	2.761.660	0	2.761.660
2046	11.609.558	0	11.609.558	8.509.794	3.099.764	0	3.099.764	0	3.099.764	0	3.099.764
2047	12.315.419	0	12.315.419	8.850.186	3.465.234	0	3.465.234	0	3.465.234	0	3.465.234
2048	13.064.197	0	13.064.197	9.204.193	3.860.004	0	3.860.004	0	3.860.004	0	3.860.004

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2049	13.858.500	0	13.858.500	9.572.361	4.286.139	0	4.286.139	0	4.286.139	0	4.286.139

Tabela 70 – Fluxo de caixa do Arranjo 8

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2019	0	0	0	3.411.000	-3.411.000	0	-3.411.000	0	-3.411.000	0	-3.411.000
2020	2.502.329	0	2.502.329	2.292.844	209.485	0	209.485	0	209.485	224.070	433.555
2021	2.654.471	0	2.654.471	2.384.558	269.913	0	269.913	0	269.913	224.070	493.983
2022	2.815.862	0	2.815.862	2.479.940	335.923	0	335.923	0	335.923	224.070	559.993
2023	2.987.067	0	2.987.067	2.579.137	407.929	0	407.929	0	407.929	224.070	631.999
2024	3.168.680	0	3.168.680	2.682.303	486.378	0	486.378	0	486.378	224.070	710.448
2025	3.361.336	0	3.361.336	2.789.595	571.741	0	571.741	0	571.741	224.070	795.811
2026	3.565.705	0	3.565.705	2.901.179	664.527	0	664.527	0	664.527	224.070	888.597
2027	3.782.500	0	3.782.500	3.017.226	765.274	0	765.274	0	765.274	224.070	989.344
2028	4.012.476	0	4.012.476	3.137.915	874.561	0	874.561	0	874.561	224.070	1.098.631
2029	4.256.435	0	4.256.435	3.263.432	993.003	0	993.003	0	993.003	224.070	1.217.073
2030	4.515.226	0	4.515.226	3.393.969	1.121.257	0	1.121.257	0	1.121.257	0	1.121.257
2031	4.789.752	0	4.789.752	3.529.728	1.260.024	0	1.260.024	0	1.260.024	0	1.260.024
2032	5.080.969	0	5.080.969	3.670.917	1.410.052	0	1.410.052	0	1.410.052	0	1.410.052
2033	5.389.892	0	5.389.892	3.817.754	1.572.138	0	1.572.138	0	1.572.138	0	1.572.138
2034	5.717.597	0	5.717.597	3.970.464	1.747.134	0	1.747.134	0	1.747.134	0	1.747.134
2035	6.065.227	0	6.065.227	4.129.282	1.935.945	0	1.935.945	0	1.935.945	0	1.935.945
2036	6.433.993	0	6.433.993	4.294.453	2.139.539	0	2.139.539	0	2.139.539	0	2.139.539
2037	6.825.180	0	6.825.180	4.466.232	2.358.948	0	2.358.948	0	2.358.948	0	2.358.948
2038	7.240.151	0	7.240.151	4.644.881	2.595.270	0	2.595.270	0	2.595.270	0	2.595.270
2039	7.680.352	0	7.680.352	4.830.676	2.849.676	0	2.849.676	0	2.849.676	0	2.849.676
2040	8.147.317	0	8.147.317	5.023.903	3.123.414	0	3.123.414	0	3.123.414	0	3.123.414
2041	8.642.674	0	8.642.674	5.224.859	3.417.815	0	3.417.815	0	3.417.815	0	3.417.815

Ano	1. Receita operacional bruta	2. Impostos sobre receitas (pis, cofins, ipi, icms)	3. Receita operacional líquida	4. Custos de produção	5. Lucro operacional bruto	6. Despesas indiretas	7. Lucro operacional	8. Impostos e taxas	9. Lucro líquido	10. Depreciação	11. Fluxo de caixa
2042	9.168.149	0	9.168.149	5.433.854	3.734.295	0	3.734.295	0	3.734.295	0	3.734.295
2043	9.725.572	0	9.725.572	5.651.208	4.074.364	0	4.074.364	0	4.074.364	0	4.074.364
2044	10.316.887	0	10.316.887	5.877.256	4.439.631	0	4.439.631	0	4.439.631	0	4.439.631
2045	10.944.154	0	10.944.154	6.112.346	4.831.807	0	4.831.807	0	4.831.807	0	4.831.807
2046	11.609.558	0	11.609.558	6.356.840	5.252.718	0	5.252.718	0	5.252.718	0	5.252.718
2047	12.315.419	0	12.315.419	6.611.114	5.704.305	0	5.704.305	0	5.704.305	0	5.704.305
2048	13.064.197	0	13.064.197	6.875.558	6.188.638	0	6.188.638	0	6.188.638	0	6.188.638
2049	13.858.500	0	13.858.500	7.150.581	6.707.919	0	6.707.919	0	6.707.919	0	6.707.919